

UJI KINERJA REFRIGERAN R-1270 DENGAN REFRIGERAN R 22  
DENGAN VARIASI PEMBEBANAN TEMPERATUR LINGKUNGAN



**TUGAS AKHIR**

**Disusun sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar  
Sarjana S-1 pada Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Semarang**

**Disusun Oleh :**

**Ikhwan Susanto  
C2A222004**

**Program Studi Teknik Mesin**

**FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SEMARANG  
2024**

## LEMBAR PERSETUJUAN

Tugas akhir dengan judul “ Uji Kinerja Refrigeran R-1270  
Dengan Refrigeran R 22 Dengan Pembebanan Variasi Temperatur  
Lingkungan” oleh:

Nama : Ikhwan Susanto

NIM : C2A222004

Telah di Perseyetujui:

Hari : *Rabu*

Tanggal: *31 Juli 2024*

Dosen Pembimbing



M. Edi Pujiyanto, ST., MT.  
NIK: 28.6.1026.486

Co. Pembimbing



Ilham Yustar Afif ST., MT.  
NIK : CP.1026.148

Mengetahui  
Koordinator Tugas Akhir



M. Edi Pujiyanto, ST., MT.  
NIK: 28.6.1026.486

**LEMBAR PENGESAHAN**




**UJI KINERJA REFRIGERAN R-1270 DENGAN REFRIGERAN R 22  
DENGAN PEMBEBANAN TEMPERATUR LINGKUNGAN**

Disusun oleh:

Ikhwan Susanto

C2A222004

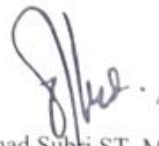
Telah di pertahankan didepan tim penguji dalam ujian Tugas Akhir pada tanggal Maret 2024 dan di nyatakan telah memenuhi syarat utntuk memperoleh S-1 pada program studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Semarang.

1	<u>M. Edi Pujiyanto,ST.,MT.</u> Penguji I	
2	<u>Ilham Yustar Afif ST.,MT.</u> Penguji II	
3	<u>Dr. Dini Cahyandari ST.,MT</u> Penguji III	

Semarang,.....*31 juli 2024*

Mengetahui,

Ka. Prodi Teknik Mesin UNIMUS



Muhammad Subri,ST.,MT.,  
NIK: 28.6.1026.356

## SURAT PERNYATAAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Bismillahirrahmanirrohim

Yang bertanda tangan dibawah ini, saya

Nama : Ikhwan Susanto  
NIM : C2A222004  
Fakultas/Jurusan : Teknik mesin  
Jenis : Skripsi  
Judul : Uji Kinerja Refrigeran R-1270 Dengan Refrigeran R  
22 Dengan Pembebanan Temperatur Lingkungan

Dengan ini menyatakan bahwa saya menyetujui untuk

1. Memberikan hak bebas royalti kepada Perpustakaan UNIMUS atas penuliskarya ilmiah saya, demi pengembangan ilmu pengetahuan.
2. Memberikan hak menyimpan, mengalih mediakan/mengalih formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikan nya,serta menampilkannya dalam bentuk softcopy untuk kepentingan akademiskepada Perpustakaan UNIMUS, tanpa perlumeminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta.
3. Bersedia dan menjamin untuk menanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UNIMUS dari semua bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran hak cipta dalam karya ilmiah ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan semoga dapat digunakan sebagaimana semestinya.

Semarang, 31 Juli 2024

Yang Menyatakan



Ikhwan Susanto

## KATA PENGANTAR

Puji dan rasa syukur mendalam penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena berkat limpahan rahmat, hidayah, dan inayah-Nya maka laporan tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Salam dan salawat semoga selalu tercurah pada baginda Rasulullah Muhammad SAW.

Laporan tugas akhir yang berjudul " Uji Kinerja Refrigeran R-1270 Dengan Refrigeran R 22 Dengan Pembebanan Temperatur Lingkungan " ini kami susun untuk memenuhi persyaratan kurikulum sarjana strata-1 (S-1) pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Semarang.

Penulis mengucapkan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya atas semua bantuan yang telah diberikan, baik secara langsung maupun tidak langsung selama penyusunan tugas akhir ini hingga selesai. Secara khusus rasa terimakasih tersebut kami sampaikan kepada:

1. Allah SWT
2. Istri dan keluarga tersayang, orang tua penulis, yang telah membesarkan dan mendidik, serta memberikan dukungan dan doa kepada penulis.
3. Bapak RM. Bagus Irawan, ST.,Msi.,IPP selaku Dekan FT UNIMUS.
4. Bapak Mumahammad. Subri,ST.MT, Meng Selaku kepala prodi teknik mesin UNIMUS.
5. Bapak M. Edi Pujiyanto, ST.MT Selaku koordinator Tugas Akhir
6. Bapak M. Edi Pujiyanto, ST.MT Selaku dosen pembimbing1.
7. Bapak Ilham.ST.MT Selaku pembimbing 2.
8. Seluruh dosen dan karyawan Fakultas Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Semarang, atas ilmu, bimbingan dan bantuannya hingga penulis selesai menyusun laporan tugas akhir ini..
9. Rekan-rekan di Fakultas Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Semarang yang juga telah banyak membantu penulis.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini belum sempurna, baik dari segi materi maupun penyajiannya. Untuk itu saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan dalam penyempurnaan tugas akhir ini.

Terakhir penulis berharap, semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan hal yang bermanfaat dan menambah wawasan bagi pembaca dan khususnya bagi penulis juga.

Semarang, juli 2024  
Penulis,

(Ikhwan Susanto )

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

### Motto:

*Selalu bersyukur atas kenikmatan yang Allah SWT berikan.”*

*“Sepahit apapun pengalaman yang kamu terima percayalah itu akan membuatmu semakin dewasa.”*

*“Seperti ilmu padi, Semakin berisi semakin merunduk.”*

*“Lebih cepat lebih baik dari pada terlambat”*

*“Saya datang, saya bimbingan, saya revisi, saya ujian dan saya revisi lagi kemudian saya menang. ”*

*PERFORMANCE TEST OF REFRIGERANT R-1270 WITH REFRIGERANT R 22  
WITH VARIATIONS OF ENVIRONMENTAL TEMPERATURE*

*Compiled by:  
Ikhwan Susanto*

*C2A222004*

*Email:*

**ABSTRAK**

*Vapor compression cycle refrigeration machines are the type of refrigeration machine that is most widely used today, generally the medium used as a working fluid that transfers heat from the product being cooled to its environment is synthetic refrigerant. This then encourages countries in the world, including Indonesia, to work together. together to carry out prevention and repair by making agreements. Then this agreement became known as the Vienna Convention in 1985, followed by the Montreal Agreement in 1987. Alternatives made by researchers to overcome this problem, one of which is the use of a hydrocarbon refrigerant mixed with propane and isobutane as a replacement for CFC-12, is R-1270.a . Refrigerant R-1270 with various variations of the highest cop was treated with variations in the evaporator inlet temperature loading of 19 °C and at a codensor temperature of 28 °C 78.5.b. The power consumption on R134a for various variations of the highest cop is treated with variations in loading at the evaporator inlet temperature of 19 °C and at the codensor temperature of 28 °C, namely 805 watts.*

*Keywords: Refrigerant, R-1270, R-22, Cop, Power consumption.*

# UJI KINERJA REFRIGERAN R-1270 DENGAN REFRIGERAN R 22 DENGAN VARIASI PEMBEBANAN TEMPERATUR LINGKUNGAN

Disusun oleh:  
Ikhwan Susanto

C2A222004  
Email:

## **ABSTRAK**

Mesin pendingin siklus kompresi uap merupakan jenis mesin pendingin yang paling banyak digunakan saat ini, umumnya media yang digunakan sebagai fluida kerja yang memindahkan panas dari produk yang didinginkan kelingkungannya adalah refrigeran sintetik. Hal ini kemudian mendorong negara-negara di dunia termasuk Indonesia untuk kemudian bersama-sama melakukan pencegahan dan perbaikan dengan membuat kesepakatan. Kemudian kesepakatan ini dikenal dengan konvensi wina pada tahun 1985 diikuti dengan kesepakatan Montreal tahun 1987. Alternatif yang dilakukan oleh para peneliti untuk menanggulangi hal tersebut, salah satunya adalah penggunaan refrigeran hidrokarbon campuran propana dan isobutan sebagai pengganti CFC-12, adalah R-1270. a. Refrigerant R-1270 berbagai variasi cop tertinggi di perlakuan pada variasi pembebanan teperatur masuk evaporator 19 °C dan pada teperatur kodensor 28 °C 78,5. b. Konsumsi daya pada R134a berbagai variasi cop tertinggi di perlakuan pada variasi pembebanan teperatur masuk evaporator 19 °C dan pada teperatur kodensor 28 °C yaitu 805 watt.

Kata Kunci: Refrigerant, R-1270, R-22, Cop, Konsumsi daya.

## DAFTAR ISI

JUDUL.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
SURAT PERNYATAAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	vi
ABSTRACT.....	vii
ABSTRAK.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
LAMPIRAN.....	
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Batasan Masalah .....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	2
1.6 Metode Penelitian .....	2
1.7 Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB II LANDASAN TEORI.....</b>	<b>4</b>
2.1 Mesin Pendingin.....	4
2.2 Pengkondisian Udara.....	4
2.3 Siklus Kompresi Uap Pada Mesin Pendingin AC <i>Split</i> .....	5
2.4 Refrigeran.....	7
2.4.1 Refrigerant Primer.....	9
2.4.2 Refrigerant Sekunder.....	9
2.4.3 Propana.....	9
2.4.4 1,1,1,2-Tetrafloroetana.....	10
2.4.5 Normal Boiling Point (NBP) Refrigerant.....	11
2.5 Analisis <i>Thermodynamika</i> Siklus Kompresi Uap.....	12

2.5.1 Persamaan Energi Aliran <i>Steady</i> .....	12
2.5.2 Proses Adiabatik.....	12
2.5.3 Daya Kompresi & Kerja Kompresi.....	13
2.5.4 Proses Evaporasi Dan Kondensasi.....	13
2.5.5 Throttling Process.....	14
2.5.6 Efek Refrigrasi.....	14
2.5.7 Koefisiensi Prestasi.....	15
2.5.8 Daya Listrik.....	15
2.5.9 Laju Aliran Massa.....	15
2.6 Komponen Utama Mesin Pendingin.....	17
2.6.1 Kompresor.....	17
2.6.2 Kondensor.....	18
2.6.3 Alat Ekspansi.....	19
2.6.4 Evaporator.....	21
<b>BAB III METODELOGI PENELITIAN.....</b>	<b>22</b>
3.1 Metodologi Penelitian.....	22
3.2 Tempat dan Waktu Pengujian.....	23
3.3 Alat Pengujian.....	23
a. Spesifikasi Mesin Refrigerasi.....	24
b. Alat Ukur Pengujian.....	25
c. Proses Pemvakuman.....	28
d. Pengisian Refrigerant.....	29
e. Pemeriksaan Sebelum Pengujian.....	30
f. Pengambilan Data.....	33
3.10 Desain Perencanaan Sistem Refrigerasi.....	34
<b>BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>35</b>
4.1 Pengujian kinerja mesin secara umum.....	35
4.2 Data Enthalpy variasi Pembebanan.....	35
4.3 Data Perhitungan.....	35
4.4 Efek Refrigrasi Dari Berbagai Variasi Pembebanan.....	38
4.5 Panas Yang Dilepas Berbagai Variasi Pembebanan.....	39
4.6 Laju Aliran Massa.....	40

4.7 Kapasitas Pendinginan Dari Berbagai Variasi Pembebanan.....	41
4.8 Cop Dari Berbagai Variasi Pengisian Dan Pembebanan.....	41
4.9 Daya Dari Berbagai Variasi Pengisian Dan Pembebanan.....	42
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>44</b>
5.1 Kesimpulan.....	44
5.2 Saran.....	44
<b>DAFTARPUSTAKA.....</b>	<b>45</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Siklus Kompresi Uap.....	5
Gambar 2. 2 P-H Diagram Siklus Kompresi Uap Standar.....	6
Gambar 2. 3 Rumus Kimia Propana.....	10
Gambar 2. 4 Rumus Kimia 1,1,1,2-Tetrafloroetana.....	11
Gambar 2. 5 Keseimbangan energi pada volume kendali.....	12
Gambar 2. 6 Kompresor.....	18
Gambar 2. 7 Kondensor.....	19
Gambar 2. 8 Alat Ekspansi.....	20
Gambar 2. 9 Evaporator.....	21
Gambar 3.1 proses penelitian.....	22
Gambar 3. 1 Kompresor Pada Unit.....	24
Gambar 3. 2 Kondensor Pada Unit.....	25
Gambar 3. 3 Evaporator Pada Unit.....	25
Gambar 3. 4 <i>Termodisplay</i> .....	26
Gambar 3. 5 <i>Pressure Gauge High Pressure</i> .....	27
Gambar 3. 6 <i>Pressure Gauge Low Pressure</i> .....	27
Gambar 3. 7 Amperemeter.....	28
Gambar 3. 8 Skema Pengujian Alat.....	31
Gambar 3. 9 Perpindahan Panas Pada Kondensor.....	32
Gambar 3. 10 Gambar 3D Alat Uji Sistem Refrigerant.....	33
Gambar 3. 11 Ducting Bawah Alat Uji.....	33
Gambar 3. 12 Ducting <i>Atas Alat Uji</i> .....	34
Gambar 4.1 Titik data entalpi .....	36
Gambar 4.2 Panas yang di serap dari berbagai variasi pembebanan.....	38
Gambar 4.3 Panas yang di lepas dari berbagai variasi pembebanan.....	39
Gambar 4.4 Laju aliran massa .....	40
Gambar 4.5 Kapasitas pendinginan dari berbagai variasi pembebanan...	41
Gambar 4.6 COP berbagai variasi pembebanan.....	42
Gambar 4.7 Daya berbagai variasi pembebanan.....	43

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Refrigerant <i>Halokarbon</i> .....	8
Tabel 2. 2 Senyawa Anorganik.....	8
Tabel 2. 3 Refrigerant Hidrokarbon.....	9
Tabel 2. 4 karakteristik refrigerant.....	11
Tabel 3. 1 Spesifikasi Alat Uji.....	23
Tabel 3. 2 Spesifikasi Kompresor.....	24
Tabel 3. 3 Spesifikasi Kondensor.....	24
Tabel 3. 4 Spesifikasi Evaporator.....	25
Tabel 3. 5 Spesifikasi Termodisplay.....	26
Tabel 3. 6 Spesifikasi <i>Pressure Gauge High Pressure</i> .....	26
Tabel 3. 7 Spesifikasi <i>Pressure Gauge Low Pressure</i> .....	27
Tabel 3. 8 Spesifikasi Amperemeter.....	28
Tabel 3. 9 Parameter Pengambilan Data.....	31
Tabel 3. 10 Contoh Tabel Pengambilan Data.....	32
Tabel 4.1. Data Entalpi pada berbagai Variasi pengisian Refrigerant dan Temperatur Lingkungan.....	35

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar belakang Masalah

Mesin pendingin siklus kompresi uap merupakan jenis mesin pendingin yang paling banyak digunakan saat ini, umumnya media yang digunakan sebagai fluida kerja yang memindahkan panas dari produk yang didinginkan kelingkungannya adalah refrigeran sintetis. Sejak ditemukan sekitar tahun 1930 hingga pertengahan 1970, dampak penggunaan refrigeran sintetis seperti refrigeran chlorofluoro carbon (CFC), dan hydro chloro fluoro carbon (HCFC) belum menjadikan masalah lingkungan. Hal ini bukan berarti penggunaan refrigeran tersebut tidak memiliki dampak negatif terhadap lingkungan, tetapi lebih disebabkan terbatasnya pengetahuan dan kesadaran lingkungan pada saat itu. Dengan bertambahnya pengetahuan dan kesadaran lingkungan, ternyata penggunaan refrigeran sintetis tersebut menimbulkan masalah terhadap lingkungan, refrigeran yang semula dipandang sangat ideal dan sempurna, kini dipandang berbahaya sehingga perlu dihapus penggunaannya (Powell,2001).

Hal ini kemudian mendorong negara-negara di dunia termasuk Indonesia untuk kemudian bersama-sama melakukan pencegahan dan perbaikan dengan membuat kesepakatan. Kemudian kesepakatan ini dikenal dengan konvensi wina pada tahun 1985 diikuti dengan kesepakatan Montreal tahun 1987. Guna mengurangi dampak ODS(*Ozone Depleting Substances*) tersebut, pada tahun 1992 Indonesia telah menandatangani protokol Montreal. Pada saat itu pula Indonesia telah mencanangkan program “*Indonesian Country for the phase Out of Ozone Depleting Substances (ODS) under the Montreal Protokol*”. Sehingga mulai awal tahun 2020 sampai dengan tahun 2030 bahan pendingin refrigeran jenis HCFC akan dihapus dan dihentikan penggunaannya (An ECOFRIG 1997).

Alternatif yang dilakukan oleh para peneliti untuk menanggulangi hal tersebut, salah satunya adalah penggunaan refrigeran hidrokarbon campuran propana dan isobutan sebagai pengganti CFC-12, sedangkan pengganti HCFC 22 adalah R-1270.

Sebenarnya pemakaian hidrokarbon sebagai refrigeran sudah dikenal masyarakat sejak 1920 di awal teknologi refrigerasi mulai dikembangkan bersama fluida kerja natural lainnya seperti ammonia, dan karbon dioksida (Calm, 2002). Sejak ditemukan pada tahun 1930 refrigeran CFC (Chloro-Fluoro-Carbon) dan HCFC memegang peranan penting dalam sistem refrigerasi dan pengkondisian udara. Hal ini dikarenakan refrigeran tersebut memiliki properti fisika dan termal yang baik, stabil, tidak mudah terbakar, tidak beracun dan kompatibel terhadap sebagian besar bahan komponen dalam sistem refrigerasi (Powell, 2001).

Seperti yang telah dijelaskan sejak awal bahwa pada sistem pendingin kompresi uap refrigeran merupakan media untuk memindahkan kalor. Refrigeran ini memegang peranan sangat penting dan sampai saat ini masih banyak digunakan pada berbagai mesin refrigerasi, salah satunya adalah HCFC 22 atau umumnya refrigeran sintesis. Refrigeran ini mempunyai nilai ODP (*ozone depletion potential*) dan GWP (*global warming potential*) yang cukup tinggi. ODP merupakan ukuran relatif tingkat perusakan ozon suatu bahan terhadap tingkat perusakan ozon oleh R-11. Tabel 1 mencantumkan tiga pendingin chiller paling populer dan beberapa pengganti untuk potensi penipisan ozon dan potensi pemanasan global. Sebagian besar negara mengurangi emisi dari pembangkit listrik sehingga mengurangi dampak emisi terkait produksi energi tidak langsung..

Tabel 1.1 Data lingkungan dari beberapa refrigeran (Devotta.S.dkk, 2005)

Refrigerants	ODP	GWP
CFC-11	1	4600
CFC-12	0.82	10.60
HCFC-22	0.034	1700
HCFC-123	0.012	120
HFC-134a	0	1300
HFC-152a	0	120
R-407C	0	1700
R-410A	0	2000
HC-290	0	~20
HC-600a	0	~20
Breezon (R-1270)	0	<3
Ammonia (R-717)	0	<1
Carbon dioxide (R-744)	0	1

Nilai ODP dan GWP beberapa refrigeran dapat dilihat pada Tabel 1. Salah satu alternatif refrigeran pengganti terhadap refrigeran sintesis HCFC 22 adalah refrigeran (R-1270), karena memiliki nilai ODP 0 dan GWP nya relatif kecil. Penelitian tentang refrigeran (R-1270) sebagai bahan ramah lingkungan telah dimulai cukup lama dan terus dikembangkan untuk memperoleh hasil yang paling optimum.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Dengan diberlakukannya kebijaksanaan penghentian penggunaan HCFC 22 akan mengakibatkan refrigeran tersebut semakin berkurang dan akhirnya akan hilang di pasaran. Oleh karena itu penggunaan refrigeran pengganti yang ramah lingkungan sangat mendesak untuk dilaksanakan.

Salah satu refrigeran pengganti yang bisa digunakan mulai digalakkan kembali penggunaannya adalah refrigeran (R-1270). Refrigeran (R-1270) dapat digunakan untuk mesin pendingin kompresi uap dari mulai kapasitas kecil, menengah sampai yang relatif besar. Berdasarkan beberapa penelitian dan literatur, refrigeran tersebut mempunyai beberapa keunggulan, antara lain:

- a. Dapat langsung dilakukan retrofitting/penggantian refrigeran kemesin pendingin.
- b. Tidak diperlukan penggantian komponen sistem
- c. Pada beberapa kasus daya yang diperlukan lebih hemat

Berdasarkan uraian tersebut di atas, maka untuk melakukan penelitian tentang pengaruh variasi pengisian refrigeran hidrokarbon sebagai pengganti refrigeran HCFC 22 terhadap parameter dan kinerja dari sistem pendingin kompresi uap., kemudian menganalisa serta membandingkan data hasil pengujian tersebut.

### 1.3 Batasan Masalah

Dalam melakukan penelitian ini, adapun batasan – batasan yang antara lain adalah :

1. Sistem yang digunakan adalah sistem pendingin kompresi uap dengan refrigeran awal yang digunakan adalah HCFC 22
2. *Retrofitting* (penggantian) HCFC 22 dengan refrigeran (R-1270).
3. Pengamatan dilakukan terhadap parameter yang diukur yang kemudian dianalisa untuk mengetahui kinerja sistem.
4. Parameter yang diukur meliputi :
  - a. Tekanan discharge, tekanan suction dan keluar kondenser, serta tekanan masuk dan keluar evaporator
  - b. Temperatur *discharge*, temperatur *suction*, temperatur keluar evaporator, temperature keluar kondensor, temperatur masuk ekspansi, temperature keluar ekspansi, temperature evaporator, temperatur kabin, temperatur lingkungan, dan temperatur produk.
  - c. Tegangan, arus dan kwh pada motor kompresor
5. Kinerja dari sistem yang dianalisa adalah meliputi pencapaian temperatur evaporator, koefisien kinerja (*COP*), dan penggunaan energi listriknya.

### 1.4. Tujuan Penelitian

Penelitian yang dilakukan ini bertujuan untuk :

1. Mengaplikasikan penggantian refrigeran HCFC 22 dengan (R-1270) pada sistem pendingin kompresi uap jenis AC split.
2. Menguji performa pada AC split

### 1.5. Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini diharapkan diperoleh informasi aktual mengenai R-1270 dan HCFC 22 terhadap kinerja sistem pendingin kompresi uap. Selain itu penelitian ini diharapkan dapat menambah data baru mengenai pemanfaatan propana pada sistem pendingin kompresi uap jenis *refrigerator*.

## 1.6. Metodologi Penelitian

Ada beberapa metode atau cara pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain:

a. Studi pustaka

Studi pustaka ini dilakukan dengan cara mencari dan membaca buku referensi yang berkaitan dengan penelitian dan *browsing* melalui internet. Hal ini sangat membantu peneliti dalam menyelesaikan permasalahan karena banyak hal yang tidak diperoleh di bangku perkuliahan bisa ditemukan melalui metode ini.

b. Analisa data dengan *Refprop*

Untuk memudahkan pengolahan data, data hasil pengamatan dihitung/diproses dengan bantuan *refprop*.

c. Konsultasi dosen pembimbing

Konsultasi dengan dosen pembimbing dilakukan secara periodik. Selain untuk memecahkan permasalahan yang dihadapi, cara ini dilakukan sebagai upaya untuk melaporkan perkembangan dan penelitian kepada dosen pembimbing.

## 1.7. Sistematika Penulisan Tugas Akhir

Laporan penulisan tugas akhir ini terdiri 5 bagian utama yaitu:

Bab pendahuluan merupakan bab pertama yang memuat latar belakang penelitian, pembatasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi penelitian dan sistematika tesis. Bab tinjauan pustaka ini berisi uraian tentang alur pikir dan perkembangan keilmuan topik kajian. Pada bab ini dijelaskan beberapa hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan masalah yang dikaji. Sehingga memberikan gambaran perkembangan pengetahuan yang mendasari penulisan Tesis. **Tinjauan Pustaka** juga berisi ulasan tentang kesimpulan yang terdapat dalam setiap judul dalam daftar pustaka, dan dalam bab ini dijelaskan alasan dipilihnya topik kajian serta arah yang akan ditempuh dalam menyelesaikan pembahasan/penyelesaian topik kajian tersebut. **Metodelogi** menggambarkan detail tentang tempat, bahan dan peralatan yang digunakan dalam penelitian, dan tata cara melakukan penelitian. **Data**

**dan Analisa** menguraikan secara rinci data dan informasi yang menunjang penelitian. Selanjutnya dilakukan pengolahan data, analisa dan pembahasan data/grafik serta pembahasan hasil. **Bab V penutup** memuat tentang kesimpulan dan saran dari penelitian ini.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Sistem Tata Udara**

Pangadaan suatu sistem pengkondisian udara bertujuan untuk tercapainya kondisi temperatur, kelembaban, kebersihan, dan distribusi udara dalam ruangan dapat dipertahankan pada tingkat keadaan yang diharapkan. Suatu sistem tata udara bisa berupa sebuah pemanas, pendingin dan ventilasi (Agus Riyato 2007). Untuk kondisi iklim tropis seperti di Indonesia, proses sistem tata udara banyak sekali dipergunakan yang bertujuan untuk menciptakan kondisi nyaman pada suatu ruangan.

Sistem tata udara terdiri atas dua macam, yaitu :

##### a. Sistem tata udara alami

Sistem tata udara alami hanya mengandalkan tata ruangan dan aliran udara disekitar gedung. Untuk ruangan yang tidak menggunakan peralatan pendingin udara harus memiliki lubang ventilasi yang memadai minimal 15% dari total luas lantai.

##### b. Sistem tata udara buatan

Sistem tata udara buatan digunakan untuk mengkondisikan suatu ruangan agar terasa nyaman dan sejuk bagi penggunanya. Sistem tata udara buatan yang sering dijumpai yaitu AC (*Air Conditioning*).

Pada bangunan besar biasanya menggunakan sistem pengkondisian udara central atau yang biasa disebut AC Central. Sistem tersebut mungkin terdiri dari satu atau lebih mesin pendingin (*water-chilling plants*) dan mesin pemanas air yang diletakan dalam suatu ruangan tertentu.

#### **2.1.1 Jenis-Jenis Air Conditioning**

Berdasarkan jenis dan nama peralatan yang terpasang, *Air Conditioning* (AC) dibedakan menjadi beberapa jenis, antara lain :

##### a. AC Split

Mesin tata udara jenis ini terbagi menjadi dua unit, satu di bagian ruangan (*Oudor Unit*) yang berisi kondensor dan kompresor, dan satu lagi di dalam ruangan (*Indor Unit*) yang berisi evaporator dan kipas udara.

b. AC Window

AC jenis ini merupakan pendingin yang relative murah untuk kapasitas kecil yang mudah digunakan dan mudah pemasangannya. Kelemahan dari AC ini adalah penggunaannya yang cenderung menimbulkan kebisingan didalam ruangan karena letak kompresor yang berada dekat dengan ruangan.

c. AC Sentral

Pada AC jenis ini udara dari ruangan didinginkan pada *cooling plant* di luar ruangan, kemudian udara yang telah dingin dialirkan kembali kedalam ruangan tersebut. AC ini biasanya digunakan di hotel, mall atau gedung-gedung dengan ruangan yang banyak.

d. Standing AC

Jenis AC ini merupakan mesin pendingin yang paling mudah pemasangannya dan dapat dipindahkan kemana saja. Karena jenisnya yang fleksible maka mesin pendingin ini sering digunakan untuk keperluan untuk acara-acara yang sering berpindah tempat.

## **2.2 Komponen Sistem Tata Udara**

### **2.2.1. Kompresor**

Kompresor adalah alat yang digunakan untuk memindahkan fluida kompresible dari suatu tempat ke tempat lain dengan beda tekanan, dimana energi mekanik motor penggerak dirubah menjadi energi fluida yang berupa tekanan (Arismunandar, 1991).

Dalam pengoperasiannya kompresor perlu dipertimbangkan terhadap operasinya agar kompresor tersebut dapat beroperasi sesuai dengan keinginan. Saat pengoperasian perlu dipertimbangkan beberapa hal antara lain kondisi operasi setiap kompresor dan sifat-sifat udara, gas atau gas campuran yang dikompresi.

Kompresor diklasifikasikan menjadi dua jenis antara lain kompresor positif dengan fluida yang dihisap akan langsung terkompresi didalam silinder dan kompresor non-positif dengan fluida yang dihisap masuk alirannya akan dipercepat

menggunakan impeller yang kemudian mengubah energi kinetik untuk menaikkan tekanan. Komponen kompresor ditunjukkan pada gambar 2.1.



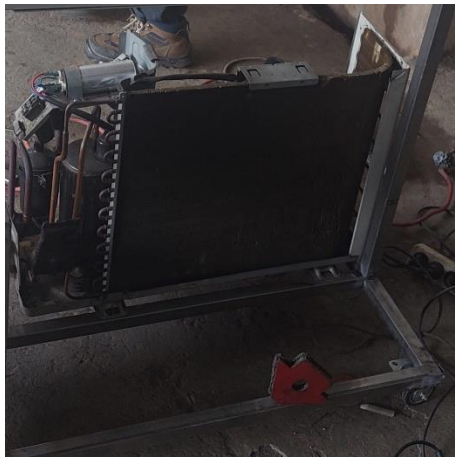
Gambar 2. 1 Kompresor

### 2.2.2. Kondensor

Untuk mencairkan uap refrigerant yang bertekanan dan pertemperatur tinggi (yang keluar dari kompresor) diperlukan usaha melepaskan kalor sebanyak kalor laten pengembunan dengan cara mendinginkan uap refrigerant itu. Jumlah kalor yang dilepaskan oleh uap refrigerant kepada air pendingin atau udara pendingin didalam kondensor sama dengan selisih entalpi uap refrigerant pada seksi masuk dan seksi keluar kondensor.

Jumlah kalor yang dilepaskan didalam kondensor sama dengan kalor yang diserap oleh *refrigerant* di dalam evaporator dan kalor yang ekuivalen dengan energi yang diperlukan untuk melakukan kerja dalam kompresor (Arismunandar, 1991).

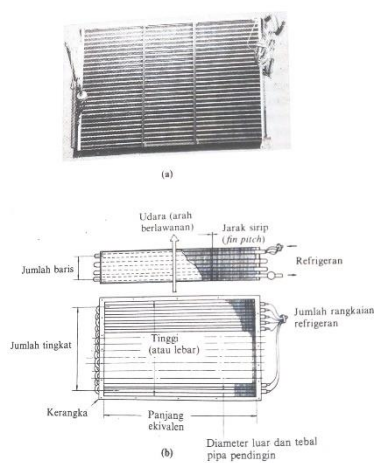
Laju Perpindahan Kalor dalam Kondensor Pendinginan Air Didalam pipa kondensor terjadi perpindahan kalor dari uap refrigerasi ke air pendingin. Jumlah kalor yang dipindahkan melalui dinding pipa pendingin tergantung pada perbedaan temperatur, material pipa laju aliran massa fluida kerja. Sedangkan kotoran dan kerak yang menempel pada pipa menghalangi proses perpindahan panas. Komponen kondensor ditunjukkan pada gambar 2.2



Gambar 2. 2 Kondensor

### 2.2.3. Evaporator

Evaporator adalah penukar kalor yang memegang peran penting didalam sebuah siklus refrigerasi yaitu untuk mendinginkan media disekitarnya. Ada beberapa macam evaporator sesuai dengan tujuan penggunaannya, bentuknyapun dapat berbeda-beda. Hal tersebut dapat disebabkan karena media yang hendak didinginkan dapat berupa gas, cairan ataupun gas padat. Komponen evaporator ditunjukkan pada gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Evaporator

Maka evaporator dapat dibagi dalam beberapa golongan, sesuai dengan keadaan *refrigerant* didalamnya, antara lain :

a. Jenis Ekspansi kering

Dalam jenis ekspansi kering cairan *refrigerant* yang diekspansikan melalui katup ekspansi pada waktu masuk kedalam evaporator sudah dalam keadaan kering. Oleh karena itu sebagian besar dari evaporator terisi oleh uap *refrigerant*, maka perpindahan kalor yang terjadi tidak begitu besar jika dibandingkan dengan keadaan di mana evaporator terisi oleh *refrigerant* cair. Akan tetapi evaporator jenis ekspansi kering tidak memerlukan *refrigerant* dalam jumlah besar.

b. Evaporator jenis setengah-basah

Evaporator jenis setengah-basah adalah evaporator dengan kondisi *refrigerant* diantara evaporator jenis ekspansi kering dan evaporator jenis ekspansi basah. Dalam evaporator jenis ini selalu terdapat *refrigerant* cair dalam pipa penguapnya. Oleh karena itu laju perpindahan kalor dalam evaporator jenis ini lebih tinggi daripada yang diperoleh pada jenis ekspansi kering, tetapi lebih rendah daripada jenis basah. Pada jenis evaporator ekspansi kering *refrigerant* masuk dari bagian atas koil sedangkan pada evaporator jenis setengah basah *refrigerant* masuk dari bagian bawah evaporator.

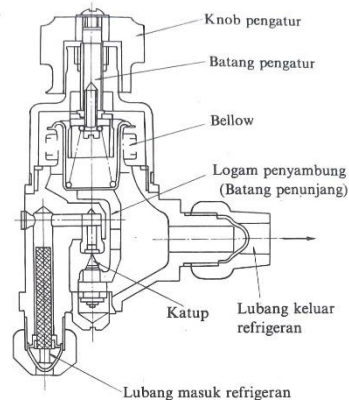
c. Evaporator jenis basah

Dalam evaporator jenis bsaha sebagian besar dari evaporator terisi oleh cairan *refrigerant*. Proses penguapannya terjadi seperti ketael uap. Gelembung *refrigerant* yang terjadi karena pemanasan akan naik, pecah pada permukaan cairan atau terlepas dari permukaannya. Sebagian *refrigerant* kemudian masuk ke dalam akumulator yang memisahkan uap dan cairan. Maka *refrigerant* yang ada dalam benruk upa saja yang akan masuk kedalam kompresor, bagian *refrigerant* cair yang dipisahkan di dalam akumulator akan kembali ke dalam evaporator, bersama-sama dengan *refrigeran* (cair) yang berasal dari kondensor.

#### **2.2.4. Katup Ekspansi**

Katup ekspansi digunakan untuk mengekspansikan secara *adiabatic* cairan *refrigerant* yang bertekanan dan bertemperatur tinggi sampai mencapai tingkat

keadaan tekanan dan temperatur rendah, jadi melaksanakan proses *trotle* atau proses ekspansi entalpi konstan. Selain itu katup ekspansi mengatur pemasukan *refrigerant* sesuai dengan beban pendinginan yang harus dilayani oleh evaporator. Komponen evaporator ditunjukkan pada gambar 2.4



Gambar 2. 4 Katup Ekspansi

Terdapat tiga jenis katup ekspansi antara lain :

1. Katup Ekspansi Otomatik Termostatik

Katup ekspansi otomatis termostatik berfungsi untuk mengatur pemasukan refrigeran ke dalam evaporator sesuai dengan kebutuhan beban pendinginan yang harus dilayani. Tetapi bukan berarti bahwa katup ekspansi tersebut harus mengusahakan agar evaporator bekerja pada suatu temperatur penguapan yang konstan. Dalam hal tersebut perbedaan antara temperature penguapan dan temperature media yang akan didinginkan dipertahankan supaya konstan.

2. Katup Ekspansi Manual

Katup ekspansi tekanan manual adalah katup ekspansi dengan trotel yang diatur secara manual, yaitu dengan menggunakan katup jarum yang berbeda dari katup stop biasa.

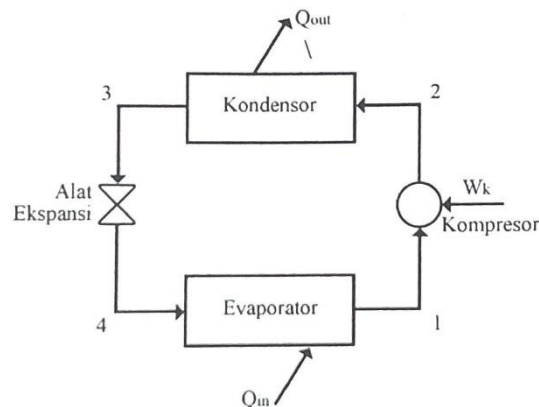
3. Katup Ekspansi Tekanan Konstan

Katup ekspansi tekanan konstan adalah katup ekspansi dimana katup digerakan oleh tekanan didalam evaporator untu mempertahankan supaya tekanan

didalam evaporator konstan. Pada jenis katup ini blow dan katup jarum dihubungkan oleh patang penunjang, bagian bawah dari blow berhubungan dengan lubang keluar sehingga menerima tekanan evaporator. Sebuah pegas dipasang pada bagian atas dari blow, gaya pegas dapat diatur dengan memutar knob pengatur.

### 2.3 Sistem Kompresi Uap

Sistem kompresi uap merupakan suatu sistem yang menggunakan 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. Pada gambar 2.5 merupakan diagram alir sistem kompresi uap.



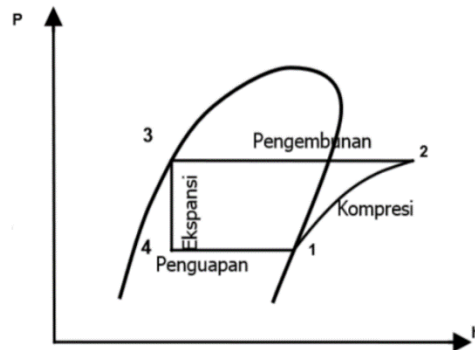
Gambar 2. 5 Diagram Alir Sistem Kompresi Uap

#### 2.3.1. Sistem Kompresi Uap Standar

Sistem kompresi uap standar merupakan siklus toeritis dimana terdapat beberapa proses yang terbentuk antara lain:

- 1-2 Merupakan kompresio adiabatik dan reversible, dari uap jenuh menuju tekanan kondensor.
- 2-3 Merupakan proses pelepasan kalor reversible pada tekanan konstan, menyebabkan penurunan panas lanjut (desuperheating) dan pengembunan refrigerant.

- 3-4 Merupakan ekspansi tidak-reversible pada entalpi konstan, dari cairan jenuh menuju tekanan evaporator.
- 4-1 Merupakan proses penambahan kalor reversible pada tekanan tetap, yang menyebabkan penguapan menuju uap jenuh.

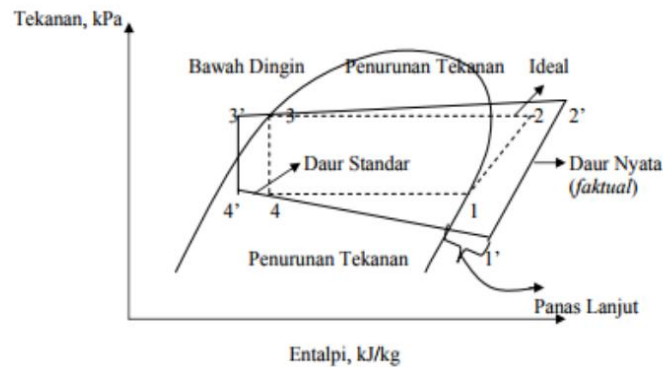


Gambar 2. 6 Sistem Kompresi Uap Standar

### 2.3.2. Sistem Kompresi Uap Aktual

Siklus kompresi uap aktual berbeda dari siklus standar. Perbedaan ini muncul karena adanya asumsi-asumsi yang ditetapkan dalam siklus standar. Pada siklus aktual terjadi pemanasan lanjut uap refrigeran yang meninggalkan evaporator sebelum masuk ke kondensor. Pemanasan lanjut ini terjadi akibat tipe peralatan ekspansi yang digunakan atau dapat juga karena penyerapan kalor di jalur masuk (suction line) antara evaporator dan kompresor. Begitu juga dengan refrigeran cair mengalami pendinginan lanjut atau bawah dingin sebelum masuk ke katup ekspansi atau pipa kapiler.

Perbedaan penting antara kompresi aktual dan standar terletak pada penurunan tekanan di dalam kondensor dan evaporator dikarenakan adanya gesekan akibat kerja dari kompresor, dalam pembawahdinginan (subcooling) cairan yang meninggalkan kondensor dan dalam pemanasan lanjut uap yang meninggalkan evaporator. Akibat penurunan tekanan maka pada titik 1 dan 2 memerlukan kerja lebih banyak dibandingkan dengan kompresi standar. Perbedaan selanjutnya pada kompresi aktual adalah kompresi yang tidak lagi isentropic, dan terdapat ketidakefisienan yang disebabkan oleh kerugian-kerugian lain. Pada gambar 2.7 menunjukkan sistem kompresi uap aktual.



Gambar 2. 7 Sistem Kompresi Uap Aktual

## 2.4 Refrigerant

Refrigeran adalah suatu media (fluida) perambat panas yang menyerap panas dengan menguapkan pada temperatur dan tekanan rendah serta melepaskan panas dengan jalan mengembunkannya pada temperatur yang dan tekanan yang tinggi. Jadi refrigeran yang ada pada sistem refrigerasi mudah mengalami perubahan phase dari cair menjadi gas maupun sebaliknya (Pratama, 2021).

Refrigerasi merupakan panas yang dikeluarkan pada suatu ruangan dengan cara mengambil panas laten ketika refrigerant melewati ruangan tertentu pada suhu dan tekanan yang rendah, sedangkan refrigerant akan mengeluarkan panas laten ketika refrigeran masuk kedalam kondensor yang nantinya akna terjadi proses kondensasi dari gas ke cair. Jenis refrigeran yang sering digunakan serta menjadi aspek pertimbangan lingkungan adalah jenis refrigeran halocarbon yaitu refrigerant yang meiliki atom halogen (fluoro) dan karbon.

Ketentuan refrigeran untuk sistem refrigerasi sebagai berikut :

### 1. Tekanan

Pada sebuah mesin pendingin sebaiknya refrigeran memiliki temperature penguapan pada tekanan yang lebih tinggi, sehingga dapat dihindari terjadinya vakum pada evaporator dan turunnya efisiensi volumetric karena naiknya perbedaan kompresi. Pada tekanan pengembunan sebaiknya rendah sehingga penurunan prestasi kompresor dapat dihindarkan, selain itu dengan tekanan pengembunan yang rendah mesin dapat bekerja lebih aman dan meminimalisir terjadinya kebocoran, ledakan pada mesin.

## 2. Temperatur

*Normal Boiling* merupakan titik didih (*temperature saturation*) refrigeran pada kondisi tekanan 1 atm (76 cmHg) = 101,32 kPa. *Normal Boiling* merupakan patokan untuk memilih jenis refrigeran. Satuan dari temperatur dapat dinyatakan dalam satuan *Celsius*(C), *Kelvin*(K), *Fahrenheit*(F), dan *Reamur*(R).

## 3. Volume Spesifik

Refrigeran dengan kalor laten penguapan yang besar dan volume spesifik gas yang kecil akan memungkinkan penggunaan kompresor dengan volume langkah torak yang kecil. Dengan demikian untuk kapasitas refrigerasi yang sama, ukuran unit mesin pendingin akan menjadi lebih kecil.

### 2.5 Refrigerant R-1270

Kepedulian terhadap lingkungan menjadi hal utama dalam aspek dari dampak adanya sebuah sistem refrigerasi. Hal ini diperlukan agar kelestarian lingkungan jangka panjang, karena fungsi lapisan ozon yang ada di langit adalah untuk melindungi manusia dan makhluk hidup lainnya dari sinar ultra violet yang berbahaya (Fahrurrozi, 2022).

Berbagai ilmuwan di dunia melakukan penelitian untuk menciptakan *refrigerant* yang ramah lingkungan, salah satunya adalah R-1270 sebagai *next generation refrigerant non-CFC* berbahan dasar propylene yang aman, ramah lingkungan, dan hemat energi. Produk Breezon MC-32 memiliki indeks *global warming potential* (GWP) yang sangat rendah (Nilai Indeks GWP = 2) dan tidak menyebabkan kerusakan ozon atau *zero ozon depletion potential* (Nilai Indeks ODP = 0). *Refrigerant* R-1270 merupakan *refrigerant* buatan Pertamina yang diresmikan pada tahun 2020. Kelebihan dari *refrigerant* R-1270 buatan Pertamina yaitu dapat menurunkan konsumsi penggunaan listrik, ramah lingkungan, penggunaan *refrigerant* hanya 30% dibandingkan *refrigerant* sintetis, serta dengan konsumsi penggunaan listrik yang menurun maka dapat menurunkan biaya tagihan listrik dan merupakan jenis *refrigerant non sintetis* atau yang biasa disebut *refrigerant* alami yang diambil dari dasar bumi dan diolah di Pertamina (Musicool, 2020). Pada tabel 2.1 dijelaskan karakteristik dari refrigeran Breezon (R-1270).

Tabel 2. 1 Karakteristik R-1270

Nama	Karakteristik
ODP (Ozon Depletion Potential)	0
GWP (Global Warming Potentials)	2
<i>Class</i>	HC
<i>Composition</i>	CH <sub>3</sub> CH=CH <sub>2</sub>
<i>Chemical/blend name</i>	Propene (Propylene)
<i>Safety group</i>	A3
Masa Jenis pada Suhu 50 <sup>0</sup> C (kg/m <sup>3</sup> )	457,66 (Cair) 45,781 (Gas)
<i>Volume Spesific</i> pada Suhu 50 <sup>0</sup> C (m <sup>3</sup> /kg)	0,002185 (Cair) 0,0218431 (Gas)
Viskositas pada Suhu 50 <sup>0</sup> C (μPa. s)	74,85 (Cair) 10,532 (Gas)

## 2.6 Kinerja Sistem Kompresi Uap

### 2.6.1 Konsumsi Daya

Pada penelitian menggunakan AC Split 1 PK perhitungan daya secara aktual menggunakan persamaan (2.1) (Fahrurrozi, 2022).

$$P = V \cdot I \cdot \cos\theta \quad (2.1)$$

Keterangan :

P = Daya Aktual (Watt)

V = Tegangan Arus (Volt)

I = Arus (Ampere)

Cosθ = Konstanta faktor daya (0,85)

### 2.6.2 Kerja Kompresi

Kerja spesifik adalah kerja yang sebanding dengan perubahan enthalpy pada proses kerja kompresi. Kerja kompresi dapat dirumuskan pada persamaan (2.2) (Stoecker and Jones, 1996).

$$W_C = h_2 - h_1 \quad (2.2)$$

Keterangan :

$W_c$  = Kerja Kompresi (kJ/Kg)

$h_2$  = Enthalpy pada akhir kompresi (kJ/Kg)

$h_1$  = Enthalpy pada awal kompresi (kJ/Kg)

### 2.6.3 Laju Aliran Masa

Laju aliran masa pada refrigerant menggunakan pada persamaan (2.3)

$$\dot{m} = \rho \cdot v \cdot A \quad (2.3)$$

Keterangan :

$\rho$  = Densitas (Kg/m<sup>3</sup>)

$v$  = Kecepatan Aliran (m/s)

$A$  = Luas Penampang (m<sup>2</sup>)

Dikarenakan dalam pengukuran laju aliran masa tidak mengukur luas penampang ( $A$ ) dan kecepatan aliran ( $V$ ), maka perlu mencari laju aliran volumetrik ( $\dot{V}$ ) dengan persamaan (2.4)

$$(\dot{V}) = X \cdot A \cdot f \quad (2.4)$$

Keterangan :

$(\dot{V})$  = Laju Aliran Volumetrik (m<sup>3</sup>/s)

$X$  = Langkah Piston (m)

$A$  = Luas Penampang (m<sup>2</sup>)

$f$  = Frekuensi (Hz)

Dari hasil perkalian  $X$  dan  $A$  menghasilkan swept volume ( $V_{sw}$ ) dimana menghasilkan persamaan (2.5)

$$(V_{sw}) = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot Z \cdot X \quad (2.5)$$

Keterangan :

$(V_{sw})$  = Swept Volume (m<sup>3</sup>)

$D$  = Diameter Piston (m)

$Z$  = Jumlah Piston

$X$  = Langkah Piston (m)

Dari persamaan diatas dapat mencari nilai laju aliran masa menggunakan persamaan (2.6) (Schreiner, Jr, and Deschamps, 2010).

$$\dot{m} = \rho \cdot V_{SW} \cdot f \cdot \eta_v \quad (2.6)$$

Keterangan :

$\dot{m}$  = Laju Aliran Masa (kg/Kg)

$V_{SW}$  = Swept Volume (m<sup>3</sup>/s)

$\rho$  = Densitas Refrigerant (Kg/m<sup>3</sup>)

$f$  = Frekuensi (Hz)

$\eta_v$  = Efisiensi Volumetrik (85%)

#### 2.6.4 Daya Kompresor

Pada persamaan (2.7) merupakan persamaan untuk menghitung daya kompresor

$$\dot{W}_c = \dot{m}(h_2 - h_1) \quad (2.7)$$

Keterangan :

$\dot{W}_c$  = Daya yang dibutuhkan kompresor (Watt)

$h_1$  = Enthalpy Masuk Kompresor (kJ/Kg)

$h_2$  = Enthalpy Keluar Kompresor (kJ/Kg)

#### 2.6.5 Kalor yang dilepas

Pada kondensor AC split terjadi pembuangan panas refrigerant ke lingkungan yang dibantu oleh kipas. Persamaan panas yang dibuang oleh kondensor dijelaskan pada persamaan 2.8 (Stocker and Jones, 1996).

$$Q_c = h_3 - h_2 \quad (2.8)$$

Keterangan :

$Q_c$  = Panas yang dibuang oleh kondensor

$h_2$  = Enthalpy pada akhir proses kompresi

$h_3$  = Enthalpy pada akhir proses kondensasi

#### 2.6.6 Efek refrigerasi

Efek refrigerasi merupakan jumlah kalor per satuan masa yang diserap oleh evaporator (Wijaya Y.M, 2021). Pada Persamaan 2.9 merupakan persamaan dari efek refrigerasi

$$Q_e = h_1 - h_4 \quad (2.9)$$

Keterangan :

$Q_e$  = Efek Refrigerasi (kJ/Kg)

$h_1$  = Enthalpy Awal Kompresi (kJ/Kg)

$h_4$  = Enthalpy Akhir Komresi (kJ/Kg)

### 2.6.7 Kapasitas Pendinginan

Menghitung kapasitas pendinginan pada sistem refrigerasi menggunakan persamaan 2.10) (Wijaya Y.M, 2021).

$$\dot{Q}_e = \dot{m} (h_1 - h_4) \quad (2.10)$$

Keterangan :

$Q_e$  = Kapasitas pendingin (KW)

$\dot{m}$  = Laju Aliran Masa (Kg/s)

$h_1$  = Enthalpy pada awal kompresi (kJ/Kg)

$h_4$  = Enthalpy pada akhir Ekspansi (kJ/Kg)

### 2.6.8 Coefisien Of Perfoemance

Istilah prestasi dalam siklus refrigerasi disebut juga dengan Coefisien Of Performance (COP). Semakin tinggi nilai COP pada sistem kompresi uap maka semakin baik pula prestasi dari sistem tersebut (Pratama F.A, 2021). Pada (2.11) dijelaskan persamaan COP

$$\text{COP} = \frac{Q_e}{W_c} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \quad (2.11)$$

Keterangan :

$h_1$  = Enthalpy Masuk Kompresor (kJ/Kg)

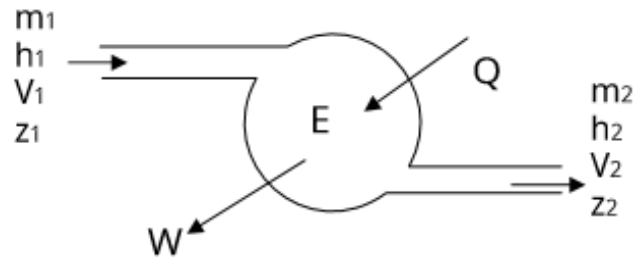
$h_2$  = Enthalpy Keluar Kompresor (kJ/Kg)

$h_4$  = Enthalpy Masuk Evaporator (kJ/Kg)

## 2.7 Persamaan Aliran Steady

Didalam sistem refrigerasi dan pengkondisian udara, laju aliran masa dianggap tidak berubah atau dapat dikatakan tetap. Keseimbangan energinya dapat dikatakan sebagai berikut : besarnya energy yang masuk bersama aliran pada titik 1 ditambah dengan besarnya energy yang ditambahkan berupa kalor dikurangi

energy yang keluar dalam bentuk kerja yang meninggalkan sistem pada titik 2 sama dengan besarnya perubahan energi didalam volume kendali (Stoecker, 1989). Dapat dilihat pada gambar 2.8 merupakan gambar kesetimbangan energy.



Gambar 2. 8 Kesetimbangan Energi Pada Volume Kendali

Persamaan energi pada kesetimbangan energi dapat ditulis sebagai berikut (Stoecker, 1989) :

$$\dot{m} \left[ h_1 + \frac{v_1^2}{2} + gz_1 \right] + q - \dot{m} \left[ h_2 + \frac{v_2^2}{2} + gz_2 \right] - w = \frac{dE}{dt} \quad (2.12)$$

Dikarenakan pada aliran tidak ada perubahan energy terhadap satuan waktu sehingga dapat dikatakan  $\frac{dE}{dt} = 0$  dan tidak ada perubahan laju aliran masa pada sistem dimana laju aliran masa yang masuk pada titik satu sama dengan laju aliran masa yang keluar pada titik ke dua, maka persamaan menjadi :

$$\dot{m} \left[ h_1 + \frac{v_1^2}{2} + gz_1 \right] + q = \dot{m} \left[ h_2 + \frac{v_2^2}{2} + gz_2 \right] + w \quad (2.13)$$

## 2.8 Retrofitting

Retrofitting dikenal sebagai proses pergantian *refrigerant* lama dengan refrigerant baru pada mesin pendingin dengan jenis refrigerant yang berbeda dari jenis kima yang membentuknya serta sifat-sifatnya. Retrofitting dilaksanakan melalui beberapa tahap yaitu pertama dengan mengambil data awal yang selanjutnya mengecek pengambilan data lama, tahap selanjutnya adalah proses pemvakuman yang bertujuan untuk menguras habis refrigerant yang ada didalam sistem. Setelah mesin pendingin dalam keadaan vakum kemudian dilakukan pengisian refrigerant dan pemeriksaan uji kebocoran sistem setelah retrofit (Anam, 2016).

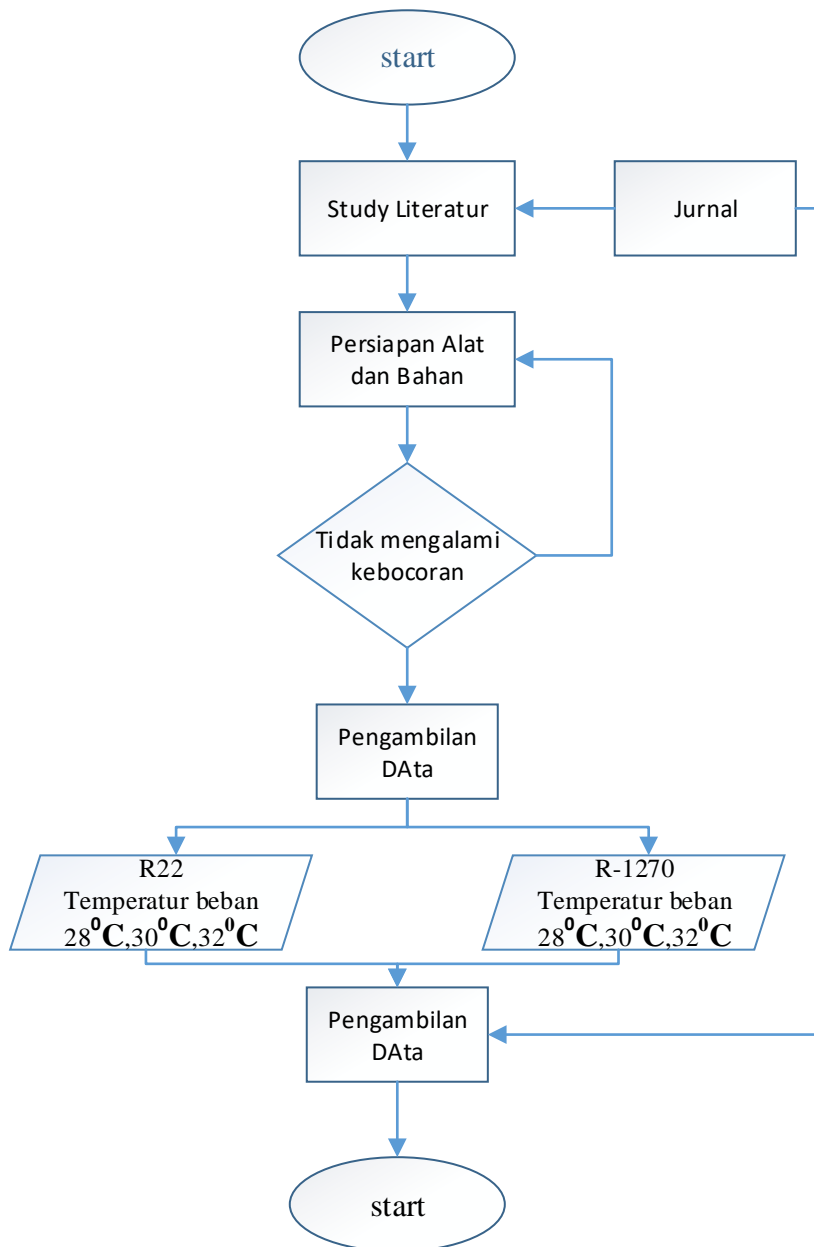
Sebelum melakukan pergantian refrigerant perlu diperhatikan prosedur pengantiannya menggunakan refrigerant hidrokarbon antara lain:

- Memakai APD seperti sarung tangan dan kaca mata saat melakukan pengantiina refrigerat.
- Hindari percikan api saat proses pergantina refrigerant.
- Dilarang merokok saat melakukan proses retrofit.
- Mempersiapkan APAR disekitar tempat pergantian refrigerant.
- Bekerja pada ruangan beventilasi.
- Selalu melakukan pengecekan mesin terlebih dahulu.
- Melakukan pengecekan mesin disetiap unti sebelum memulai proses retrofit,
- Selalu melakukan pemeriksaan instalasi listrik dan sistem pengaman alat.

### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Skema Penelitian

Skema penelitian yang diterapkan pada kasus ini adalah pengujian dengan variasi temperatur lingkungan kondensor menggunakan *refrigerant* R-22 dan R-1270. Pada gambar 3.1 merupakan skema diagram alir penelitian.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

Gambar 3.1 proses penelitian dimulai dengan mengumpulkan beberapa studi literatur dari jurnal penelitian yang berkaitan dengan *refrigerant* dan buku, selanjutnya mencari bahan uji berupa *refrigerant* R-1270 Setelah mendapatkan bahan uji kemudian dilakukan pengujian sistem apakah berjalan dengan baik atau tidak, jika berjalan dengan baik maka akan diteruskan dengan proses pengujian alat dengan memvariasi temperature lingkungan. Setelah itu melakukan pengambilan data dilanjutkan pengolahan data, jika sudah mengolah data maka didapatkan kesimpulan dari pengujian alat.

### 3.2 Tempat dan Waktu Pengujian

Pengujian Kinerja AC Split 1PK dengan *refrigerant* R-1270 dilaksanakan di Laboraturium Prestasi Mesin, Gedung Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Semarang.

### 3.3 Alat Pengujian

Peralatan pengujian “Analisa Kinerja AC Split 1PK Dengan Menggunakan *Refrigerant* R-1270(MC-32)” memiliki komponen seperti AC Split 1PK, *Pressure Gauge High Pressure*, *Pressure Gauge Low Pressure*, *Thermodisplay*, *Ampere Meter*, *Trans Current*.

### 3.4 Spesifikasi Mesin Refrigerasi

Mesin untuk pengujian “Analisa Kinerja AC Split 1PK Dengan Menggunakan *Refrigerant* R-1270 menggunakan merek SHARP model AH-A9SEY. Tabel 3.1 merupakan rincian alat uji yang digunakan.

Tabel 3. 1 Spesifikasi Alat Uji

Merek	Sharp
Model	AH-A9SEY
Daya Listrik	860 Watt
Dimensi	86x30x20
Daya	1PK
Tipe <i>Refrigerant</i>	R-32
Arus Masuk	4,0 Ampere
Tegangan	220 Volt

#### A. Spesifikasi Kompresor

Pada tabel 3.2 menjelaskan spesifikasi kompresor yang digunakan pada alat uji, dan pada gambar 3.2 merupakan kompresor yang digunakan

Tabel 3. 2 Spesifikasi Kompresor

Merek	GMCC 220-240V – 50Hz
Seri	KSN93V11UDZ1
<i>Refrigerant</i>	R-32
Jenis Kompresor	Hermetik
Arus	1,8 Ampere
Pabrikan	China



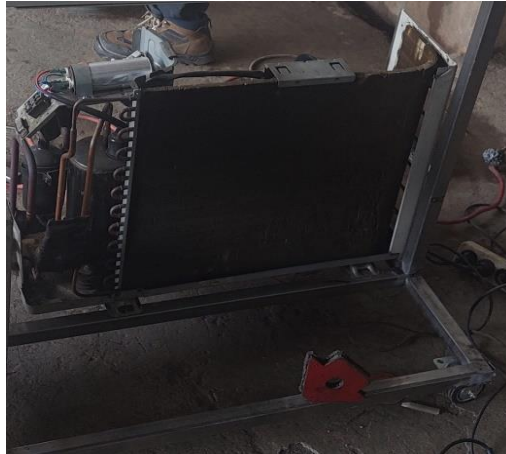
Gambar 3. 2 Kompresor Pada Unit

#### B. Spesifikasi Kondensor

Pada tabel 3.3 menjelaskan spesifikasi kondensor yang digunakan pada alat uji, dan pada gambar 3.3 merupakan kondensor pada unit

Tabel 3. 3 Spesifikasi Kondensor

Material	Tembaga
Merek	Sharp
Pabrikan	Thailand



Gambar 3. 3 Kondensor Pada Unit

### C. Spesifikasi Evaporator

Pada tabel 3.4 menjelaskan spesifikasi evaporator yang digunakan pada alat uji, dan evaporator pada gambar 3.4

Tabel 3. 4 Spesifikasi Evaporator

Merek	Sharp
Material	Tembaga
Tipe	<i>Direct Exspasion Evaporator</i>



Gambar 3. 4 Evaporator Pada Unit

### 3.5 Alat Ukur Pengujian

Pada peralatan pengujian ini terdapat beberapa alat ukur yang bertujuan untuk melihat dan mengetahui tekanan dan suhu pada tiap komponen mesin pendingin. Alat ukur yang digunakan seperti Termodisplay, Pressure Gauge High Pressure,

Pressure Gauge Low Pressure, Termometer wet and dry, Ampere Meter, Termometer Lingkungan, Transcurrent.

A. *Termodisplay*

*Termodisplay* adalah alat ukur yang digunakan untuk mengetahui temperatur gas yang bekerja pada sistem pendingin. Spesifikasi tertera pada tabel 3.5 dan gambar dokumentasi pada gambar 3.5

Tabel 3. 5 Spesifikasi Termodisplay

Jenis	TC3YT-B4R3
Merek	Autonics
Metode Kontrol	On/off



Gambar 3. 5 *Termodisplay*

B. *Pressure Gauge High Presure*

*Pressure gauge high pressure* adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur tekanan keluar kompresor dan mengukur tekanan masuk ekspansi. Biasanya alat ukur ini berwarna biru atau merah yang menunjukkan bahwa alat ukur digunakan untuk tekanan tinggi. Spesifikasi tertera pada tabel 3.6 dan gambar dokumentasi pada gambar 3.6

Tabel 3. 6 Spesifikasi *Presure Gauge High Presure*

Merek	<i>BLUE High Pressure</i>
Maksimal <i>Pressure</i>	<i>550 psi</i>
Maksimal <i>Bar</i>	<i>38 bar</i>
<i>Type Pressure Gauge</i>	<i>Pressure Gauge With Oil High Pressure</i>



Gambar 3. 6 *Presure Gauge High Presure*

C. *Pressure Gauge Low Pressure*

*Pressure gauge low pressure* merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengukur tekanan masuk kompresor dan tekanna keluar ekspansi. Spesifikasi alat tertera pada table 3.7 dan gambar dokumentasi pada gambar 3.7

Tabel 3. 7 Spesifikasi *Presure Gauge Low Presure*

Merek	Refco <i>Pressure Gauge Low Pressure</i>
Maksimal <i>Pressure</i>	230 <i>psi</i>
Maksimal <i>bar</i>	16 <i>bar</i>
<i>Type Pressure Gauge</i>	<i>Pressure Gauge With Oil High Pressure</i>



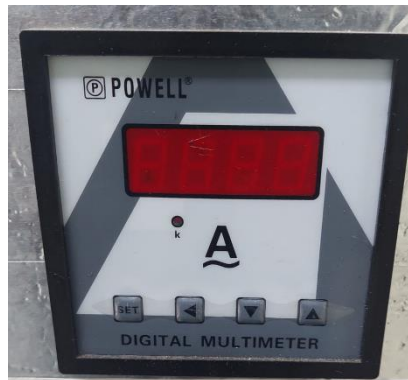
Gambar 3. 7 *Presure Gauge Low Presure*

D. Ampere Meter

Ampere meter merupakan alat ukur yang berfungsi untuk mengukur arus listrik didalam sistem. Spesifikasi alat tertera pada tabel 3.8 dan gambar dokumentasi pada gambar 3.8

Tabel 3. 8 Spesifikasi Amperemeter

Merek	Powell
Model	DX-96
Type	Ampere Meter 50/5A 96x96POWEL
Type Current Transformer	50/5A MSQ-30 Small POWEL



Gambar 3. 8 Amperemeter

### 3.6 Proses Pemvakuman

Pemvakuma merupakan proses yang dilakukan untuk membuat tekanan ruangan tertutup lebih rendah dari pada tekanan atmosfer (1 atm). Pada sistem refrigerasi pemvakuman merupakan hal terpenting sebelum melakukan pergantian refrigerant. Hal ini dilakukan untuk mencegah terjadinya penyumbatan yang disebabkan oleh uap air maupun udara yang tersisa dalam kompresor dan pipa tembaga serta bertujuan untuk mengkosongkan dan mengeluarkan kondensable dan non kondensable gas pada sistem (Wahyu, 2015).

Berikut ini langkah-langkah proses pemvakuman

1. Menyiapkan manifold gauge pengisian kemudian menghubungkan saluran pengisian pada kompresor pada sisi tekanan (rendah) manifold pengisian, bagian tengah manifold pengisian dihubungkan dengan pompa vakum. Pada saluran keluar pompa vakum diberi selang yang dicelupkan kedalam air.
2. Membuka keran tekanan rendah, biasanya pada alat tertulis manifold pengisian rendah kemudian menyalakan pompa vakum.

3. Membiarkan beberapa saat sampai skala petunjuk tekanan rendah menunjukkan vakum 30 In HG.
4. Mematikan pompa vakum, kemudian menutup keran tekanan rendah.
5. Melepaskan selang bagian tengah manifold pengisi daya yang menghubungkan ke pompa vakum. Kemudian menghubungkan selang tersebut ke tabung refrigerant.
6. Membuka keran tabung refrigerant. Setelah refrigerant masuk kedalam sistem pendingin dan manifold charging menunjukkan tekanan 10 psi, lalu menutup keran refrigerant.
7. Menyalakan kompresor AC agar refrigerant menyebar ke sistem pendingin dan udara yang tersisa didalam sistem bisa keluar sendirinya.
8. Setelah 5 menit, kompresor dimatikan.
9. Melepas selang charging manifold yang menghubungkan ke tabung refrigerant, kemudian hubungkan kembali selang ke pompa vakum.
10. Membuka keran tekanan rendah, kemudian menyalakan kembali pompa vakum.
11. Saat pengisian manifold menunjukkan 30 InHG keran tekanan rendah ditutup dan mematikan pompa vakum.
12. Melepaskan selang tengah charging manifold yang menghubungkan ke pompa vakum. Kembali selang tersebut dengan tabung refrigerant dan dilanjutkan dengan pengisian refrigerant

### **3.7 Pengisian Refrigerant**

Setelah proses pemvakuman, selanjutnya dilakukan proses pengisian refrigerant. Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan saat pengisian refrigerant antara lain :

1. Meletakkan tabung refrigerant R-1270 diatas timbangan dan mencatat berat awal.
2. Setelah melakukan pemvakuman kemudian menyambungkan manifold gauge yang dihubungkan ke unit pompa vakum.
3. Menghubungkan nipple pada tabung refrigerant R-1270 menggunakan hose tengah pada manifold gauge.

4. Perhatikan tekanan awal kompresor, setelah itu menghidupkan kompresor yang telah divakumkan.
5. Memposisikan tabung pada timbangan digital.
6. Membuka perlahan keran pada tabung refrigerant dilanjutkan membuka keran berwarna biru pada manifold gauge.
7. Menutup keran warna biru dan keran pada tabung refrigerant ketika sudah mendapatkan masa yang diinginkan.
8. Setelah pengisian refrigerant selesai, kemudian melepaskan selang pada manifold gauge. Selanjutnya menghidupkan AC yang bertujuan untuk mensirkulasikan refrigerant ke seluruh sistem.

### **3.8 Pemeriksaan Sebelum Pengujian**

Sebagai upaya untuk mencegah terjadinya kerusakan pada alat dan keselamatan pengujian, maka wajib memeriksa kondisi AC sebelum pengujian dan perlengkapannya. Hal yang wajib dilakukan sebelum pengujian antara lain:

1. Memeriksa bagian instalasi kelistrikan, sistem pengaman pada mesin dalam keadaan normal dan layak digunakan.
2. Memastikan kipas pada kondensor serta blower pada evaporator dapat bekerja dengan baik.
3. Menyalakan AC untuk mengetahui kebocoran pada sistem instalasi mesin refrigerasi.
4. Menyediakan tempat penampungan air dari kondensor.

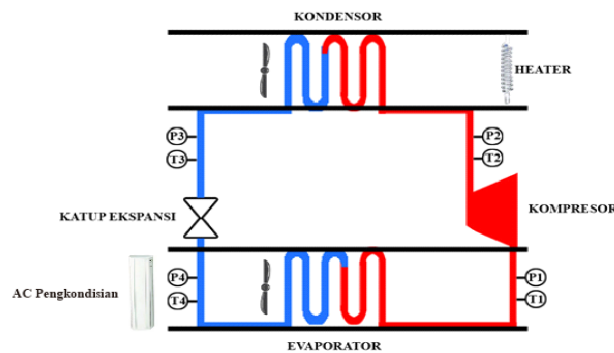
### **3.9 Pengambilan Data**

Proses pengambilan data pada “Analisa Kinerja AC Split 1PK Dengan Menggunakan Refrigerant R-1270” mencakup data tekanan dan temperatur seperti pada tabel 3.9.

Tabel 3. 9 Parameter Pengambilan Data

Tekanan (psia)	Temperatur ( <sup>0</sup> C)
Tekanan Masuk Kompresor (P1)	Temperatur Masuk Kompresor (T1)
Tekanan Keluar Kompresor (P2)	Temperatur Keluar Kompresor (T2)
Tekanan Masuk Katup Ekspansi (P3)	Temperatur Masuk Katup Ekspansi (T3)
Tekanan Keluar Katup Ekspansi (P4)	Temperatur Keluar Katup Ekspansi (T4)

Gambar 3.9 merupakan skema pengujian yang dilakukan pada unit. Peralatan set-up yang terdiri dari kompresor, kondensor, katup ekspansi, serta evaporator pada unit pengujian.

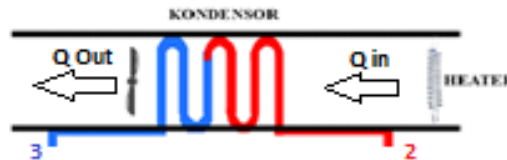


Gambar 3. 9 Skema Pengujian Alat

Letak T1 dan P1 digunakan untuk mengukur suhu dan tekanan yang masuk kedalam kompresor, T2 dan P2 digunakan untuk mengukur suhu dan tekanan yang keluar dari kompresor. T3 dan P3 digunakan untuk mengukur suhu dan tekanan masuk pada katup ekspansi, T4 dan P4 digunakan untuk mengukur suhu dan tekanan keluar katup ekspansi. Warna merah pada gambar menandakan bahwa fluida yang bekerja dalam bentuk gas, sedangkan warna biru merupakan tanda bahwa fluida yang bekerja dalam bentuk cair.

Pada bagian kondensor terdapat heater untuk mengatur temperatur udara luar yang masuk kedalam kondensor, temperatur pada heater diatur oleh kontrol *thermocouple* yang bisa diatur untuk menaikkan dan menurunkan temperatur agar sesuai dengan yang di inginkan. Heater inilah yang nantinya akan dibuat variasi pengujian temperatur lingkungan kondensor, kapasitas heater yang digunakan adalah 1000W. Pada kondensor terjadi perpindahan panas dikarenakan terdapat

kalor yang dihisap pada heater akibat putaran dari *fan* yang berada di dalam unit dan terdapat kalor yang di buang pada sisi buang kondensor. Pada sisi  $Q_{in}$  merupakan temperatur yang dikondisikan sedangkan pada sisi  $Q_{out}$  merupakan teperatur dari proses pelepasan kalor di kondensor. Gambar 3.10 merupakan skema perpindahan panas pada kondensor



Gambar 3. 10 Perpindahan Panas Pada Kondensor

Berikut ini merupakan contoh tabel pengambilan data yang akan dilakukan pada pengujian sistem pendingin, dapat dilihat pada tabel 3.10

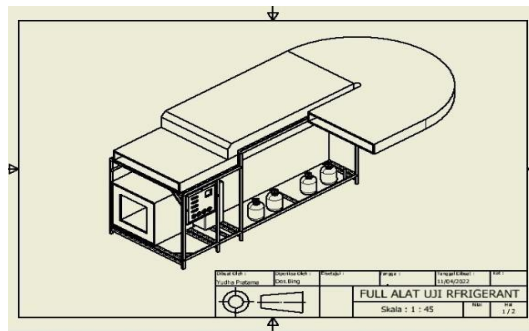
Tabel 3. 10 Contoh Tabel Pengambilan Data

T.L.KON	Waktu (Menit)	T1 ( $^{\circ}\text{C}$ )	T2 ( $^{\circ}\text{C}$ )	T3 ( $^{\circ}\text{C}$ )	T4 ( $^{\circ}\text{C}$ )	ARUS (I)	P1 (psia)	P2 (psia)	P3 (psia)	P4 (psia)
28	2									
	4									
	6									
	8									
30	2									
	4									
	6									
	8									
32	2									
	4									
	6									
34	2									
	4									

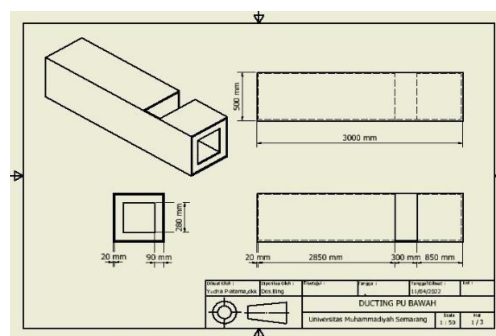
	6									
	8									

### 3.10 Desain Perancangan Sistem Refrigerasi

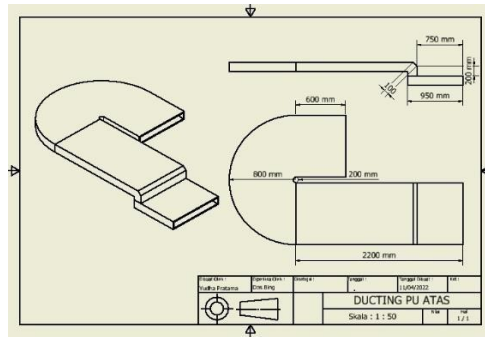
Pada penelitian Kinerja AC Split 1PK dengan *refrigerant* R-1270 terdapat beberapa komponen sebagai penunjang dalam penelitian. Komponen tersebut dirangkai dalam sebuah gambar yang bertujuan untuk memudahkan dalam proses perancangan. Gambar 3.10 merupakan gambar *isometric* dari alat uji, 3.11 merupakan dari *ducting* bawah yang merupakan tempat kondensor, 3.12 merupakan *ducting* atas. Dibawah ini merupakan gambar perancangan kerangka alat uji sistem refrigerasi.



Gambar 3. 11 Gambar 3D Alat Uji Sistem Refrigerant



Gambar 3. 12 Ducting Bawah Alat Uji



Gambar 3. 13 Ducting Atas Alat Uji

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4. Hasil dan pembahasan

#### 4.1 Pengujian kinerja mesin secara umum

Mesin diuji kinerjanya secara umum dengan menggunakan refrigeran HCFC 22 sebanyak 450 grm, sebagai acuan untuk pengisian R-1270 . Pengujian selanjutnya meliputi uji kebocoran (*leak test*), pemeriksaan tekanan, alat kontrol, pengukuran tekanan dan temperatur di beberapa titik yang dianggap diperlukan untuk menganalisa sistem.

#### 4.2 Nilai entalpi berbagai variasi Pembebanan

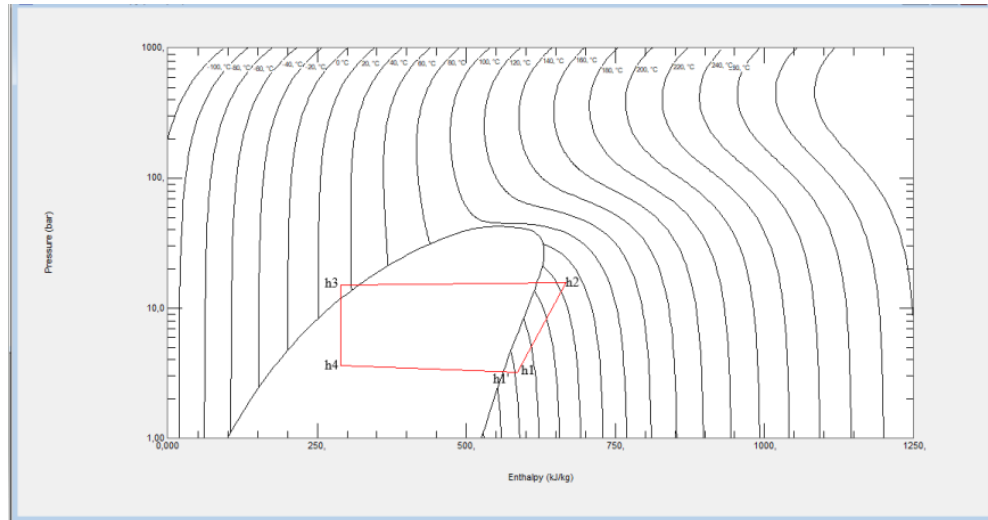
Dengan proses pengerjaan yang sama seperti contoh kasus dari data pengamatan dengan sistem menggunakan refrigerant R-1270, nilai entalpi untuk sistem yang memakai variasi muatan refrigeran R-1270 yang lainnya ditunjukkan pada Tabel 4.1. sedangkan parameter-parameter lainnya akan ditunjukkan dan dibahas pada berbagai grafik

Tabel 4.1. Data Entalpi pada berbagai Variasi pengisian Refrigerant dan Temperatur Lingkungan

Refrigeran	h1	h2	h3	h4	v	I
R-22 28°C	421,45	433,17	241,49	241,49	0,03756	2,8
R-22 30°C	420,97	430,49	243,51	243,51	0,03522	2,9
R-22 32°C	420,94	430,49	246,1	246,1	0,04	2,9
R-1270 28°C	601,9	632,74	293,78	293,78	0,07275	2,58
R-1270 30°C	602,95	636,68	296,97	296,97	0,08372	2,6
R-1270 32°C	603,35	639,18	302,18	302,18	0,06985	2,64

### 4.3. Data Perhitungan

Gambar 4.1 menerangkan titik letak data entalpi yang di dapat, Contoh penggunaan *software Refprop* untuk memperoleh data yang didapat volume spesifik refrigeran masuk isapan kompresor ( $v$ ), entalpi sebagai berikut :



Gambar 4.2 Titik data entalpi

$$V = 0,07275 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$h_1 = 601,9 \text{ kJ/kg}$$

$$h_2 = 632,74 \text{ kJ/kg}$$

$$h_3 = 293,78 \text{ kJ/kg}$$

$$h_3 = h_4 = 293,78 \text{ kJ/kg}$$

Berdasarkan nilai entalpi dan data-data inputan seperti yang telah dijelaskan diatas dapat diketahui beberapa parameter / unjuk kerja sistem refrigerasi kompresi uap tersebut antara lain efek refrigerasi ( $q_e$ ), Kalor yang dibuang dikondenser ( $q_c$ ), kerja kompresor ( $W_k$ ) dan  $COP_{\text{actual}}$ . Untuk menghitung parameter-parameter tersebut dilakukan sebagai berikut

$$\begin{aligned} q_e &= h_1 - h_4 \\ &= 601,9 - 293,78 \\ &= 308,12 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Kalor yang dibuang dikondenser ( $q_c$ )

$$\begin{aligned} q_c &= h_2 - h_3 \\ &= 632,74 - 293,78 \\ &= 338,96 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Kerja kompresor ( $W_k$ )

$$\begin{aligned}W_k &= h_2 - h_1 \\ &= 632,74 - 601,9 \\ &= 30,84 \text{ kJ/kg}\end{aligned}$$

Maka  $COP_{\text{actual}}$  sistem adalah:

$$\begin{aligned}COP_{\text{aktual}} &= \frac{q_e}{W_k} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \\ &= \frac{601,9 - 293,78}{632,74 - 601,9} \\ &= 9,990921\end{aligned}$$

Berdasarkan spesifikasi dari pembuat kompresor yang digunakan, diketahui *displacement* dan putaran kompresor sebesar 19.80 CC dan 2800 rpm, maka laju aliran massa refrigeran dapat dihitung dengan sesuai persamaan (2.13 dan 2.14):

$$SW = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times L \times Z \times \frac{Rpm}{60}$$

SW= Swept volume ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

D= Diameter silinder (m)

L= Panjang langkah torak (m)

n = Putaran per menit

$$\text{Maka : } CC = \frac{\pi}{2} \times D^2 \times L \times Z$$

$$\begin{aligned}SW &= CC \times \frac{Rpm}{60} \\ &= (19.80 \times 10^{-6}) \frac{2800}{60} \\ &= 0.0009 \text{ m}^3/\text{s}\end{aligned}$$

Dari hasil pengolahan *software Refprop* pada pengamatan dengan HCFC 22, diperoleh volume spesifik refrigeran yang memasuki sisi isap kompresor sebesar 0.07275 ( $\text{m}^3/\text{kg}$ ) atau densitasnya  $1/0.07275 \text{ m}^3/\text{kg} = 13,74589 \text{ kg}/\text{m}^3$ . Dengan asumsi Efisiensi volumetric kompresor sebesar 0.85 maka laju aliran massa dapat diperoleh:

$$\dot{m} = \rho \times SW \times \dot{v}$$

$$= 13,74589 \text{ kg/m}^3 \times 0,0009 \text{ m}^3/\text{s} \times 0,85$$

$$= 0,005374644 \text{ Kg/s}$$

Sehingga:

$$Q_e = \dot{m} (h_1 - h_4)$$

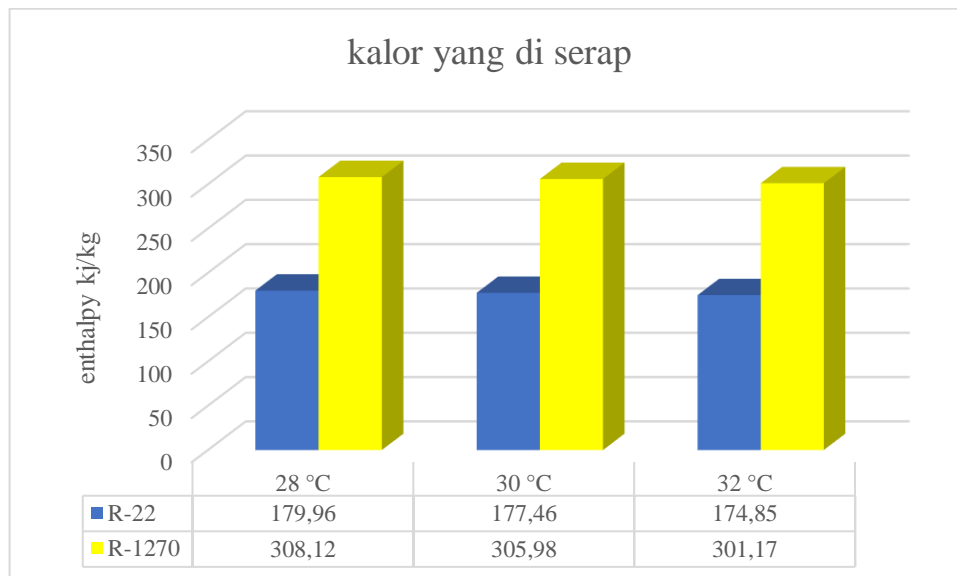
$$= 0,005374644 \text{ kg/s} (601,9 - 293,78) \text{ kJ/kg}$$

$$= 1,656035 \text{ kJ/s}$$

#### 4.7 Efek Refrigrasi dari berbagai variasi pengisian Refrigerant dan Pembebanan

Efek refrigrasi pada pengisian refrigeran HCFC22 memiliki nilai yang rendah di banding R-1270 pada temperatur udara masuk kondensor 28°C= 176,96 kJ/kg, temperatur udara masuk kondensor 30°C= 177,46 kJ/kg dan udara masuk kondensor 32°C sebesar 174,85 kJ/kg.

Nilai efek refrigrasi pada pengisian refrigerant R-1270 dari berbagai variasi pembenanan 28°C, 30°C, 32°C sebesar 308,12 kJ/kg, 305,93 kJ/kg, 301,17 kJ/kg . Perbedaan yang signifikan di pengaruhi sifat-sifat gas itu sendiri.



Gambar 4.3 Panas yang di serap dari berbagai variasi pembebanan

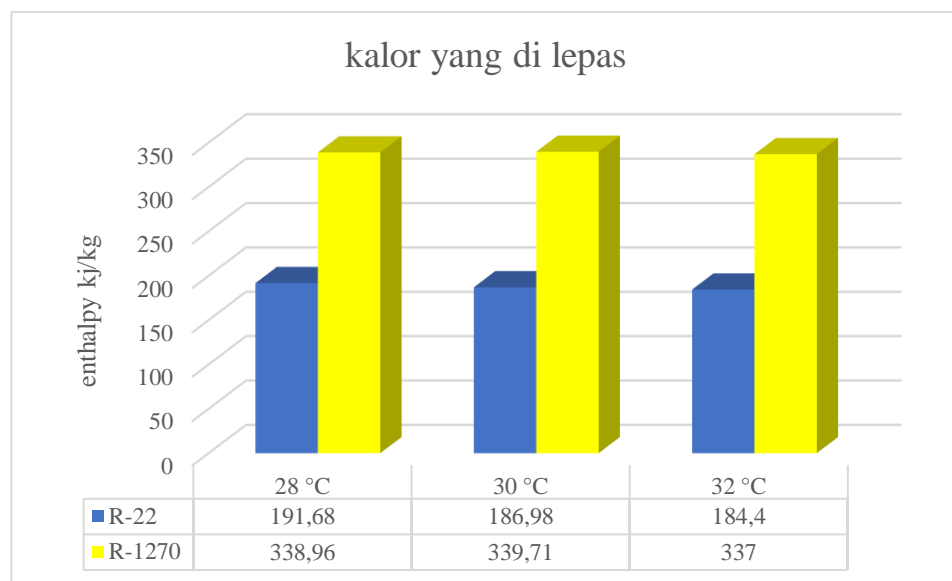
Efek refrigrasi adalah hasil dari pengurangan antara entalpi setelah keluar evaporator dan ketika masuk evaporator ( $h_1-h_4$ ). Dari Gambar4.3 dapat dilihat R-

1270 mempunyai efek refrigerasi yang hampir dua kali lipat efek refrigerasi HCFC22. Efek refrigerasi ini semata-mata ditentukan oleh sifat termodinamika suatu zat, oleh karena itu hidrokarbon sangat baik untuk dijadikan refrigeran untuk suatu mesin pendingin *air conditioner*. efek refrigerasi ini tidak ditentukan oleh berapa banyak refrigeran yang dimasukkan ke dalam suatu mesin pendingin *air conditioner*.

Gambar 4.9 memperlihatkan bahwa efek refrigerasi dengan refrigeran HCFC 22 lebih kecil dibandingkan dengan yang menggunakan hidrokarbon pada berbagai variasi pembebanan, berdasarkan dari beberapa literature hal itu terjadi sebagai akibat bahwa kalor laten hidrokarbon lebih besar dibandingkan dengan HCFC 22

#### 4.8 Panas yang dilepas berbagai Variasi Pengisian Refrigerant dan Pembebanan

Setiap penambahan temperatur beban jumlah kalor yang di lepas dikondensor menurun seperti yang di tunjukan pada Gambar 4.4, kejadian ini sebagai akibat naiknya laju aliran massa refrigeran, sehingga akan berdampak pada kalor yang di lepas mengalami penurunan. Enthalpi R-1270 memiliki nilai yang cukup tinggi dari HCFC22 sehingga dalam pelepasan kalor, tingginya nilai enthalpi R-1270 juga di pengaruhi flamblyiti yang tinggi.



Gambar 4.4 Panas yang di lepas dari berbagai variasi pembebanan

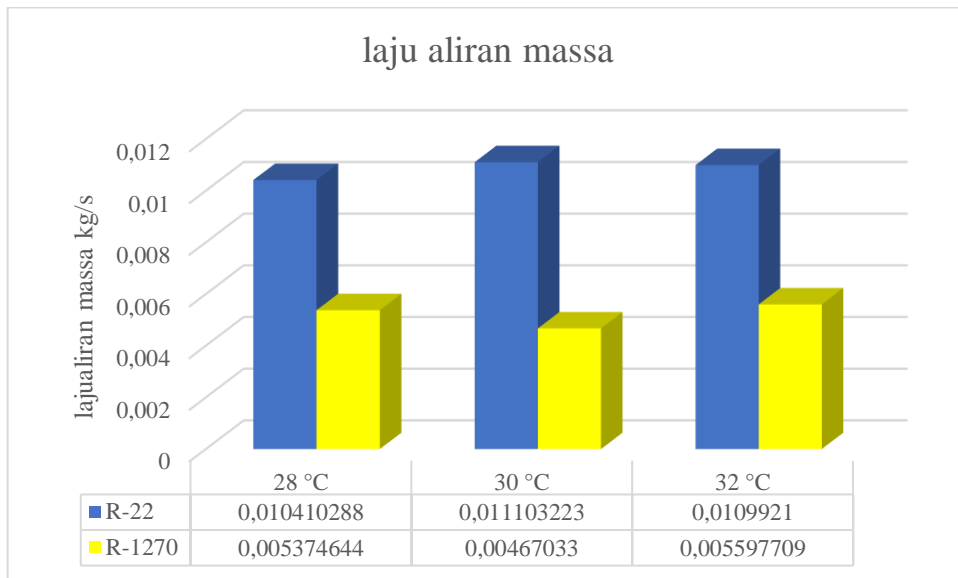
Refrigeran HCFC22 berbagai variasi temperatur yang masuk pada kondensor 28°C, 30°C, 32°C yaitu 191,68 kJ/kg, 186,98 kJ/kg, 184,4kJ/kg.

Refrigeran R-1270 berbagai variasi temperatur yang masuk pada kondensor 28°C, 30°C, 32°C yaitu 338,96 kJ/kg, 339,71kJ/kg, 337 kJ/kg pelepasan kalor memiliki nilai yang cukup tinggi. Namun pada pembebanan tersebut mengalami penurunan,hal ini di pengaruhi meningkatnya laju aliran massa sehingga kalor yang di lepas mengalami penurunan.

#### 4.9. Laju Aliran Massa

Laju aliran massa HCFC22 dari berbagai variasi pembebanan temperatur udara masuk kondensor 28°C, 30°C, 32°C yaitu sebesar 0.01041kg/s, 0.0111kg/s, 0.01099 kg/s HCFC22 memiliki nilai laju aliran massa lebih tinggi di banding R-1270. Hal ini di pengaruhi bahwa nilai masa jenis HCFC22 lebih besar dari pada R1270.

Nilai perhitungan laju aliran massa R1270 pada berbagai variasi pembebanan temperatur udara masuk kondensor 28°C, 30°C, 32°C yaitu 0.0053kg/s, 0.0046kg/s,0.00559kg/s, Masa jenis yang ringan akan menghasilkan laju aliran massa yang rendah.



Gambar 4.5 Laju aliran massa

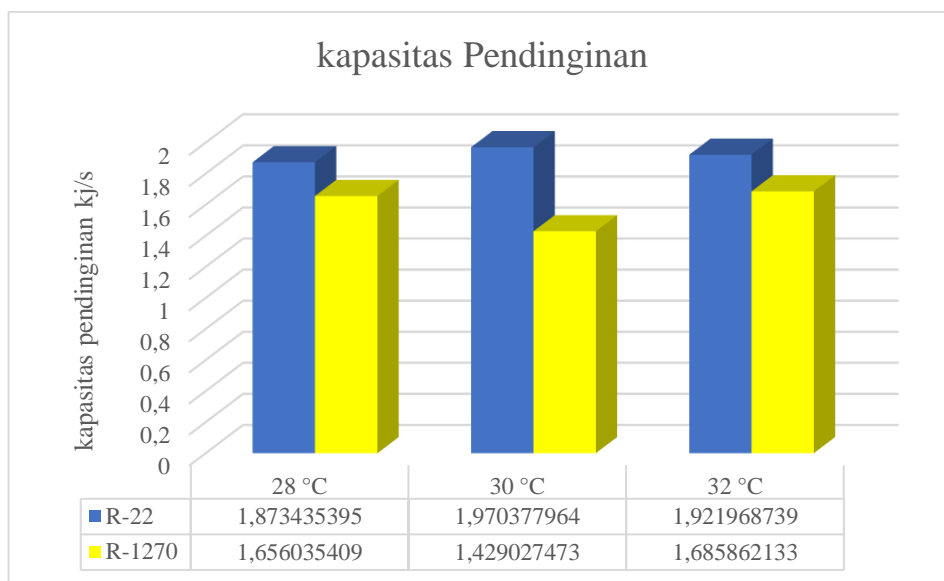
Jika volume sapuan (*swept volume*) kompresor konstan, maka laju aliran massa refrigeran yang disirkulasikan kompresor akan bertambah jika temperatur

memasuki isapan kompresor meningkat, naiknya laju aliran massa refrigeran karena bertambahnya muatan refrigeran pada sistem ini juga terjadi pada penelitian yang dilakukan (Boeng dan Melo (2013))

#### 4.10. Kapasitas pendinginan dari berbagai variasi pengisian dan pembebanan

Kapasitas pendinginan HCFC-22 dari berbagai variasi pembebanan temperatur udara masuk kondensor 28°C, 30°C, 32°C yaitu sebesar 1.873kJ/s, 1.970kJ/s, 1.921kJ/s. Nilai kapasitas pendinginan R-1270 massa berbagai variasi pembebanan temperatur udara yang masuk kondenser 28°C, 30°C, 32°C yaitu 1.656 kJ/s, 1.429 kJ/s, 1.685 kJ/s

Pembebanan pada mesin pendingin akan mempengaruhi tekanan dan temperatur isap kompresor berubah, Kejadian ini juga akan berdampak pada perubahan laju aliran massa refrigeran dan efek pendinginan sistem. Semakin meningkatnya pengisian refrigeran maka temperatur isap kompresor cenderung menurun sehingga efek pendinginan menurun juga. Walaupun efek pendinginan terjadi penurunan namun dengan bertambahnya refrigeran yang bersirkulasi, massa laju aliran meningkat, sehingga akan menyebabkan berubahnya kapasitas pendinginan. Mengingat kapasitas pendinginan merupakan hasil kali antara efek pendinginan dengan laju aliran massa refrigeran. Gambar 4.6 memberikan ilustrasi pengaruh penambahan muatan refrigeran terhadap kapasitas pendinginan.



Gambar 4.6 Kapasitas pendinginan dari berbagai variasi pengisian dan pembebanan

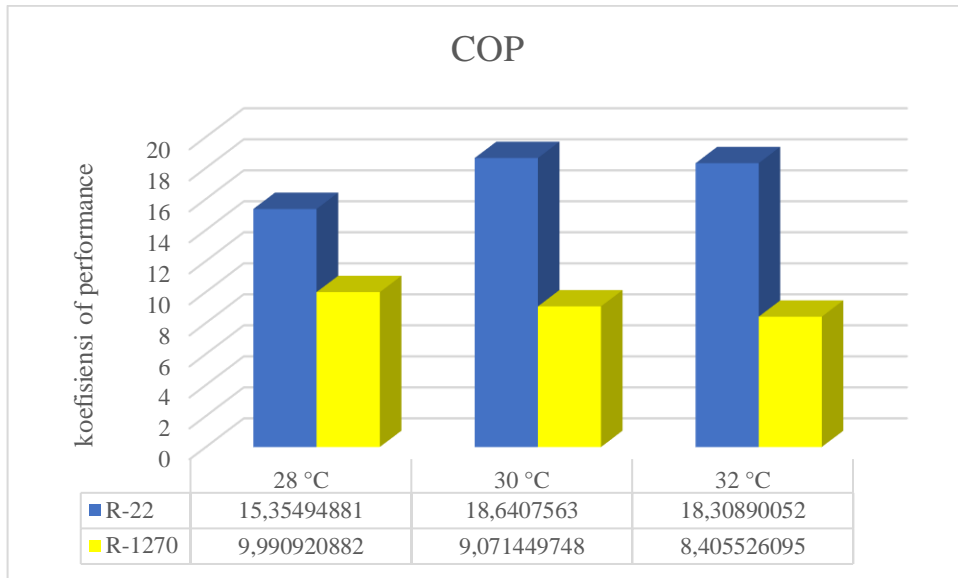
Gambar 4.6 menunjukkan performa mesin pendingin kompresi uap jenis freezer yang diwakili oleh kapasitas pendinginan. Performa ini diplotkan fungsi temperatur udara masuk kondensor. Temperatur udara yang memasuki mewakili beban pendinginan yang diterima oleh mesin *air conditioning system*. Dari Gambar 4.13 dapat dilihat, bahwa kapasitas pendinginan bertambah pada temperatur udara yang masuk kondensor. kapasitas pendinginan ini ditentukan oleh sifat termodinamika suatu zat, oleh karena itu hidrokarbon sangat baik untuk dijadikan refrigeran untuk suatu mesin *air conditioning system*. Jumlah banyaknya refrigeran yang dimasukkan ke dalam suatu mesin pendingin juga mempengaruhi. Jumlah massa refrigeran yang di masukan kedalam sistem mempengaruhi laju aliran massa pada fluida.

Laju atau kecepatan penurunan suhu pada kabin mengindikasikan besarnya kapasitas pendinginan yang dihasilkan oleh mesin pendingin. Semakin cepat laju penurunan suhu kabin, semakin besar kapasitas yang dihasilkan oleh mesin pendinginan, dan sebaliknya (Sumeru.2017).

#### **4.11. COP dari berbagai Variasi Pengisian Dan Pembebanan**

Salah satu parameter yang sering digunakan untuk mengetahui performansi sistem refrigerasi kompresi uap adalah dari nilai COP-nya, walaupun hal itu bukan segalanya karena faktor pencapaian temperatur ruangan/produk. Karena hal ini menyangkut ruangan didinginkan.

Hasil perhitungan yang dibantu dengan perangkat *Refprop* kemudian digambarkan dalam bentuk grafik seperti terlihat pada Gambar 4.7 terlihat bahwa pencapaian nilai coefisient performance tertinggi yaitu 18,64 pada variasi temperature udara yang masuk pada condenser 30°C .

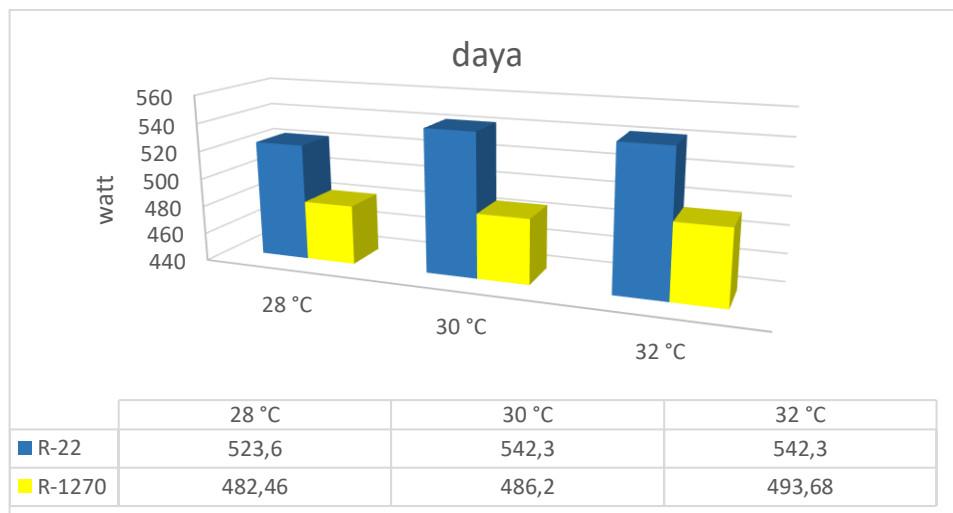


Gambar 4.7 COP berbagai variasi pembebanan

Seperti yang di jelaskan ( Sumeru, 2017) nilai COP aalah nilai yang paling umum di gunakan untuk menunjukan kinerja pada system refrigrasi. Secara umum dapat dikatakan bahwa semakin tinggi nilai COP, maka semakin efisien mesin refrigerasi tersebut

#### 4.12. Daya dari berbagai Variasi Pengisian Dan Pembebanan.

Dari Gambar 4.8 dapat dilihat daya atau kebutuhan energi listrik terbesar adalah HCFC22 pada variasi pembebanan 32 °C , kemudian diikuti oleh R-1270. Kebutuhan daya listrik HCFC22 lebih besar.



Gambar 4.8 Daya berbagai variasi pembebanan

Gambar 4.8 menunjukkan performa mesin pendingin yang diwakili oleh arus listrik yang dibutuhkan oleh kompresor. Refrigeran yang diisikan adalah perbandingan dari HCFC22 dan R1270 dari tingkat berbagai variasi pembebanan. Performa ini diplotkan fungsi temperatur udara masuk kondensor. Temperatur udara yang memasuki mewakili beban pendinginan yang diterima oleh mesin pendingin *air conditioning system*. Dari Gambar dapat dilihat, bahwa arus naik dengan bertambahnya temperatur udara masuk kondensor.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil analisa penelitian uji performa refrigerant menggunakan R-1270 dan R- 22 pada alat uji mesin refrigrasi, dapat disimpulkan bahwa :

- a. Refrigerant R-1270 berbagai variasi cop tertinggi di perlakuan pada variasi pembebanan di temperatur kondensor 30 °C 18,64
- b. Konsumsi daya pada R-1270 berbagai pembebanan teperatur masuk kondensor lebih rendah dari R22 .

#### **5.2 Saran**

Dari hasil analisa penelitian uji performa refrigerant menggunakan R-1270, Adapun saran yang bisa penulis berikan :

- a. Dalam pelaksanaan penelitian uji performa, untuk mengatur temperatur yang masuk ke dalam kondensor lebih baik menggunakan heater 2000 watt agar dapat lebih optimal dalam pengaturan variasi temperature.
- b. Dalam pelaksanaan penelitian uji performa, untuk penggunaan unit AC disarankan menggunakan unit yang sesuai dengan refrigerant yang digunakan agar data yang diperoleh lebih ideal karena menggunakan unit sesuai dengan spesifikasi refrigerant.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, W., 1980. Penyegaran udara. (*No Title*).
- Badan Standarisasi Nasional. 2001. Tata Cara Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara Pada Bangunan Gedung. SNI 03-6572-2001. Jakarta.
- Basri, M.H., 2009. Efek perubahan laju aliran massa air pendingin pada kondensor terhadap kinerja mesin refrigerasi *focus* 808. *SMARTek*, 7(3).
- Bmkg.go.id. (2023, 23 Februari). Anomali Suhu Rata-rata Tahunan. Diakses pada 3 maret 2023, dari <https://www.bmkg.go.id/iklim/>
- Dossat, R.J., 1981. Principles Of Refrigeration. Jhon Wiley and Sons. *Inc: New Yor*.
- Nahim, J.P., Setyawan, A. and Sumeru, S., 2020, September. Analisis Pengaruh Temperatur Udara Luar dan Efisiensi Isentropik terhadap Kinerja Air Conditioning dengan R410A. In *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar* (Vol. 11, No. 1, pp. 332-337).
- Nurhaniffah, D.A., Mitrakusuma, W.H., Pramudantoro, T.P. and Murniati, S., 2021, September. Kajian Variasi Campuran R-1270 dan Isobutane Sebagai Pengganti R-22. In *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar* (Vol. 12, pp. 458-463).
- Pratama, F.A., Mitrakusuma, W.H., Falahuddin, M.A. and 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).
- Pujianto, M.E., Subri, M. and Amin, M., 2021. Uji Eksperimental Pengaruh Temperatur Lingkungan Terhadap Kinerja Mesin Pendingin Refrigeran Hidrokarbon. *Majalah Ilmiah Momentum*, 17(2), pp.89-92.
- Schreiner, J.E., Deschamps, C.J. and Barbosa, J.R., 2010. Theoretical analysis of the volumetric efficiency reduction in reciprocating compressors due to in-cylinder thermodynamics.
- Sumardi, K., PENGARUH KENAIKAN TEMPERATUR LINGKUNGAN TERHADAP KONSUMSI ENERGI LISTRIK PADA SISTEM TATA UDARA.

- Stoecker, W.F., Jones, J.W. and Hara, S., 1992. Refrigerasi dan pengkondisian Udara. *Penerbit Erlangga, Jakarta*.
- Syaka, D.R.B., 2008. Analisa Termodinamika Pemilihan Refrigerant Pada Sistem Refrigerasi Cascade. In *Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin VII November* (Vol. 22, pp. 1-1).
- Temaja, I.W., Arsana, M.E. and Midiani, L.P.I., 2018. Kajian Eksperimental Campuran R-32/R-290 Pengganti Refrigeran R-32 Pada AC Split Domestik. *Matrix: Jurnal Manajemen Teknologi dan Informatika*, 8(3), pp.74-78.
- Wijaya, M.Y., Fajar, B. and Rozi, K., 2021. STUDI EKSPERIMENTAL AC SPLIT INVERTER R32 DAN R410A DENGAN REFRIGERAN R1270. *JURNAL TEKNIK MESIN*, 9(1), pp.149-158.

Lampiran 1 R1270 Suhu Kondensor 28°C

NO	menit	T1	T2	T3	T4	AMPERE	P1	P2	P3	P4	T.K. IN	T.K. OUT	T. LING
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	2	24,5	60,6	35,7	6,4	2,57	78	315	285	80	28	38	27
3	4	25	61,4	36,1	6,7	2,58	80	320	290	82	28	38	27
4	6	24,9	61,5	36,2	6,7	2,58	79	315	290	81	28	38	27
5	8	24,4	61,6	36	6,7	2,57	80	315	290	82	28	38	27
6	10	24,5	61,6	35,9	6,8	2,58	80	315	290	82	28	38	27
7	12	24,6	61,9	36	6,9	2,58	80	315	290	82	28	38	27
8	14	24,8	62	36,2	7	2,58	80	320	290	82	28	38	27
9	16	24,5	61,7	36	6,9	2,58	80	315	295	82	28	38	27
10	18	24,3	61,6	35,9	6,7	2,58	80	320	290	82	28	38	27
11	20	24,5	61,8	36	6,8	2,58	80	320	290	82	28	38	27
12	22	24,9	62	36,1	6,9	2,58	80	320	290	82	28	38	27
13	24	25,1	62,1	36,3	7	2,58	80	320	290	82	28	38	27
14	26	25	61	36,3	7	2,59	80	320	290	82	28	38	27
15	28	25	61	36,3	6,9	2,59	80	320	290	82	28	38	27
16	30	25,2	61,1	36,4	6,9	2,59	80	320	290	82	28	38	27
17	32	25,2	61,5	36,9	7,1	2,59	80	320	290	82	28	38	27
18	34	25,2	61,7	36,9	7,3	2,6	80	320	300	82	28	38	27
19	36	25,2	61,6	36,4	7,3	2,56	80	320	290	82	28	38	27
20	38	25,2	61,5	36,2	7,1	2,58	80	320	290	82	28	38	27
21	40	25	61,7	36,4	7,3	2,59	80	320	290	82	28	38	27
22	42	25,1	61,7	36,5	7,3	2,6	80	320	290	81	28	38	27
23	44	25,1	61,7	36,8	7,3	2,59	80	320	290	81	28	38	27
24	46	25,1	61,7	36,9	7,1	2,6	80	320	290	81	28	38	27
25	48	25,1	61,7	36,8	7,1	2,59	80	320	290	81	28	38	27
26	50	25,7	61,6	36,7	7	2,59	80	320	290	82	28	38	27
27	52	25,8	61,7	36,7	7	2,59	80	320	290	82	28	38	27
28	54	27,6	61,7	37,7	7	2,59	80	320	290	82	28	38	27
29	56	25,8	61,7	36,7	7,1	2,6	80	325	295	82	28	38	27
30	58	25,7	61,8	36,7	7,1	2,6	80	325	295	82	28	38	27
31	60	25,7	61,7	36,8	7,1	2,6	80	325	295	82	28	38	27
32	62	25,8	61,8	36,9	6,9	2,59	80	320	290	82	28	38	27
33	64	25,8	61,8	36,9	6,6	2,59	80	320	290	82	28	38	27
34	66	25,9	62	37	6	2,58	80	320	290	82	28	38	27
35	68	25,8	61,7	36,9	6	2,59	80	320	290	82	28	38	27
36	70	25,4	61,4	36,6	5,8	2,59	80	320	290	81	28	38	27
37	72	25,4	61,4	36,6	5,4	2,59	80	320	290	81	28	38	27
38	74	25,5	61,4	36,6	5,2	2,59	80	320	290	82	28	38	27
39	76	25,5	61,5	36,7	5,2	2,58	80	320	290	81	28	38	27
40	78	25,5	61,5	36,7	5,4	2,59	80	320	290	81	28	38	27
41	80	25,4	61,5	36,7	5,4	2,58	80	320	290	81	28	38	27
42	82	25,2	61,4	36,4	5,4	2,58	80	320	290	81	28	38	27
43	84	25,2	61,4	36,2	5,6	2,59	80	320	290	81	28	38	27
44	86	25,6	61,4	36,7	5,6	2,59	80	320	290	82	28	38	27
45	88	25,9	61,7	36,7	5,3	2,6	80	325	295	82	28	38	27
46	90	25,9	61,8	36,7	5,3	2,6	80	325	295	82	28	38	27
47	92	26	62	36,7	5,2	2,59	80	320	290	82	28	38	27
48	94	25,7	61,7	36,5	5,2	2,57	79	315	285	81	27,5	37	27
49	96	25,6	61,6	36,5	5,1	2,57	79	315	285	81	27,5	37	27
50	98	25,6	61,6	36,5	5,3	2,57	79	315	285	80	27,5	37	28
51	100	25,6	61,6	36,4	5,3	2,57	79	320	290	81	27,5	37	28
52	102	25,5	61,6	36,4	5	2,58	80	320	290	82	28	38	28
53	104	25,2	61,5	36,1	5	2,58	80	320	290	82	28	38	28
54	106	25,5	61,5	36,2	4,9	2,58	80	320	290	81	28	38	28
55	108	25,4	61,5	36,2	4,9	2,58	80	315	290	82	28	38	28
56	110	25,4	61,4	36,1	4,9	2,58	80	320	290	82	28	38	28
57	112	25	61	36,1	4,9	2,58	80	320	290	82	28	38	28
58	114	25,2	61,3	36,1	4,9	2,58	80	320	290	82	28	38	28
59	116	25,1	61,2	36,1	4,9	2,58	80	320	290	82	28	38	28
60	118	25,2	61,2	36,1	5	2,58	80	320	290	82	28	38	28
61	120	25,1	61,2	36	5	2,58	80	320	290	82	28	38	28

Lampiran 2 R1270 variasi Suhu Kondensor 30°C

no	MENIT	T1	T2	T3	T4	AMPERE	P1	P2	P3	P4	T.K.IN	T.K.OUT	T.LING
1	2	27,4	64,5	38	7,9	2,61	84	330	300	84	30	39	28
2	4	27,2	64,4	37,9	7,9		84	330	300	86	30	39	28
3	6	26,9	64,3	37,8	7,9		82	325	300	84	30	39	28
4	8	27	64,1	37,6	7,9		84	330	300	86	30	39	28
5	10	27,1	64	37,8	7,9		82	330	300	84	30	39	28
6	12	27	64,1	37,9	7,8		84	330	300	84	30	39	28
7	14	27,1	64,1	37,9	7,7		82	330	300	84	30	39	28
8	16	27	64,1	38	7,7		82	330	300	84	30	39	28
9	18	27	64,1	38	7,8		82	330	300	84	30	39	28
10	20	26,5	64,1	38,2	7,8		82	330	300	84	30	39	28
11	22	25,9	64,3	38,2	7,9		84	330	300	86	30	39	28
12	24	25,9	64,3	38,3	7,9		83	330	300	86	30	40	28
13	26	26,1	64,3	38,4	7,9		83	330	300	86	30	40	28
14	28	26,3	54,5	38,5	7,9		83	330	300	86	30	40	28
15	30	26,4	64,5	38,5	7,9		84	330	300	86	30	40	28
16	32	26,4	64,5	38,5	8	2,62	82	330	300	86	30	40	28
17	34	26,1	64,7	38,4	7,8		82	330	300	86	30	40	28
18	36	26,3	64,7	38,4	7,9		84	330	300	86	30	40	28
19	38	26,3	64,7	38,5	7,8		84	330	300	86	30	40	28
20	40	26,4	65	38,6	7,9		82	325	295	84	30	40	28
21	42	26,3	65	38	7,8	2,6	84	330	300	86	30	40	28
22	44	25,9	65	37,9	7,7		82	330	300	84	30	40	28
23	46	25,6	64,7	37,7	7,6	2,6	82	325	300	86	30	40	28
24	48	25,4	64,5	37,7	7,6		82	330	300	84	30	40,5	28
25	50	25,5	64,2	37,8	7,4		83	330	300	86	30	40,5	28
26	52	25,6	64,1	37,9	7,4		83	330	300	86	30	40,5	28
27	54	25,5	64,1	37,4	7,4		82	330	300	84	30	40,5	28
28	56	25,6	64,2	37,9	7,4		82	330	300	86	30	40,5	28
29	58	25,5	64,3	37,9	7,5		82	330	300	84	30	40,5	28
30	60	25,7	64,2	38	7,6		84	330	300	86	30	40	28
31	62	25,6	64,3	37,9	7,7		84	330	300	86	30	40	28
32	64	25,5	64,5	37,9	7,7		84	330	300	86	30	40	28
33	66	25,7	64,3	37,9	7,6		83	330	300	86	30	40	28
34	68	25,7	64,1	37,9	7,6		82	330	300	86	30	40	28
35	70	25,6	64,1	37,9	7,6		83	330	300	86	30	40	28
36	72	25,9	64,1	38	7,7		84	330	300	86	30	40	28
37	74	25,8	64,5	38,2	7,7		84	330	300	86	30	40	28
38	76	25,6	64,5	38	7,7		82	330	300	86	30	40	28
39	78	25,1	64,5	37,7	7,5		84	330	300	86	30	40	27
40	80	24,8	64,2	37,6	7	2,61	82	330	300	84	30	40	27
41	82	24,6	64	37,5	6,9		82	330	300	84	30	40	27
42	84	24,5	63,9	37,4	6,8		82	330	300	84	30	40	27
43	86	24,3	63,7	37,2	6,7		82	330	300	84	30	40	27
44	88	24,4	63,5	37,2	6,7		82	330	300	84	30	40	27
45	90	24,1	63,7	37,3	6,7		84	330	300	86	30	40	27
46	92	23,9	63,7	37,2	6,8		82	325	295	84	30	40	27
47	94	26,1	63,5	37,2	6,9		84	325	295	86	30	40	27
48	96	26,1	63,5	37,2	6,8		82	325	297	84	30	40	27
49	98	26,2	63,2	37,2	6,9	2,6	82	330	300	84	29,5	40	27
50	100	26,1	63,5	37,2	6,9		82	330	300	84	29,5	40	27
51	102	24,1	63,5	37,1	6,9	2,6	82	325	295	84	30	40	27
52	104	26	63,5	37,1	6,9		82	325	295	84	30	40	27
53	106	25,3	63,5	37,1	6,8		82	325	295	84	30	40	27
54	108	26	63,3	37,1	6,8	2,6	82	325	295	84	30	40	27
55	110	26	63,3	37,1	6,8	2,6	84	325	295	86	30	40	27
56	112	24	63,2	37	6,9	2,6	84	325	295	86	30	39	27
57	114	26	63,1	37,1	6,9	2,6	82	325	295	86	30	39	27
58	116	26,1	63	37,1	6,9	2,6	82	325	295	84	30	39	27
59	118	26,1	63,1	37	7	2,61	82	325	295	86	30	39	27
60	120	26,1	62,9	37	7	2,6	82	325	295	84	30	39	27



## Lampiran 4 Data refrigeran R22 pada Suhu 28 °C

R-22													
Variasi 100%		Suhu 28 Derajat Celsius								120 Menit, 15.30-17.30			
Menit	T1	T2	T3	T4	Ampere	P1	P2	P3	P4	T.K In	T.K Out	T. Ling	
0													
2	26,6	68,2	33,3	10,5	2,69	68	330	330	72	28	37,5	28	
4	25,6	69,2	33,3	9,5	2,7	70	335	335	74	28	37,5	28	
6	25,6	69,2	33,7	9,5	2,7	70	340	340	74	29	38,5	28	
8	25,7	70,5	33,9	9,8	2,76	70	345	345	76	28	37	27	
10	25,8	71,3	33,2	9,7	2,74	70	335	335	78	28	37	27	
12	25,6	72,9	33,1	9,8	2,74	72	338	338	78	28	37	27	
14	25,7	73,2	33,3	10	2,7	72	340	340	80	28	38	28	
16	25,9	73,6	33,7	10,1	2,7	72	340	340	80	28	38	28	
18	25,9	74,7	33,9	10,2	2,7	76	340	340	80	28	38	28	
20	25,9	74,9	33,8	10,1	2,7	78	340	340	80	28	38	28	
22	25,8	74,1	33,8	10,2	2,7	78	345	345	80	28	38	28	
24	26	74,5	34,3	10,3	2,8	74	340	340	80	28	38	28	
26	26	74,7	34	10,3	2,7	78	340	340	80	28	38	28	
28	26	75	34,2	10,3	2,8	78	345	345	80	28	38	28	
30	26	75,2	33,8	10,1	2,7	76	340	340	80	28	38	28	
32	25,8	75,2	32,9	10	2,7	72	330	330	80	28	38	28	
34	25,8	75,3	33,1	10,1	2,7	76	340	340	80	28	38	28	
36	25,9	75,3	33,8	10,2	2,7	72	340	340	78	28	38	28	
38	25,8	75,2	33,8	10,1	2,8	72	340	340	78	28	38	28	
40	25,1	75,2	33,9	10,2	2,7	72	340	340	78	28	38,5	28	
42	25,7	75,2	33,9	10,1	2,8	72	340	340	78	28	38,5	28	
44	25,6	75,3	33,3	10,5	2,7	72	330	330	78	28	38,5	28	
46	25,5	75,2	33,4	10,1	2,78	72	330	330	78	28	38,5	28	
48	25,8	75,2	33,9	10,2	2,79	72	335	335	79	28,5	40	28	
50	25,7	75,2	34	10,1	2,78	72	334	334	79	28	38,5	28	
52	25,6	75,3	33,1	9,8	2,74	74	332	332	80	27,5	38	28	
54	25,4	75,2	32,7	9,8	2,77	72	335	335	80	28	38	28	
56	25,8	75,2	33,3	10,1	2,77	72	340	340	80	28	38	28	
58	26,1	75,3	33,4	10,1	2,77	72	340	340	78	28	38	28	
60	26,4	75,3	33,7	10,3	2,8	72	340	340	80	28	38	28	
62	26,6	75,3	34	10,4	2,8	72	345	345	80	28	38	28	
64	26,8	75,2	34,4	10,6	2,78	72	340	340	80	28	38	28	
66	27	75,1	33,7	10,4	2,79	74	340	340	80	28	38	28	
68	27	75,1	33,6	10,4	2,76	74	340	340	80	28	38	28	
70	27	75,1	33,5	10,5	2,78	74	340	340	80	28	38	28	
72	27	75,2	33,9	10,6	2,79	74	345	345	78	28	38	28	
74	27,1	75,2	34	10,6	2,77	74	340	340	80	28	38	28	
76	26,8	75,2	33,9	10,7	2,79	74	345	345	80	28	38	28	
78	26,7	75,2	34,1	10,5	2,77	74	340	340	80	28	38	28	
80	26,5	75,3	33,8	10,5	2,77	74	340	340	80	28	38	28	
82	26,3	75,3	33,8	10,6	2,8	74	345	345	80	28	38	28	
84	26,2	75,4	34	10,7	2,8	74	345	345	80	28	38	28	
86	26	75,3	33,9	10,6	2,79	74	345	345	80	28	38	28	
88	26	75,2	33,8	10,6	2,8	74	345	345	80	28	38	28	
90	26	75,2	34	10,6	2,8	74	345	345	80	28	38	28	
92	26,6	75,2	33,9	10,5	2,7	74	340	340	80	28	38	28	
94	26,7	75,2	33,8	10,6	2,8	74	345	345	80	28	38	28	
96	26,8	75,2	34,2	10,7	2,8	74	345	345	80	28	38	28	
98	26,9	75,2	33,9	10,6	2,8	74	345	345	80	28	38	28	
100	26,9	75,3	33,8	10,6	2,8	74	340	340	80	28	38	28	
102	26,9	75,2	33,7	10,6	2,8	74	340	340	80	28	37,5	28	
104	26,8	75,2	33,9	10,6	2,8	74	340	340	80	28	37,5	28	
106	26,8	75,2	34,2	10,7	2,8	74	340	340	80	28	38	28	
108	26,8	75,2	34,4	10,7	2,8	74	340	340	80	28	38	28	
110	26,9	75,3	34	10,6	2,8	74	340	340	80	28	37,5	28	
112	26,9	75,2	34,2	10,6	2,8	74	340	340	80	28	38	28	
114	26,8	75,2	34,3	10,6	2,8	74	340	340	80	28	38	28	
116	26,9	75,2	33,9	10,6	2,8	74	340	340	80	28	38	28	
118	26,9	75,3	34,1	10,7	2,8	74	340	340	80	28	38	28	
120	26,9	75,3	34,2	10,6	2,8	74	340	340	80	28	38	28	

## Lampiran 5 Data refrigeran R22 Suhu 30 °C

R-22												
Variasi 100%		Suhu 30 Derajat Celsius								120 Menit, 13.15-15.15		
Menit	T1	T2	T3	T4	Ampere	P1	P2	P3	P4	T.K In	T.K Out	T. Ling
2	28	69,2	34,3	12,2	2,7	70	340	340	76	30,5	40,5	27
4	26,8	69,2	34,3	10,7	2,7	72	350	350	78	31	42,5	27
6	26,8	69,5	34,6	11,2	2,7	74	360	360	80	31	42	27
8	26,9	69,4	34,8	11,7	2,8	76	365	365	82	30	41,5	28
10	27,2	69,4	35,3	12,3	2,8	80	370	370	82	30,5	42,5	28
12	27,6	69,5	35,3	12,3	2,8	80	370	370	82	31	43	28
14	27,8	69,8	35,7	12,4	2,8	80	370	370	82	30	42	28
16	27,8	70,1	35,9	12,6	2,8	80	370	370	82	30	42	28
18	27,6	70,2	35,7	12,5	2,9	80	375	375	82	30	43	28
20	27,6	70,8	35,9	12,5	2,8	80	370	370	82	30	43	28
22	27,4	71,2	36	12,5	2,8	80	370	370	82	30	43	28
24	27,4	71,7	35,9	12,5	2,8	80	370	370	82	30	43	28
26	27,5	72,2	35,8	12,4	2,8	80	370	370	82	30	43	28
28	27,6	72,5	35,9	12,3	2,8	80	370	370	82	30	43	28
30	27,6	72,8	35,9	12,4	2,9	80	370	370	82	30	43	28
32	27,6	72,9	36	12,3	2,8	80	370	370	82	30	43	28
34	27,8	73,1	36,2	12,5	2,9	80	370	370	82	30	43	28
36	27,9	73,2	36,2	12,4	2,8	80	375	375	82	30	43	28
38	27,8	73,5	36,4	12,4	2,8	80	370	370	82	30	43	28
40	27,8	73,7	36,4	12,5	2,9	80	375	375	82	30	43	28
42	27,8	74,1	36,7	12,6	2,9	80	375	375	82	30	43	28
44	27,4	74,2	36,6	12,4	2,8	80	370	370	82	30	43	28
46	27,6	74,3	36,7	12,5	2,9	80	370	370	82	30	43	28
48	27,5	74,5	36,6	12,3	2,8	80	370	370	82	30	43	28
50	27,3	74,7	36,4	12,4	2,9	80	375	375	82	30	43	28
52	27,4	75,5	36,4	12,3	2,8	80	370	370	82	30	43	28
54	27,4	75,8	36,3	12,3	2,9	80	370	370	82	30	43	28
56	27,5	76,3	36,2	12,3	2,9	80	370	370	82	30	43	28
58	27,6	76,4	36,7	12,5	2,9	80	375	375	82	30	43	28
60	27,6	76,4	36,6	12,4	2,9	80	375	375	82	30	43	28
62	27,5	76,9	36,8	12,4	2,9	80	375	375	82	30	43,5	28
64	27,5	77,2	36,6	12,5	2,9	80	375	375	82	30	43,5	28
66	27,4	77,2	37,1	12,6	2,9	80	380	380	82	31	43,5	28
68	27,2	77,2	36,6	12,2	2,9	78	370	370	82	29,5	43,5	28
70	27,2	77,3	36	12,2	2,9	80	370	370	82	30	43	28
72	27,2	77,3	36,3	12,2	2,9	80	375	375	82	30	43	28
74	27,2	77,1	36,4	12,2	2,9	80	375	375	82	30	43	28
76	27,1	77,1	36,4	12,3	2,9	80	375	375	82	30	43	28
78	27,3	77,2	36,3	12,3	2,9	80	380	380	82	30	43	28
80	27,3	77,2	36,3	12,1	2,9	80	380	380	82	30	43	28
82	27,2	77,2	36,2	12,2	2,9	80	380	380	82	30	43	28
84	27,3	77,3	36,2	12,2	2,9	80	380	380	82	30	43	28
86	27,4	77,3	36,2	12,2	2,9	80	380	380	82	30	43	28
88	27,4	77,3	36,5	12,3	2,9	80	380	380	82	30	43	28
90	27,4	77,2	36,1	12,2	2,9	80	380	380	82	30	43	28
92	27,4	77,3	36	12,1	2,9	80	380	380	82	30	43	28
94	27,2	77,2	36,2	12,2	2,9	80	380	380	82	30	43	28
96	27,2	77,3	36,2	12,1	2,9	78	375	375	80	30	43	28
98	27,1	77,3	36,1	12,1	2,9	80	375	375	82	30	43	28
100	27,2	77,2	36,1	12,1	2,9	80	375	375	82	30	44	28
102	27,3	77,3	36,2	12,1	2,9	80	375	375	82	30	44	28
104	27,2	77,3	36,2	12,1	2,9	80	375	375	82	30	43	28
106	27,3	77,3	36,2	12,2	2,9	80	380	380	82	30	43	28
108	27,3	77,2	36,4	12,1	2,9	80	380	380	82	30	43	28
110	27,2	77,4	35,8	12,1	2,9	80	380	380	82	30	43	28
112	27,2	77,4	35,7	12	2,9	80	380	380	82	30	43	28
114	27,2	77,4	35,8	12	2,9	80	380	380	82	30	43	28
116	27,2	77,4	35,5	11,9	2,9	80	380	380	82	30	43	28
118	27,2	77,1	36	12	2,9	80	380	380	82	30	43	28
120	27,2	77,1	36,5	12,1	2,9	80	380	380	82	30	43	28

## Lampiran 6 Data refrigeran R22 suhu 32 °C

R-22												
Variasi 100%		Suhu 34 Derajat Celsius								120 Menit,		
Menit	T1	T2	T3	T4	Ampere	P1	P2	P3	P4	T.K In	T.K Out	T. Ling
2	29	69,2	38	12,5	2,7	72	350	350	80	33,5	43	30
4	28,1	69,3	37,6	12	2,84	78	362	350	82	34	43,5	30,5
6	28,1	69,3	37,8	12,3	2,86	80	370	370	84	34	44	30
8	28,3	69,4	38,3	12,6	2,88	80	370	370	85	34	44	31
10	28,4	69,4	38,2	12,8	2,89	80	375	375	85	34	44	31
12	28,6	70,5	38,3	12,9	2,9	80	372	372	85	34	44,5	31
14	28,7	70,8	38,5	12	2,92	80	370	370	85	34	44,5	31
16	29,1	71,1	38,7	13,1	2,92	80	370	370	85	34,5	44,5	31
18	29,3	71,2	39	13,2	2,93	80	370	370	86	34,5	44,5	31
20	29	71,8	38,9	13,4	2,94	80	370	370	86	35	55,5	31
22	29,5	72,1	39,2	13,4	2,95	80	370	370	86	34	55	31
24	29,6	72,5	39,3	13,5	2,94	80	370	370	88	34,5	55	31
26	29,7	72,9	39,5	13,6	2,9	80	370	370	88	34,5	45,5	31
28	29,5	73,1	39,6	13,6	2,9	80	370	370	88	34	45,5	32
30	29,7	73,3	39,6	13,6	2,9	80	370	370	88	34	45,5	32
32	29,7	73,8	39	13,4	2,9	80	370	370	88	34	45,5	32
34	29,7	74,3	38,4	13,3	2,9	80	375	375	88	34	45,5	32
36	29,6	74,7	38,4	13,2	2,9	80	375	375	88	34	45,5	32
38	29,6	75,1	38,4	13,2	2,9	80	375	375	88	34	45,5	32
40	29,8	75,5	38,7	13,4	2,9	80	380	380	88	34	45,5	32
42	29,9	76,1	39,3	13,6	2,9	80	380	380	88	34	45,5	32
44	30,1	76,2	39,7	13,7	2,9	80	380	380	88	34	45,5	32
46	29,9	76,7	39,9	13,7	2,9	80	385	385	88	34,5	45,5	32
48	30	77,1	39,6	13,6	2,9	80	380	380	88	34	45,5	32
50	29,7	77,5	39	13,4	2,9	80	375	375	86	33,5	44	32
52	29,4	77,8	38,7	13,2	2,9	80	375	375	88	34	44,5	32
54	29,2	78,1	38,7	13,1	2,9	80	375	375	86	34	44,5	32
56	29	78,3	38,7	13	2,9	80	380	380	86	34	44,5	32
58	29,1	78,4	38,8	13,1	2,9	80	380	380	86	34	44,5	32
60	28,9	78,7	39	13,1	2,9	80	380	380	86	34	44,5	32
62	29	78,9	39,1	13,1	2,9	80	380	380	86	34	44,5	32
64	29,1	78,9	39,2	13,1	2,9	80	380	380	86	34	44,5	32
66	29	79	39,2	13,1	2,9	80	375	375	86	34	44,5	32
68	29,1	79,1	39	13,1	2,9	80	380	380	86	34	44,5	32
70	29,1	79,1	39,1	13,1	2,9	80	380	380	86	34	44,5	32
72	29,3	79,1	39,1	13,1	2,9	80	380	380	86	34	44,5	32
74	29,3	79	39	13,1	2,9	80	380	380	86	34	44,5	32
76	29,2	79	39,1	13,1	2,9	80	380	380	86	34	44,5	32
78	29	79,2	39,1	13,1	2,9	80	380	380	86	34	44,5	32
80	29,1	79,4	39,1	13,1	2,9	80	380	380	86	34	44,5	32
82	29,1	79,4	39,2	13,1	2,9	80	380	380	86	34	44,5	32
84	29,1	79,7	39,1	13,1	2,9	80	380	380	86	34,4	45	32
86	29,3	79,7	39,4	13,3	2,9	80	380	380	86	34,4	45	32
88	29,5	79,8	39,6	13,4	2,9	80	380	380	86	34	45	32
90	29,7	79,8	39,3	13,4	2,9	80	380	380	86	34	45	32
92	29,7	79,8	39,4	13,5	2,9	80	380	380	86	34	45	32
94	29,6	79,8	39,6	13,5	2,9	80	380	380	86	34	45	32
96	29,6	79,8	39,3	13,4	2,9	80	380	380	86	34	45	32
98	29,7	79,7	39,5	13,5	2,9	80	380	380	86	34	45	32
100	28,9	79,9	39,7	13,5	2,9	80	380	380	86	35	45	32
102	29,9	80,1	39,5	13,2	2,9	80	380	380	86	34	45	32
104	29,7	80,3	39	13,1	2,9	80	380	380	86	34	45	32
106	29,7	80,3	38,8	13,1	2,9	80	380	380	86	34	45	32
108	29,8	80,2	38,9	13,1	2,9	80	380	380	86	34	45	32
110	29,8	80,2	38,9	13,1	2,9	80	380	380	86	34	45	32
112	29,7	80,5	39	13,1	2,9	80	380	380	86	34	45	32
114	29,6	80,5	39,2	13,1	2,9	80	380	380	86	34	45	32
116	29,4	80,5	39,2	13,1	2,9	80	380	380	86	34	45	32
118	29,4	80,2	39,5	13,1	2,9	80	380	380	86	34	45	32
120	29,4	79,1	39,5	13,1	2,9	80	380	380	86	34	45	32

Lampiran 7 dokumentasi pengujian









