

# **TUGAS AKHIR**

## **ANALISA PENGARUH JENIS REFRIGERANT TERHADAP UNJUK KERJA MESIN PENDINGIN AC SPLIT 1 PK**

*Diajukan Untuk Melengkapi Mata Kuliah dan  
Memenuhi Syarat Mengambil Tugas Akhir*



**DISUSUN OLEH:**

**ROBBY NOVRIZALDI**

**NPM : 14.331.0370**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM RIAU  
PEKANBARU**

**2019**

## PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Robby Novrizaldi

Npm : 14.331.0370

Program Studi : Teknik Mesin Universitas Islam Riau

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa penelitian yang saya lakukan untuk Tugas Akhir dengan judul **“Analisa Pengaruh Jenis Refrigeran terhadap unjuk kerja mesin pendingin AC Split 1 PK”** yang diajukan guna melengkapi syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Islam Riau. Adalah merupakan hasil penelitian dan karya ilmiah saya sendiri dengan bantuan dosen pembimbing dan bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari tugas akhir yang telah diduplikasikan dan pernah digunakan untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas Islam Riau (UIR) maupun Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali pada bagian yang sumber informasinya telah dicantumkan sebagai mana mestinya.

Pekanbaru, 12 Desember 2019

**ROBBY NOVRIZALDI**

**NPM:14.331.0370**

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

### DATA PERSONAL

Nama Lengkap : ROBBY NOVRIZALDI  
Npm : 14-331-0370  
Tempat Tanggal Lahir : Pekanbaru, 04-November-1995  
Jenis Kelamin : Laki-Laki (LK)  
Alamat : Jl. Pangeran Hidayat NO 100A

### PENDIDIKAN

Sekolah Dasar : SD NEGRI 003 Pekanbaru  
Sekolah Menengah Pertama : SMP NEGRI 16 Pekanbaru  
Sekolah Menengah Atas : SMK MUHAMMADIYAH PEKANBARU  
Perguruan Tinggi : Universitas Islam Riau (Teknik Mesin S1)

### TUGAS AKHIR

**“ANALISA PENGARUH JENIS REFRIGERAN TERHADAP UNJUK  
KERJA MESIN PENDINGIN AC SPLIT 1 PK**

Tempat Penelitian : Laboratorium Teknik Mesin, Universitas Islam  
Riau  
Tanggal Seminar Proposal : 03 April 2019  
Tanggal Seminar : 04 Desember 2019  
Tanggal Sidang : 11 Desember 2019

Pekanbaru, 12 Desember 2019

**ROBBY NOVRIZALDI**

**Npm : 14.331.0370**

## “Analisa Pengaruh Jenis *Refrigerant* Terhadap Unjuk Kerja Mesin Pendingin Ac Split 1 Pk”

Robby Novrizaldi, Sehat Abdi Saragih, ST., M.T  
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau  
E-mail : [robbynovrizaldi@student.uir.ac.id](mailto:robbynovrizaldi@student.uir.ac.id)

### ABSTRAK

Mesin pendingin sering disebut sebagai AC (*Air Conditioner*) digunakan untuk pengkondisian udara atau mengatur suhu, kelembapan, kebersihan, dan pendistri busiannya secara serentak guna mencapai kondisi nyaman yang dibutuhkan penghuni yang berada didalamnya. Siklus sederhana dari mesin pendingin terdiri dari komponen-komponen standar seperti kompresor, kondensor, katup ekspansi dan evaporator yang mensirkulasikan *refrigerant* sebagai *fluida* kerja. Untuk mendapatkan suhu udara yang sesuai dengan yang diinginkan banyak alternatif yang dapat diterapkan, diantaranya adalah dengan menukar jenis *rerigerant* pada mesin pendingin. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan pengaruh jenis *refrigerant* terhadap unjuk kerja mesin pendingin dan mendapatkan jenis *refrigerant* yang menghasilkan unjuk kerja mesin pendingin yang paling baik. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah percobaan dengan menggunakan peralatan dari mesin AC split 1 pk. Dengan *refrigerant* R-410A, R-32, R-22 dan MC-22 sebagai *fluida kerja* pada mesin. Data hasil pencatatan berupa tekanan dan temperatur. Berdasarkan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan berikut, Penggunaan *refrigerant* yang berbeda-beda mempengaruhi unjuk kerja mesin pendingin. dimana unjuk kerja mesin pendingin menggunakan *refrigerant* R-410A, R-32, R-22 dan MC-22 memiliki penyerapan dan pembuangan panas yang berbeda-beda dan *refrigerant* yang menghasilkan unjuk kerja mesin pendingin yang paling baik adalah jenis *refrigerant* MC-22 dapat dilihat dari kerja kompresor yang paling terendah dengan nilai 36,54 (kJ/kg), panas buang kondensor tertinggi dengan nilai 189,23 (kJ/kg), efek *refrigrasi* tertinggi dengan nilai 152,69 (kJ/kg), laju aliran massa terendah dengan nilai 0,0192 (kJ/kg),  $COP_{aktual}$  tertinggi dengan nilai 4,17,  $COP_{ideal}$  tertinggi dengan nilai 4,37 dan efrisiensi mesin pendingin tertinggi dengan nilai 95,4%.

Kata kunci: Unjuk kerja mesin pendingin, Kerja kompresor, Panas buang kondensor, Efek *refrigrasi*, Laju aliran massa,  $COP_{aktual}$ ,  $COP_{ideal}$ , dan Efrisiensi mesin pendingin



## **"Analysis Of The Effect Of Refrigerant Type On The Performance Of A Split 1 Pk Ac Cooling Machine"**

Robby Novrizaldi, Sehat Abdi Saragih, ST., M.T

Mechanical Engineering Study Program  
Faculty of Engineering, Universitas Islam Riau  
E-mail : [robbynovrizaldi@student.uir.ac.id](mailto:robbynovrizaldi@student.uir.ac.id)

### **ABSTRACT**

The engine is often referred to as an AC (Air Conditioner) used for air conditioning or regulating temperature, humidity, cleanliness, and busian pendentri simultaneously to achieve the comfortable conditions needed by residents who are in it. The simple cycle of the cooling machine consists of standard components such as compressors, condensers, expansion valves and evaporators that circulate refrigerant as a working fluid. To get the air temperature in accordance with the desired many alternatives that can be applied, including swapping the type of rerigerant in the engine coolant. The purpose of this research is to get the effect of the type of refrigerant on the performance of the cooling machine and get the type of refrigerant that produces the best performance of the cooling engine. The method used in this study was an experiment using equipment from a 1 pk split AC machine. With refrigerant R-410A, R-32, R-22 and MC-22 as the working fluid in the engine. Recording data in the form of pressure and temperature. Based on the discussion that has been carried out, the following conclusions can be drawn, The use of different refrigerants affects the performance of the cooling machine. where the performance of the cooling machine using refrigerant R-410A, R-32, R-22 and MC-22 has different absorption and heat dissipation and the refrigerant that produces the best cooling machine performance is the type of refrigerant MC-22 can be seen of the lowest compressor work with a value of 36.54 (kJ / kg), the highest condenser exhaust heat with a value of 189.23 (kJ / kg), the highest refrigeration effect with a value of 152.69 (kJ / kg), the highest mass flow rate low with a value of 0.0192 (kJ / kg), COP actual with a value of 4.17, COP ideal with a value of 4.37 and the highest efficiency of the cooling machine with a value of 95.4%

**Keywords:** Cooling engine performance, Compressor working, Condenser exhaust heat, refrigeration effect, Mass flow rate, COP actual, COP ideal, and engine cooling efficiency

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr Wb

Puji dan syukur saya panjatkan atas kehadiran Allah SWT karena atas izin-Nya akhirnya saya dapat menyelesaikan tugas ini tidak lupa pula shalawat serta salam kepada junjungan nabi besar muhammad SAW yang membawa kita dari alam kegelapan menuju alam yang terang benderang.

Adapun judul Tugas Akhir ini adalah **“ANALISA PENGARUH JENIS REFRIGERANT TERHADAP UNJUK KERJA MESIN PENDINGIN AC SPLIT 1 PK”**. Tugas Akhir ini merupakan tugas terakhir bagi mahasiswa Teknik Mesin sebagai syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini, penulis banyak mendapatkan bantuan, bimbingan, dan petunjuk dari berbagai pihak baik langsung maupun tidak langsung. Pada kesempatan ini penulis juga ingin mengucapkan rasa hormat dan terima kasih kepada:

1. Kepada kedua orang tua, Bapak Caprizaldi dan Ibu aswelly, terimakasih yang tak terhingga atas segala kasih sayang, dorongan semangat, bantuan baik moril maupun material dan segala-galanya kepada saya selamaini.
2. Bapak Ir.H.Abd.Kudus Zaini,MT. selaku Dekan Fakultas Teknik UIR.
3. Bapak Dody Yulianto,ST.,MT. selaku ketua Program Studi Teknik Mesin UIR.

4. Bapak Sehat Abdi Saragih, S.T.,M.T. sebagai dosen pembimbing pertama yang telah bersedia untuk meluangkan waktu membimbing, memeriksa, memberikan petunjuk-petunjuk serta saran dalam penyusunan laporan ini.
5. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Mesin yang telah banyak memberikan pencerahan kepada penulis selama menimba ilmu di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau ini.
6. Seluruh Karyawan/Ti Tata Usaha Fakultas Teknik UIR yang telah ikut membantu proses kegiatan belajar mengajar di kampus dan banyak memberikan pengetahuan pada penulis selama menimba ilmu di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau ini.
7. Kakak dan adik tercinta juga anggota keluarga dan kerabat yang senantiasa memberikan do'a dan dukungan kepada penulis.
8. Nanda Ivo Kurniawan ST dan M.Chendekia Fadilah ST sebagai rekan seperjuangan yang telah memberi dukungan dan motivasi kepada penulis.
9. Yudi Setiawan, Harmanto dan Arta Paramana Wisesa yang telah membantu saya dalam perancangan alat uji AC 1 PK
10. Sahabat dan rekan seperjuangan di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau dukungan dan motivasi kepada penulis.



Atas segala usaha yang telah penulis lakukan dalam menyelesaikan tugas akhir, namun penulis tetap menyadari sepenuhnya bahwa isi tugas akhir ini ada kekurangan. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun kepada pihak demi kesempurnaan isi dan penulisan untuk masa yang akan datang.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih dan semoga tugas ini dapat bermanfaat bagi yang memerlukannya.

**Wassalamu'alaikum Wr Wb**

Pekanbaru, April 2018

**Robby Novrizaldi**  
**14.331.0370**



## DAFTAR ISI

|                                                                |            |
|----------------------------------------------------------------|------------|
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>                                     | <b>i</b>   |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>                                         | <b>iii</b> |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>                                      | <b>v</b>   |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                                      | <b>vi</b>  |
| <b>DAFTAR NOTASI.....</b>                                      | <b>vii</b> |
| <b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>                                  | <b>1</b>   |
| 1.1 Latar Belakang.....                                        | 1          |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                                      | 2          |
| 1.3 Tujuan Penelitian.....                                     | 3          |
| 1.4 Batasan Masalah.....                                       | 3          |
| 1.5 Sistematika Penulisan.....                                 | 3          |
| <b>BAB II LANDASAN TEORI.....</b>                              | <b>5</b>   |
| 2.1 Pengkondisian Udara.....                                   | 5          |
| 2.2 Mesin Pendingin.....                                       | 6          |
| 2.3 Siklus kompresi uap Pada Mesin Pendingin AC split 1PK..... | 7          |
| 2.4 Komponen Utama Mesin Pendingin (AC) .....                  | 10         |
| 2.4.1 Kompresor .....                                          | 10         |
| 2.4.2 Kondensor.....                                           | 13         |
| 2.4.3 Katup Ekspansi .....                                     | 16         |
| 2.4.4 Evaporator.....                                          | 17         |
| 2.5 <i>Refrigerant</i> .....                                   | 19         |
| 2.5.1 Syarat-syarat <i>Refrigerant</i> .....                   | 22         |

|                                        |                                                     |           |
|----------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------|
| 2.5.2                                  | Syarat kimia <i>refrigerant</i> .....               | 23        |
| 2.5.3                                  | Syarat fisik <i>refrigerant</i> .....               | 23        |
| 2.6                                    | Parameter Unjuk Kerja Mesin Pendingin.....          | 23        |
| 2.6.1                                  | Kerja kompresor ( $w_k$ ).....                      | 23        |
| 2.6.2                                  | Panas buang kondensor ( $q_c$ ) .....               | 24        |
| 2.6.3                                  | Efek <i>refrigerasi</i> ( $q_k$ ).....              | 24        |
| 2.6.4                                  | Laju aliran massa ( $\dot{m}$ ).....                | 25        |
| 2.6.5                                  | COP aktual.....                                     | 25        |
| 2.6.6                                  | COP ideal.....                                      | 26        |
| 2.6.7                                  | Efisiensi mesin pendingin ( $\eta$ ) .....          | 27        |
| 2.7                                    | Jenis-Jenis <i>Refrigerant</i> yang Digunakan ..... | 27        |
| 2.7.1                                  | <i>Refrigerant</i> R-410A.....                      | 27        |
| 2.7.2                                  | Refrigant R-32.....                                 | 26        |
| 2.7.3                                  | Refrigant R-22 .....                                | 29        |
| 2.7.4                                  | Refrigant MC-22 .....                               | 29        |
| <b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b> |                                                     | <b>31</b> |
| 3.1                                    | Diagram Alir Penelitian.....                        | 29        |
| 3.2                                    | Studi Literatur.....                                | 32        |
| 3.3                                    | Alat dan Bahan .....                                | 32        |
| 3.4.1                                  | Alat uji mesin pendingin AC split 1 PK.....         | 32        |
| 3.4.2                                  | Sistem mesin pendingin AC split 1 PK .....          | 33        |
| 3.4.3                                  | Alat Ukur Mesin Pendingin.....                      | 35        |
| 3.4.4                                  | Bahan.....                                          | 37        |

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| 3.4 Prosedur Pengujian .....          | 38 |
| 3.5 Pengolahan Data .....             | 39 |
| 3.6 Waktu dan Tempat Penelitian ..... | 41 |

## **DAFTAR PUSTAKA .....**

## **LAMPIRAN**



## DAFTAR GAMBAR

|                                                          |    |
|----------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2.1 Siklus Kompresi Uap .....                     | 7  |
| Gambar 2.2 T-S Diagram Siklus Kompresi Uap Standar ..... | 7  |
| Gambar 2.3 P-H Diagram Siklus Kompresi Uap Standar.....  | 8  |
| Gambar 2.4 Kompresor Torak .....                         | 11 |
| Gambar 2.5 Kompresor <i>Rotary</i> .....                 | 12 |
| Gambar 2.6 Kompresor Sudu.....                           | 13 |
| Gambar 2.7 Kondensor .....                               | 16 |
| Gambar 2.8 Katup Ekspansi.....                           | 17 |
| Gambar 2.9 <i>Evaporator</i> .....                       | 19 |
| Gambar 2.10 <i>Refrigerant</i> R-410A.....               | 28 |
| Gambar 2.11 <i>Refrigerant</i> R-32 .....                | 28 |
| Gambar 2.12 <i>Refrigerant</i> R-22 .....                | 29 |
| Gambar 2.13 <i>Refrigerant</i> MC-22.....                | 30 |
| Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....                 | 31 |
| Gambar 3.2 Alat Uji Mesin Pendingin AC split 1 PK.....   | 32 |
| Gambar 3.3 Sistem mesin pendingin AC split 1 PK.....     | 33 |
| Gambar 3.4 Kompresor .....                               | 34 |
| Gambar 3.5 Kondensor .....                               | 34 |
| Gambar 3.6 <i>Evaporator</i> .....                       | 35 |
| Gambar 3.7 Katup Ekspansi.....                           | 35 |
| Gambar 3.8 Termometer Digital .....                      | 36 |
| Gambar 3.9 <i>Stop Watch</i> .....                       | 36 |



|                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 3.10 <i>Charging Manifold (Analyzer)</i> .....                                         | 37 |
| Gambar 3.11 Tabung <i>Refrigerant</i> .....                                                   | 37 |
| Gambar 3.12 Skema alat ukur mesin pendingin .....                                             | 32 |
| Gambar 4.1 Grafik pengaruh jenis <i>refrigerant</i> dengan kerja kompresor .....              | 43 |
| Gambar 4.2 Grafik pengaruh jenis <i>refrigerant</i> dengan panas buang<br>kondensor .....     | 45 |
| Gambar 4.3 Grafik pengaruh jenis <i>refrigerant</i> dengan efek <i>refrigrasi</i> .....       | 47 |
| Gambar 4.4 Grafik pengaruh jenis <i>refrigerant</i> dengan laju aliran massa .....            | 49 |
| Gambar 4.5 Grafik pengaruh jenis <i>refrigerant</i> dengan COP aktual .....                   | 52 |
| Gambar 4.6 Grafik pengaruh jenis <i>refrigerant</i> dengan COP ideal .....                    | 54 |
| Gambar 4.7 Grafik pengaruh jenis <i>refrigerant</i> dengan efisiensi<br>mesin pendingin ..... | 56 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 2.1 <i>Refrigerant Halokarbon</i> .....                                                | 20 |
| Tabel 2.2 <i>Refrigerant Halokarbon</i> .....                                                | 21 |
| Tabel 2.3 <i>Refrigerant Hidrokarbon</i> .....                                               | 21 |
| Tabel 4.1 Pengaruh <i>refrigerant</i> terhadap kerja kompresor .....                         | 42 |
| Tabel 4.2 Grafik pengaruh jenis <i>refrigerant</i> dengan panas<br>buang kondensor .....     | 44 |
| Tabel 4.3 Grafik pengaruh jenis <i>refrigerant</i> dengan efek <i>refrigrasi</i> .....       | 46 |
| Tabel 4.4 Grafik pengaruh jenis <i>refrigerant</i> dengan laju aliran massa.....             | 49 |
| Tabel 4.5 Grafik pengaruh jenis <i>refrigerant</i> dengan COP aktual .....                   | 51 |
| Tabel 4.6 Grafik pengaruh jenis <i>refrigerant</i> dengan COP ideal .....                    | 53 |
| Tabel 4.7 Grafik pengaruh jenis <i>refrigerant</i> dengan efisiensi<br>mesin pendingin ..... | 55 |

## DAFTAR NOTASI

| Notasi         | Keterangan                                               | Satuan  |
|----------------|----------------------------------------------------------|---------|
| $W_K$          | Kerja kompresor                                          | (kJ/kg) |
| $q_c$          | Panas buang kondensor                                    | (kJ/kg) |
| $q_K$          | Efek <i>refrigrasi</i>                                   | (kJ/kg) |
| $\dot{m}$      | Laju aliran massa <i>refrigerant</i>                     | (kg/s)  |
| $COP_{aktual}$ | Nilai efisiensi aktual mesin pendingin                   |         |
| $COP_{ideal}$  | Nilai efisiensi ideal mesin pendingin                    |         |
| $n$            | Efisiensi mesin pendingin                                | (%)     |
| $w$            | Kerja kompresor persatuan waktu                          | (J/s)   |
| $V$            | Tegangan listrik yang digunakan kompresor                | (V)     |
| $I$            | Besarnya arus listrik yang digunakan kompresor           | (A)     |
| $p_1$          | Tekanan <i>refrigerant</i> masuk ke kompresor            | (psi)   |
| $p_2$          | Tekanan <i>refrigerant</i> keluar dari kompresor         | (psi)   |
| $p_3$          | Tekanan <i>refrigerant</i> masuk ke kondensor            | (psi)   |
| $p_4$          | Tekanan <i>refrigerant</i> masuk ke <i>evaporator</i>    | (psi)   |
| $T_1$          | Temperatur <i>refrigerant</i> masuk ke kompresor         | (°C)    |
| $T_2$          | Temperatur <i>refrigerant</i> keluar dari kompresor      | (°C)    |
| $T_3$          | Temperatur <i>refrigerant</i> masuk ke kondensor         | (°C)    |
| $T_4$          | Temperatur <i>refrigerant</i> masuk ke <i>evaporator</i> | (°C)    |
| $h_1$          | Entalpy <i>refrigerant</i> masuk ke kompresor            | (kJ/kg) |

|       |                                            |             |
|-------|--------------------------------------------|-------------|
| $h_2$ | Entahlpy refrigerant keluar dari kompresor | ( $kJ/kg$ ) |
| $h_3$ | Entahlpy refrigerant masuk ke kondensor    | ( $kJ/kg$ ) |
| $h_4$ | Entahlpy refrigerant masuk ke evaporator   | ( $kJ/kg$ ) |



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sebagian besar negara yang berada didunia memiliki iklim yang berbeda-beda ada iklim yang bertemperatur rendah dan bertemperatur tinggi, namun Indonesia salah satu negara dengan memiliki iklim bertemperatur tinggi yang selalu membutuhkan pendingin atau *refrigerasi*. *Refrigerasi* adalah suatu usaha untuk memperoleh atau mencapai dan menjaga temperatur atmosfer lingkungan atau sama dengan memindahkan panas dari temperatur rendah ke temperatur tinggi unuk mengkondisikan udara (Komang Metty, 2010).

*Air Conditioning* (AC) merupakan sistem *refrigerasi* yang umumnya memiliki komponen-komponen utama yaitu kondensor, *evaporator*, katub ekspansi, dan kompresor. Komponen-komponen tersebut memiliki fungsi untuk mensirkulasikan *fluida* kerja atau yang disebut juga dengan *refrigerant*. *Refrigerant* sebagai *fluida* kerja yang sangat berpengaruh terhadap komponen-komponen (AC) tersebut sebagai media pembawa kalor. Adapun sebab mengapa *refrigerant* di gunakan sebagai bahan yang disirkulasikan, yaitu karna bahan ini mudah menguap dan berubah bentuk cairan dan gas ataupun mudah dengan menyerap dan melepaskan panas.

*Air conditioning* (AC) atau mesin pendingin memang sudah pernah diteliti sebelumnya. Sebagai contoh penggunaan R22 dan R410A pada mesin AC menjelaskan COP mesin AC dengan *refrigerant* R410A lebih

tinggi dibandingkan dengan mesin AC yang menggunakan *refrigerant* R22 pada laju aliran yang hampir sama dan dampak pendinginan maksimum yang dihasilkan *refrigerant* R410A lebih baik dari R22, dianalisa oleh (Dian Wahyu, Nasrullah dan Kairul Amri 2014). Pengujian *refrigerant hycool* HCR22 pada AC *split* sebagai pengganti *fereon* R22 yang disimpulkan bahwa koefisien prestasi (COP) untuk R22 nilai COP lebih besar dari HCR22 dianalisa oleh (Arijanto dan Ojo Kurdi 2007). Pengaruh penggunaan jenis *refrigerant* R22 dan R32 terhadap kerja *Air conditionin*, penggunaan *refrigerant* R32 menjelaskan *coefficien of performanca* (COP) lebih baik pada R22 serta *efisiensi* yang di timbulkan oleh penggunaan *refrigerant* R32 lebih baik pula yang diteliti oleh (Heri Supriatno 2018).

Jenis-jenis *refrigerant* dapat mempengaruhi unjuk kerja terhadap mesin pendingin, maka pada penelitian ini akan mencoba menganalisa jenis *refrigerant* R410A, R32, R22 dan MC22 sebagai *fluida* kerja pada mesin pendingin.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimna pengaruh jenis *refrigerant* terhadap unjuk kerja mesin pendingin.
2. Jenis *refrigerant* manakah yang dapat menghasilkan unjuk kerja mesin pendingin yang paling baik.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mendapatkan pengaruh jenis *refrigerant* terhadap unjuk kerja mesin pendingin.
2. Untuk mendapatkan Jenis *refrigerant* yang menghasilkan unjuk kerja mesin pendingin yang paling baik.

### 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini, Yakni:

1. Menggunakan mesin pendingin AC *split* 1 PK.
2. Jenis *refrigerant* yang dipakai adalah R410A, R32, R22 dan MC-22.

### 1.5 Sistematika Penulisan

Untuk memperoleh gambaran secara umum tentang analisa ini, penulis melengkapi penguraianya sebagai berikut :

#### Bab I           Pendahuluan

Bab ini berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

#### Bab II          Tinjauan Pustaka

Bab ini berisi penjelasan dasar-dasar teori mesin pendingin beserta gambar, komponen utama mesin pendingin, sistem mesin pendingin dan rumus yang digunakan.

Bab III Metodologi

Bab ini berisikan diagram alir penelitian, studi literatur, alat dan bahan, prosedur penelitian dan pengolahan data.

Bab IV Hasil dan Pembahasan

Bab ini berisi unjuk kerja mesin pendingin dan pembahasan terhadap jenis *refrigerant* yang digunakan pada mesin pendingin.

Bab V Penutup

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari penelitian yang telah dilakukan.

**Daftar Pustaka**



## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Pengkondisian Udara

Pengkondisin udara tidak hanya berfungsi sebagai pendingin tetapi lebih dari itu yang didefinisikan sebagai proses perlakuan terhadap udara untuk mengatur suhu, kelembapan, kebersihan, dan pendistri busiannya secara serentak guna mencapai kondisinyaman yang dibutuhkan penghuni yang berada didalamnya (Stoecker, 1992 : 1) Berikut ini adalah contoh penggunaan pengkondisian udara:

1. Pengkondisian udara untuk industri.

Istilah pengkondisian udara yang dimaksud disini adalah usaha menciptakan lingkungan yang nyaman, paling tidak sebagian, bagi para pekerja yang berada di dalam lingkungan yang berbahaya dan untuk pengaturan kondisi udara yang mendukung pemerosesan bahan industri tersebut (Stoecker, 1992 : 2).

2. Pengkondisian udara untuk rumah tangga.

Rumah tangga berfungsi untuk tempat berkumpulnya anggota keluarga, tempat menyimpan barang-barang mulai dari bahan makanan sampai dengan pakaian. Fungsi utama dari pengkondisi udara pada rumah tangga adalah menjaga temperatur dan kelembaban udara pada kondisi yang dianggap nyaman untuk beristirahat.

### 3. Pengkondisian udara untuk laboratorium.

Peralatan-peralatan pada laboratorium biasanya harus bersih dan higienis, tidak boleh terkontaminasi dengan kotoran. Kelembaban udara harus dijaga pada kondisi dimana orang yang bekerja merasa nyaman dan juga menjamin tidak terjadi kondisi dimana kelembaban cocok untuk perkembangan jamur atau penyebab penyakit lainnya. Kebutuhan pengkondisi udara juga disesuaikan dengan fungsinya. Misalkan untuk pengujian peralatan yang akan beroperasi dengan temperatur yang rendah.

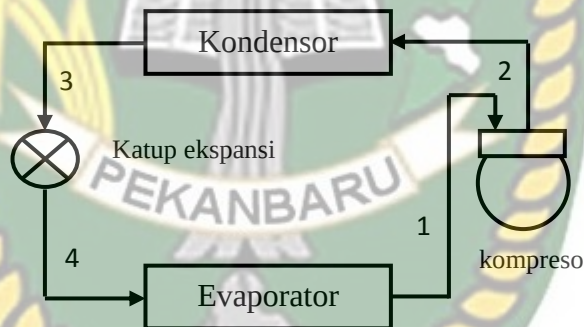
#### 2.2 Mesin Pendingin

Mesin pendingin adalah suatu alat yang digunakan untuk memindahkan panas dari suatu tempat yang memiliki temperatur rendah ke suatu tempat yang memiliki temperatur yang lebih tinggi. Mesin pendingin yang sering digunakan pada umumnya memakai siklus kompresi uap. Siklus kompresi uap terdiri dari beberapa proses yaitu proses kompresor (kompresi), proses kondensor (kondensasi) atau pengembunan, proses penurunan tekanan (ekspansi) dan proses evaporator (evaporasi) atau penguapan. Proses tersebut berlangsung secara berulang-ulang atau terus-menerus pada siklus kompresi uap yang mensirkulasikan *refrigerant* sebagai *fluida* kerja sehingga diperoleh temperatur yang diinginkan.

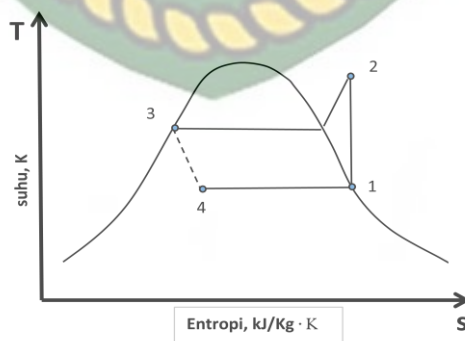
### 2.3 Siklus Kompresi Uap Pada Mesin Pendingin AC Split

Siklus kompresi uap merupakan sistem refrigrasi yang sering digunakan pada mesin pendingin AC *split*. Pada siklus kompresi uap ini dibutuhkan beberapa komponen utama yang digunakan untuk menjalankan *fluida* kerja atau *refrigerant* tersebut. komponen utama yang digunakan pada mesin pendingin AC *split* adalah kompresor, kondensor, katub ekspansi dan *evaporator*.

Susunan dari keempat komponen AC *split* dapat dilihat pada Gambar 2.1 dan skesta proses siklus uap kompresi diagram T-S dilihat pada Gambar 2.2 sedangkan dalam diagram P-H dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.1. Siklus Kompresi Uap



Gambar 2.2 T-S Diagram Siklus Kompresi Uap Standar

(Stoecker, 1992 : 184)

Diagram kompresi uap AC split, *refrigerant* atau *fluida kerja AC split* mengalami empat proses, dapat dilihat pada diagram P-H Siklus Kompresi Uap Gambar 2.2.



Gambar 2.2 P-H Diagram Siklus Kompresi Uap Standar

(Stoecker, 1992 : 187)

#### 1. Proses kompresi (1-2)

Proses kompresi adalah awal dari siklus kompresi uap yang menggunakan kompresor untuk mensirkulasikan *refrigerant*. Sebelum terjadinya proses kompresi, kompresor akan menghisap *refrigerant* yang melalui *evaporator* dalam bentuk uap dengan kondisi tekanan dan temperatur rendah. Setelah itu *refrigerant* dengan uap akan dinaikkan tekanan dan temperaturnya untuk menjadi uap bertekanan tinggi yang menuju kondensor (kondensasi). Proses kompresi diperlukan untuk menaikkan temperatur *refrigerant*, sehingga *refrigerant* yang melalui kondensor (kondensasi) lebih tinggi dari pada temperatur lingkungan.



## 2. Proses kondensasi (2-3)

Proses kondensasi adalah proses pelepasan panas pada *refrigerant* yang mengalir melalui kondensor. Setelah mengalami proses kompresi *refrigerant* berada dalam fase uap dengan temperatur dan tekanan yang tinggi. Dimana pada proses ini temperatur *refrigerant* akan diturunkan kembali dengan menggunakan udara yang mengalir dari sisi lain kondensor, sehingga panas pada *refrigerant* berpindah ke lingkungan luar. Selanjutnya *refrigerant* yang keluar dari kondensor menjadi fase cair. Kesimpulannya adalah pada proses ini hanya menurunkan temperatur *refrigerant* tanpa menurunkan tekanan *refrigerant*.

## 3. Proses ekspansi (3-4)

Pada proses ini *refrigerant* yang telah melalui kondensor dalam wujud cair akan mengalir melalui alat ekspansi. Pada proses ini *refrigerant* akan melalui penurunan tekanan, dengan adanya penurunan tekanan maka temperatur *refrigerant* juga ikut menurun. Pada proses penurunan tekanan *refrigerant* berubah fase dari cair menjadi fase (uap dan cair). Selanjutnya *refrigerant* akan masuk pada evaporator untuk proses penguapan..

## 4. Proses evaporasi (4-1)

Pada proses ini *Refrigerant* yang telah melalui proses ekspansi dalam wujud (uap dan cair) akan mengalir melalui *evaporator*. pada proses ini *refrigerant* akan (uap dan cair) menjadi uap bertekanan rendah.

Hal ini disebabkan karena temperatur refrigerant lebih rendah dari pada temperatur lingkungan sekitar evaporator, maka panas yang berada pada lingkungan bisa diserap *refrigerant*. Selanjutnya *refrigerant* akan masuk lagi pada kompresor untuk disirkulasikan kembali (Kommang Metty Dkk, 2010).

## 2.4 Komponen Utama Mesin Pendingin (AC)

### 2.4.1 Kompresor

Fungsi kompresor adalah menetapkan perbedaan dalam suatu sistem pendingin. Oleh karenanya menyebabkan zat pendingin dalam sistem mengalir dari satu bagian ke bagian lain. Kompresor dikategorikan dalam suatu pompa yang bertugas untuk mensirkulasikan zat pendingin, tetapi tugasnya adalah mengadakan tekanan untuk hal tersebut. Tekanan yang disebabkan oleh kompresor dapat membuat uap cukup panas untuk pendingin dalam ruangan udara yang hangat. Pada saat yang sama, kondensor menaikkan tekanan zat pendingin di atas titik kondensasi pada suhu ruangan udara, sehingga ia akan berkondensasi. Itulah perbedaan antara tekanan tinggi dan tekanan rendah yang memaksa cairan pendingin melalui tabung kapiler masuk ke *evaporator* (Daryanto, 2016: 8 ).

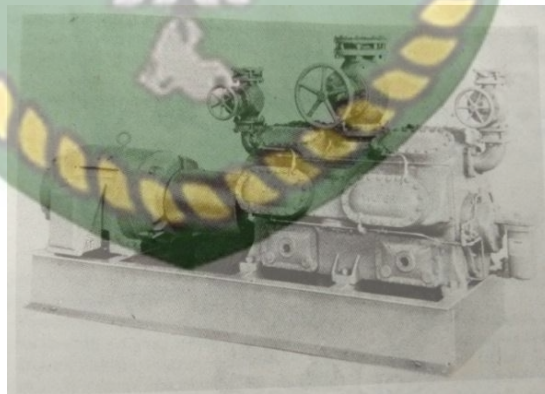
Kompresor mesin pendingin yang modren biasanya dari jenis tertutup, baik dari tipe *rotary* (berputar) maupun yang *reciprocating* (langkah bolak-balik). Walaupun demikian, masi banyak sistem mesin pendingin yang lama yaitu yang masi memakai kompresor tipe terbuka.

Perbedaan antara kompresor terbuka dan tertutup adalah pada tipe terbuka motor dihubungkan dengan memakai ban atau kopling. Sedangkan pada tipe tertutup motor dan kompresor dihubungkan langsung pada satu poros dan ditempatkan dalam suatu wadah tertutup (Daryanto, 2016: 9).

Jenis kompresor yang banyak digunakan adalah kompresor torak, kompresor *rotary*, kompresor sudu, dan lain sebagainya.

1. Kompresor torak (*Reciprocating compressor*)

Pada saat langkah hisap piston, gas *refrigerant* yang bertekanan rendah ditarik masuk melalui katup hisap yang terletak pada piston atau di kepala kompresor. Pada saat langkah buang, piston menekan *refrigerant* dan mendorongnya keluar melalui katup buang, yang biasanya terletak pada kepala silinder. Kompresor torak dapat dilihat pada Gambar 2.4.

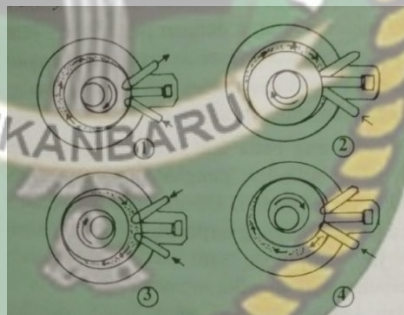


Gambar 2.4. Kompresor Torak  
(Stoecker, 1992 : 213)

## 2. Kompresor *rotary*

Kompresor tipe *rotary* merupakan kompresor yang cara kerjanya sederhana. Dari berbagai segi kesederhanaannya itu terkadang dapat mempersulit. Dalam memahami cara kerjanya. Sesungguhnya bagian yang bergerak dalam kompresor *rotary* terdiri dari sebuah cincin baja, sebuah eksentrik atau cakram, dan sebuah penghalang geser.

Cincin dan cakram tersebut keduanya ditempatkan dalam satu silinder baja. Diameter silinder sedikit lebih kecil dari pada silinder, dan dipasang sedemikian rupa agar tidak terpusat, dan keliling luar cincin selalu menyisakan dinding silinder pada satu titik (Daryanto, 2016: 11). Kompresor *rotary* dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.5. Kompresor *Rotary*  
(Sumber : Daryanto, 2016: 14)

## 3. Kompresor sudu

Kompresor jenis ini kebanyakan digunakan untuk lemari es, *freezer*, dan pengkondisian udara rumah tangga, walaupun juga dapat digunakan sebagai *compresor booster* (kompresor pembantu) pada bagian tekanan rendah sistem kompresi bertingkat yang besar. Kompresor sudu dapat dilihat pada Gambar 3.4.





Gambar 2.6. Kompresor Sudu  
(Sumber: Stoecker, 1992 : 211)

#### 2.4.2 Kondensor

Kondensor berfungsi untuk membuang kalor yang diserap dari *evaporator* dan panas yang diperoleh dari kompresor, serta mengubah wujud gas menjadi cair, kondensor memiliki pipa-pipa yang dapat dibersihkan (Khorl, 2016).

Karena zat pendingin meninggalkan kompresor dalam bentuk uap bertekanan tinggi, maka diperlukan suatu cara untuk mengubah uap menjadi cairan kembali. Inilah fungsi unit kondensor mengmbungkan uap menjadi cairan sehingga dapat dipakai kembali dalam sirkulasi pendinginan (Daryanto, 2016 : 14).

Kondensor dibedakan menjadi 3 jenis, yakni *Air-cooled Condensor*, *Watercooled Condensor* dan *Evaporative-cooled Condensora*.

### 1. *Air-cooled Condensor*

Dalam *Air-cooled condensor*, kalor dipindahkan dari *refrigerant* ke udara dengan menggunakan sirkulasi alamiah atau paksa. Kondensor dibuat dari pipa baja, tembaga dengan diberi sirip untuk memperbaiki transfer kalor pada sisi udara. *Refrigerant* mengalir didalam pipa dan udara mengalir diluarnya. *Air-cooled condensor* hanya digunakan untuk kapasitas kecil seperti *refrigerator* dan *small water cooler*.

### 2. *Water cooled Condensor*

*Water cooled condensor* dibedakan menjadi 3 jenis yakni *shell and tube*, *shell and coil*, *double tube*.

#### a. *Shell and tube*

Salah satu jenis alat penukar kalor yang menurut konstruksinya dicirikan oleh adanya sekumpulan pipa (tabung) yang dipasangkan didalam *shell* (pipa galvanis) yang berbentuk silinder dimana 2 jenis fluida saling bertukar kalor yang mengalir secara terpisah (air dan *Refrigerant*).

#### b. *Shell and coil*

Terdiri dari sebuah cangkang yang dilas elektrik dan berisi koil air, kadang-kadang juga dengan pipa bersirip.

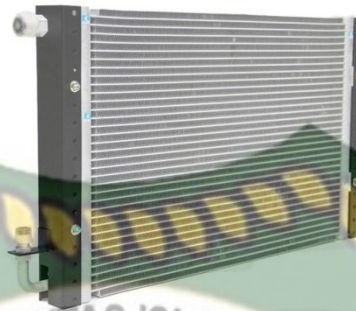
#### c. *Double tube*

*Refrigerant* mengembun diluar pipa dan air mengalir dibagian dalam pipa pada arah yang berlawanan. *Double tube* digunakan dalam hubungan dengan *cooling tower* dan *spray pond*.

### 3. *Evaporative-cooled Condensora*

*Refrigerant* pertama kali melepaskan kalornya ke air kemudian air melepaskan kalornya ke udara dalam bentuk uap air. Udara meninggalkan uap air dengan kelembaban yang tinggi seperti dalam *cooling tower*, Oleh karena itu kondensor *evaporativ* menggabungkan fungsi dari sebuah kondensor dan *cooling tower*. *Evaporative condensor* banyak digunakan dipabrik amoniak. Kondensor yang digunakan disini adalah jenis *water cooled* kondensor tipe *shell and tube*, karena lebih mudah dalam menganalisa temperatur jika dibandingkan dengan *Air cooled condensor* yang sering terjadi *fluktuasi* pada temperaturnya. *Water cooled condensor* ini ditempatkan di antara kompresor dan alat pengatur bahan pendingin (pipa kapiler).

Posisinya ditempatkan berhubungan langsung dengan udara luar agar gas di dalam kondensor juga didinginkan oleh suhu ruangan. Gas yang berasal dari kompresor memiliki suhu dan tekanan tinggi, ketika mengalir di dalam pipa kondensor, gas mengalami penurunan suhu hingga mencapai suhu kondensasi kemudian mengembun. Kondensor dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7. kondensor

#### 2.4.3 Katub Ekspansi

Katub ekspansi adalah elemen dasar yang terakhir dalam daur refrigersi uap setelah kompresor, kondensor, dan *evaporator* adalah alat ekspansi ini mempunyai dua kegunaan, yaitu menurunkan tekanan *refrigerant* cair dan aliran *refrigerant* ke *evaporator* (Stoecker, 1992 : 246).

Alat ekspansi yang paling populer untuk sistem *refrigrasi* berukuran sedang adalah katub berkendali lanjut-panas, yang bisa disebut dengan katup ekspansi *termostatik*, nama tersebut mungkin tidak tepat, karna pengendalian tidak digerakan oleh suhu didalam *evaporator*, tetapi oleh besarnya panas-lanjut gas hisap yang meninggalkan *evaporator*. Katub ekspansi panas-lanjut mengatur laju aliran *refrigerant* cair yang besarnya sebanding dengan laju penguapan didalam *evaporator* (Stoecker, 1992 : 258). Selain itu, katup ekspansi juga sebagai alat kontrol *refrigerasi* yang berfungsi:



1. Mengatur jumlah *refrigerant* yang mengalir dari pipa cair menuju *evaporator* sesuai dengan laju penguapan pada *evaporator*.
2. Mempertahankan perbedaan tekanan antara kondensor dan *evaporator* agar penguapan pada *evaporator* berlangsung pada tekanan kerjanya. Katup ekspansi dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Katup Ekspansi  
(Sumber: Stoecker, 1992 : 259)

#### 2.4.4 *Evaporator*

*Evaporator* adalah komponen pada sistem pendingin yang berfungsi sebagai penukar kalor, serta bertugas menguapkan *refrigerant* dalam sistem, sebelum dihisap oleh kompresor. Panas udara sekeliling diserap *evaporator* yang menyebabkan suhu udara disekeliling *evaporator* turun. Suhu udara yang rendah ini dipindahkan ketempat lain dengan jalan dihembus oleh kipas, yang menyebabkan terjadinya aliran udara (Khor, 2016).

Ada beberapa macam *evaporator*, sesuai dengan tujuan penggunaannya dan bentuknya dapat berbeda-beda. Hal tersebut disebabkan karena media yang hendak didinginkan dapat berupa gas, cairan atau padat. Maka *evaporator* dapat dibagi menjadi beberapa golongan, sesuai dengan *refrigerant* yang ada di dalamnya, yaitu: jenis ekspansi kering, jenis setengah basah, jenis basah, dan sistem pompa cairan.

1. Jenis ekspansi kering

Dalam jenis ekspansi kering, cairan *refrigerant* yang diekspansikan melalui katup ekspansi pada waktu masuk ke dalam *evaporator* sudah dalam keadaan campuran cair dan uap, sehingga keluar dari *evaporator* dalam keadaan uap air.

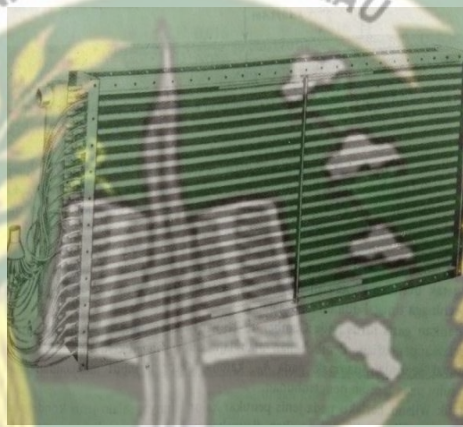
2. *Evaporator* jenis setengah basah.

*Evaporator* jenis setengah basah adalah *evaporator* dengan kondisi *refrigerant* diantara *evaporator* jenis ekspansi kering dan *evaporator* jenis basah. Dalam *evaporator* jenis ini, selalu terdapat *refrigerant* cair dalam pipa penguapnya.

3. *Evaporator* jenis basah

Dalam *evaporator* jenis basah, sebagian besar dari *evaporator* terisi oleh cairan *refrigerant*. Perpindahan Kalor di dalam *Evaporator* Perpindahan panas yang terjadi pada *evaporator* adalah konveksi paksa yang terjadi di dalam dan di luar tabung serta konduksi pada tabungnya. Perpindahan panas total yang terjadi merupakan kombinasi dari

ketiganya. Harga koefisien perpindahan panas menyeluruh dapat ditentukan dengan terlebih dahulu menghitung koefisien perpindahan kalor pada sisi *refrigerant* dan sisi udara yang telah dijelaskan sebelumnya. Selanjutnya koefisien perpindahan panas total dihitung berdasarkan luas permukaan dalam pipa dan berdasarkan luas permukaan luar pipa. *Evaporator* dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9. *Evaporator*  
(Sumber : Stoecker, 1992 : 238)

## 2.5 *Refrigerant*

*Refrigerant* merupakan *fluida* yang mudah berubah bentuk dari cair ke gas atau sebaliknya. Dengan menyerap dan melepaskan kalor yang digunakan dalam siklus mesin pendingin (Heri Suprianto, 2018). Berdasarkan karakteristik *refrigerant* yang paling banyak digunakan yaitu:

1. Senyawa Halokarbon,

*Refrigerant* yang termasuk dalam kelompok halokarbon mempunyai satu atau lebih atom dari salah satu halogen yang tiga (*klorium*, *flourium*, dan *bromin*). Yang dapat dilihat pada tabel dibawah.

**Tabel 2.1 Refrigerant Halokarbon**

| Ketentuan penomoran <sup>+</sup> | Nama kimia               | Rumus kimia                  |
|----------------------------------|--------------------------|------------------------------|
| 11                               | Trikloromonofluorometana | $\text{CCl}_3\text{F}$       |
| 12                               | Diklorodifluorometana    | $\text{CCl}_2\text{F}_2$     |
| 13                               | Monoklorotrifluorometana | $\text{CClF}_3$              |
| 22                               | Monoklorodifluorometana  | $\text{CHClF}_2$             |
| 40                               | Metilklorida             | $\text{CH}_3\text{Cl}$       |
| 113                              | Triklorotrifluoroetana   | $\text{CCl}_2\text{FCClF}_2$ |
| 114                              | Diklorotetrafluorometana | $\text{CClF}_2\text{CClF}_2$ |

(Sumber : Stoecker, 1992 : 279)

Sistem penomoran didalam kelompok halo karbon mengikuti pola berikut: angka kedua dari kanan pertama dari kanan adalah jumlah atom *flourin* dalam iktan; angka kedua dari kanan adalah jumlah atom hidrogen ditambah angka satu; dan angka ketiga dari kanan adalah jumlah atom karbon dikurang satu. Bila bilangan ketiga berharga nol, diperbolehkan (Stoecker, 1992 : 279).

## 2. Senyawan Anorganik,

Banyak *refrigerant* terdahulu merupakan senyawa anorganik, dan masih ada yang digunakan sampai saat ini dapat dilihat pada tabel dibawah.



**Tabel 2.2 Refrigerant Halokarbon**

| Ketentuan penomoran <sup>+</sup> | Nama Kimia      | Rumus Kimia      |
|----------------------------------|-----------------|------------------|
| 717                              | Amonia          | NH <sub>3</sub>  |
| 718                              | Air             | H <sub>2</sub> O |
| 729                              | Udara           | -                |
| 744                              | Karbon dioksida | CO <sub>2</sub>  |
| 764                              | Sulfur dioksida | SO <sub>2</sub>  |

+ dua angka terakhir menyatakan berat molekul.

(Sumber : Stoecker, 1992 : 280)

3. *Hidrokarbon,*

Banyak senyawa *hidrokarbon* digunakan sebagai senyawa *refrigerant*, khususnya untuk dipakai pada industri perminyakan dan petrokimia. *Refrigerant* ini dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 2.3 Refrigerant Hidrokarbon**

| Ketentuan penomoran <sup>+</sup> | Nama kimia | Rumus kimia                   |
|----------------------------------|------------|-------------------------------|
| 50                               | Metana     | CH <sub>4</sub>               |
| 170                              | Etana      | C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> |
| 290                              | Propana    | C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> |

- Mengikuti prinsip yang sama dengan halo karbon

(Sumber : Stoecker, 1992 : 280)

### 2.5.1 Syarat-syarat *refrigerant*

1. Titik didih Syarat

Termodinamika. Titik didih *refrigerant* merupakan indikator yang menyatakan tentang *refrigerant* yang dipakai dapat menguap pada temperatur rendah yang diinginkan, tetapi pada tekanan yang tidak terlalu rendah.

2. Tekanan pengembunan yang tidak terlampau tinggi.

Dengan tekanan pengembunan yang rendah maka perbandingan kompresinya lebih rendah sehingga penurunan performa mesin dapat dihindarkan. Selain itu dengan tekanan kerja yang lebih rendah, mesin dapat bekerja lebih aman karena kemungkinan terjadinya ledakan, kebocoran rendah.

3. Tekanan penguapan harus cukup tinggi.

Sebaiknya *refrigerant* memiliki temperature penguapan pada tekanan yang lebih tinggi dari tekanan atmosfer karena kerusakan dan sebagainya, akan menjadi lebih kecil.

4. Kalor laten penguapan.

kalor laten (panas penguapan) *refrigerant* yang tinggi sangat dikehendaki, sebab akan menghasilkan "*refrigerating effect*" yang besar. Aliran *refrigerant* yang disirkulasikan akan lebih rendah bila *refrigerating effect* tinggi dan akan lebih ekonomis.

5. Titik beku.

*Refrigerant* yang dipakai sedemikianrupa sehingga titik beku fluida ini jauh berada di bawah temperatur kerja *evaporator*. Jika titik beku *refrigerant* ini ternyata lebih dekat dengan temperatur kerja *evaporator*, maka waktu pendinginan akan berlangsung lebih lama dari semestinya.

**2.5.2 Syarat kimia *refrigerant***

1. Tidak mudah terbakar dan mudah meledak.
2. Tidak boleh beracun dan berbau merangsang.
3. Tidak menyebabkan terjadinya korosi.

**2.5.3 Syarat fisik *refrigerant***

1. Konduktivitas termal yang tinggi akan menyebabkan terjadinya efek perpindahan panas yang baik.
2. Viskositas yang rendah akan memberikan kerugian tekanan.
3. Mempunyai sifat insulator yang baik.

**2.6 Parameter Unjuk Kerja Mesin Pendingin**

**2.6.1 Kerja kompresor ( $w_k$ )**

Kerja kompresor adalah besarnya panas yang diserap *refrigerant* persatuan massa. Ini dapat dihitung dengan mengkurangkan entalpi keluar dari *evaporator* dari entalpi yang akan masuk *evaporator*. Dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

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

(Din Wahyu, Nasrullah dan Amri, 2014)

Keterangan :

$W_k$  : Kerja yang dibutuhkan kompresor (kJ/kg)

$h_1$  : Nilai *enthalpy refrigerant* masuk ke kompresor (kJ/kg)

$h_2$  : Nilai *enthalpy refrigerant* keluar kompresor (kJ/kg)

### 2.6.2 Panas buang kondensor ( $q_c$ )

Panas buang kondensor adalah besarnya panas yang dilepaskan kondensor ke udara luar. Ini dapat dihitung dengan mengurangi entalpi masuk dari kondensor dari entalpi yang akan keluar kondensor.

Dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

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

(Din Wahyu, Nasrullah dan Amri, 2014)

Keterangan :

$q_c$  : Panas yang dibuang kondensor (kJ/kg)

$h_2$  : Nilai *enthalpy refrigerant* masuk ke kondensor (kJ/kg)

$h_3$  : Nilai *enthalpy refrigerant* keluar kondensor (kJ/kg)

### 2.6.3 Efek *refrigrasi* ( $q_k$ )

Efek *refrigrasi* adalah besarnya panas yang dipindahkan oleh *refrigerant* kelingkungan. Ini dapat dihitung dengan mengurangi entalpi sisi masuk kondensor dengan entalpi keluar kondensor. Dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

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

(Din Wahyu, Nasrullah dan Amri, 2014)



Keterangan :

$q_k$  : Efek *refrigrasi* (kJ/kg)

$h_1$  : Nilai *enthalpy refrigerant* keluar *evaporator* (kJ/kg)

$h_4$  : Nilai *enthalpy refrigerant* masuk *evaporator* (kJ/kg)

#### 2.6.4 Laju aliran massa ( $\dot{m}$ )

Laju aliran massa adalah *refrigerant* yang mengalir pada mesin pendingin persatuan waktu secara terus menerus. . Ini dapat dihitung dengan menggunakan data kerja kompresor, tegan listrik yang digunakan kompresor, arus listrik yang digunakan kompresor. Dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\dot{m} = \frac{w}{w_k} = (V \cdot \frac{I}{1000}) / W_{in} \dots\dots\dots(4)$$

(Din Wahyu, Nasrullah dan Amri, 2014)

keterangan :

$\dot{m}$  : Laju aliran massa *refrigerant* (kg/s)

$W$  : kerja kompresor persatuan waktu (J/s)

$V$  : Besar tegan listrik yang digunakan kompresor (V)

$I$  : Besar arus listrik yang digunakan kompresor (A)

$w_k$  : Kerja kompresor (kJ/kg)

#### 2.6.5 $(COP)_{aktual}$ atau *coeficient of performance* $_{aktual}$

$(COP)_{aktual}$  mesin pendingin adalah perbandingan antara listrik yang digunakan untuk menggerakan kompresor dengan panas yang diserap oleh *evaporator* atau efek *refrigrasi*. Dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$(COP)_{aktual} = \frac{q_k}{W_k} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \dots\dots\dots(5)$$

(Din Wahyu, Nasrullah dan Amri, 2014)

keterangan :

- $(COP)_{aktual}$  : Nilai efisiensi aktual dari mesin pendingin
- $q_k$  : Efek *refrigrasi* (kJ/kg)
- $W_k$  : Kerja yang dibutuhkan kompresor (kJ/kg)
- $h_1$  : Nilai *enthalpy refrigerant* masuk ke kompresor (kJ/kg)
- $h_2$  : Nilai *enthalpy refrigerant* keluar kompresor (kJ/kg)
- $h_4$  : Nilai *entahalpy refrigerant* masuk *evaporator* (kJ/kg)

#### 2.6.6 $(COP)_{ideal}$ atau *coeficient of performance ideal*

$(COP)_{ideal}$  mesin pendingin adalah perbandingan antara temperatur yang dihasilkan panas yang dibuang oleh kondensor dengan panas yang diserap oleh *evaporator* atau efek *refrigrasi* Dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$(COP)_{ideal} = T_e / (T_c - T_e) \dots\dots\dots(6)$$

(Din Wahyu, Nasrullah dan Amri, 2014)

keterangan :

- $(COP)_{ideal}$  : Nilai efisiensi ideal dari mesin pendingin
- $T_e$  : Suhu sebelum masuk kondensor (°C)
- $T_c$  : Suhu sebelum masuk *evaporator* (°C)

### 2.6.7 Efisiensi mesin pendingin ( $n$ )

Efisiensi mesin pendingin mesin pendingin adalah bentuk penilaian dari suatu mesin pendingin yang didapat dari perbandingan ( $COP_{aktual}$  dengan  $COP_{ideal}$ . Dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$n = (COP_{aktual} / COP_{ideal}) \times 100\% \dots\dots\dots(7)$$

(Din Wahyu, Nasrullah dan Amri, 2014)

keterangan :

$n$  : Efisiensi mesin pendingin

$(COP)_{ideal}$  : Nilai efisiensi ideal dari mesin pendingin

$(COP)_{ideal}$  : Nilai efisiensi ideal dari mesin pendingin

### 2.7.1 Jenis-Jenis Refrigerant Yang Digunakan

#### 2.7.1 Refrigerant R-410A

Refrigerant R-410A termasuk golongan *zeotrop* memiliki sifat yang ramah lingkungan. Refrigerant ini merupakan yang diproduksi dari berbagai campuran refrigerant lain contohnya R-410A, merupakan campuran dari R32 sebanyak 50% dan R125 sebanyak 50% (Dian wahyu, nasrullah dan khairul amri, 2014). Tabung refrigerant R-410A dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Refrigerant R-410A

### 2.7.2 Refrigerant R-32

Refrigerant R-32 termasuk jenis HFC (*hydro fluoro carbons*) refrigerant R-32 memiliki bahan dasar dari hidrogen, klorin, fluorin, dan karbon. Refrigerant ini mengandung jumlah minimal klorin, yg tidak merusak lingkungan karena berbeda dari refrigerant lain.yang dan alternatif pengganti refrigerant R-134A yang tidak ramah lingkungan (Suhengki dan Prayudi, 2017). Tabung refrigerant R-32 dapat dilihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Refrigerant R-32



### 2.7.3 Refrigerant R-22

R-22 memegang peranan penting dalam sistem *refrigerasi*, sejak ditemukan pada tahun 1930. R-22 merupakan *refrigerant* yang memiliki rumus kimia  $CHClF_2$  atau (*Chloro Difluoro Methane*) yang memiliki bahan dasar etane dan methane yang berisi fluor dan chlor dalam komposisinya.

Hal ini dikarenakan CFC (*Chloro Fluoro Carbon*) atau R-22 memiliki properti fisika dan termal yang baik sebagai *refrigerant*, stabil, tidak mudah terbakar, tidak beracun dan kompatibel terhadap sebagian besar bahan komponen dalam sistem *refrigerasi*. (Arnovia Christine dan Krisna putra, 2016). Tabung *refrigerant* R-22 dapat dilihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Refrigerant R-22

#### 2.7.4 Refrigerant musicool (MC-22)

Refrigerant MC-22 adalah jenis *hidrokarbon* yang diteliti pertama kali oleh ilmuan Linde (1916) dan ilmuan Albert Einstein (1920) karena *hidrokarbon* pada sistem *refrigerasi* telah dikenal sejak tahun 1920-an. Karena 99,7 % komposisi dari MC-22 adalah *propana*, maka *musicool* dapat juga disebut sebagai *Propane* Aneka Firdaus (2010).

Pada zaman sekarang hidrokarbon dipertimbangkan kembali setelah terjadi penipisan lapisan ozon dan pemanasan global (Arnovia Christine dan Krisna putra, 2016). Tabung *refrigerant* MC-22 dapat dilihat pada Gambar 2.13.



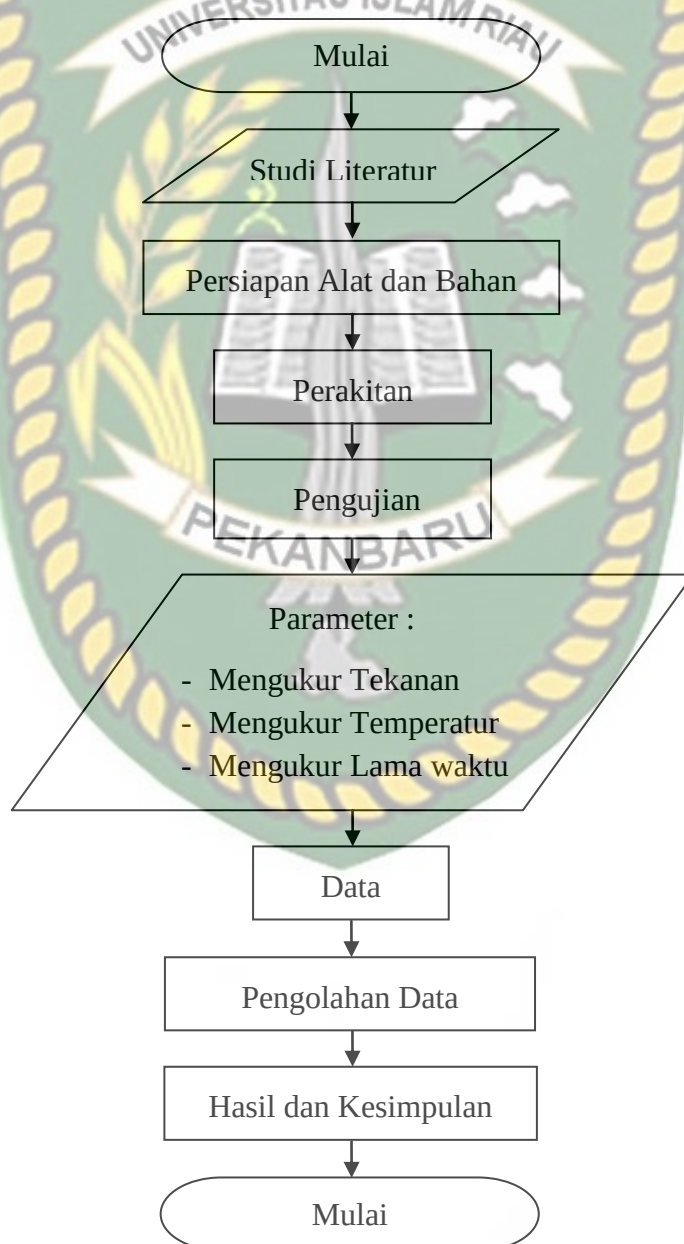
Gambar 2.13 Refrigerant MC-22

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir berfungsi sebagai langkah-langkah dalam pengumpulan data. Diagram alir dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.

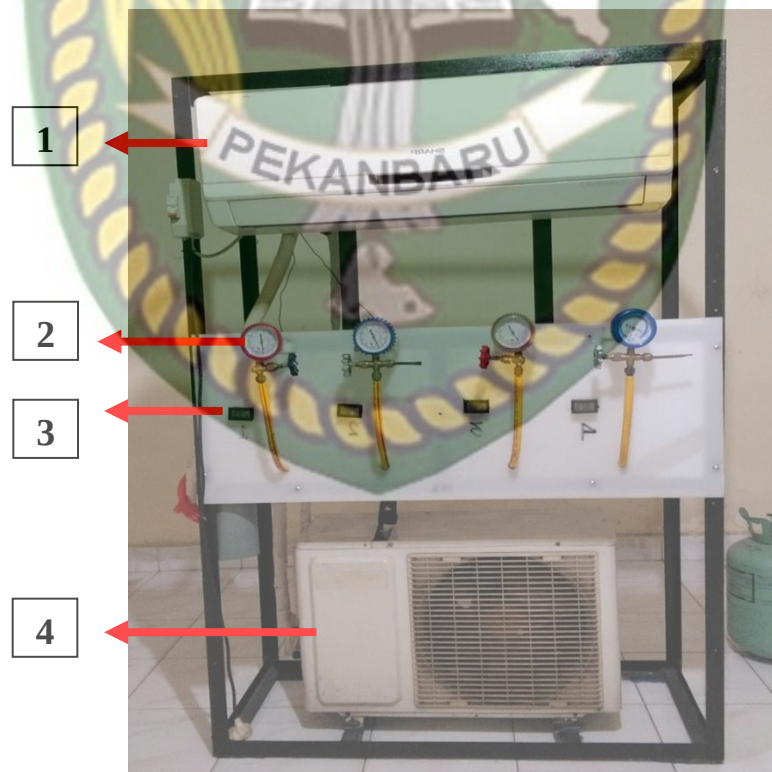
### 3.2 Studi Literatur

Studi literature adalah cara yang dipakai untuk menghimpun data-data atau sumber-sumber yang berhubungan dengan topik yang diangkat dalam suatu penelitian. Studi literature bias didapat dari berbagai sumber, jurnal, buku, dan skripsi.

### 3.3 Alat Dan Bahan

Dalam penelitian mesin pendingin ini menggunakan beberapa peralatan dan bahan untuk mendukung proses pengujian, alat dan bahan tersebut adalah sebagai berikut:

#### 3.4.1 Alat uji mesin pendingin (AC *Split* 1 pk)



Gamabar 3.2 Alat Uji Mesin Pendingin (AC *Split* 1 pk)



1. Unit *indoor* pengkondisian udara (AC *split* 1 pk)
2. Alat ukur tekanan
3. Alat ukur temperatur
4. Unit *outdoor* pengkondisian udara (AC *split* 1 pk)

#### 3.4.2 Sistem mesin pendingin (AC *Split* 1 pk)



Gamabar 3.3 Sistem Mesin Pendingin (AC *Split* 1 pk)

1. Kompresor

Kompresor merupakan alat yang memiliki fungsi sebagai pusat sirkulasi (mengedarkan dan memompa) bahan pendingin atau *refrigerant* ke seluruh bagian utama mesin pendingin (AC) . Kompresor dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Kompresor

## 2. Kondensor

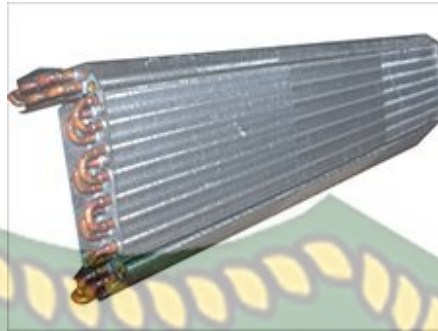
Kondensor merupakan sebuah alat yang mempunyai fungsi sebagai penukar kalor, mengubah wujud *refrigerant* dari bentuk gas sampai menjadi cair, dan menurunkan suhu temperature *refrigerant*. Kondensor dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Kondensor

## 3. Evaporator

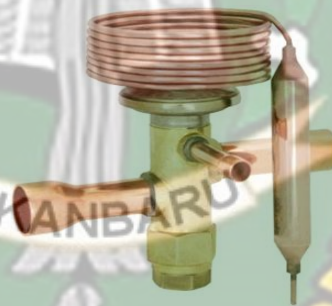
Fungsi dari *evaporator* ini adalah mengalirkan dan menyerap panas dari udara ke dalam ruangan *refrigerant*. Wujud cair dari *refrigerant* akan berubah menjadi gas setelah melalui pipa kapiler. *Evaporator* dapat dilihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 *Evaporator*

#### 4. Katup Ekspansi

Katup ekspansi adalah untuk menurunkan tekanan *refrigerant* cair yang keluar dari kondensor dan mengatur aliran *refrigerant* tersebut masuk ke *evaporator*. Katup ekspansi dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Katup Ekspansi

#### 3.4.3 Alat ukur mesin pendingin

Dalam penelitian unjuk kerja pada mesin pendingin (AC) terdapat alat pendukung yaitu :

##### 1. Termometer digital

Untuk mengukur temperatur yang akan diteliti seperti temperature kompresor, temperature kondensor, temperature evaporator, digunakan termometer digital dengan kapasitas pengukuran maksima l 0-100 celsius. Termometer digital dapat dilihat pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Termometer digital

## 2. Stop Watch

Digunakan untuk mendapatkan batasan waktu dalam pengambilan data pada tiap menit mau pun jam nya. *Stopwatch* dapat dilihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Stop Watch

## 3. Charging Manifold (Analyzer)

Alat digunakan untuk memeriksa tekanan yang akan diteliti seperti temperature kompresor, temperature kondensor, temperatur evaporator dan tingkat kevakuman mesin pendingin. *Charging manifold (analyzer)* dapat dilihat pada Gambar 3.10.





Gambar 3.10 Charging Manifold (Analyzer)

#### 3.4.4 Bahan

Bahan uji yang digunakan dalam penelitian mesin pendingin ini adalah *Refrigerant* sebagai *fluida* kerja pada mesin pendingin (AC) berfungsi sebagai zat yang membawa panas dari suatu ruangan yang akan didinginkan ke lingkungan dan mudah sekali merubah wujud atau bentuknya dari gas menjadi cair, maupun sebaliknya. *Refrigerant* pada mesin pendingin (AC) juga memiliki berbagai jenis yaitu R-410A, R-32, R-22 dan MC-22. Tabung *refrigerant* dapat dilihat pada Gambar 3.11.

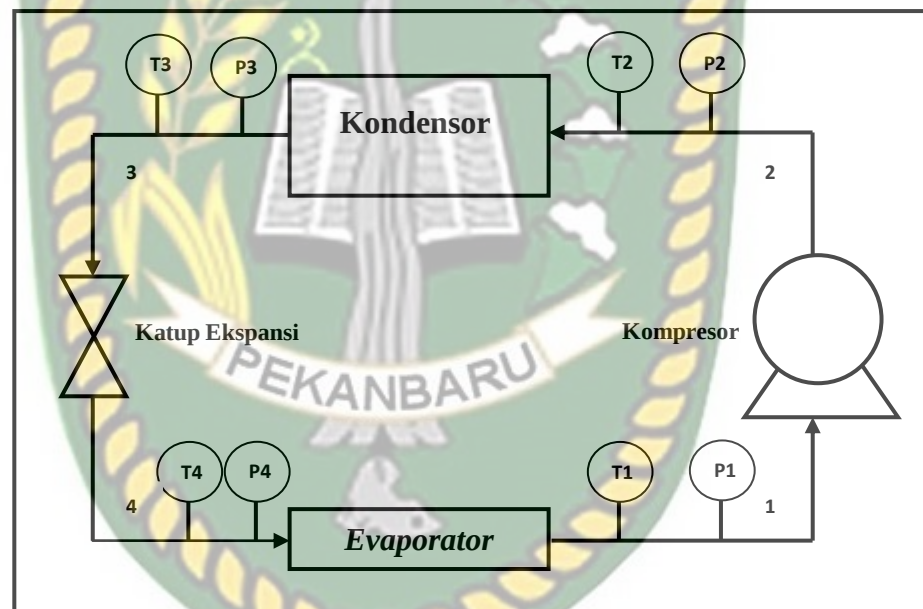


Gambar 3.11 Tabung *Refrigerant*

### 3.4 Perosedur Pengujian

Analisa ini dilakukan dengan megggunakan mesin pendingin AC split 1 PK menggunakan jenis *refrigerant* R-410A, R-32, R-22 dan MC-22 sebagai *fluida* pada sistem pendingin. Pengamatan pada saat penelitian berlangsung yaitu mengukur tekanan (P) dan temperatur (T) pada sistem pendingin. Skema alat ukur sistem pendingin dapat dilihat pada Gambar 3.12.

1. Skema alat ukur mesin pendingin dapat dilihat pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12 Skema Alat Ukur Mein Pendingin

2. Sebelum memasukan *refrigerant* kedalam sistem pendingin, memeriksa semua instalasi kebocoran sambungan pipa dan sambungan alat ukur pada sistem pendingin dengan menggunakan busa sabun.

3. Mempersiapkan *fluida* kerja mesin pendingin dengan *refrigerant* - 410A, R-32, R-22 dan MC-22.
4. Hidupkan alat uji mesin pendingin, dan menyambungkan ke arus listrik pln dengan daya 220 -240 volt.
5. Menyambungkan selang pengisi *refrigerant* dengan mesin pendingin.
6. Masukkan satu jenis *refrigerant* kedalam mesin pendingin secara bertahap sampai ukuran *volume refrigerant* yang maksimal sesuai dengan spesifikasi alat uji.
7. Setelah pengisian selesai dilakukan, lepaskan sambungan selang pengisi *refrigerant* pada mesin pendingin.
8. Catat nilai temperatur dan tekanan awal yang terdapat pada bagian-bagian mesin pendingin sesuai dengan data yang dibutuhkan.
9. Kemudian siapkan jam/*stop watch* untuk memnentukan lama pengujian dan batasan waktu dalam pengambilan.
10. Setelah selesai melakukan pengujian dengan jenis *refrigerant* pertama, matikan mesin pendingin yang menyambung dengan arus pln.
11. Kosong kan cairan dalam sistem pendingin untuk mengganti dengan *refrigerant* yang selanjutnya akan diuji.

### 3.5 Pengolahan Data

Setelah dilakukan tahapan-tahapan penelitian diatas, maka didapat beberapa parameter hasil pengujian mesin pendingin diantaranya:

1.  $T_1$  = Temperatur *refrigerant* masuk ke kompresor
2.  $T_2$  = Temperatur *refrigerant* keluar dari kompresor

3.  $T_3$  = Temperatur *refrigerant* keluar dari kondensor
4.  $T_4$  = Temperatur *refrigerant* masuk ke *evaporator*
5.  $p_1$  = Tekanan *refrigerant* masuk ke kompresor
6.  $p_2$  = Tekanan *refrigerant* keluar dari kompresor
7.  $p_3$  = Tekanan *refrigerant* keluar dari kondensor
8.  $p_4$  = Tekanan *refrigerant* masuk ke *evaporator*

Dari semua parameter yang didapat hasil pengujian langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan dengan mensubstitusikan parameter tersebut kedalam persamaan, yang termasuk rumus perhitungan unjuk kerja mesin pendingin adalah sebagai berikut :

1. Kerja kompresor ( $w_k$ )  

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

2. Panas buang kondensor ( $q_c$ )  

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

3. Efek *refrigerasi* ( $q_k$ )  

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

4. Laju aliran massa ( $\dot{m}$ )  

$$\dot{m} = \frac{w}{w_k} = (V \cdot \frac{I}{1000}) / W_{in} \dots\dots\dots(4)$$

5.  $(COP)_{aktual}$  atau *coefficient of performance* *aktual*  

$$(COP)_{aktual} = \frac{q_k}{W_k} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \dots\dots\dots(5)$$

6.  $(COP)_{ideal}$  atau *coefficient of performance* *ideal*  

$$(COP)_{ideal} = T_e / (T_c - T_e) \dots\dots\dots(6)$$



7. Efisiensi mesin pendingin ( $n$ )

$$n = (COP_{aktual}/COP_{ideal}) \times 100\% \dots\dots\dots(7)$$

**3.6 Waktu Dan Tempat Penelitian**

1. Tempat pelaksanaan penelitian dilakukan di Universitas Islam Riau (UIR) Pekanbaru-Riau yang beralamat di jl. Kaharudin Nasution No. 133.
2. Waktu penelitian direncanakan maksimal 6 bulan, Terhitung dari bulan November sampai dengan bulan April.



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

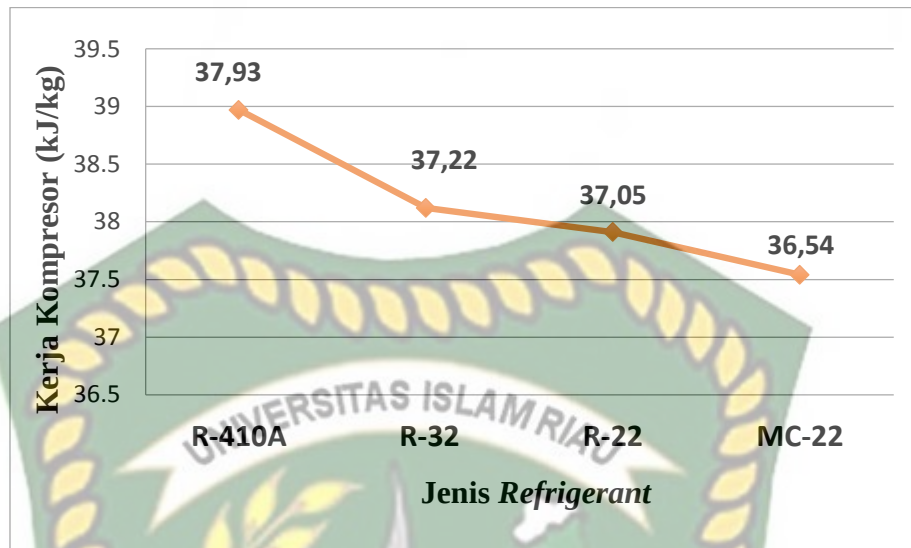
#### 4.1 Pengaruh Jenis *Refrigerant* Terhadap Kerja Kompresor (wk)

Dari hasil pengujian diketahui bahwa jenis *refrigerant* memiliki pengaruh terhadap kerja kompresor. Dimana dengan jenis *refrigerant* yang berbeda maka diperoleh kerja kompresor yang berbeda seperti terlihat pada tabel 4.1.

**Tabel 4.1:** Pengaruh *Refrigerant* Terhadap Kerja Kompresor (wk)

| No | Jenis <i>Refrigerant</i> | Kerja Kompresor (kJ/kg) |
|----|--------------------------|-------------------------|
| 1  | R-410A                   | 37,93                   |
| 2  | R-32                     | 37,22                   |
| 3  | R-22                     | 37,05                   |
| 4  | MC-22                    | 36,54                   |

Untuk jenis *refrigerant* R-410A diperoleh kerja kompresor sebesar 37,93 (kJ/kg). Untuk jenis *refrigerant* R-32 diperoleh kerja kompresor sebesar 37,22 (kJ/kg). Untuk jenis *refrigerant* R-22 diperoleh kerja kompresor sebesar 37,05 (kJ/kg) dan untuk jenis *refrigerant* MC-22 diperoleh kerja kompresor sebesar 36,54 (kJ/kg). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik 4.1.



**Gambar 4.1.** Grafik Pengaruh Jenis *Refrigerant* Dengan Kerja Kompresor (wk)

Dari gambar 4.1 dapat diketahui bahwa jenis *refrigerant* R-410A memiliki kerja kompresor yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis *refrigerant* R-32, sedangkan jenis *refrigerant* R-32 memiliki kerja kompresor yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis *refrigerant* R-22, dan jenis *refrigerant* R-22 memiliki kerja kompresor yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis *refrigerant* MC-22.

Hal tersebut terjadi karena jenis *refrigerant* memiliki laju pendinginan yang berbeda-beda pada mesin pendingin. Dimana *refrigerant* akan menurunkan temperaturnya pada proses kondensasi untuk mencapai suhu pendinginan suatu ruangan. Jika semakin cepat laju pendinginan pada *refriegrant* maka usaha yang dilakukan kompresor untuk mengkompresikan *refrigerant* pada mesin pendingin semakin kecil yang menyebabkan turunnya kerja kompresor.

Dapat disimpulkan bahwa semakin kecil kerja kompresor yang dihasilkan oleh *refrigerant* maka akan semakin bagus untuk penggunaannya pada mesin pendingin. Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa jenis *refrigerant* yang memiliki kerja kompresor tertinggi adalah jenis R-410A dengan nilai 37,93 (kJ/kg), sedangkan untuk kerja kompresor terendah pada jenis MC-22 dengan nilai 36,54 (kJ/kg).

#### 4.2 Pengaruh Jenis *Refrigerant* Terhadap Panas Buang Kondensor (qc)

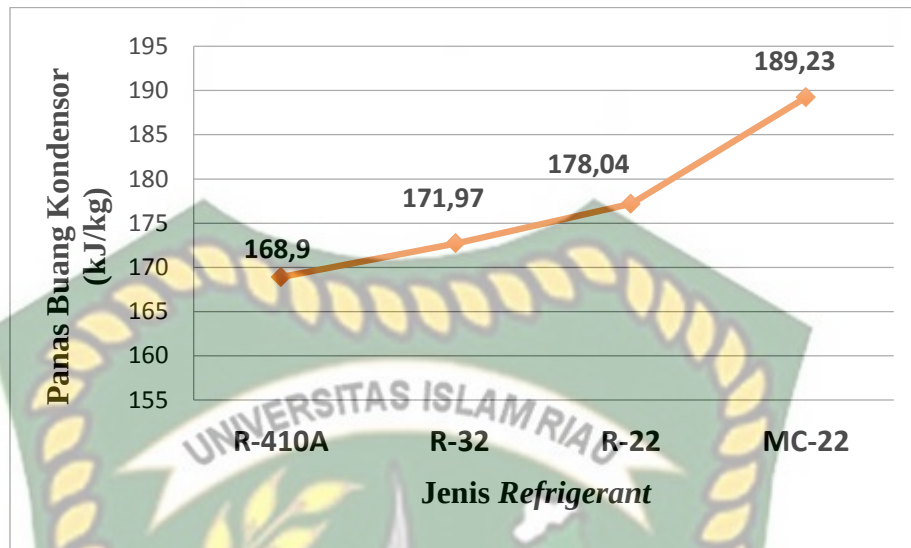
Dari hasil pengujian diketahui bahwa jenis *refrigerant* memiliki pengaruh terhadap panas buang kondensor. Dimana dengan jenis *refrigerant* yang berbeda maka diperoleh panas buang kondensor yang berbeda seperti terlihat pada tabel 4.2.

**Tabel 4.2:** Pengaruh Jenis *Refrigerant* Panas Buang Kondensor (qc)

| No | Jenis <i>Refrigerant</i> | Panas Buang Kondensor (kJ/kg) |
|----|--------------------------|-------------------------------|
| 1  | R-410A                   | 168,9                         |
| 2  | R-32                     | 171,97                        |
| 3  | R-22                     | 178,04                        |
| 4  | MC-22                    | 189,23                        |

Untuk jenis *refrigerant* R-410A diperoleh panas buang kondensor sebesar 168,9 (kJ/kg), sedangkan untuk jenis *refrigerant* R-32 diperoleh panas buang kondensor sebesar 171,97 (kJ/kg), sedangkan untuk jenis *refrigerant* R-22 diperoleh panas buang kondensor sebesar 178,04 (kJ/kg), dan sedangkan untuk jenis *refrigerant* MC-22 diperoleh panas buang kondensor sebesar 189,23 (kJ/kg). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik 4.2





**Gambar 4.2.** Grafik Pengaruh Jenis *Refrigerant* Panas Buang Kondensor (wk)

Dari gambar 4.2 dapat diketahui bahwa jenis *refrigerant* R-410A memiliki panas buang kondensor yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis *refrigerant* R-32, sedangkan jenis *refrigerant* R-32 memiliki kerja kompresor yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis *refrigerant* R-22, dan jenis *refrigerant* R-22 memiliki kerja kompresor yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis *refrigerant* MC-22.

Hal tersebut terjadi karena adanya perubahan temperatur *refrigerant* yang berbeda-beda didalam kondensor. Dimana *refrigerant* yang memiliki temperatur tinggi akan didinginkan. Proses pendinginan *refriegrant* didalam kondensor dapat terjadi karena perbedaan temperatur *refrigerant* dengan udara luar. Temperatur *refrigerant* lebih tinggi dari temperatur udara luar, maka panas pada *refrigerant* dapat dipindahkan ke udara luar. Dengan berlangsungnya proses ini mengakibatkan temperatur *refrigerant* turun.

Jika semakin cepat temperatur refrigerant turun maka menghasilkan panas buang kondensor yang tinggi karena panas yang ada pada refrigerant lebih banyak terbangun keudara luar.

Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi panas buang kondensor yang dihasilkan oleh *refrigerant* maka akan semakin bagus untuk penggunaannya pada mesin pendingin. Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa jenis *refrigerant* yang memiliki panas buang kondensor tertinggi adalah jenis MC-22 dengan nilai 189,23 (kJ/kg), sedangkan untuk panas buang kondensor terendah pada jenis R-410A dengan nilai 168,9 (kJ/kg).

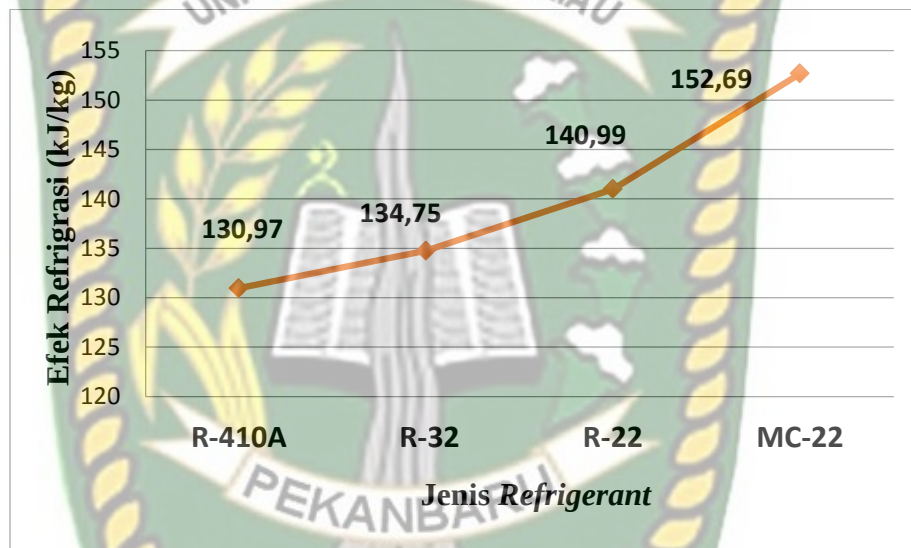
#### 4.3 Pengaruh Jenis *Refrigerant* Efek *Refrigrasi* (qk)

Dari hasil pengujian diketahui bahwa jenis *refrigerant* memiliki pengaruh terhadap efek *refrigrasi*. Dimana dengan jenis *refrigerant* yang berbeda maka diperoleh efek *refrigrasi* yang berbeda seperti terlihat pada tabel 4.3.

**Tabel 4.3:** Pengaruh Jenis *Refrigerant* Efek *Refrigrasi* (qk)

| No | Jenis <i>Refrigerant</i> | Efek <i>Refrigrasi</i><br>(kJ/kg) |
|----|--------------------------|-----------------------------------|
| 1  | R-410A                   | 130,97                            |
| 2  | R-32                     | 134,75                            |
| 3  | R-22                     | 140,99                            |
| 4  | MC-22                    | 152,69                            |

Untuk jenis *refrigerant* R-410A diperoleh efek *refrigrasi* sebesar 130,97 (kJ/kg), sedangkan untuk jenis *refrigerant* R-32 diperoleh efek *refrigrasi* sebesar 134,75 (kJ/kg), sedangkan untuk jenis *refrigerant* R-22 diperoleh efek *refrigrasi* sebesar 140,99 (kJ/kg), dan sedangkan untuk jenis *refrigerant* MC-22 diperoleh efek *refrigrasi* sebesar 152,69 (kJ/kg). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik 4.3.



**Gambar 4.3.** Grafik Pengaruh Jenis *Refrigerant* Efek *Refrigrasi* (qk)

Dari gambar grafik 4.3 dapat diketahui bahwa jenis *refrigerant* MC-22 memiliki efek *refrigrasi* yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis *refrigerant* R-32, sedangkan jenis *refrigerant* R-32 memiliki efek *refrigrasi* yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis *refrigerant* R-22, dan jenis *refrigerant* R-22 memiliki efek *refrigrasi* yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis *refrigerant* R-410A.

Hal tersebut terjadi karena adanya perubahan temperatur *refrigerant* yang berbeda-beda didalam *evaporator*. Dimana *refrigerant* yang memiliki temperatur yang rendah akan menyerap panas suhu ruangan melalui *evaporator*.

Proses penyerapan panas dapat terjadi karena perbedaan temperatur *refrigerant* dengan udara luar. Temperatur *refrigerant* lebih rendah dari temperatur udara luar, maka *refrigerant* dapat menyerap panas dari suhu panas ruangan. Dengan berlangsungnya proses ini mengakibatkan temperatur ruangan menjadi turun. Jika semakin cepat *refrigerant* menurunkan temperatur ruangan maka menghasilkan efek *refrigerasi* yang tinggi, karena panas yang ada pada ruangan lebih cepat diserap oleh *refrigerant*.

Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi efek *refrigerasi* yang dihasilkan oleh *refrigerant* maka akan semakin bagus untuk penggunaannya pada mesin pendingin. Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa jenis *refrigerant* yang memiliki efek *refrigerasi* tertinggi adalah jenis MC-22 dengan nilai 152,69 (kJ/kg), sedangkan untuk panas buang kondensor terendah pada jenis R-410A dengan nilai 130,97 (kJ/kg).

#### 4.4 Pengaruh Jenis *Refrigerant* Terhadap Laju Aliran Massa ( $\dot{m}$ )

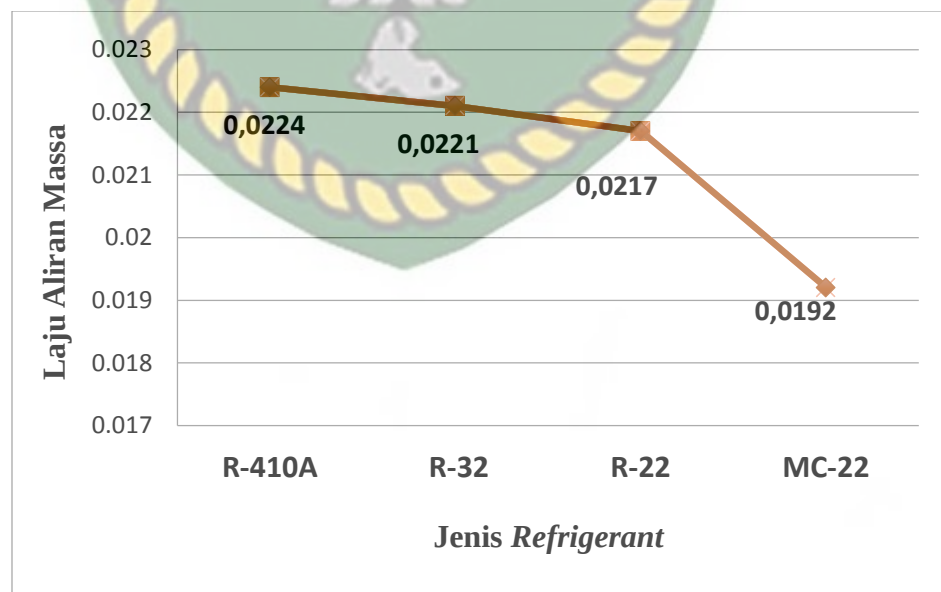
Dari hasil pengujian diketahui bahwa jenis *refrigerant* memiliki pengaruh terhadap laju aliran massa. Dimana dengan jenis *refrigerant* yang berbeda dipengaruhi laju aliran massa yang berbeda seperti terlihat pada tabel 4.4



**Tabel 4.4:** Pengaruh Jenis *Refrigerant* Laju Aliran Massa ( $\dot{m}$ )

| No | Jenis <i>Refrigerant</i> | Laju Aliran Massa (kJ/kg) |
|----|--------------------------|---------------------------|
| 1  | R-410A                   | 0,0224                    |
| 2  | R-32                     | 0,0211                    |
| 3  | R-22                     | 0,0217                    |
| 4  | MC-22                    | 0,0192                    |

Untuk jenis *refrigerant* R-410A diperoleh laju aliran massa sebesar 0,224 ( $\dot{m}$ ), sedangkan untuk jenis *refrigerant* R-32 diperoleh laju aliran massa sebesar 0,0221 ( $\dot{m}$ ), sedangkan untuk jenis *refrigerant* R-22 diperoleh laju aliran massa sebesar 0,0217 ( $\dot{m}$ ), dan sedangkan untuk jenis *refrigerant* MC-22 diperoleh laju aliran massa sebesar 0,0192 ( $\dot{m}$ ). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik 4.4.



**Gambar 4.4.** Grafik Pengaruh Jenis *Refrigerant* Dengan Laju Aliran Massa ( $\dot{m}$ )

Dari gambar grafik 4.4 dapat diketahui bahwa jenis *refrigerant* R-410A memiliki laju aliran massa yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis *refrigerant* R-32, sedangkan jenis *refrigerant* R-32 memiliki laju aliran massa yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis *refrigerant* R-22, dan jenis *refrigerant* R-22 memiliki laju aliran massa yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis *refrigerant* MC-22.

Hal tersebut terjadi karna persatuan massa *refrigerant* akan merubah temperatur pada proses penyerapan panas (*evaporasi*) dan panas buang kondensor (*kondensasi*) pada mesin pendingin, jika persatuan massa *refrigerant* lebih cepat merubah temperatur pada mesin pendingin, maka *refrigerant* yang mengalir pada mesin pendingin menjadi lambat, hal ini dikarna persatuan massa *refrigerant* lebih banyak memindahkan temperaturnya pada proses *evaporasi* dan *kondensasi* yang mengakibatkan laju aliran massa menjadi rendah.

Dapat disimpulkan bahwa semakin rendah laju aliran massa yang dihasilkan oleh *refrigerant* maka akan semakin bagus untuk penggunaannya pada mesin pendingin. Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa jenis *refrigerant* yang memiliki laju aliran massa terendah adalah jenis MC-22 dengan nilai 0,0192 (kJ/kg), sedangkan untuk laju aliran massa tertinggi pada jenis R-410A dengan nilai 0,0224 (kJ/kg).

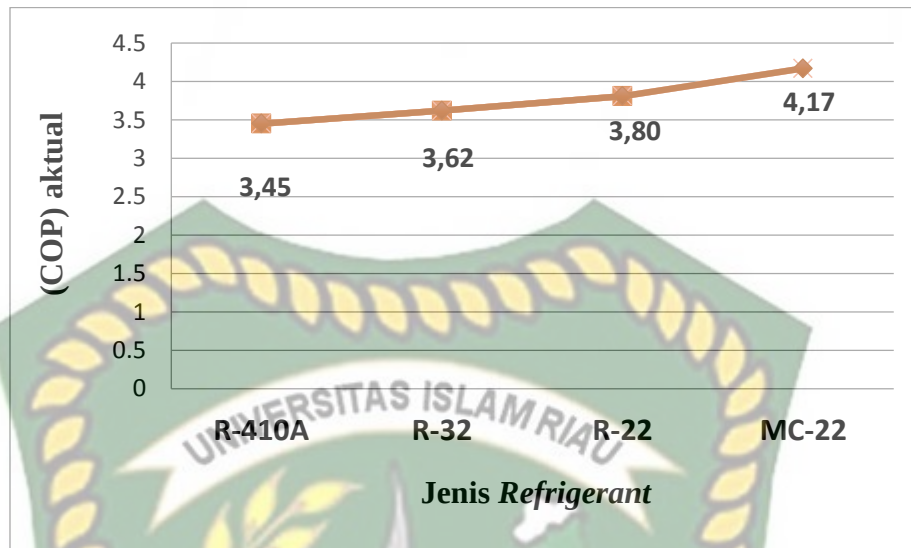
#### 4.5 Pengaruh Jenis Refrigerant Terhadap $(COP)_{aktual}$ atau *Coefficient Of Performance* <sub>aktual</sub>

Dari hasil pengujian diketahui bahwa jenis *refrigerant* memiliki pengaruh terhadap  $(COP)_{aktual}$ . Dimana dengan jenis *refrigerant* yang berbeda dipengaruhi  $(COP)_{aktual}$  yang berbeda seperti terlihat pada tabel 4.5.

**Tabel 4.5:** Pengaruh Jenis Refrigerant Terhadap  $(COP)_{aktual}$

| No | Jenis Refrigerant | $(COP)_{aktual}$ |
|----|-------------------|------------------|
| 1  | R-410A            | 3,45             |
| 2  | R-32              | 3,62             |
| 3  | R-22              | 3,80             |
| 4  | MC-22             | 4,17             |

Untuk jenis *refrigerant* R-410A diperoleh  $(COP)_{aktual}$  sebesar 3,45, sedangkan untuk jenis *refrigerant* R-32 diperoleh  $(COP)_{aktual}$  sebesar 3,63, sedangkan untuk jenis *refrigerant* R-22 diperoleh  $(COP)_{aktual}$  sebesar 3,80 dan sedangkan untuk jenis *refrigerant* MC-22 diperoleh  $(COP)_{aktual}$  sebesar 4,17. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik 4.5.



**Gambar 4.5.** Grafik Pengaruh Jenis Refrigerant Dengan  $(COP)_{aktual}$

Dari gambar grafik 4.5 dapat diketahui bahwa jenis *refrigerant* MC-22 memiliki  $(COP)_{aktual}$  yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis *refrigerant* R-32, sedangkan jenis *refrigerant* R-32 memiliki  $(COP)_{aktual}$  yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis *refrigerant* R-22, dan jenis *refrigerant* R-22 memiliki  $(COP)_{aktual}$  yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis *refrigerant* R401A.

Hal tersebut dipengaruhi oleh proses penyerapan panas (*evaporasi*) dan panas buang kondensor (*kondensasi*) yang berbeda-beda pada mesin pendingin. *Refrigerant* yang memiliki penyerapan panas dan panas buang kondensor yang besar akan menyebabkan  $(COP)_{aktual}$  menjadi naik.

$(COP)_{aktual}$  adalah bentuk penilaian dari suatu mesin pendingin, jika semakin besar  $(COP)_{aktual}$  maka akan semakin bagus jenis *refrigerant* tersebut untuk penggunaannya pada mesin pendingin.



Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa jenis *refrigerant* yang memiliki  $(COP)_{aktual}$  tinggi adalah jenis MC-22 dengan nilai 4,17, sedangkan untuk  $(COP)_{aktual}$  terendah pada jenis R-410A dengan nilai 3,45.

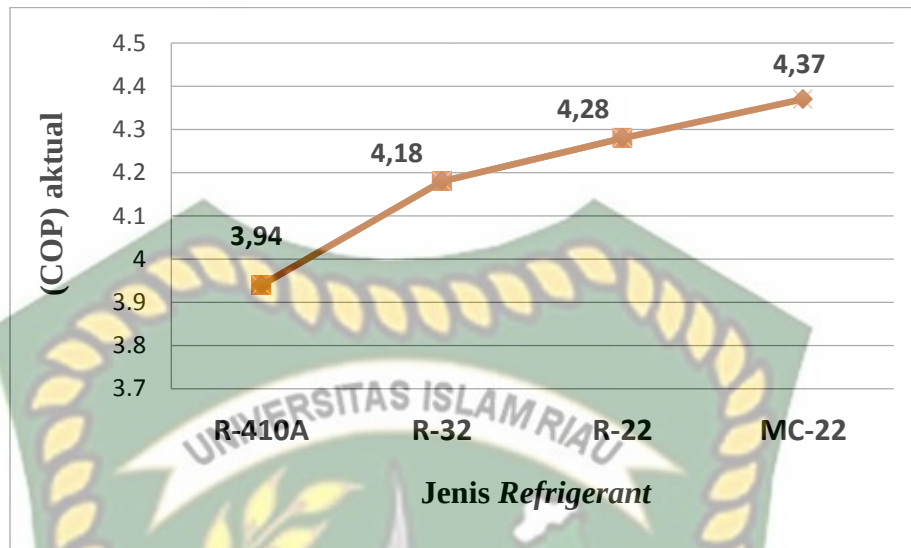
#### 4.6 Pengaruh Jenis Refrigerant Terhadap $(COP)_{ideal}$ atau Coefficient Of Performance $_{ideal}$

Dari hasil pengujian diketahui bahwa jenis *refrigerant* memiliki pengaruh terhadap  $(COP)_{ideal}$ . Dimana dengan jenis *refrigerant* yang berbeda dipengaruhi  $(COP)_{ideal}$  yang berbeda seperti terlihat pada tabel 4.6.

**Tabel 4.6:** Pengaruh Jenis Refrigerant Terhadap  $(COP)_{ideal}$

| No | Jenis Refrigerant | $(COP)_{ideal}$ |
|----|-------------------|-----------------|
| 1  | R-410A            | 3,94            |
| 2  | R-32              | 4,18            |
| 3  | R-22              | 4,28            |
| 4  | MC-22             | 4,37            |

Untuk jenis *refrigerant* R-410A diperoleh  $(COP)_{ideal}$  sebesar 3,94, sedangkan untuk jenis *refrigerant* R-32 diperoleh  $(COP)_{ideal}$  sebesar 4,18, sedangkan untuk jenis *refrigerant* R-22 diperoleh  $(COP)_{ideal}$  sebesar 4,28 dan sedangkan untuk jenis *refrigerant* MC-22 diperoleh  $(COP)_{ideal}$  sebesar 4,37. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik 4.6.



**Gambar 4.6.** Grafik Pengaruh Jenis *Refrigerant* Dengan  $(COP)_{ideal}$ .

Dari gambar grafik 4.6 dapat diketahui bahwa jenis *refrigerant* MC-22 memiliki  $(COP)_{ideal}$  yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis *refrigerant* R-32, sedangkan jenis *refrigerant* R-32 memiliki  $(COP)_{ideal}$  yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis *refrigerant* R-22, dan jenis *refrigerant* R-22 memiliki  $(COP)_{ideal}$  yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis *refrigerant* R401A.

Hal tersebut dipengaruhi oleh proses penyerapan panas (*evaporasi*) dan panas buang kondensor (*kondensasi*) yang berbeda-beda pada mesin pendingin. *Refrigerant* yang memiliki penyerapan panas dan panas buang kondensor yang besar akan menyebabkan  $(COP)_{ideal}$  menjadi naik.

$(COP)_{ideal}$  adalah bentuk penilaian dari suatu mesin pendingin, jika semakin besar  $(COP)_{ideal}$  maka akan semakin bagus jenis *refrigerant* tersebut untuk penggunaannya pada mesin pendingin.

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa jenis *refrigerant* yang memiliki  $(COP)_{ideal}$  tinggi adalah jenis MC-22 dengan nilai 4,37, sedangkan untuk  $(COP)_{ideal}$  terendah pada jenis R-410A dengan nilai 3,94.

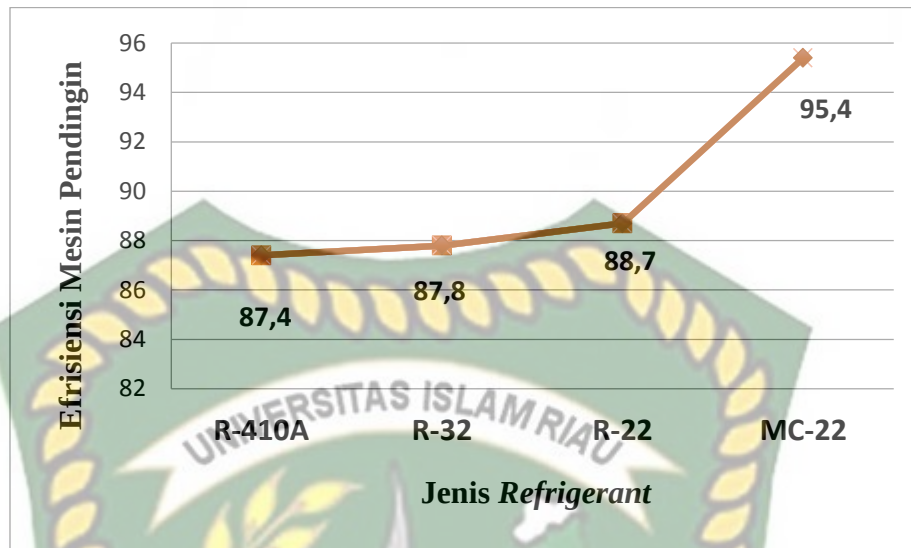
#### 4.7 Pengaruh Jenis Refrigerant Terhadap Efisiensi Mesin Pendingin ( $n$ )

Dari hasil pengujian diketahui bahwa jenis *refrigerant* memiliki pengaruh terhadap efisiensi mesin pendingin. Dimana dengan jenis *refrigerant* yang berbeda dipengaruhi efisiensi mesin pendingin yang berbeda seperti terlihat pada tabel 4.7.

**Tabel 4.7:** Pengaruh Jenis Refrigerant Efisiensi Mesin Pendingin ( $n$ )

| No | Jenis Refrigerant | Efisiensi Mesin Pendingin (%) |
|----|-------------------|-------------------------------|
| 1  | R-410A            | 87,5                          |
| 2  | R-32              | 87,8                          |
| 3  | R-22              | 88,7                          |
| 4  | MC-22             | 95,4                          |

Untuk jenis *refrigerant* R-410A diperoleh efisiensi mesin pendingin sebesar 87,4%, sedangkan untuk jenis *refrigerant* R-32 diperoleh nilai efisiensi mesin pendingin sebesar 87,8%, sedangkan untuk jenis *refrigerant* R-22 diperoleh efisiensi mesin pendingin sebesar 88,7% dan sedangkan untuk jenis *refrigerant* MC-22 diperoleh efisiensi mesin pendingin sebesar 94,4%. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik 4.7.



**Gambar 4.7.** Grafik Pengaruh Jenis *Refrigerant* Dengan Efisiensi Mesin Pendingin ( $n$ )

Dari gambar grafik 4.7 dapat diketahui bahwa jenis *refrigerant* MC-22 memiliki efisiensi mesin pendingin yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis *refrigerant* R-32, sedangkan jenis *refrigerant* R-32 memiliki nilai efisiensi mesin pendingin yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis *refrigerant* R-22, dan jenis *refrigerant* R-22 memiliki nilai efisiensi mesin pendingin yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis *refrigerant* R401A.

Hal tersebut dipengaruhi oleh unjuk kerja pada mesin pendingin yaitu kerja kompresor, panas buang kondensor, efek *refrigerasi*  $COP_{aktual}$  dan  $COP_{ideal}$ . *Refrigerant* yang memiliki unjuk kerja yang bagus untuk penggunaan mesin pendingin akan menghasilkan nilai efisiensi mesin pendingin yang tinggi.



Efisiensi mesin pendingin adalah bentuk penilaian dari suatu mesin pendingin, jika semakin tinggi nilai efisiensinya maka akan semakin bagus jenis *refrigerant* tersebut untuk penggunaannya pada mesin pendingin. Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa jenis *refrigerant* yang memiliki efisiensi tinggi adalah jenis MC-22 dengan nilai 95,4%, sedangkan untuk nilai efisiensin terendah pada jenis R-410A dengan nilai 95,4%.



## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

1. Penggunaan *refrigerant* yang berbeda-beda mempengaruhi unjuk kerja mesin pendingin. Dimana unjuk kerja mesin pendingin menggunakan *refrigerant* R-410A, R-32, R-22 dan MC-22 memiliki penyerapan dan pembuangan panas yang berbeda-beda
2. *Refrigerant* yang menghasilkan unjuk kerja mesin pendingin yang paling baik adalah jenis *refrigerant* MC-22 dapat dilihat dari kerja kompresor yang paling terendah dengan nilai 36,54 (kJ/kg), panas buang kondensor tertinggi dengan nilai 189,23 (kJ/kg) , efek *refrigrasi* tertinggi dengan nilai 152,69 (kJ/kg), laju aliran massa terendah dengan nilai 0,0192 (kJ/kg),  $COP_{aktual}$  tertinggi dengan nilai 4,17,  $COP_{ideal}$  tertinggi dengan nilai 4,37 dan efisiensi mesin pendingin tertinggi dengan nilai 95,4%.
3. Pada penggunaan mesin pendingin AC Split 1 PK bahan *refrigerant* yang bagus adalah *refrigerant* MC-22, hal ini dikarenakan bahan *hidrokarbon* pada MC-22 memiliki penyerapan dan panas buang yang baik tanpa memerlukan tekanan yg tinggi untuk disirkulasikan, sehingga dapat menurunkan kerja kompresor yang menurunkan penggunaan listrik. *Refrigerant* MC-22 dapat menggantikan bahan *refrigerant* sebelumnya pada mesin pendingin yaitu jenis R-22 tanpa memerlukan penggantian komponen pada mesin pendingin, dan jenis *refrigerant* tidak merusak lapisan ozon maupun pemanasan global karna berbahan *hidrokarbon*.

## 5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya yang ingin mengambil judul analisa pengaruh jenis *refrigerant* terhadap unjuk kerja mesin pendingin AC split 1 PK dengan R-410A, R-32, R-22, MC-22, sebaiknya menganalisa jenis *refrigerant* yang berbeda dengan tujuan untuk mendapatkan unjuk kerja mesin pendingin yang lebih baik.



## DAFTAR PUSTAKA

- Arijanto dan Kurdi, Ojo. (2007). Pengujian Refrigeran Hycool HCR-22 Pada AC Split Sebagai Pengganti Freon R-22. *Rotasi*, Volume 9 Nomor 2, April 2007.
- Drs. Daryanto. (2016). Teknik Pendingin AC, Freezer, Kulkas. Badung : Yrama Widya.
- Gunawa. T, Tanujaya. H dan Aziz. A. (2014). Uji Eksperimental Pendingin Berpendingin Air Dengan Menggunakan Refrigeran R22 dan Refrigeran R407C. *Poros*, Volume 12 Nomor 2, November 2014, Halaman 165-172.
- Metty. K. T. N, Wijasana. H, Suarnadwipa. N dan Sucipta. M. (2010). Analisa performansi Sistem Pendingin Ruangan dan Efisiensi Energi Listrik Pada Sistem Water Chiller Dengan Penerapan Metode Cooled Energy Storage. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, volume 4 Nomor 1, April 2010.
- Rizal. M. A. Y, Ilminafik, Nasrul dan Lisyadi, Digdo. (2013). Pengaruh Variasi Beban Pendingin Terhadap Prestasi Kerja Mesin Pendingin Dengan Refrigeran R12 dan LPG. *Rotor*, Volume 6 Nomor 1, Januari 2013.
- Sabatiana. A. C dan Putra. A. B. K. (2016). Studi Eksperimen Pengaruh Variasi Beban Refrigeran-22 Dengan *Musicool-22* Pada Sistem Pengkondisian Udara Dengan *Pre-cooling*. *Jurnal Teknik ITS*, Volume 5 Nomor 2, 2016.
- Stoeker. W. F, Jones. J. W, dan Hara, Supratman. (1992). Refrigerasi dan Pengkondisian Udara. Jakarta : Erlangga.



Supriatno, Heri. (2018). Pengaruh Penggunaan Refrigeran R-22 dan R-32 Terhadap Kinerja Air Conditioner.

Wahyu . D, Nasrullah dan Amri, Khairul. (2014). Kaji Eksperimental Penggunaan R22 dan R410A Berdasarkan Variasi Laku Aliran Massa Pada Mesin AC. Poli Rekayasa, Volume 9 Nomor 2, April 2014.

