

# ANALISA KINERJA SISTEM REFRIGERASI SKALA LABORATORIUM SETELAH REKONDISI DENGAN PENGOPERASIAN SUHU BERVARIASAI DAN BEBAN 10 KG AIR DI LABORATORIUM ITBU

*Moch. Sugiri*

*Jurusan Teknik Mesin, FTI, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta,  
[sugiri.moch@gmail.com](mailto:sugiri.moch@gmail.com)*

## **Abstrak**

Dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, maka kemajuan di bidang industri terutama dalam bidang pendinginan, berbagai alat diciptakan untuk mempermudah dan menambah kenyamanan manusia dalam memenuhi kebutuhan. Pada pengujian ini metode yang digunakan adalah metode dengan melakukan analisa mesin pendingin dengan daya 1/5 PK menggunakan refrigerant R134a dengan variasi suhu evaporator. Hasil Analisa unjuk kerja system refrigerasi adalah nilai rata-rata kerja kompresor 78,5 kJ/kg, kalor yang dilepas kondensor 258,8 kJ/kg, kalor yang diserap evaporator 180,3 kJ/kg, laju aliran massa refrigerant 0,00231 kg/s,

**Kata kunci : Mesin Pendingin, Sistem Refrigerasi, Analisa Unjuk Kerja**

## **1. PENDAHULUAN**

Mesin pendingin udara merupakan suatu alat siklus yang prinsip kerjanya mirip dengan mesin kalor yang menggunakan fluida kerja berupa zat pendingin. Tujuan mesin pendingin adalah menjaga ruangan tetap sejuk dengan menyerap panas dari ruangan, Moch Sugiri, 2022

Dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, maka kemajuan di bidang industri terutama dalam bidang pendinginan, berbagai alat diciptakan untuk mempermudah dan menambah kenyamanan manusia dalam memenuhi kebutuhan. Teknologi ini dibutuhkan untuk penyiapan bahan makan, penyimpanan distribusi makanan dan proses kimia yang memerlukan pendinginan. Saat ini kebanyakan system refrigerasi yang bekerja baik untuk industry dan rumah tangga menggunakan mesin refrigerasi yang menggunakan siklus kompresi uap. Salah satu komponen system refrigerasi yang mempunyai peranan penting adalah evaporator. Evaporator merupakan komponen penting bersama dengan komponen utama lainnya dalam sistem pendingin seperti kompresor, kondensor, dan perangkat ekspansi. Pentingnya untuk pendinginan adalah untuk menghilangkan panas dari

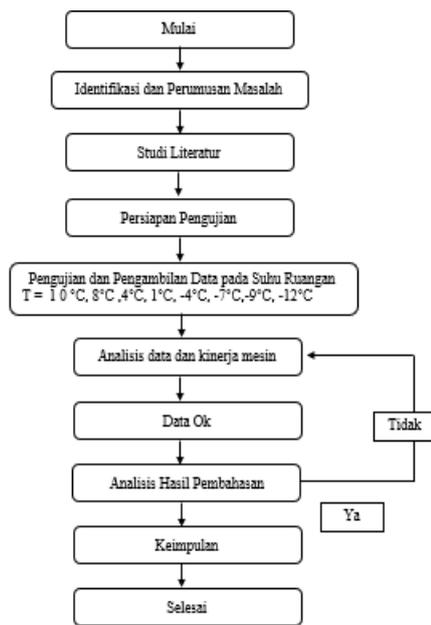
udara, air atau zat lainnya. Di sinilah refrigeran cair diperluas dan menguap. Cairan refrigeran dalam evaporator bertindak sebagai penukar panas.

Dari uraian diatas maka tujuan penelitian ini adalah : dapat memperbaiki komponen yang rusak pada mesin refrigerasi, menentukan waktu yang dibutuhkan pada pengoperasian suhu - 12°C, dan menganalisa kinerja mesin refrigerasi.

## **2. Metodologi Penelitian**

### **2.1 Diagram Alir**

Pada Gambar 1 dapat dilihat diagram alir penelitian yang menggambarkan metodologi penelitian. Pada gambar tersebut dapat dilihat variable temperatur dan tekanan yang akan diteliti.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian.  
Sumber: Data Penelitian

## 2.2 Jenis Penelitian

Studi literatur bertujuan untuk mendapatkan berbagai macam informasi dan data yang berkaitan pada objek pengujian. Dalam melakukan penelitian ini dilakukan teknik penyusunan yang sistematis untuk memudahkan langkah-langkah yang akan diambil. Begitu pula yang dilakukan penulis dalam pengujian ini, langkah pertama yaitu dengan melakukan studi literatur pada buku-buku, jurnal, dan penelitian yang telah dilakukan yang berkaitan dengan Mesin Pendingin. Output dari Studi literatur ini adalah terkoleksinya referensi yang relevan dengan perumusan masalah. Tujuannya adalah untuk memperkuat permasalahan serta sebagai dasar teori untuk melakukan penelitian.

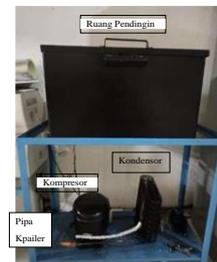
## 2.3 Survey Lapangan

Kegiatan ini dimaksudkan untuk mengetahui kondisi nyata instalasi serta jenis peralatan yang digunakan. Dengan didampingi pembimbing lapangan, diharapkan ada komunikasi dua arah yang dapat memberikan Gambaran secara jelas data-data yang kita perlukan untuk analisa perhitungan.

## 2.4 Persiapan Alat & Bahan

Pada Langkah ini merupakan Langkah persiapan alat dan bahan yang akan dipergunakan dalam penelitian, yaitu :

- a. Satu Unit Freezer Box



Gambar 2. Unit Freezer Box untuk Pengujian  
Sumber : Hasil Olah Data

- b. Refrigerant

Refrigeran adalah suatu zat yang mudah diubah wujudnya dari gas menjadi cair atau sebaliknya dan dapat mengambil panas dari evaporator dan membuangnya di kondensor. Jenis refrigerant yang digunakan pada mesin pendingin ini adalah jenis refrigerant R134a.



Gambar 3. Refrigeran R 134a  
Sumber : Hasil Olah Data

- c. Thermometer digital



Gambar 4. Thermometer Digital  
Sumber : Hasil Olah Data

d. Pressure Gauge



Gambar 5. Pressure Gauge  
Sumber : Hasil Olah Data

Keterangan gambar :

- a. P1 : Titik pengambilan data tekanan rendah (masuk kompresor).
- b. P2 : Titik pengambilan data tekanan tinggi (keluar kondensor).
- c. T1 : Titik pengamilan data temperatur rendah (masuk kompresor).
- d. T2 : Titik pengambilan data temperatur tinggi (keluar kondensor)
- e. T3 : Titik pengambilan data suhu temeperatur ruangan pendingin

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Komponen yang di ganti

Berdasarkan hasil pemeriksaan mesin refrigerant yang ada di laboratorium kampus Institute Budi Utomo, penulis menemukan beberapa komponen yang tidak ada dan rusak sehingga mesin refrigerant tidak dapat berfungsi. Dengan demikian perlu diganti komponen-komponen tersebut :

Tabel 1. Komponen yang di ganti

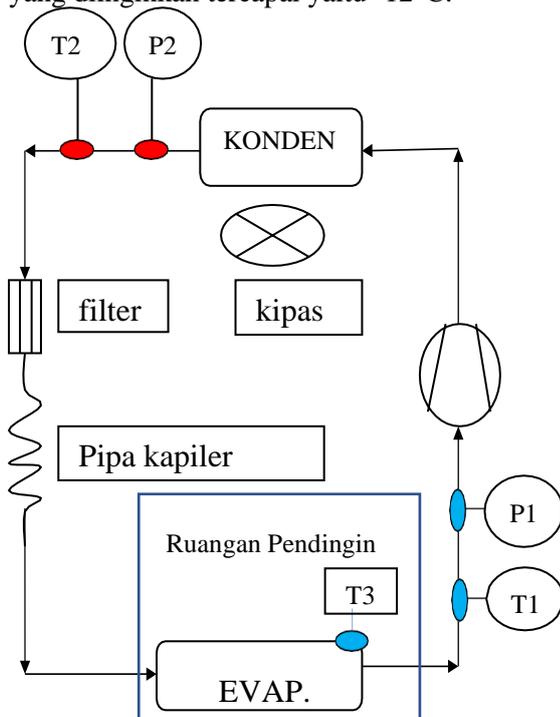
No	Komponen	Jumlah
1.	Fan	1 Pcs
2.	Instalasi Elektrikal	
4.	Thermostat Digital	1 Pcs
5.	Acrylic	Meter
7.	Pressure Gauge	1 Pcs
8.	Thermometer	1 Pcs
9.	Alumunium Foil	2 Meter

Sumber : Hasil Olah Data Penelitian

Setelah melakukan pergantian beberapa komponen, penulis melakukan pengujian dengan beban 10 kg air dengan variasi suhu 10°C, 8°C, 4°C, 1°C, -4°C, -7°C, -9°C, -12°C. Data yang diamati dan dicatat adalah temperature ruangan pendingin, temperatur refrigeran dan tekanan refrigeran. Untuk memudahkan dalam menganalisis kinerja performa mesin pendingin dipasang alat ukur yang dipasang pada alat pengujian.

### 2.5 Obyek Penelitian

Pengumpulan data diperoleh dari pengujian mesin pendingin dengan variasi waktu, tekanan dan suhu refrigeran yang telah ddi tentukan. Data yang diperoleh dari hasil penelitian dengan menggunakan alat ukur yang ddi pasang pada titik yang akan di teliti. Setelah alat di pasang pada titik-titik yang telah di tentukan lalu dicatat. Pengukuran suhu dan tekanan dilakukan dari suhu 10C sampai suhu yang diinginkan tercapai yaitu -12°C.



Gambar 6. Titik pengambilan data tekanan dan suhu refrigeran  
Sumber : Hasil Olah Data

Tabel 2 Data hasil pengukuran tempertur dan tekanan refrigeran

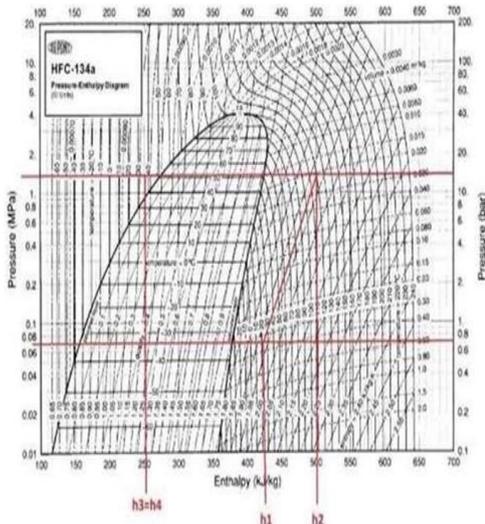
No	Suhu Ruang Pendingin	Tekanan		Temperatur		Waktu	Arus Listrik
		P1	P2	T1	T2		
1	10 °C	2,6 bar	17,9 bar	35 °C	45 °C	15 menit	0,9 A
2	8 °C	2,7 bar	16,8 bar	34 °C	44°C	30 menit	0,9 A
3	4 °C	2,1 bar	16,2 bar	32 °C	44 °C	45 menit	0,9 A
4	1 °C	2,0 bar	15,5 bar	31 °C	44 °C	75 menit	0,9 A
5	-4 °C	1,1 bar	14,4 bar	29 °C	44 °C	105 menit	0,9 A
6	-7 °C	1,1 bar	14,1 bar	28 °C	39 °C	135 menit	0,8 A
7	-9 °C	0,9 bar	14 bar	26°C	39 °C	165 menit	0,8 A
8	-12 °C	0,7 bar	13,8 bar	25 °C	38 °C	225 menit	0,8 A

Sumber : Hasil Olah Data Penelitian

Pada Tabel 2 adalah hasil dari pengukuran temperatur dan tekanan refrigeran setelah komponen yang rusak diganti.

### 3.2 Menentukan Nilai Entalphi

Sebagai contoh perhitungan diagram p-h data yang di ambil dari hasil penelitian pada suhu ruang pendingin 10°C pada gambar 7 berikut :



Gambar 7 Diagram p-h Pada Suhu Ruang Pendingin 10 °C

Pada gambar 7, dari hasil perhitungan pada suhu 10°C, dapat nilai entalphi : h1 = 435 kJ/kg, h2 = 512 kJ/kg, h3=h4 = 256 kJ/kg.

### 3.3. Hasil Perhitungan

Dari data suhu tekanan yang diperoleh saat pengambilan data penelitian mesin pendingin akan diperoleh data entalpi (h). Besaran nilai entalpi (h) diperoleh dari P-h diagram R134a.

Tabel 3. Nilai Entalphi

No	Suhu Ruang Pendingin	h1	h2	h3	h4
		Entalpi			
1	10 °C	435 kJ/kg	512 kJ/kg	256 kJ/kg	256 kJ/kg
2	8 °C	434 kJ/kg	511 kJ/kg	255 kJ/kg	255 kJ/kg
3	4 °C	432 kJ/kg	510 kJ/kg	252 kJ/kg	252 kJ/kg
4	1 °C	431 kJ/kg	509 kJ/kg	251 kJ/kg	251 kJ/kg
5	-4 °C	425 kJ/kg	506 kJ/kg	246 kJ/kg	246 kJ/kg
6	-7 °C	423 kJ/kg	503 kJ/kg	242 kJ/kg	242 kJ/kg
7	-9 °C	422 kJ/kg	500 kJ/kg	240 kJ/kg	240 kJ/kg
8	-12 °C	420 kJ/kg	499 kJ/kg	237 kJ/kg	237 kJ/kg

Sumber : Olah Hasil Penelitian

### 3.4. Kerja Kompresor

Kerja kompresor persatuan masa refrigeran (W kompresor) dapat dihitung menggunakan persamaan 1 (W.F.Stoecker, J.W.Jones, Supratman Hara, 1996), yaitu :

$$W \text{ kompresor} = h_2 - h_1 \text{ (kJ/kg)} \dots\dots\dots(1)$$

Tabel 4 Nilai W kompresor

No	Suhu Ruang Pendingin	Entalpi		W <sub>kompresor</sub>
		h1	h2	
1	10 °C	435 kJ/kg	512 kJ/kg	77 kJ/kg
2	8 °C	434 kJ/kg	511 kJ/kg	77 kJ/kg
3	4 °C	432 kJ/kg	510 kJ/kg	78 kJ/kg
4	1 °C	431 kJ/kg	509 kJ/kg	78 kJ/kg
5	-4 °C	425 kJ/kg	506 kJ/kg	81 kJ/kg
6	-7 °C	423 kJ/kg	503 kJ/kg	80 kJ/kg
7	-9 °C	422 kJ/kg	500 kJ/kg	78 kJ/kg
8	-12 °C	420 kJ/kg	499 kJ/kg	79 kJ/kg

Sumber : Hasil Olah Penelitian

### 3.5. 3.5 Kalor yang dilepas Kondensor

Kalor yang dilepas kondensor persatuan masa refrigeran (Q<sub>kondensor</sub>) dapat dihitung menggunakan persamaan 2 yaitu :

$$Q \text{ kondensor} = h_2 - h_3 \text{ (Kj/Kg)} \dots\dots(2)$$

Tabel 5 Nilai Q kondensor

No	Suhu Ruang Pendingin	Entalpi		Q <sub>kondensor</sub>
		h2	h3	
1	10 °C	512 kJ/kg	256 kJ/kg	256 kJ/kg
2	8 °C	511 kJ/kg	255 kJ/kg	256 kJ/kg
3	4 °C	510 kJ/kg	252 kJ/kg	258 kJ/kg
4	1 °C	509 kJ/kg	251 kJ/kg	258 kJ/kg
5	-4 °C	506 kJ/kg	246 kJ/kg	260 kJ/kg
6	-7 °C	503 kJ/kg	242 kJ/kg	261 kJ/kg
7	-9 °C	500 kJ/kg	240 kJ/kg	260 kJ/kg
8	-12 °C	499 kJ/kg	237 kJ/kg	262kJ/kg

Sumber : Hasil Olah Penelitian

### 3.6. Kalor yang diserap Evaporator

Kalor yang diserap evaporator per satuan masa refrigeran (Q<sub>evaporator</sub>) dapat dihitung menggunakan persamaan 3 yaitu :

$$h1-h4 \text{ (kJ/kg)} \dots \dots \dots (3)$$

Tabel 6 Nilai Q Evaporator

No	Suhu Ruang Pendingin	Entalpi		Q <sub>evaporator</sub>
		h1	h4	
1	10 °C	435 kJ/kg	256 kJ/kg	179 kJ/kg
2	8 °C	434 kJ/kg	255 kJ/kg	179 kJ/kg
3	4 °C	432 kJ/kg	252 kJ/kg	180 kJ/kg
4	1 °C	431 kJ/kg	251 kJ/kg	180 kJ/kg
5	-4 °C	425 kJ/kg	246 kJ/kg	179 kJ/kg
6	-7 °C	423 kJ/kg	242 kJ/kg	181 kJ/kg
7	-9 °C	422 kJ/kg	240 kJ/kg	182 kJ/kg
8	-9,3 °C	420 kJ/kg	237 kJ/kg	183kJ/kg

Sumber : Hasil Olah Penelitian

### 3.7 Laju Aliran Masa Refrigeran

Laju aliran masa refrtigeran dapat dihitung menggunakan persamaan 4 yaitu :

$$m = \frac{W \cdot I}{1000 \cdot \text{Cos}Q} \text{ (kg/s)} \dots (4)$$

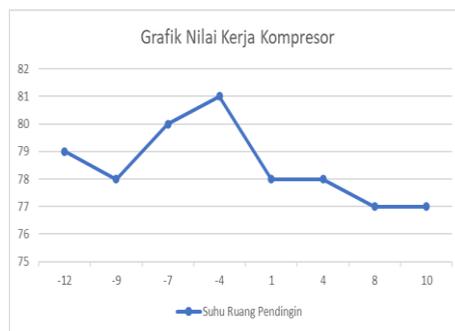
(W kompresor)

Tabel 7 Laju Aliran Massa Refrigeran

No	Suhu Ruang Pendingin	W <sub>kompresor</sub>	Tegangan Listrik	Arus Listrik	Laju aliran massa Rerfrigeran
1	10 °C	77 kJ/kg	220 V	0,9 A	0.00231 kg/s
2	8 °C	77 kJ/kg	220 V	0,9 A	0.00231 kg/s
3	4 °C	78 kJ/kg	220 V	0,9 A	0.00228 kg/s
4	1 °C	78 kJ/kg	220 V	0,9 A	0.00228 kg/s
5	-4 °C	81 kJ/kg	220 V	0,9 A	0.0022 kg/s
6	-7 °C	80 kJ/kg	220 V	0,8 A	0.00198 kg/s
7	-9 °C	78 kJ/kg	220 V	0,8 A	0.00203 kg/s
8	-12 °C	79 kJ/kg	220 V	0,8 A	0.002 kg/s

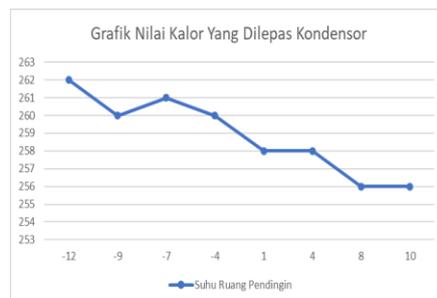
Sumber : Hasil Olah Penelitian

Dari hasil penelitian dan perhitungan kerja kompresor yang dilakukan pada penelitian yang disajikan pada Gambar 8 nilai kerja kompresor terendah 77 kJ/kg, pada suhu ruangan pendingin 10°C dan tertinggi 81 kJ/kg pada suhu ruangan pendingin -12,5°C. Rata-rata nilai kerja kompresor adalah 78,5 kJ/kg. Nilai kerja kompresor stabil pada 78 kJ/kg.



Gambar 8 Nilai Kerja Kompresor  
Sumber : Hasil Olah Penelitian

Dari hasil penelitian dan perhitungan kalor yang dilepas kondensor yang dilakukan pada pengujian yang disajikan pada Gambar 9 Nilai kalor yang dilepas kondensor terendah 256 kJ/kg pada suhu ruangan pendingin 8°C dan tertinggi 262 kJ/kg pada suhu ruangan pendingin -12°C. Rata-rata nilai kalor yang dilepas kondensor adalah kJ/kg. Nilai kalor yang dilepas kondensor stabil pada 264 kJ/kg.



Gambar 9 Nilai Kalor Yang Dilepas Kondensor  
Sumber : Hasil Olah Penelitian

Dari hasil penelitian dan perhitungan kalor yang diserap evaporator yang dilakukan pada penelitian yang disajikan pada Gambar 10 Nilai kalor yang diserap evaporator terendah 179 kJ/kg pada suhu ruangan pendingin 10°C dan tertinggi 183 kJ/kg pada suhu ruangan pendingin -12°C. Nilai rata-rata kalor yang diserap evaporator adalah 180,3 kJ/kg. Nilai kalor yang diserap evaporator stabil pada 179 kJ/kg.



Gambar 10 Nilai Kalor Yang Diserap Evaporator  
Sumber : Hasil Olah Penelitian

Dari hasil penelitian dan perhitungan laju aliran massa refrigeran yang dilakukan pada penelitian yang disajikan pada Gambar 11 Nilai laju aliran massa refrigeran terendah 0,00198 kg/s pada suhu ruangan pendingin -7°C dan tertinggi 0,00231 kg/s pada suhu ruangan pendingin -610°C. Nilai rata-rata laju aliran massa refrigeran adalah 0,00217 kg/s. Nilai laju aliran massa refrigeran stabil pada 0,0 kg00231kg/s.



Gambar 11. Nilai laju Aliran Massa  
Sumber : Hasil Olah Penelitian

#### 4. KESIMPULAN

Adapun hasil dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Komponen yang diganti adalah 7 komponen yaitu Fan, Instalasi Elektrikal, Thermostat Digital, Acrylic, Pressure Gauge, Thermometer, Aluminium Foil.
2. Percobaan running dilakukan dengan suhu mulai 10°C sampai dengan -12°C butuh waktu 225 Menit atau 3 Jam 45 Menit.
3. Hasil Analisa unjuk kerja system refrigerasi adalah nilai rata-rata kerja kompresor 78,5 kJ/kg, kalor yang dilepas kondensor 258,8 kJ/kg, kalor yang diserap evaporator 180,3 kJ/kg, laju aliran massa refrigerant 0,00231 kg/s,

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Moch. Sugiri, "Analisis Unjuk Kerja AC ( Air Conditioning ) 2 ½ PK Sebelum Dan Sesudah Perbaikan di Laboraturium Mesin Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta," Jurnal Ismetek 14 No. 2, pp. 5–11, 2022.
2. W.F.Stoecker, J.W.Jones, Supratman Hara, "Prinsip dan Sistem Pendingin Udara: Pendekatan Energi," John Wiley & Sons, New York, 1996.