

**PENGARUH PANJANG DAN DIAMETER PIPA KAPILER
TERHADAP UNJUK KERJA SISTEM REFRIGERASI
DENGAN *FAST COOLING***

TUGAS AKHIR

*Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Guna Memperoleh Gelar Sarjana
Strata Satu Teknik Pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas
Islam Riau*



Disusun Oleh :

M. AGIL SYAFUTRA
15.331.0339

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU
2019**

LEMBARAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

PENGARUH PANJANG DAN DIAMETER PIPA KAPILER
TERHADAP UNJUK KERJA SISTEM REFRIGERASI
DENGAN *FAST COOLING*



Disusun Oleh :

M. AGIL SYAFUTRA

15.331.0339

Disetujui oleh :

PEMBIMBING

SEHAT ABDI SARAGIH, ST., MT

Disahkan Oleh :

DEKAN
FAKULTAS TEKNIK



Ir. H. ABD. KUDES ZAINI, MT.,MS.,Tr

KETUA PROGRAM STUDI
TEKNIK MESIN

DODY YULIANTO, ST., MT

PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

NAMA : M. AGIL SYAFUTRA

NPM : 15.331.0339

PRODI : TEKNIK MESIN

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa penelitian yang saya lakukan untuk Tugas Akhir dengan judul “Pengaruh Panjang dan Diameter Pipa Kapiler Terhadap Unjuk Kerja Sistem Refrigerasi dengan *Fast Cooling*” yang diajukan guna melengkapi syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Islam Riau merupakan hasil penelitian dan karya ilmiah saya sendiri dengan bantuan dosen pembimbing dan bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari Tugas Akhir yang telah di publikasikan atau yang 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 sebagaimana mestinya.

Pekanbaru, 11 Desember 2019



M. AGIL SYAFUTRA
NPM : 15.331.0339

PENGARUH PANJANG DAN DIAMETER PIPA KAPILER TERHADAP UNJUK KERJA SISTEM REFRIGERASI DENGAN *FAST COOLING*

M. Agil Syafutra⁽¹⁾, Sehat Abdi Saragih⁽²⁾.

Email : agilsyafutra@gmail.com

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau
Jl. Kaharuddin Nasution, Km 11, No. 133, Perhentian Marpoyan, Pekanbaru.
Telp. (0761)-674653 Fax. (0761)-674834

ABSTRAK

Sistem refrigerasi adalah kombinasi-kombinasi komponen peralatan dan perpipaan yang dihubungkan untuk menghasilkan efek pendinginan sehingga dapat menjadikan kondisi temperatur suatu ruangan berada dibawah temperatur semula. Pada prinsipnya dari sistem refrigerasi memanfaatkan prinsip dasar termodinamika dimana kalor bergerak dari temperatur tinggi ke temperatur rendah pada suatu media. Pipa kapiler adalah peralatan utama yang dipakai dalam sirkuit pendinginan. Pipa kapiler digunakan untuk menurunkan tekanan dan mengatur jumlah cairan *refrigerant* yang mengalir. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mendapatkan pengaruh panjang dan diameter pipa kapiler terhadap unjuk kerja sistem refrigerasi dan mendapatkan panjang dan diameter yang memiliki unjuk kerja sistem refrigerasi yang paling baik. Penelitian ini dilakukan menggunakan variasi panjang dan diameter (ID) pipa kapiler yaitu panjang 2 meter, 2,5 meter, dan 3 meter, serta diameter 0,026 inchi, 0,028 inchi, dan 0,031 inchi. Dengan metode *fast cooling* yaitu pendinginan cepat dari kondisi awal sistem temperatur ruang mencapai temperatur yang diinginkan. Dari hasil pengujian bahwa perubahan panjang dan diameter pipa kapiler memiliki pengaruh terhadap unjuk kerja sistem refrigerasi, dimana diperoleh unjuk kerja sistem refrigerasi yang paling baik yaitu pada panjang 2 meter dan diameter 0,026 inchi (ID) dengan kerja kompresor yang terendah 18 (kJ/kg), panas buang kondensor terendah 174 (kJ/kg), efek refrigerasi atau panas yang diserap evaporator tertinggi 156 (kJ/kg), laju aliran massa *refrigerant* tertinggi 0,00660 (kg/s), COP_{aktual} tertinggi dengan nilai 8,66, COP_{ideal} tertinggi 9,43, dan efisiensi mesin pendingin tertinggi 91 %.

Kata Kunci : Sistem Refrigerasi, Pipa Kapiler, *Fast Cooling*, Unjuk Kerja Mesin.

⁽¹⁾Peneliti

⁽²⁾Pembimbing

EFFECT OF LENGTH AND DIAMETER OF CAPILLARY PIPES ON THE PERFORMANCE OF REFRIGERATION SYSTEM WITH FAST COOLING

M. Agil Syafutra ⁽¹⁾, Sehat Abdi Saragih ⁽²⁾.

Email: agilsyafutra@gmail.com

Mechanical Engineering Study Program, Faculty of Engineering, Islamic University Of Riau

Jl. Kaharuddin Nasution, Km 11, No. 133, Perhentian Marpoyan, Pekanbaru.

Tel. (0761) -674653 Fax. (0761) -674834

ABSTRACT

A refrigeration system is a combination of equipment components and piping connected to produce a cooling effect so as to make the temperature conditions of a room below its original temperature. In principle, the refrigeration system utilizes the basic principle of thermodynamics where heat moves from high to low temperatures in a medium. Capillary pipes are the main equipment used in cooling circuits. Capillary pipes are used to reduce pressure and regulate the amount of refrigerant flowing. The purpose of this research is to get the effect of length and diameter of capillary pipes on the performance of the refrigeration system and to get the length and diameter that has the best performance of the refrigeration system. This research was conducted using variations in length and diameter (ID) of capillary pipes, namely lengths of 2 meters, 2.5 meters and 3 meters, and diameters of 0.026 inches, 0.028 inches and 0.031 inches. With the fast cooling method that is rapid cooling from the initial conditions of the system the room temperature reaches the desired temperature. From the test results that changes in length and diameter of the capillary pipe have an influence on the performance of the refrigeration system, which is obtained the best performance of the refrigeration system at a length of 2 meters and a diameter of 0.026 inches (ID) with the lowest compressor work 18 (kJ / kg) , lowest condenser exhaust heat 174 (kJ / kg), refrigeration effect or heat absorbed by the highest evaporator 156 (kJ / kg), highest refrigerant mass flow rate 0,00660 (kg / s), highest COP_{actual} with a value of 8,66, COP_{ideal} the highest is 9.43, and the highest cooling engine efficiency is 91%.

Keywords: Refrigeration Systems, Capillary Pipes, Fast Cooling, Engine Performance.

⁽¹⁾ Researcher

⁽²⁾ Advisor

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Wr Wb

Puji syukur kehadiran Allah SWT karena berkat limpahan rahmat dan karunia-Nya yang berupa kemampuan, kesehatan dan juga kesempatan kepada penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini, yang berjudul **“Pengaruh Panjang dan Diameter Pipa Kapiler Terhadap Unjuk Kerja Sistem Refrigerasi dengan *Fast Cooling*”** yang merupakan syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.

Pada kesempatan kali ini penulis menyampaikan rasa hormat dan terimakasih kepada berbagai pihak yang telah memberikan bantuan, dorongan dan bimbingan selama menyelesaikan Tugas Akhir ini, yaitu kepada :

1. Kedua orangtua penulis, Bapak Syafrizal dan Ibu Yeni Deswita (Almh) yang selalu mendo'akan serta memberikan dukungan baik secara moril maupun materil. Serta seluruh keluarga terimakasih atas do'a dan semangat yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. H. Abdul Kudus Zaini, MT. Selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau.
3. Bapak Dody Yulianto, ST., MT. Selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau.

4. Bapak Dr. Dedikarni, ST., M.Sc. Selaku Sekretaris Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau.

5. Bapak Sehat Abdi Saragih, ST., MT. Selaku Dosen Pembimbing yang bersedia meluangkan waktu tenaga dan pikiran dalam memberikan bimbingan dan pengarahan kepada penulis dalam pembuatan Tugas Akhir ini.

6. Seluruh rekan-rekan Mahasiswa Teknik Mesin yang ikut membantu serta memberikan dukungan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Semoga segala bantuan yang telah diberikan kepada penulis dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya. Dan juga penulis berharap semoga pengorbanan dan keikhlasan mendapat balasan pahala yang berlipat ganda hendaknya (aamiin). Penulis juga menyadari begitu banyak kekurangan dan kelemahan yang terdapat didalam Tugas Akhir ini, penulis mengharapkan kritik dan saran yang dapat membantu kesempurnaan Tugas Akhir ini akan penulis terima dengan senang hati dan penulis mengucapkan banyak terimakasih.

Wassalamualaikum Wr Wb

Pekanbaru, 11 Desember 2019

**M. AGIL SYAFUTRA
153310339**

DAFTAR ISI

	Halaman
PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN	i
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	ii
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR NOTASI	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Definisi Sistem Refrigerasi	7
2.2 Sistem Refrigerasi	7
2.3 Komponen Sistem Refrigerasi	8
2.3.1 Kompresor	8
2.3.2 Kondensor	12
2.3.3 Alat Ekspansi	14
2.3.3.1 Pipa Kapiler	15

2.3.3.2 TXV (<i>Thermostatic Expansion Valve</i>).....	17
2.3.4 Thermostat	18
2.3.5 Evaporator.....	19
2.3.6 Filter.....	19
2.3.7 <i>Refrigerant</i>	20
2.4 <i>Fast Cooling</i>	21
2.5 Siklus Kerja Sistem Refrigerasi	22
2.6 Parameter Unjuk Kerja Sistem Refrigerasi.....	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	28
3.2 Diagram Alir Penelitian	28
3.3 Alat dan Bahan.....	30
3.3.1 Alat Pengujian.....	30
3.3.2 Bahan Pengujian	36
3.4 Tahapan Pengujian.....	37
3.5 Prosedur Pengujian	38
3.5.1 Langkah Penggantian Pipa Kapiler.....	38
3.5.2 Langkah Pengisian <i>Refrigerant</i>	39
3.5.3 Langkah Pengujian.....	39
3.6 Metode Pengumpulan Data	40
3.7 Metode Pengolahan Data	42
3.8 Jadwal Kegiatan Penelitian	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Pengaruh Panjang dan Diameter Pipa Kapiler Terhadap Kerja Kompresor (W_{in}).....	43

4.2 Pengaruh Panjang dan Diameter Pipa Kapiler Terhadap Panas Buang Kondensor (Q_{out})	45
4.3 Pengaruh Panjang dan Diameter Pipa Kapiler Terhadap Panas Diserap Evaporator (Q_{in})	47
4.4 Pengaruh Panjang dan Diameter Pipa Kapiler Terhadap Laju Aliran Massa Refrigerant (\dot{m})	50
4.5 Pengaruh Panjang dan Diameter Pipa Kapiler Terhadap (COP_{aktual})	52
4.6 Pengaruh Panjang dan Diameter Pipa Kapiler Terhadap (COP_{ideal})	54
4.7 Pengaruh Panjang dan Diameter Pipa Kapiler Terhadap Efisiensi Mesin Pendingin (%)	56
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran	59
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. <i>Reciprocating Compressor</i>	10
Gambar 2.2. <i>Rotary Compressor</i>	12
Gambar 2.3. <i>Warm Wall Condensor</i>	14
Gambar 2.4. Pipa Kapiler	15
Gambar 2.5 <i>Thermostatic Expansion Valve</i>	17
Gambar 2.6 Thermostat.....	18
Gambar 2.7. Evaporator	19
Gambar 2.8. Filter	20
Gambar 2.9. <i>Refrigerant</i>	21
Gambar 2.10. Skema Siklus	22
Gambar 3.1. Bengkel IL Buo Teknik.....	28
Gambar 3.2. Diagram Alir penelitian.....	29
Gambar 3.3. Sistem Refrigerasi/Kulkas.....	30
Gambar 3.4. <i>Tube Cutter Tool</i>	31
Gambar 3.5. <i>Manifold Gauge</i>	32
Gambar 3.6. Alat Las Potable	33
Gambar 3.7. Bahan Las	34
Gambar 3.8. <i>Multimeter</i>	34
Gambar 3.9. Termometer	35
Gambar 3.10. <i>Clamp Meter</i>	35
Gambar 3.11. <i>Stopwatch</i>	36
Gambar 3.12. Pipa Kapiler.....	37
Gambar 4.1. Grafik Pengaruh Panjang Dan Diameter Pipa Kapiler Terhadap Kerja Kompresor (W_{in}).....	44
Gambar 4.2. Grafik Pengaruh Panjang Dan Diameter Pipa Kapiler Terhadap Panas Buang Kondensor (Q_{out})	46
Gambar 4.3. Grafik Pengaruh Panjang Dan Diameter Pipa Kapiler Terhadap Panas Yang Diserap Evaporator (Q_{in}).....	49
Gambar 4.4. Grafik Pengaruh Panjang Dan Diameter Pipa Kapiler Terhadap Laju Aliran Massa <i>Refrigerant</i>	51

Gambar 4.5. Grafik Pengaruh Panjang Dan Diameter Pipa Kapiler Terhadap (COP _{aktual})	53
Gambar 4.6. Grafik Pengaruh Panjang Dan Diameter Pipa Kapiler Terhadap (COP _{ideal}).....	55
Gambar 4.7. Grafik Pengaruh Panjang Dan Diameter Pipa Kapiler Terhadap Efisiensi Mesin Pendingin (%)	57



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Spesifikasi Kompresor	30
Tabel 3.2. Tabel Data Pengujian	41
Tabel 3.3. Jadwal Kegiatan Penelitian	42
Tabel 4.1. Pengaruh Panjang dan Diameter Pipa Kapiler Terhadap Kerja Kompresor (W_{in}).....	43
Tabel 4.2. Pengaruh Panjang dan Diameter Pipa Kapiler Terhadap Panas Buang Kondensor (Q_{out}).....	45
Tabel 4.3. Pengaruh Panjang dan Diameter Pipa Kapiler Terhadap Panas Diserap Evaporator (Q_{in}).....	48
Tabel 4.4. Pengaruh Panjang dan Diameter Pipa Kapiler Terhadap Laju Aliran Massa <i>Refrigerant</i>	50
Tabel 4.5. Pengaruh Panjang dan Diameter Pipa Kapiler Terhadap (COP_{aktual}).....	52
Tabel 4.5. Pengaruh Panjang dan Diameter Pipa Kapiler Terhadap (COP_{ideal}).....	54
Tabel 4.5. Pengaruh Panjang dan Diameter Pipa Kapiler Terhadap Efisiensi Mesin Pendingin (%).....	56

DAFTAR NOTASI

W_{in}	=	Kerja kompresor per satuan <i>refrigerant</i> , (kJ/kg)
h_2	=	Nilai entalpi <i>refrigerant</i> keluar kompresor, (kJ/kg)
h_1	=	Nilai entalpi <i>refrigerant</i> menuju kompresor, (kJ/kg)
Q_{out}	=	Kalor yang dilepas kondensor per satuan massa <i>refrigerant</i> , (kJ/kg)
h_3	=	Nilai entalpi <i>refrigerant</i> keluar kondensor, (kJ/kg)
h_2	=	Nilai entalpi <i>refrigerant</i> menuju kondensor, (kJ/kg)
Q_{in}	=	Kalor yang diserap evaporator per satuan massa <i>refrigerant</i> , (kJ/kg)
h_4	=	Nilai entalpi <i>refrigerant</i> keluar pipa kapiler, (kJ/kg)
\dot{m}	=	Laju aliran massa <i>Refrigerant</i> , (kg/s)
W	=	Kerja kompresor per satuan waktu, (J/s)
V	=	Besar tegangan listrik yang digunakan kompresor, (V)
I	=	Besar arus listrik yang digunakan kompresor, (A)
COP_{aktual}	=	Koefisien prestasi aktual mesin pendingin
COP_{ideal}	=	Koefisien prestasi ideal mesin pendingin
T_e	=	Temperatur evaporator, ($^{\circ}C$)
T_c	=	Temperatur kondensor, ($^{\circ}C$)
η	=	Efisiensi mesin pendingin, (%)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di negara yang beriklim panas seperti Indonesia saat ini maka manusia sangat membutuhkan sebuah sistem refrigerasi baik itu untuk menunjang kegiatan industri maupun kegiatan rumah tangga. Seiring berkembangnya zaman sistem refrigerasi semakin banyak ditemui dan digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Penggunaan yang sering kita temui salah satunya bertujuan untuk mendinginkan, contohnya seperti AC (*Air Conditioning*) pada dunia industri perkantoran banyak digunakan dengan tujuan mendinginkan temperatur di dalam ruangan, sedangkan kulkas pada rumah tangga yang bertujuan untuk mendinginkan, menyejukkan atau mengawetkan makanan, dan *showcase* sebagai lemari pendingin minuman.

Semakin meningkatnya permintaan atas penyediaan sistem refrigerasi seperti kulkas, membuat produsen berlomba-lomba meningkatkan kualitas produksi menjadi lebih baik lagi, Seperti pada umumnya yang banyak diinginkan manusia ketika membeli kulkas adalah sistem lebih dingin, daya tidak besar dan harga terjangkau. Berbagai macam cara dilakukan seperti membedakan jenis fluida kerja atau yang disebut dengan *refrigerant*, merubah ukuran daya kompresor yang digunakan, dan berbagai macam ukuran panjang pipa kapiler yang digunakan agar pendinginan bisa sempurna.

Pada sistem refrigerasi membutuhkan sebuah alat yang bekerja dengan siklus kompresi uap atau disebut alat ekspansi. Kegunaan alat ekspansi adalah

untuk menurunkan tekanan *refrigerant* cair yang keluar dari kondensor dan mengatur aliran *refrigerant* tersebut masuk ke evaporator. Ada beberapa jenis alat ekspansi yang sering digunakan pada sistem refrigerasi kompresi uap, diantaranya adalah jenis pipa kapiler dan jenis TXV (*Thermostatic Expansion Valve*) atau yang disebut katup ekspansi.

Ukuran pipa kapiler baik panjang maupun diameter dalam (ID) sangat peka dalam menentukan besar tahanannya. Sedikit saja perubahan diameter dalam pipa kapiler akan secara signifikan mengubah jumlah aliran bahan pendingin. Misalnya menukar pipa kapiler dari 0.031 inchi ID menjadi 0.036 inchi ID dengan panjang yang sama akan menambah jumlah aliran bahan pendingin menjadi dua kali lipat. Panjang pipa kapiler adalah salah satu faktor yang dengan mudah dapat kita atur, mengubah tahanan pipa kapiler yang paling mudah yaitu dengan mengubah panjangnya. Menggunakan pipa kapiler yang lebih panjang akan meningkatkan tahanan (Handoko, 1981).

Fast Cooling adalah pendinginan secara cepat dari kondisi awal temperatur ruang hingga mencapai temperatur yang diinginkan yaitu pada temperatur dingin pada kulkas umumnya. Faktor yang menentukan kecepatan *fast cooling* adalah perbedaan temperatur antara beban pendingin didalam sistem refrigerasi dengan media pendingin seperti evaporator.

Pada penelitian sebelumnya Ari Fakhri Laksono (2014) telah melakukan penelitian mengenai analisis pengaruh variasi diameter pipa kapiler terhadap prestasi kerja pada mesin refrigerator berbasis lpg sebagai *refrigerant*. Dari hasil penelitian yang diperoleh bahwa semakin kecil diameter pipa kapiler

meningkatkan COP mesin refrigerasi. Hal ini dikarenakan semakin kecil diameter pipa kapiler maka kecepatan fluida dalam pipa kapiler akan semakin cepat, tekanan fluida rendah, tingkat pengkabutan semakin besar, temperatur evaporator menjadi lebih rendah dan prestasi kerja pada mesin pendingin meningkat. Fakta ini dapat dilihat dari tingginya nilai COP terjadi pada variasi diameter pipa kapiler 0,026 inchi sebesar 16,4.

Pada penelitian mengenai analisa perubahan diameter pipa kapiler terhadap unjuk kerja ac split 1,5 pk. Hasil penelitian diperoleh data koefisien prestasi/COP pada masing-masing perlakuan pipa dapat diketahui bahwa semakin kecil diameter pipa kapiler maka COP semakin meningkat dimana pipa kapiler A dengan kondisi paling tinggi dengan operasional selama penelitian cenderung stabil dengan rata-rata 6,55, pipa kapiler B dengan rata-rata 5,84, dan pipa kapiler C berada pada COP paling rendah dengan rata-rata 5,56 (Moh. Ade Purwanto, 2016).

Berdasarkan uraian diatas, maka perlu dilakukan penelitian tentang **“Pengaruh Panjang dan Diameter Pipa Kapiler Terhadap Unjuk Kerja Sistem Refrigerasi Dengan *Fast Cooling*”**.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang diatas maka yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh perubahan panjang dan diameter pipa kapiler terhadap unjuk kerja sistem refrigerasi?
2. Berapakah ukuran panjang dan diameter pipa kapiler yang memiliki unjuk kerja sistem refrigerasi yang paling baik?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh panjang dan diameter pipa kapiler terhadap unjuk kerja dari sistem refrigerasi.
2. Untuk mendapatkan panjang dan diameter pipa kapiler yang memiliki unjuk kerja sistem refrigerasi yang paling baik.

1.4 Batasan Masalah

Untuk mencapai hasil yang baik maka di dalam penulisan ini perlu adanya pembatasan masalah. Pembatasan masalah ini adalah untuk menyederhanakan permasalahan agar dapat memberikan arahan pemahaman secara mudah. Dalam penulisan ini, penulis membatasi permasalahannya yaitu mengenai :

1. Sistem refrigerasi yang digunakan adalah kulkas 1 pintu dengan komponen yang terdiri dari kompresor dengan daya 1/8 PK, kondensor, evaporator, filter, dan pipa kapiler bawaan dengan panjang 2 meter dan diameter 0,026 inchi.
2. *Refrigerant* yang digunakan adalah R-134a seperti bawaan pada kulkas tersebut.

3. Panjang pipa kapiler yang divariasikan yaitu 2 meter, 2,5 meter, dan 3 meter.
4. Diameter (ID) pipa kapiler yang divariasikan yaitu 0,026 inchi, 0,028 inchi, dan 0,031 inchi.
5. Beban pendinginan yang digunakan adalah air dengan volume 500 ml.
6. Dengan *fast cooling* atau pendinginan cepat pada putaran penuh dari kondisi awal temperatur ruang kulkas dalam waktu dari 0 hingga 15 menit.

1.5 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan proposal judul untuk tugas akhir terbagi dalam lima BAB secara garis besar dapat dijelaskan sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Pada BAB ini berisikan Latar Belakang Masalah, Rumusan Masalah, Tujuan dan Kegunaan Penelitian.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Pada BAB ini berisikan tentang teori pendukung dan persamaan-persamaan yang digunakan dalam menganalisa unjuk kerja dari sistem refrigerasi.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

BAB ini memberikan informasi mengenai tempat pelaksanaan pengujian, bahan dan peralatan yang dipakai serta tahapan dan prosedur pengujian.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada BAB ini berisikan tentang realisasi dari metodologi berupa hasil identifikasi permasalahan.

BAB V : KESIMPULAN

Pada BAB ini merupakan BAB yang berisikan kesimpulan dan saran dari penulis.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Sistem Refrigerasi

Refrigerasi merupakan proses penyerapan kalor dari ruangan bertemperatur tinggi dan memindahkan kalor tersebut ke suatu medium tertentu yang bertemperatur lebih rendah sehingga didapatkan tercapainya suatu temperatur dan dipertahankannya temperatur tersebut dibawah temperatur lingkungan. Penyerapan dan pemindahan kalor ini menggunakan suatu medium yang disebut *refrigerant*.

Sistem refrigerasi adalah kombinasi-kombinasi komponen peralatan dan perpipaan yang dihubungkan untuk menghasilkan efek pendinginan sehingga dapat menjadikan kondisi temperaatur suatu ruangan berada dibawah temperatur semula. Pada prinsipnya dari sistem refrigerasi memanfaatkan prinsip dasar termodinamika dimana kalor bergerak dari temperatur tinggi ke temperatur rendah pada suatu media.

2.2 Sistem Refrigerasi

Siklus refrigerasi kompresi uap mengambil keuntungan dari kenyataan bahwa fluida yang bertekanan tinggi pada temperatur tertentu cenderung menjadi lebih dingin jika dibiarkan mengembang. Jika perubahan tekanan cukup tinggi, maka gas yang ditekan akan menjadi lebih panas daripada lingkungan (contoh udara

luar) dan gas yang mengembang akan menjadi lebih dingin daripada temperatur dingin yang di kehendaki.

Dalam kasus ini, fluida digunakan untuk mendinginkan lingkungan bertemperatur rendah dan membuang panas ke lingkungan yang bertemperatur tinggi. Siklus refrigerasi kompresi uap memiliki dua keuntungan. Pertama, sejumlah besar energi panas diperlukan untuk merubah cairan menjadi uap, dan oleh karena itu banyak panas yang dapat dibuang dari ruang yang disejukkan. Kedua, sifat-sifat isothermal penguapan membolehkan pengambilan panas tanpa menaikkan temperatur fluida kerja. Hal ini berarti bahwa laju perpindahan panas menjadi tinggi, sebab semakin dekat temperatur fluida kerja mendekati temperatur sekitarnya akan semakin rendah laju perpindahan panasnya .

2.3 Komponen Sistem Refrigerasi

Komponen-komponen utama sistem refrigerasi siklus kompresi uap terdiri dari:

2.3.1 Kompresor

Fungsi kompresor adalah menetapkan perbedaan tekanan dalam suatu sistem pendinginan. Oleh karenanya menyebabkan zat pendingin dalam sistem mengalir dari satu bagian ke bagian yang lain. Kompresor dikategorikan sebagai suatu pompa yang bertugas untuk mensirkulasikan zat pendingin atau *refrigerant*, tetapi tugasnya ialah mengadakan tekanan untuk hal tersebut. Tekanan yang disebabkan oleh kompresor tersebut dapat membuat *refrigerant* cukup panas untuk pendingin dalam ruang udara, sehingga ia akan berkondensasi. Itulah

perbedaan antara tekanan tinggi dan tekanan rendah yang memaksa *refrigerant* mengalir melalui tabung kapiler masuk ke evaporator.

Kompresor lemari pendingin yang modern biasanya dari jenis tertutup, baik tipe *rotary* (berputar) maupun yang *reciprocating* (langkah bolak-balik). Walaupun demikian, masih banyak sistem lemari pendingin yang lama yaitu yang masih memakai kompresor tipe terbuka. Perbedaan antara kompresor terbuka dan tertutup adalah pada tipe terbuka motor dihubungkan ke kompresor dengan memakai ban atau kopleng. Sedangkan pada tipe tertutup motor dan kompresor dihubungkan langsung pada suatu poros dan ditempatkan dalam suatu wadah tertutup.

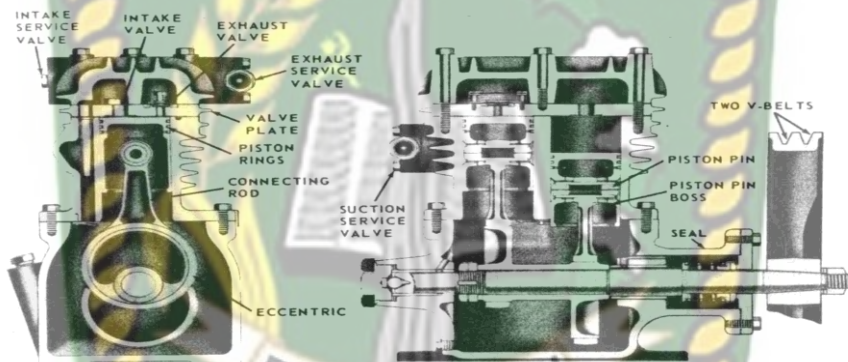
a. *Reciprocating Compressor* (Kompresor Langkah Bolak-balik).

Reciprocating Compressor (Kompresor Langkah Bolak-balik) merupakan kompresor tipe sederhana, karena hanya terdiri dari sebuah silinder dan piston yang bergerak maju mundur di dalamnya, seperti pada mesin mobil, sebuah batang dan poros engkol merupakan bagian penting dari mekanismenya.

Pada praktiknya sebuah motor listrik memutar sebah “rotor” pada ujung poros engkol. Waktu proses engkol berputar bersama rotor melalui batang penghubung maka akan menggerakkan piston maju mundur dalam silinder.

Pada saat piston bergerak mundur, ia menarik *refrigerant* dari evaporator ke dalam silinder kompresor. Sebuah katup bergerak pada kepala silinder dan bekerja sebagai katup pengontrol. Katup ini dapat memasukkan *refrigerant* ke dalam silinder, tetapi akan menutup dan mencegah *refrigerant* yang mengalir balik ke luar silinder.

Pada saat piston mencapai titik gerakannya, silinder terisi penuh dengan *refrigerant* yang berasal dari evaporator, kemudian piston mulai bergerak maju mendorong *refrigerant* yang terperangkap itu, dan *refrigerant* itu tidak dapat kembali ke evaporator karena ketika memasukkannya katup dalam keadaan tertutup. Tapi ada katup getar lain di kepala silinder yang diatur sedemikian, sehingga *refrigerant* dapat keluar dari silinder kompresor. Dapat di lihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 : Reciprocating Compressor

(Sumber : Manual Book General Cycle Refrigeration Trainer)

b. *Rotary Compressor*.

Rotary Compressor merupakan jenis kompresor yang cara kerjanya sederhana. Dalam beberapa segi kesederhanaannya itu terkadang dapat mempersulit dalam memahami cara kerjanya. Sesungguhnya bagian yang bergerak dalam kompresor *rotary* terdiri dari sebuah cincin baja, sebuah ekstentrik atau cakram, dan sebuah penghalang geser.

Cincin yang cakram tersebut membuat keduanya ditempatkan dalam satu silinder baja. Diameter cincin sedikit lebih kecil daripada silinder, dan dipasang

sedemikian rupa sehingga tidak terpusat, dan keliling luar cincin selalu menyisakan dinding silinder pada satu titik. Hal ini tentu saja menyisakan suatu ruangan berbentuk bulan sabit antara cincin dengan dinding silinder. Sebuah motor listrik memutar cakram itu, sementara cakram berputar, cincin itu terbawa berputar dan memberikan suatu gerak menggelinding pada cincin itu. Gerak menggelinding tersebut terjadi pada tepi luarnya sehingga mengitari dinding silinder.

Dengan mengikat cara gerak cincin mengelilingi dinding silinder, berikut adalah langkah bagaimana kompresor dapat menekan *refrigerant*. Langkah pertama melakukan pemboran terhadap sebuah lubang pada dinding silinder untuk jalan masuk *refrigerant* dari freezer mengalir masuk ke dalam ruang berbentuk bulan sabit, dengan memutar cakram sepersekian dari satu putaran, cincin itu hampir segera menutup lubang tadi. Pada saat tersebut, *refrigerant* terperangkap dalam ruang bulan sabit, sehingga tidak ada jalan keluar.

Jika kita membuat lubang lain dekat ujung ruang bulan sabit, *refrigerant* yang terperangkap akan mendapat jalan keluar. Kita dapat menghubungkan sebuah pipa pada pintu keluar itu dan meneruskannya ke kondensor.

Cara yang sederhana dan efektif untuk melakukan hal tersebut ialah dengan melakukan langkah kedua, yaitu memasang suatu penghalang diantara kedua pintu. Tentu saja penghalang itu dari jenis yang luwes atau dapat menggeser karena satu ujungnya selalu bergerak mundur maju sewaktu cincin berputar menggelinding pada silinder.

Sekarang pada saat cincin berputar menggelinding di dalam silinder, penghalang geser akan mengikuti setiap gerakan cincin. Dengan adanya penghalang geser, *refrigerant* yang terperangkap dalam ruangan silinder hanya mempunyai satu jalan yaitu pada saat cincin berputar dan mendorongnya maju. Jalan satu satunya ialah keluar melalui pintu keluar penghalang geser menutup jalan ke pintu masuk. Itulah siklus sederhana bekerjanya kompresor tipe *rotary*, seperti yang terlihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 : Rotary Compressor

(Sumber :Stefanus, 2015)

2.3.2 Kondensor

Pada suatu keadaan sistem refrigerasi, dimana zat pendingin meninggalkan kompresor dalam bentuk uap bertekanan tinggi, maka diperlukan suatu cara untuk mengubah uap menjadi cairan kembali. Inilah fungsi unit kondensor (*condensing unit*) mengembangkan (*to condeance*) uap menjadi cairan sehingga dapat dipakai kembali dalam siklus pendinginan.

Pada saat uap pendingin dipompa ke dalam kondensor oleh kompresor, temperatur tekanannya meningkat. Temperatur yang tinggi itu memudahkan perambatan panas yang efektif dari permukaan kondensor ke ruang di sekitarnya. Sebagian dari panas yang dipindahkan ke ruangan udara itu adalah laten yang diserap zat pendingin dalam evaporator. Pelepasan panas ke dalam ruangan cukup untuk mengembunkan uap pendingin menjadi cairan.

Terdapat beberapa tipe kondensor, yakni pendingin udara (*air cooled*) dengan sirkulasi udara/alam (*natural*) pendingin udara paksa dengan kipas, pendingin udara tidak langsung melalui kontak *thermal* dengan lemari.

Tipe ini biasanya secara fisik lebih besar daripada kondensor pendingin paksa dengan kipas, dan dikonstruksikan dari pipa yang halus/kecil (*finned*) atau pipa yang dilindungi kawat. Ditempatkan di bagian belakang lemari pendingin dan meneruskan ekspansi panas (*thermal expansion*) ruang udara di sekitarnya untuk menimbulkan suatu arus konveksi pada pipa-pipa.

a. *Force Draft Condensor*

Kondensor tipe ini biasanya konstruksinya dibuat dengan pipa kecil, sebuah kipas dipakai menggerakkan udara diatas kondensor. Kipas itu dihubungkan pada sirkuit sedemikian rupa sehingga hanya berjalan selama waktu kompresor bekerja.

Kondensor tipe ini diletakkan dalam ruang (*compartement*) mesin dan memerlukan katup udara (*air baffles*) untuk mengarahkan udara pada pipa-pipa kecil.

b. Warm Wall Condensor

Tipe ini sesungguhnya bentuk lain dari kondensor statik. Pipa kondensor dilekatkan langsung dan dalam *thermal contact* dengan dinding lemari sebelah dalam. Panas dipindahkan ke dinding lemari dari pipa dan dari dinding ke ruang udara sekitarnya. Dinding luar lemari akan terasa panas jika kondensor tipe ini bekerja, seperti pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 : Warm Wall Condensor

(Sumber :Stefanus, 2015)

2.3.3 Alat Ekspansi

Salah satu komponen dasar mesin pendingin adalah alat ekspansi. Fungsi alat ekspansi adalah mengalirkan serta menurunkan tekanan dan temperatur *refrigerant* agar kalor dapat diserap dievaporator sehingga diperoleh efek dingin yang diinginkan (Azridjal, 2013). Alat ekspansi pada sistem refrigerasi ada 2 yaitu :

2.3.3.1 Pipa kapiler

Pipa kapiler adalah peralatan utama yang dipakai dalam sirkuit pendinginan. Pipa kapiler digunakan untuk menurunkan tekanan dan mengatur jumlah cairan *refrigerant* yang mengalir. Diameter dan pipa kapiler tergantung dari mesin pendinginnya. Pada umumnya pengontrol *refrigerant* pada *domestic refrigerator* adalah pipa kapiler, penggunaan pipa kapiler pada mesin pendingin yang umum kita temui pada kulkas, hal ini karena akan mempermudah pada waktu *start* karena dengan mempergunakan pipa kapiler pada saat sistem tidak bekerja tekanan pada kondensor dan evaporator cenderung sama. Hal ini berarti meringankan tugas kompresor pada waktu start (Sumanto,2004)



Gambar 2.4 : Pipa Kapiler

a. Panjang pipa kapiler

Panjang pipa kapiler adalah salah satu faktor yang dengan mudah dapat kita atur, mengubah tahanan pipa kapiler yang paling mudah yaitu dengan mengubah panjangnya. Tukar pipa kapiler dengan yang lebih panjang dan

tahanannya pun akan bertambah besar, namun ada satu hal yang pada umumnya kurang kita ketahui, bahwa ada batasnya untuk memperpanjang atau memperpendek pipa kapiler.

Mengalirnya bahan pendingin dalam pipa kapiler yang pendek maka akan sangat cepat dibandingkan yang panjang. Pipa kapiler yang sangat pendek, jika panjangnya dikurangi sedikit saja, pipa kapiler tersebut akan menyebabkan perubahan aliran bahan pendingin yang sangat besar. Akhirnya panjang pipa kapiler tidak lagi mempengaruhi jumlah aliran bahan pendingin (Handoko, 1981).

Nugroho Gama Yoga (2018) Pada penelitian ini menganalisis pengaruh variasi panjang dan diameter pipa kapiler terhadap performa sistem pendingin AC. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen yaitu dengan melakukan variasi panjang dan diameter pipa kapiler pada AC split. Variasi pipa kapiler yang digunakan adalah pipa kapiler dengan panjang 1.5m, 3m, dan 4.5m berdiameter 0.054 *Inchi* dan pipa kapiler dengan panjang 1.5m, 3m, dan 4.5m berdiameter 0.070 *Inchi*. Hasil yang didapat dari penelitian ini adalah semakin bertambah panjang pipa kapiler dan semakin kecil diameter pipa kapiler, kapasitas pendinginan evaporator, kerja kompresor, nilai COP, dan temperatur pada evaporator dari sistem akan semakin kecil sehingga akan mengakibatkan efek pendinginan yang akan semakin besar.

b. Diameter pipa kapiler

Ukuran pipa kapiler panjang dan diameter dalam (ID) sangat peka dalam menentukan besar tahanannya. Sedikit saja perubahan diameter dalam pipa kapiler

dapat mengubah jumlah aliran bahan pendingin yang sangat besar. Misalnya menukar pipa kapiler dari 0,031 inci menjadi 0,036 inci ID dengan panjang yang sama akan menambah jumlah aliran bahan pendingin dua kali lipat (Handoko, 1981).

2.3.3.2 TXV (*Thermostatic Expansion Valve*)

TXV (*Thermostatic Expansion Valve*) atau katup ekspansi merupakan alat pengatur *refrigerant* yang paling banyak dipakai untuk mesin pendingin pada umumnya digunakan pada AC (*air conditioning*). Katup ekspansi tersebut dapat mengatur jumlah *refrigerant* yang mengalir dalam evaporator sesuai dengan beban evaporator yang maksimum pada setiap keadaan beban evaporator yang berubah-ubah. Katup ekspansi dapat mempertahankan uap panas lanjut yang konstan, katup ekspansi ini tidak hanya mengatur tekanan dan temperatur dalam evaporator, tetapi mengontrol jumlah *refrigerant* yang mengalir masuk kedalam evaporator. *Refrigerant* yang mengalir melalui katup ekspansi diteruskan ke evaporator, selain dikontrol oleh tekanan rendah dalam evaporator, juga oleh temperatur dan tekanan pada akhir evaporator (Azridjal,203).



Gambar 2.5 : Thermostatic Expansion Valve

(Sumber : Manual Book General Cycle Refrigeration Trainer)

2.3.4 Thermostat

Thermostat adalah suatu komponen yang berfungsi sebagai pengatur temperatur pada kulkas dan juga bisa disebut sebagai otomatis yang dapat mengatur kapan kompresor bekerja dan kapan berhenti bekerja. Jadi, apabila temperatur didalam kulkas sudah mencapai titik temperatur tertentu maka thermostat akan memutuskan arus listrik yang terhubung ke kompresor untuk *stunby* dan jika temperatur sudah mulai naik maka kompresor akan menyala kembali, begitulah seterusnya.

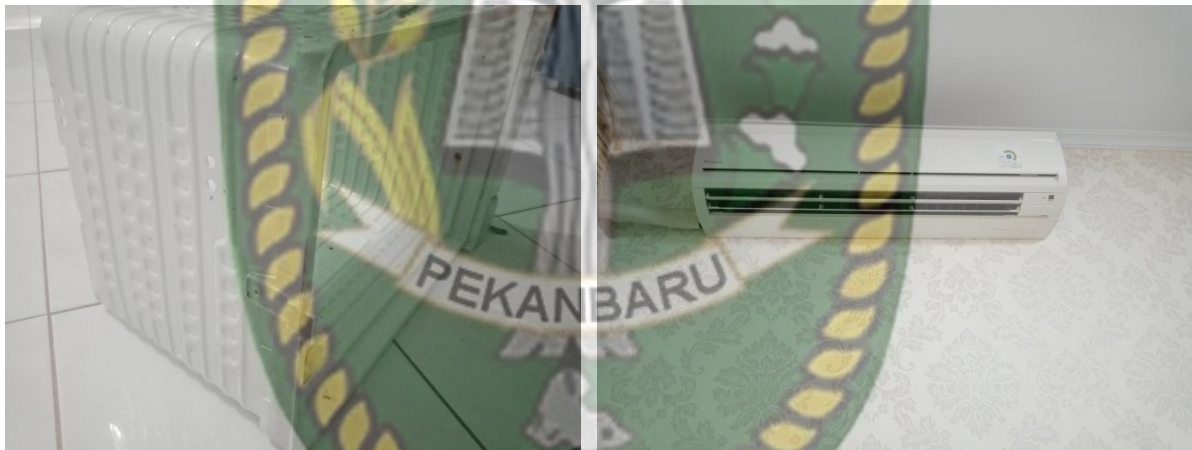
Temperatur didalam kulkas dapat kita atur dengan cara merubah angka yang tertera pada kulkas seperti 1, 2, 3, 4, 5 dengan memutar knop angka tersebut. Semakin tinggi angka pada knop maka kulkas akan semakin dingin, dan perlu diketahui angka pada knop tersebut bukan angka berapa derajat *celcius* temperatur pada kulkas tersebut melainkan angka sebagai pembatas seberapa kontak *switch* akan berubah.



Gambar 2.6 : Thermostat

2.3.5 Evaporator

Fungsi evaporator pada sistem refrigerasi adalah untuk menyerap panas dari udara sekitarnya. Panas itu dilepaskan oleh objek yang berada di sekitarnya. Evaporator terdiri dari pipa logam atau saluran tempat zat pendingin mengalir. Pada waktu cairan pendingin meninggalkan tabung kapiler dan masuk ke pipa evaporator yang lebih besar, diameter tabung yang membesar dengan tiba-tiba menimbulkan suatu daerah tekanan rendah, menyebabkan turunnya titik didih zat pendingin, menyebabkan penyerapan yang lebih cepat oleh *heat units*. Dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Evaporator Kulkas

Evaporator AC (*Air Conditioning*)

Gambar 2.7 : Evaporator

2.3.6 Filter

Filter adalah alat untuk menyaring kotoran yang terdapat pada aliran *refrigerant*. Kotoran tersebut terbentuk dari proses pengelasan, korosi pada pipa, serta uap air yang terjebak dalam sistem. Tujuan disaring yaitu agar kotoran tersebut tidak menyumbati jalannya aliran pada pipa kapiler karena kecilnya

ukuran pipa kapiler tersebut. Filter yang digunakan pada mesin pendingin pada umumnya berbentuk tabung kecil dengan bahan yang terbuat dari tembaga.



Gambar 2.8 : Filter

2.3.7 Refrigerant

Refrigerant atau yang umumnya orang menyebut Freon adalah fluida yang digunakan untuk menyerap dan melepaskan panas pada mesin pendingin. *Refrigerant* melakukan proses penyerapan panas dari sekitar lingkungan evaporator dan membuang atau melepas panas pada saat melewati kondensor. *Refrigerant* yang digunakan pada penelitian ini adalah R134a.

Galuh Renggani Wilis, ST.,MT, (2007) Telah melakukan penelitian yang berjudul Pengaruh *Refrigerant* R22 dan R134a Pada Mesin Pendingin. Hasil dari penelitian yaitu penambahan beban berpengaruh pada naiknya kerja kompresi tetapi tidak diiringi kenaikan kapasitas evaporasi yang signifikan sehingga COP yang dihasilkan tiap penambahan beban mengalami penurunan, karakteristik dari R22 dan R134a yang berbeda berpengaruh pada prestasi kerja masing-masing *refrigerant*. R22 dari segi prestasi kerjanya lebih baik daripada

R134a, tetapi R22 tidak ramah lingkungan, sebaliknya R134a lebih ramah lingkungan tetapi prestasi kerjanya lebih rendah dari R22.

Refrigerant R134a memiliki beberapa karakteristik yaitu *relative* stabil, tidak beracun, dan tidak mudah terbakar. Spesifikasi *refrigerant* R134a :

- a. Tidak berbau atau berwarna
- b. Titik didih : $-26,1^{\circ}\text{C}$
- c. Temperatur kritis : $101,1^{\circ}\text{C}$
- d. Tidak merusak lapisan ozon
- e. Berbentuk gas cairan yang tidak dapat membakar pada temperatur kamar.

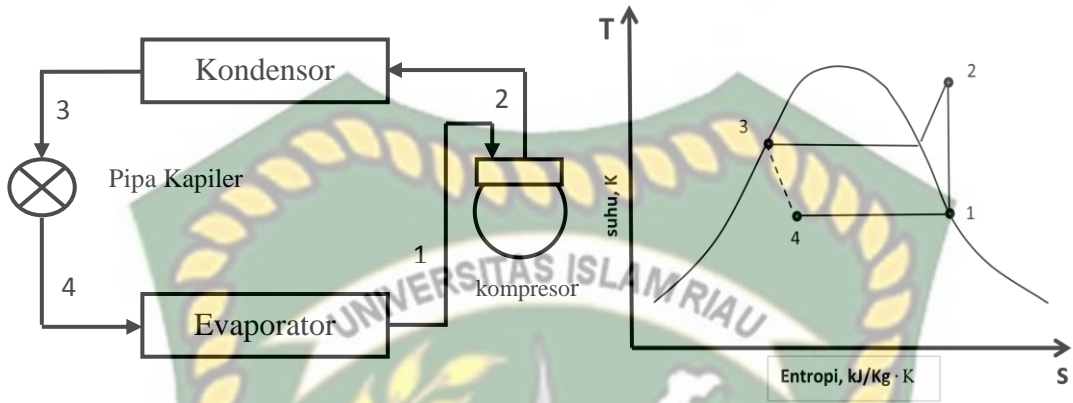


Gambar 2.9 : Refrigerant

2.4 *Fast Cooling*

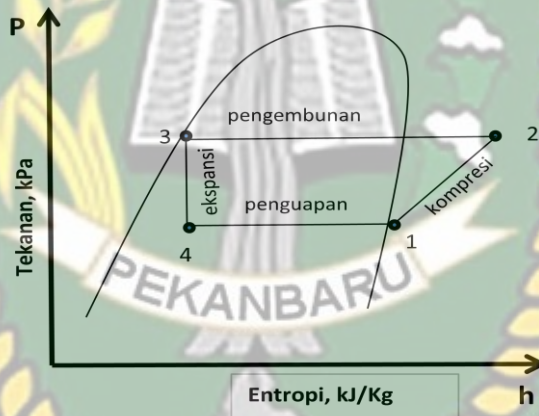
Fast cooling adalah pendinginan secara cepat dari kondisi awal temperatur ruang hingga mencapai temperatur yang diinginkan yaitu pada temperatur dingin pada kulkas umumnya. Faktor yang menentukan kecepatan *fast cooling* adalah perbedaan temperatur antara beban pendingin didalam sistem refrigerasi dengan media pendingin seperti evaporator.

2.5 Siklus Kerja Sistem Refrigerasi



Gambar Skema Siklus

Gambar Diagram T-s



Gambar Diagram P-h

Gambar 2.10 Siklus Refrigerasi dan Diagram P-h, T-s

(Sumber : Stoecker, 1992 : 187)

Siklus refrigerasi ditunjukkan dalam Gambar 2.10 dan dapat dibagi menjadi tahapan-tahapan berikut:

- a. 1 – 2. *Refrigerant* dalam bentuk uap masuk menuju kompresor dimana tekanannya dinaikkan. Temperatur kemudian juga akan meningkat, sebab

bagian energi yang menuju proses kompresi dipindahkan ke *refrigerant*. Oleh karena itu kompresor membutuhkan kerja W_{in} .

- b. 2 – 3. Superheated gas bertekanan tinggi lewat dari kompresor menuju kondenser. Bagian awal proses refrigerasi menurunkan panas superheated gas sebelum gas ini dikembalikan menjadi bentuk cairan. Refrigerasi untuk proses ini biasanya dicapai dengan menggunakan udara atau air. Penurunan temperatur lebih lanjut terjadi pada pekerjaan pipa dan penerima cairan, sehingga cairan *refrigerant* didinginkan ke tingkat lebih rendah ketika cairan ini menuju alat ekspansi. Jadi laju perpindahan panas dari kondensor ke lingkungan adalah Q_{out} .
- c. 3 – 4. Cairan yang sudah didinginkan dan bertekanan tinggi melintas melalui peralatan ekspansi, yang mana akan mengurangi tekanan dan mengendalikan aliran menuju evaporator. Proses ini terjadi secara adiabatik sehingga tidak ada panas yang keluar ataupun masuk.
- d. 4 – 1. Cairan *refrigerant* dalam evaporator menyerap panas dari sekitarnya, biasanya udara, air atau cairan proses lain. Selama proses ini cairan merubah bentuknya dari cair menjadi gas, dan pada keluaran evaporator gas ini masuk kembali ke kompresor. Besarnya panas yang diserap oleh evaporator disebut dengan *kapasitas refrigerasi* atau *beban pendinginan* Q_{in} .

2.6 Parameter Unjuk Kerja Sistem Refrigerasi

a. Kerja kompresor per satuan massa *refrigerant* (W_{in})

Kerja kompresor adalah usaha yang dilakukan kompresor untuk menekan *refrigerant* yang masuk menuju ke kondensor, kerja kompresor per satuan massa *refrigerant* dapat dihitung dengan Persamaan (2-1) :

$$W_{in} = h_2 - h_1 \dots\dots\dots 2-1$$

Pada persamaan (2-1) :

W_{in} : Kerja kompresor per satuan *refrigerant*, (kJ/kg)

h_1 : Nilai entalpi *refrigerant* menuju ke kompresor, (kJ/kg)

h_2 : Nilai entalpi *refrigerant* keluar kompresor, (kJ/kg)

b. Kalor yang dilepas kondensor per satuan massa *refrigerant* (Q_{out})

Kalor yang dilepas kondensor per satuan massa *refrigerant* adalah laju perpindahan panas dari kondensor ke lingkungan, besar kalor yang dilepas kondensor tersebut dapat dihitung dengan Persamaan (2-2) :

$$Q_{out} = h_2 - h_3 \dots\dots\dots 2-2$$

Pada persamaan (2-2) :

Q_{out} : Kalor yang dilepas kondensor per satuan massa *refrigerant*, (kJ/kg)

h_3 : Nilai entalpi *refrigerant* keluar kondensor, (kJ/kg)

h_2 : Nilai entalpi *refrigerant* menuju ke kondensor, (kJ/kg)

c. Kalor yang diserap evaporator per satuan massa *refrigerant* (Q_{in})

Kalor yang diserap evaporator per satuan massa *refrigerant* adalah nilai besarnya panas yang diserap oleh evaporator terhadap kapasitas refrigerasi atau beban pendinginan. Besar kalor yang diserap evaporator tersebut dapat dihitung dengan Persamaan (2-3) :

$$Q_{in} = h_1 - h_4 \dots\dots\dots 2-3$$

Pada persamaan (2-3) :

Q_{in} : Kalor yang diserap evaporator per satuan massa *refrigerant*, (kJ/kg)

h_1 : Nilai entalpi *refrigerant* keluar evaporator, (kJ/kg)

h_4 : Nilai entalpi *refrigerant* keluar ke pipa kapiler, (kJ/kg)

d. Laju aliran massa *refrigerant* (\dot{m})

Laju aliran massa *refrigerant* adalah kecepatan aliran *refrigerant* didalam pemipaan sistem refrigerasi.

$$\dot{m} = W / W_{in} = (V.I / 1000) / W_{in} \dots\dots\dots 2-4$$

Pada persamaan (2-4) :

\dot{m} : Laju aliran massa *refrigerant* per satuan waktu, (kg/s)

W : Kerja kompresor per satuan waktu, (J/s)

V : Besar tegangan listrik yang digunakan kompresor, (V)

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

W_{in} : Kerja kompresor per satuan *refrigerant*, (kJ/kg)

e. COP_{aktual} mesin pendingin.

COP_{aktual} atau (*Coefficient Of Performance*)_{aktual} mesin pendingin adalah perbandingan antara kalor yang diserap evaporator dengan energi listrik yang digunakan untuk menggerakkan kompresor. COP_{aktual} mesin pendingin dapat dihitung dengan Persamaan (2-5) :

$$COP_{\text{aktual}} = Q_{in} / W_{in} = (h_1 - h_4) / (h_2 - h_1) \dots\dots\dots 2-5$$

Pada persamaan (2-5) :

- COP_{aktual} : Koefisien prestasi aktual mesin pendingin
- Q_{in} : Kalor yang diserap evaporator per satuan massa *refrigerant*, (kJ/kg)
- W_{in} : Kerja kompresor per satuan massa *refrigerant*, (kJ/kg)
- h_1 : Nilai entalpi *refrigerant* keluar evaporator, (kJ/kg)
- h_2 : Nilai entalpi *refrigerant* menuju ke kondensor, (kJ/kg)
- h_4 : Nilai entalpi *refrigerant* keluar dari pipa kapiler, (kJ/kg)

f. COP_{ideal} mesin pendingin.

COP_{ideal} atau (*Coefficient Of Performance*)_{ideal} merupakan nilai maksimal yang dapat dicapai mesin pendingin. COP_{ideal} mesin pendingin dapat dihitung dengan Persamaan (2-6) :

$$COP_{\text{ideal}} = (T_e) / (T_c - T_e) \dots\dots\dots 2-6$$

Pada persamaan (2-6) :

- COP_{ideal} : Koefisien prestasi ideal mesin pendingin

T_e : Temperatur evaporator, ($^{\circ}\text{C}$)

T_c : Temperatur kondensor, ($^{\circ}\text{C}$)

g. Efisiensi mesin pendingin (η)

Efisiensi mesin pendingin adalah nilai prestasi kerja yang dapat dicapai oleh sistem pendingin tersebut. Efisiensi mesin pendingin dapat dihitung dengan Persamaan (2-7) :

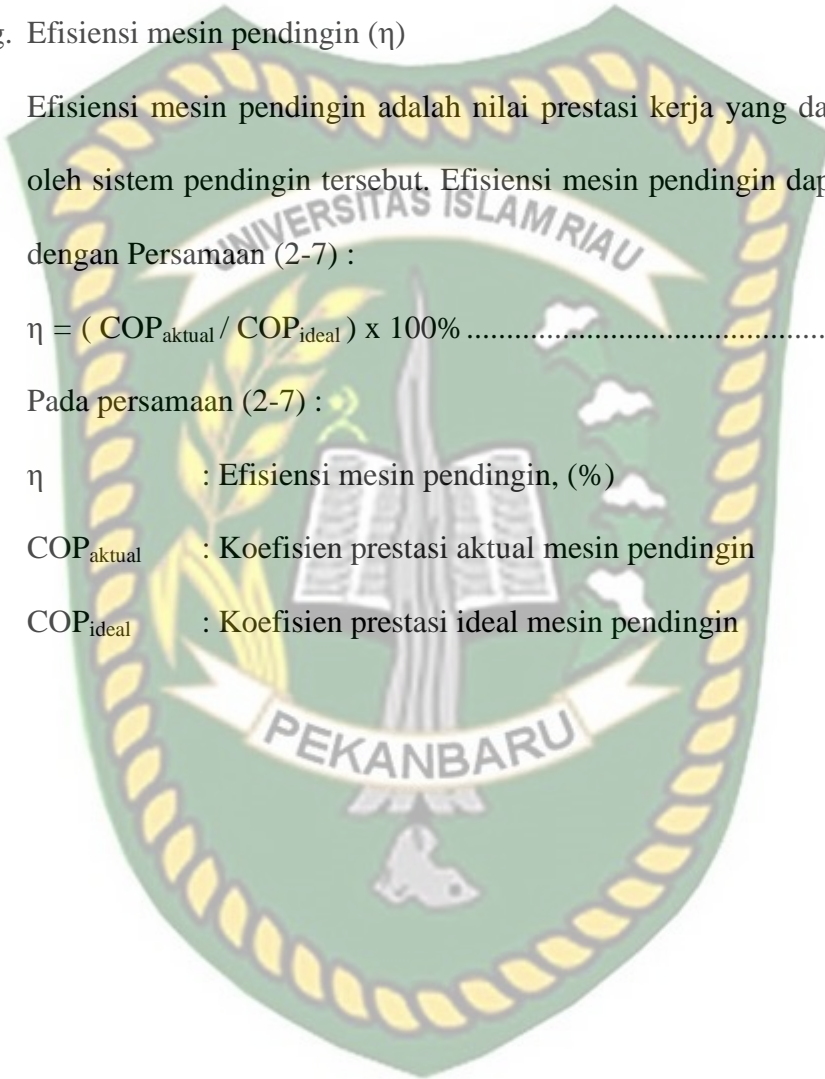
$$\eta = (\text{COP}_{\text{aktual}} / \text{COP}_{\text{ideal}}) \times 100\% \dots\dots\dots 2-7$$

Pada persamaan (2-7) :

η : Efisiensi mesin pendingin, (%)

$\text{COP}_{\text{aktual}}$: Koefisien prestasi aktual mesin pendingin

$\text{COP}_{\text{ideal}}$: Koefisien prestasi ideal mesin pendingin



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian pengaruh perubahan panjang dan diameter pipa kapiler terhadap unjuk kerja sistem refrigerasi dengan *fast cooling* ini pengujiannya dilaksanakan di Bengkel IL BUO TEKNIK yang beralamat di Jl.Melati, Panam, Pekanbaru.



Gambar 3.1 :Bengkel IL BUO TEKNIK

3.2 Diagram Alir Penelitian

Untuk mempermudah dalam pengujian unjuk kerja sistem refrigerasi ini maka digunakan diagram alir yang tertera dibawah ini:



Gambar 3.2 : Diagram Alir Penelitian

3.3 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada saat penelitian antara lain sebagai berikut :

3.3.1 Alat Pengujian

1. Sistem refrigerasi atau lemari pendingin



Gambar 3.3 : Sistem refrigerasi / Kulkas

Lemari pendingin atau kulkas adalah alat utama dalam proses pengujian ini. Dengan spesifikasi kompresor seperti berikut :

Tabel 3.1 : Spesifikasi Kompresor

Model/Type	C-QN60L6C
Tegangan (V)	220Volt
Daya (W)	91,937Watt
Fluida Kerja	Refrigerant R134a

2. Pemotong pipa (*Tube cutter tool*)

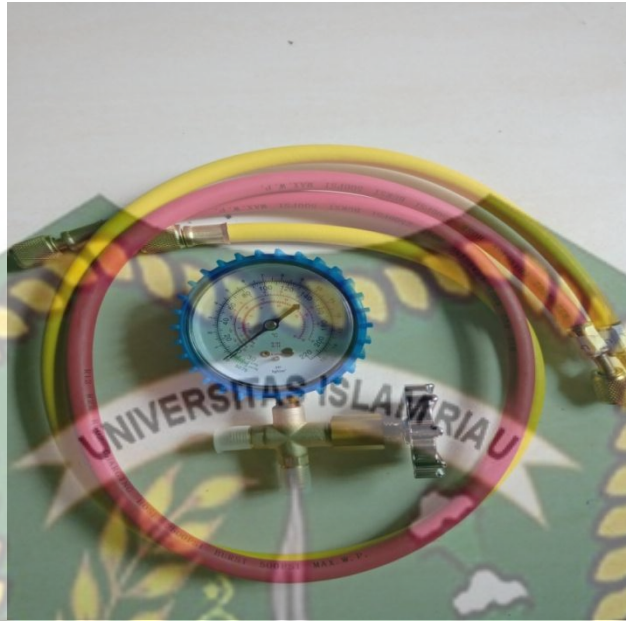
Pemotong pipa berfungsi untuk memotong pipa kapiler yang berbahan tembaga. Hasil pemotongan yang didapatkan lebih baik dibandingkan menggunakan alat potong biasa seperti gergaji besi atau lainnya.



Gambar 3.4 :Tube cutter tool

3. *Manifold gauge*

Manifold gauge digunakan untuk mengukur tekanan *refrigerant* dalam sistem refrigerasi baik saat pengisian maupun saat beroperasi.



Gambar 3.5 :Manifold Gauge

4. Alat las

Alat las digunakan untuk menyambung pipa kapiler yang telah dipotong ke sambungan lainnya seperti ke filter ataupun evaporator. Alat las yang digunakan seperti las asitelin, namun pada alat las penelitian ini menggunakan alat las *portable*.



Gambar 3.6 :Alat las Portable

5. Bahan las

Bahan las digunakan sebagai bahan tambahan perekat las yang biasanya digunakan adalah berjenis tembaga dan disatukan dengan boraks.



Gambar 3.7 :Bahan las

6. Multimeter

Pada penelitian ini multimeter digunakan untuk mengukur besar tegangan listrik kompresor saat pengambilan data.



Gambar 3.8 :Multimeter

7. Termometer

Termometer adalah alat ukur untuk mengukur temperatur yang telah ditentukan di beberapa titik pada sistem.



Gambar 3.9 :Termometer

8. Clamp meter

Clamp meter atau tang ampere digunakan untuk mengukur besar arus listrik kompresor saat pengambilan data.



Gambar 3.10 :Clamp Meter

9. Stopwatch

Stopwatch adalah alat ukur waktu yang digunakan untuk mengukur waktu yang diperlukan setiap pengambilan data.



Gambar 3.11 : Stopwatch

(Sumber : Universitas Islam Riau *Workshop* Teknik Mesin)

3.3.2 Bahan Pengujian

Pada penelitian ini penulis menggunakan pipa kapiler bahan tembaga dengan berbagai macam ukuran panjang dan diameternya dalam proses kerja dari sistem pendingin tersebut.



Gambar 3.12 : Pipa Kapiler

3.4 Tahapan Pengujian

Penelitian ini terdiri dari dua tahap, yaitu:

A. Tahapan pra-penelitian

Tahapan ini merupakan tahap awal dimana penelitian melakukan studi literatur yang berhubungan dengan judul dan tujuan yang ingin dicapai dari penelitian. Tahapan ini dilakukan secara terus menerus untuk mendapatkan data dan hasil yang maksimal sampai penelitian berakhir.

B. Tahapan penelitian

Pada tahap ini melakukan kegiatan inti yaitu penelitian meliputi pengujian untuk menghitung kerja kompresor per satuan massa *refrigerant*, kalor yang dilepas, laju aliran massa, COP_{aktual}

mesin pendingin, COP_{ideal} mesin pendingin dan efisiensi mesin pendingin.

3.5 Prosedur Pengujian

Sesuai dengan tujuan penelitian yaitu untuk menentukan unjuk kerja sistem refrigerasi, maka variasi penelitian ini berdasarkan dengan ukuran panjang dan diameter pipa kapiler dengan langkah sebagai berikut:

3.5.1 Langkah Penggantian Pipa Kapiler

Dalam tahapan pertama yang harus dilakukan adalah mengganti ukuran pipa kapiler dengan tahapan sebagai berikut:

- a) Buka cover kulkas

Lepaskan dengan alat las pipa yang terhubung ke evaporator kulkas

- b) Bersihkan evaporator kulkas dengan cara di *flushing*
- c) Bersihkan jalur pipa-pipa lainnya
- d) Buat lubang pada pojok kiri atas dengan bor
- e) Siapkan pipa kapiler yang baru
- f) Masukkan ujung pipa kapiler yang baru ke lubang bor tersebut
- g) Sambung dengan las pipa kapiler yang baru pada evaporator kulkas

- h) Tarik ujung pipa kapiler yang bawahnya dan sambung ke filter kulkas
- i) Setelah semua pipa terpasang lakukan pemakuman kulkas
- j) Kemudian dilanjutkan dengan pengisian Freon atau *refrigerant* kulkas

3.5.2 Langkah Pengisian *refrigerant*

- a) Persiapkan *manifold gauge* beserta selang merah dan biru, *refrigerant* 134a, pentil kompresor, dan *clamp* meter.
- b) Pasang pentil dibagian pengisian kompresor.
- c) Pasang selang *manifold* merah pada pentil pengisian dan yang biru pada tabung *refrigerant*.
- d) Setelah semua terpasang buka penuh keran pada tabung *refrigerant*.
- e) Ketika proses pengisian *refrigerant* kompresor dalam kondisi hidup.

3.5.3 Langkah Pengujian

Dalam langkah pengujian ini hal yang harus dilakukan adalah :

- a) *Refrigerant* dimasukkan dengan tekanan tertentu dalam kondisi kompresor menyala.

- b) Pada saat itu *stopwatch* dinyalakan bersamaan dengan kulkas dari kondisi temperatur di dalam kulkas berkisaran temperatur ruang.
- c) Tunggu kulkas dingin hingga waktu di *stopwatch* menunjukkan waktu standar kulkas tersebut mencapai kondisi dingin dari temperatur mula-mula.
- d) Catat semua parameter yang tertera pada pengujian pada tiga waktu yang berbeda.
- e) Kemudian matikan kulkas hingga temperatur didalam kulkas mencapai temperatur ruang.
- f) Selanjutnya ganti pipa kapiler dengan ukuran berikutnya dan ulangi dari langkah pengujian (a).

3.6 Metode Pengumpulan Data

Data yang dipergunakan dalam pengujian ini merupakan data yang diperoleh langsung dari pengukuran dan pembacaan pada alat ukur pengujian kemudian diletakkan kedalam tabel data berikut :

Tabel 3.2 Tabel Data Pengujian

No	Waktu (Menit)	Tekanan (Bar)				Temperatur (°C)				Tegangan (V)	Arus (A)
		P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄		
1	5										
2	10										
3	15										

keterangan tabel :

T₁ : Temperatur *refrigerant* saat masuk kompresor, (°C)

T₂ : Temperatur *refrigerant* saat keluar kompresor, (°C)

T₃ : Temperatur *refrigerant* saat keluar kondensor, (°C)

T₄ : Temperatur *refrigerant* saat keluar pipa kapiler, (°C)

P₁ : Tekanan rendah *refrigerant* masuk kompresor, (Bar)

P₂ : Tekanan tinggi *refrigerant* keluar kompresor, (Bar)

P₃ : Tekanan tinggi *refrigerant* keluar kondensor, (Bar)

P₄ : Tekanan rendah *refrigerant* keluar pipa kapiler, (Bar)

V : Besar tegangan listrik untuk kerja kompresor, (Volt)

I : Besar arus listrik untuk kerja kompresor, (Ampere)

3.7 Metode Pengolahan Data

Setelah melakukan beberapa tahapan penelitian diatas, maka akan didapat data-data yang telah dimasukkan kedalam Tabel 3.2. Data yang didapat tadi akan menentukan nilai dari unjuk kerja sistem refrigerasi yang rumus dan caranya telah penulis jelaskan pada bab II.

3.8 Jadwal Kegiatan Penelitian

Agar penelitian tentang unjuk kerja sistem refrigerasi ini dapat berjalan dengan lancar, optimal serta sesuai dengan waktu yang ditentukan maka perlu dibuat jadwal penelitian seperti yang terlihat pada tabel berikut ini:

Tabel 3.3 Jadwal Kegiatan Penelitian

No	Jenis Kegiatan	Bulan							
		Mar	Juni	Juli	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
1	Pembuatan Proposal								
2	Studi Literatur								
3	Persiapan alat dan bahan								
4	Seminar Proposal								
5	Pengujian dan pengumpulan data								
6	Analisa data								
7	Seminar hasil								

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Panjang dan Diameter Pipa Kapiler Terhadap Kerja Kompresor (W_{in})

Dari hasil pengujian diketahui bahwa panjang dan diameter pipa kapiler memiliki pengaruh terhadap kerja kompresor. Dimana dengan mengganti ukuran panjang dan diameter pipa kapiler maka diperoleh kerja kompresor yang berbeda seperti terlihat pada tabel 4.1.

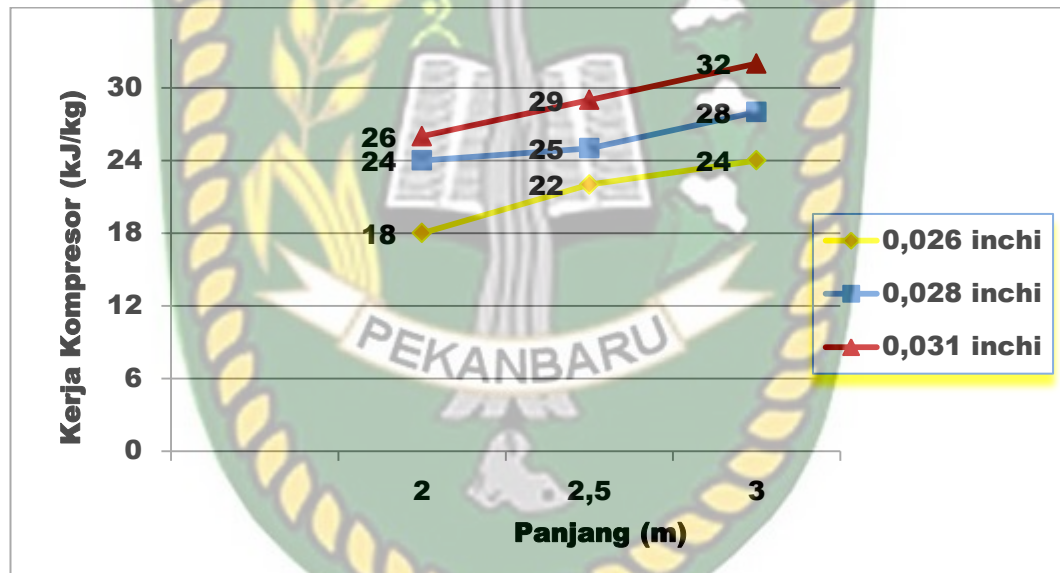
Tabel 4.1 : Pengaruh panjang dan diameter pipa kapiler terhadap kerja kompresor (W_{in})

Panjang (meter)	Kerja Kompresor W_{in} (kJ/kg)		
	Diameter (inchi)		
	0,026	0,028	0,031
2	18	21	25
2,5	22	25	29
3	24	28	32

Untuk pipa kapiler diameter 0,026 inchi panjang 2 meter diperoleh kerja kompresor sebesar 18 (kJ/kg), sedangkan panjang 2,5 meter sebesar 22 (kJ/kg), dan panjang 3 meter sebesar 24 (kJ/kg). Untuk pipa kapiler diameter 0,028 inchi panjang 2 meter kerja kompresor sebesar 21 (kJ/kg), panjang 2,5 meter sebesar 25 (kJ/kg), dan panjang 3 meter sebesar 28 (kJ/kg). Dan untuk pipa kapiler diameter 0,031 inchi panjang 2 meter kerja kompresor sebesar 25 (kJ/kg), panjang 2,5

meter sebesar 29 (kJ/kg) serta panjang 3 meter kerja kompresor sebesar 32 (kJ/kg).

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa ukuran pipa kapiler diameter 0,026 inchi memiliki kerja kompresor terendah pada panjang 2 meter dengan nilai 18 (kJ/kg). Sedangkan kerja kompresor tertinggi pada pipa kapiler diameter 0,031 inchi dengan panjang 3 meter sebesar 32 (kJ/kg). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 : Grafik pengaruh panjang dan diameter pipa kapiler terhadap kerja kompresor (W_{in})

Dari gambar 4.1 diatas dapat dilihat bahwa semakin besar diameter dan panjang maka kerja kompresor semakin meningkat. Hal tersebut terjadi karena energi yang dihasilkan dari *refrigerant* yang mengalir pada pipa kapiler berhubungan dengan kerja kompresor, jika diameter pipa kapiler semakin besar dan panjang maka akan mempengaruhi tekanan dan temperatur *refrigerant* keluar

kompresor. Jadi, apabila tekanan dan temperatur meningkat maka hal tersebut akan meningkatkan energi sehingga mempengaruhi kerja kompresor.

Kerja kompresor yang terbaik terdapat pada nilai yang terkecil yaitu dengan nilai 18 kJ/kg, hal ini disebabkan karena kerja kompresor berhubungan dengan nilai *Coefficient Of Performance* dan energi listrik yang digunakan untuk menggerakkan kompresor tersebut dimana seperti pada umumnya diketahui bahwa produsen menginginkan suatu sistem refrigerasi yang memiliki energi listrik yang kecil.

4.2 Pengaruh Panjang dan Diameter Pipa Kapiler Terhadap Panas Buang Kondensor (Q_{out})

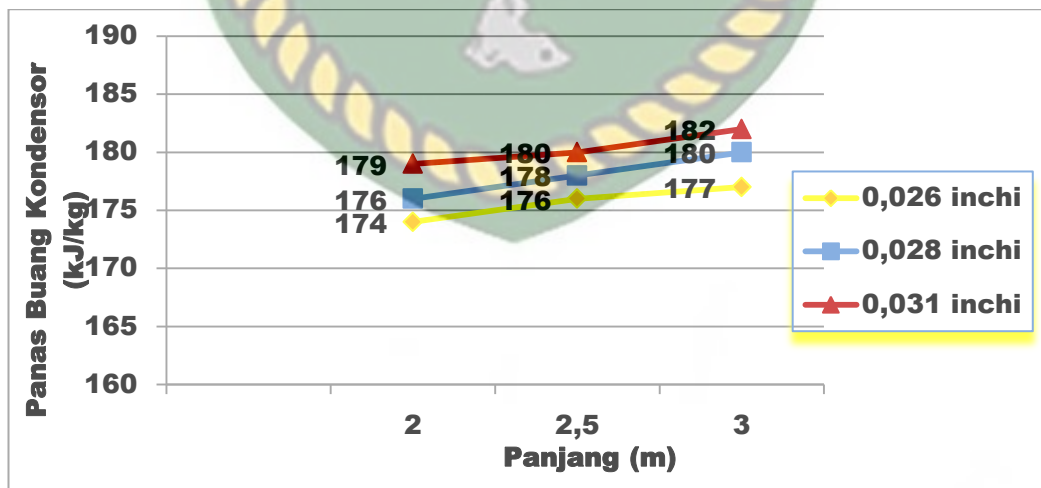
Dari hasil pengujian diketahui bahwa panjang dan diameter pipa kapiler memiliki pengaruh terhadap panas buang kondensor. Dimana dengan mengganti panjang dan diameter dari pipa kapiler maka diperoleh panas buang kondensor yang berbeda seperti terlihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 : Pengaruh panjang dan diameter pipa kapiler terhadap panas buang kondensor (Q_{out})

Panjang (meter)	Panas Buang Kondensor Q_{out} (kJ/kg)		
	Diameter (inchi)		
	0,026	0,028	0,031
2	174	176	179
2,5	176	178	180
3	177	180	182

Untuk pipa kapiler diameter 0,026 inchi panjang 2 meter diperoleh panas buang kondensor sebesar 174 (kJ/kg), sedangkan panjang 2,5 meter sebesar 176 (kJ/kg) dan panjang 3 meter sebesar 177 (kJ/kg). Untuk pipa kapiler diameter 0,028 inchi panjang 2 meter panas buang kondensor sebesar 176 (kJ/kg), panjang 2,5 meter sebesar 178 (kJ/kg), dan panjang 3 meter sebesar 180 (kJ/kg). Dan untuk pipa kapiler diameter 0,031 inchi panjang 2 meter panas buang kondensor sebesar 179 (kJ/kg), panjang 2,5 meter sebesar 180 (kJ/kg) serta panjang 3 meter panas buang kondensor sebesar 182 (kJ/kg).

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa ukuran pipa kapiler diameter 0,026 inchi panjang 2 meter memiliki nilai panas yang keluar dari kondensor terendah dengan nilai 174 (kJ/kg), sedangkan panas yang keluar dari kondensor terbesar pada pipa kapiler dengan diameter 0,031 dan panjang 3 meter sebesar 182 (kJ/kg). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar grafik 4.2.



Gambar 4.2 : Grafik pengaruh panjang dan diameter pipa kapiler terhadap panas buang kondensor (Q_{out})

Dari gambar 4.2 diatas dapat dilihat bahwa semakin besar dan panjang pipa kapiler maka panas yang dibuang kondensor semakin meningkat. Hal ini terjadi karena semakin besar dan panjang pipa kapiler, energi yang dihasilkan *refrigerant* keluar kompresor semakin meningkat dan energi yang dihasilkan *refrigerant* keluar dari kondensor lebih rendah dibandingkan keluar kompresor maka nilai panas yang dibuang kondensor pun besar.

Nilai panas buang kondensor yang terbaik terdapat pada nilai 182 kJ/kg dimana semakin banyak panas yang di buang akan semakin mempengaruhi temperatur *refrigerant* pada saat *refrigerant* tersebut memasuki pipa kapiler. Berdasarkan fungsi kerja kondensor yakni untuk membuang panas dari *refrigerant* yang berasal dari kompresor, tanpa adanya panas buang yang besar bentuk *refrigerant* yang berupa gas tidak bisa sepenuhnya menjadi cair.

4.3 Pengaruh Panjang dan Diameter Pipa Kapiler Terhadap Panas Diserap Evaporator (Q_{in})

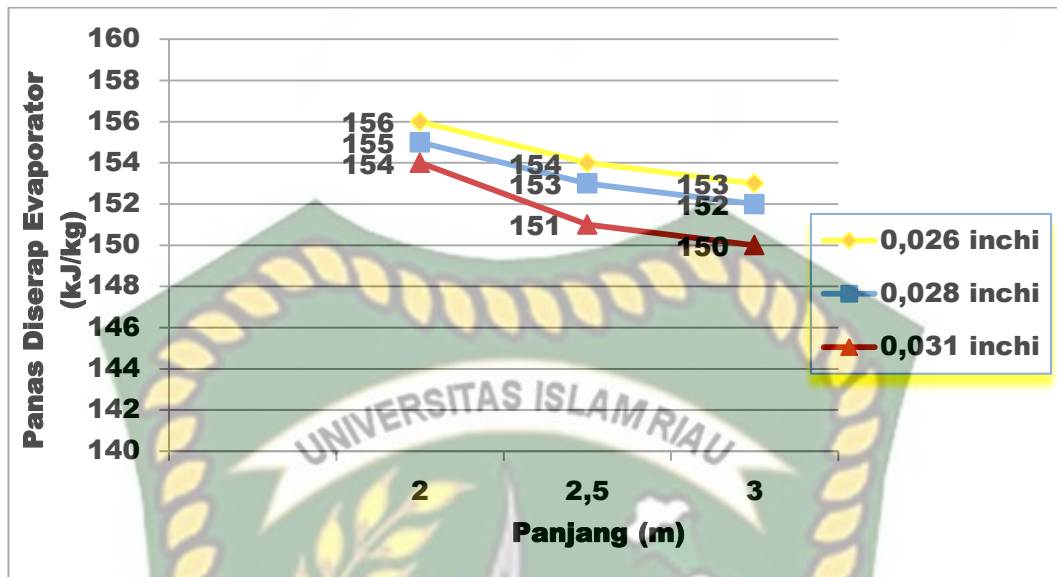
Dari hasil pengujian diketahui bahwa panjang dan diameter pipa kapiler memiliki pengaruh terhadap panas yang diserap evaporator. Dimana dengan mengganti panjang dan diameter dari pipa kapiler maka diperoleh panas yang diserap evaporator yang berbeda seperti terlihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 : Pengaruh panjang dan diameter pipa kapiler terhadap panas diserap evaporator (Q_{in})

Panjang (meter)	Panas Diserap Evaporator Q_{in} (kJ/kg)		
	Diameter (inchi)		
	0,026	0,028	0,031
2	156	155	154
2,5	154	153	151
3	153	152	150

Untuk pipa kapiler diameter 0,026 inchi panjang 2 meter diperoleh panas diserap evaporator sebesar 156 (kJ/kg), sedangkan panjang 2,5 meter sebesar 154 (kJ/kg) dan panjang 3 meter sebesar 153 (kJ/kg). Untuk pipa kapiler diameter 0,028 inchi panjang 2 meter panas diserap evaporator sebesar 155 (kJ/kg), panjang 2,5 meter sebesar 153 (kJ/kg), dan panjang 3 meter sebesar 152 (kJ/kg). Dan untuk pipa kapiler diameter 0,031 inchi panjang 2 meter panas yang diserap evaporator sebesar 154 (kJ/kg), panjang 2,5 meter sebesar 151 (kJ/kg) serta panjang 3 meter panas yang diserap evaporator sebesar 150 (kJ/kg).

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa ukuran pipa kapiler dengan diameter 0,026 inchi dan panjang 2 meter memiliki nilai panas yang diserap evaporator terbesar dengan nilai 156 (kJ/kg). Sedangkan nilai panas yang diserap evaporator terendah pada pipa kapiler dengan diameter 0,031 inchi dan panjang 3 meter dengan nilai 150 (kJ/kg). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar grafik 4.3.



Gambar 4.3 : Grafik pengaruh panjang dan diameter pipa kapiler terhadap panas yang diserap evaporator (Q_{in})

Dari gambar 4.3 diatas dapat dilihat bahwa semakin besar dan panjang pipa kapiler maka panas yang diserap evaporator semakin menurun. Hal ini disebabkan karena semakin besar dan panjang pipa kapiler maka temperatur sekitar evaporator tinggi atau panas, maka penyerapan panas yang diserap evaporator pun semakin menurun enthalpi atau energinya.

Panas diserap evaporator yang terbaik yaitu dengan nilai terbesar dimana semakin besar nilai panas yang diserap evaporator akan semakin mudah mengubah fasa *refrigerant* dari bentuk cair menjadi gas, hal ini juga menyebabkan nilai *Coefficient Of Performance* meningkat.

4.4 Pengaruh Panjang dan Diameter Pipa Kapiler Terhadap Laju Aliran Massa *Refrigerant* (\dot{m})

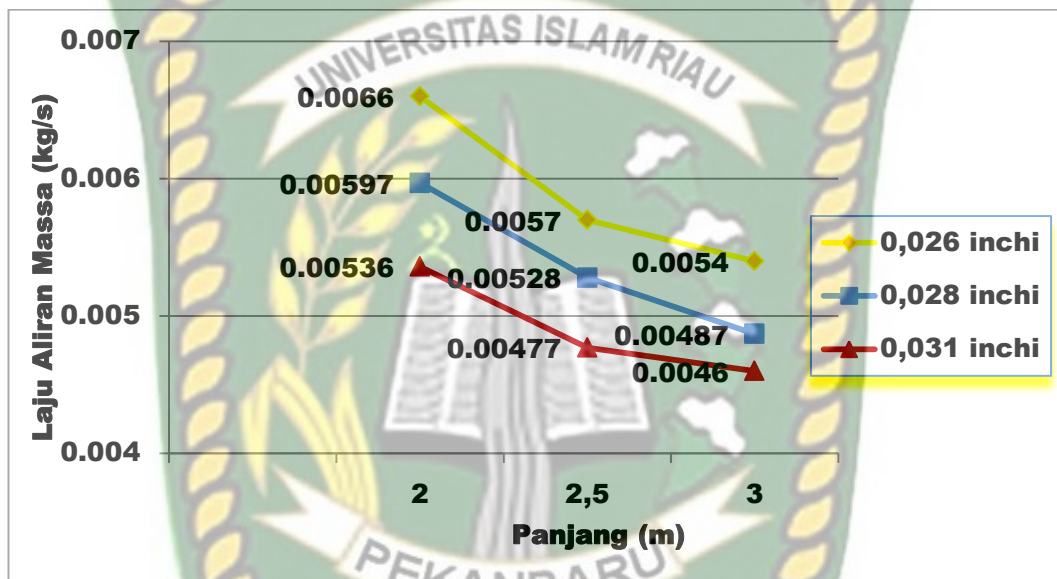
Dari hasil pengujian diketahui bahwa panjang dan diameter pipa kapiler memiliki pengaruh terhadap laju aliran massa *refrigerant*. Dimana dengan mengganti panjang dan diameter dari pipa kapiler maka diperoleh laju aliran massa *refrigerant* yang berbeda seperti terlihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 : Pengaruh panjang dan diameter pipa kapiler terhadap laju aliran massa *refrigerant* (\dot{m})

Panjang (meter)	Laju Aliran Massa \dot{m} (kg/s)		
	Diameter (inchi)		
	0,026	0,028	0,031
2	0,00660	0,00597	0,00536
2,5	0,00570	0,00528	0,00477
3	0,00540	0,00487	0,00460

Untuk pipa kapiler diameter 0,026 inchi panjang 2 meter laju aliran massa *refrigerant* sebesar 0,00660 (kg/s), sedangkan panjang 2,5 meter sebesar 0,00570 (kg/s) dan panjang 3 meter sebesar 0,00540 (kg/s). Untuk pipa kapiler diameter 0,028 inchi panjang 2 meter laju aliran massa *refrigerant* sebesar 0,00597 (kg/s), panjang 2,5 meter sebesar 0,00528 (kg/s), dan panjang 3 meter sebesar 0,00487 (kg/s). Dan untuk pipa kapiler diameter 0,031 inchi panjang 2 meter laju aliran massa *refrigerant* sebesar 0,00536 (kg/s), panjang 2,5 meter sebesar 0,00477 (kg/s) serta panjang 3 meter laju aliran massa *refrigerant* 0,00460 (kg/s).

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa ukuran pipa kapiler diameter 0,026 inchi memiliki laju aliran massa *refrigerant* tertinggi pada panjang 2 meter sebesar 0,00660 (kg/s). Sedangkan laju aliran massa *refrigerant* terendah pada pipa kapiler diameter 0,031 inchi dengan panjang 3 meter dengan nilai 0,00460 (kg/s). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar grafik 4.4.



Gambar 4.4 : Grafik pengaruh panjang dan diameter pipa kapiler terhadap laju aliran massa *refrigeran*(*m*)

Dari gambar 4.4 diatas dapat dilihat bahwa semakin besar dan panjang pipa kapiler maka laju aliran massa semakin menurun. Hal tersebut terjadi karena semakin besar diameter dan panjang pipa kapiler maka kecepatan fluida dalam pipa kapiler semakin lambat, ini menyebabkan kerja kompresor meningkat dan daya listrik kompresor juga meningkat, sehingga dihasilkan laju aliran massa yang semakin menurun dari perbandingan daya listrik kompresor terhadap kerja kompresor.

Dari data laju aliran massa pada tabel didapatkan nilai laju aliran massa terbaik yaitu dengan nilai yang terbesar dimana semakin besar laju aliran massa akan menyebabkan nilai temperatur pada evaporator semakin menurun. Hal ini akan mempengaruhi nilai kerja atau panas yang diserap evaporator juga semakin meningkat, serta berpengaruh terhadap kerja kompresor yang menurun dan daya listrik yang digunakan untuk menggerakkan kompresor tersebut juga menurun.

4.5 Pengaruh Panjang dan Diameter Pipa Kapiler Terhadap *Coefficient Of Performance* aktual (COP_{aktual})

Dari hasil pengujian diketahui bahwa panjang dan diameter pipa kapiler memiliki pengaruh terhadap COP_{aktual} . Dimana dengan mengganti panjang dan diameter dari pipa kapiler maka diperoleh nilai COP_{aktual} yang berbeda seperti terlihat pada tabel 4.5.

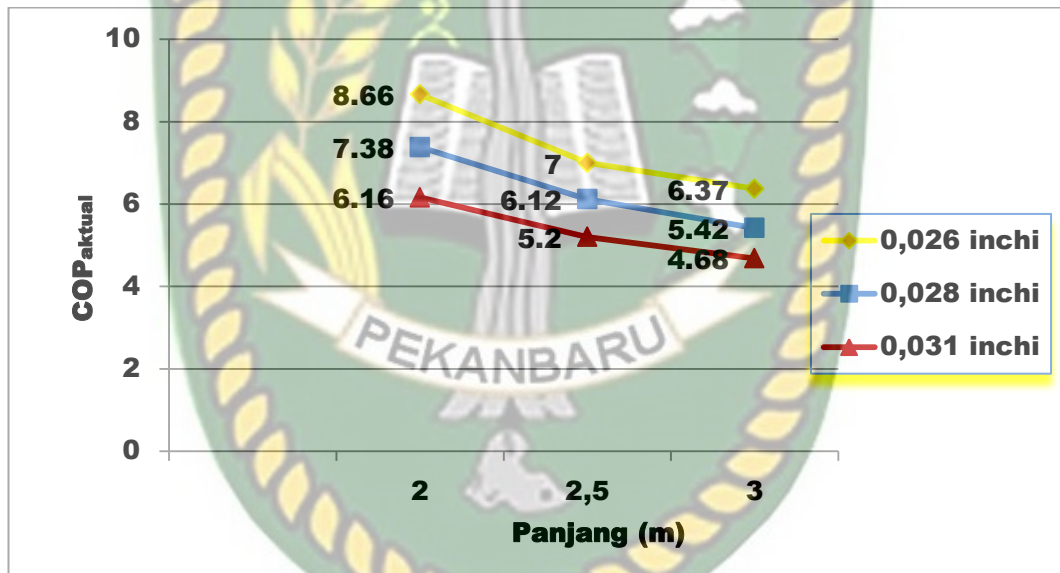
Tabel 4.5 : Pengaruh panjang dan diameter pipa kapiler terhadap (COP_{aktual})

Panjang (meter)	COP_{aktual}		
	Diameter (inchi)		
	0,026	0,028	0,031
2	8,66	7,38	6,16
2,5	7,00	6,12	5,20
3	6,37	5,42	4,68

Untuk pipa kapiler diameter 0,026 inchi panjang 2 meter nilai COP_{aktual} sebesar 8,66 sedangkan panjang 2,5 meter sebesar 7,00 dan panjang 3 meter sebesar 6,37. Untuk pipa kapiler diameter 0,028 inchi panjang 2 meter nilai

COP_{aktual} sebesar 7,38, panjang 2,5 meter sebesar 6,12, dan panjang 3 meter sebesar 5,42. Dan untuk pipa kapiler diameter 0,031 inchi panjang 2 meter nilai COP_{aktual} sebesar 6,16, panjang 2,5 meter sebesar 5,20 serta panjang 3 meter nilai COP_{aktual} 4,68.

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa ukuran pipa kapiler diameter 0,026 inchi panjang 2 meter memiliki nilai COP_{aktual} terbesar yaitu 8,66, sedangkan COP_{aktual} terendah pada pipa kapiler dengan diameter 0,031 dan panjang 3 meter dengan nilai 4,68. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar grafik 4.5.



Gambar 4.5 : Grafik pengaruh panjang dan diameter pipa kapiler terhadap (COP_{aktual})

Dari gambar 4.5 diatas dapat dilihat bahwa semakin besar dan panjang pipa kapiler maka COP_{aktual} semakin menurun. Hal ini disebabkan karena semakin besar diameter dan panjang pipa kapiler maka panas yang diserap evaporator semakin menurun dan kerja kompresor semakin meningkat, sehingga COP_{aktual}

yang didapatkan semakin menurun, karena dengan membandingkan antara panas yang diserap evaporator dengan kerja kompresor.

Nilai *Coefficient Of Performance* aktual yang terbaik yaitu dengan nilai tertinggi dimana semakin tinggi nilai yang dihasilkan maka semakin baik dan bagus kerja mesin pendingin, hal ini didapatkan dari perbandingan kapasitas pendinginan dengan konsumsi daya listrik yang digunakan menggerakkan kompresor.

4.6 Pengaruh Panjang dan Diameter Pipa Kapiler Terhadap *Coefficient Of Performance* ideal (COP_{ideal})

Dari hasil pengujian diketahui bahwa panjang dan diameter pipa kapiler memiliki pengaruh terhadap COP_{ideal} . Dimana dengan mengganti panjang dan diameter dari pipa kapiler maka diperoleh nilai COP_{ideal} yang berbeda seperti terlihat pada tabel 4.6.

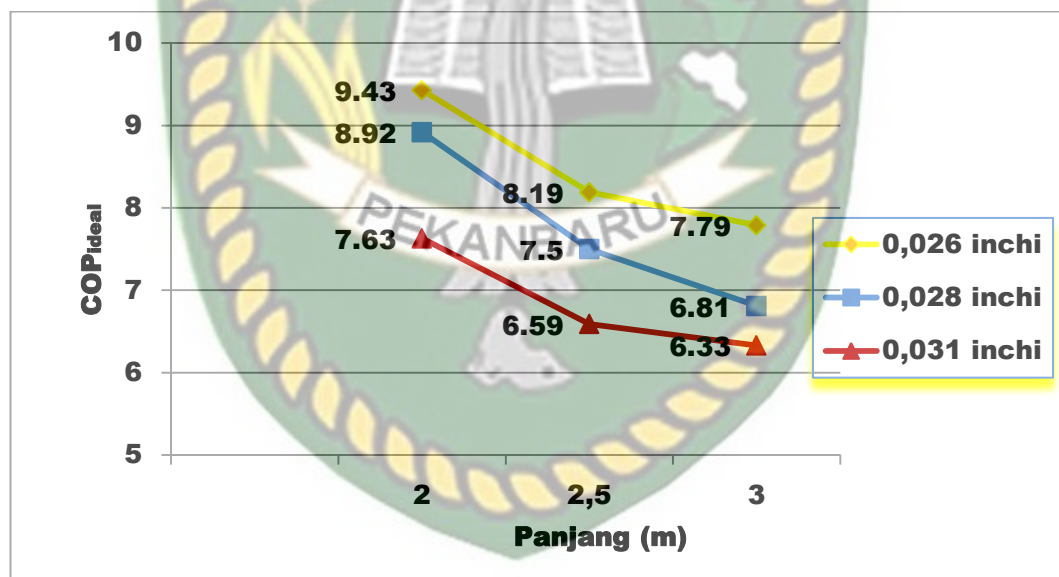
Tabel 4.6 : Pengaruh panjang dan diameter pipa kapiler terhadap (COP_{ideal})

Panjang (meter)	COP_{ideal}		
	Diameter (inchi)		
	0,026	0,028	0,031
2	9,43	8,92	7,63
2,5	8,19	7,50	6,59
3	7,79	6,81	6,33

Untuk pipa kapiler diameter 0,026 inchi panjang 2 meter nilai COP_{ideal} sebesar 9,43 sedangkan panjang 2,5 meter sebesar 8,19 dan panjang 3 meter

sebesar 7,79. Untuk pipa kapiler diameter 0,028 inchi panjang 2 meter nilai COP_{ideal} sebesar 8,92, panjang 2,5 meter sebesar 7,50, dan panjang 3 meter sebesar 6,81. Dan untuk pipa kapiler diameter 0,031 inchi panjang 2 meter nilai COP_{ideal} sebesar 7,63, panjang 2,5 meter sebesar 6,59 serta panjang 3 meter nilai COP_{ideal} 6,33.

Dari gambar 4.6 dapat diketahui bahwa ukuran pipa kapiler diameter 0,026 inchi panjang 2 meter memiliki nilai COP_{ideal} terbesar yaitu 9,43, sedangkan COP_{ideal} terendah pada pipa kapiler dengan diameter 0,031 dan panjang 3 meter dengan nilai 6,33. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar grafik 4.6.



Gambar 4.6 : Grafik pengaruh panjang dan diameter pipa kapiler terhadap (COP_{ideal})

Dari gambar 4.6 diatas dapat dilihat bahwa semakin besar dan panjang pipa kapiler maka COP_{ideal} semakin menurun. Hal ini terjadi karena semakin besar dan panjang pipa kapiler maka temperatur kondensor dan juga temperatur evaporator

semakin meningkat. Sehingga COP_{ideal} yang didapatkan semakin menurun dikarenakan adanya perbandingan antara temperatur evaporator dan temperatur kondensor.

Nilai *Coefficient Of Performance* ideal yang terbaik yaitu dengan nilai yang tertinggi dimana semakin tinggi *Coefficient Of Performance* ideal akan mempengaruhi efisiensi mesin pendingin yang meningkat.

4.7 Pengaruh Panjang dan Diameter Pipa Kapiler Terhadap Efisiensi Mesin Pendingin (%)

Dari hasil pengujian diketahui bahwa panjang dan diameter pipa kapiler memiliki pengaruh terhadap efisiensi mesin pendingin (%). Dimana dengan mengganti panjang dan diameter dari pipa kapiler maka diperoleh nilai efisiensi mesin pendingin (%) yang berbeda seperti terlihat pada tabel 4.7.

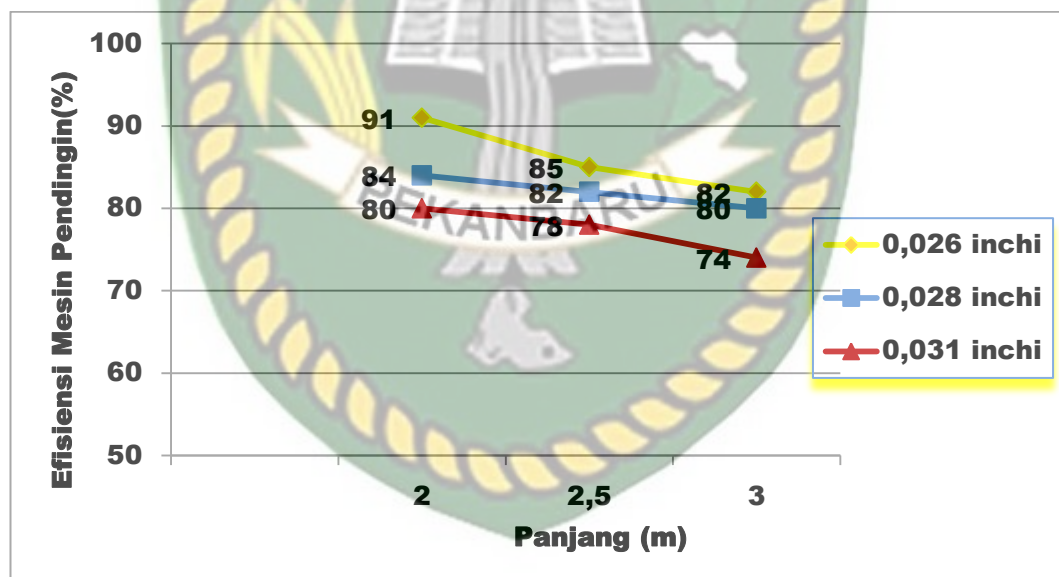
Tabel 4.7 : Pengaruh panjang dan diameter pipa kapiler terhadap efisiensi mesin pendingin (%)

Panjang (meter)	Efisiensi Mesin Pendingin (%)		
	Diameter (inchi)		
	0,026	0,028	0,031
2	91	84	80
2,5	85	82	78
3	82	80	74

Untuk pipa kapiler diameter 0,026 inchi panjang 2 meter nilai efisiensi mesin pendingin sebesar 91 % sedangkan panjang 2,5 meter sebesar 85 % dan panjang 3

meter sebesar 82 %. Untuk pipa kapiler diameter 0,028 inchi panjang 2 meter nilai efisiensi mesin pendingin sebesar 84 %, panjang 2,5 meter sebesar 82 %, dan panjang 3 meter sebesar 80 %. Dan untuk pipa kapiler diameter 0,031 inchi panjang 2 meter nilai efisiensi mesin pendingin sebesar 80 %, panjang 2,5 meter sebesar 78 % serta panjang 3 meter nilai efisiensi mesin pendingin 74 %.

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa ukuran pipa kapiler diameter 0,031 inchi memiliki efisiensi pendinginan terendah pada panjang 3 meter. Sedangkan efisiensi tertinggi pada pipa kapiler diameter 0,026 inchi dengan panjang 2 meter. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar grafik 4.7.



Gambar 4.7 : Grafik pengaruh panjang dan diameter pipa kapiler terhadap efisiensi mesin pendingin (%)

Dari gambar 4.7 diatas dapat dilihat bahwa semakin besar dan panjang pipa kapiler maka efisiensi semakin menurun. Hal ini dikarenakan semakin besar diameter dan panjang pipa kapiler maka kecepatan fluida dalam pipa kapiler akan

semakin lambat, kerja kompresor meningkat, panas buang kondensor meningkat, COP_{aktual} menurun dan COP_{ideal} juga menurun. Sehingga didapatkan efisiensi semakin menurun disebabkan perbandingan antara COP_{aktual} dan COP_{ideal} .

Dari nilai efisiensi pendingin yang ada pada tabel, maka diperoleh efisiensi pendinginan terbaik yaitu yang paling besar dimana efisiensi mesin pendingin adalah nilai prestasi kerja atau unjuk kerja total yang dapat dicapai oleh sistem refrigerasi. Jadi, semakin besar nilai efisiensi maka dapat dikatakan sistem refrigerasi keseluruhan komponen bekerja sempurna.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka didapatkan beberapa kesimpulan yaitu :

1. Ukuran panjang dan diameter pipa kapiler memiliki pengaruh terhadap unjuk kerja sistem refrigerasi.
2. Unjuk kerja sistem refrigerasi yang paling baik, terdapat pada pipa kapiler panjang 2 meter dan diameter 0,026 inchi, dimana diperoleh kerja kompresor yang terendah dengan nilai 18 (kJ/kg), panas buang kondensor terendah dengan nilai 174 (kJ/kg), efek refrigerasi atau panas yang diserap evaporator tertinggi dengan nilai 156 (kJ/kg), laju aliran massa *refrigerant* tertinggi dengan nilai 0,00660 (kg/s), COP_{aktual} tertinggi dengan nilai 8,66, COP_{ideal} tertinggi dengan nilai 9,43, dan efisiensi mesin pendingin tertinggi dengan nilai 91 %.
3. Dari perubahan panjang dan diameter pipa kapiler didapatkan pengaruh yang signifikan pada unjuk kerja sistem refrigerasi dimana dengan mengubah diameter lebih berpengaruh terhadap unjuk kerja daripada mengubah panjang.

5.2 Saran

Penelitian ini masih merupakan penelitian dasar yang memungkinkan adanya penelitian lanjutan, proses pengambilan data dan pengujian masih bisa

ditingkatkan. Untuk penelitian selanjutnya yang ingin mengetahui unjuk kerja sistem refrigerasi atau mesin pendingin, sebaiknya mencoba menganalisa ukuran panjang dan diameter yang berbeda dengan mengganti waktu percobaan lebih lama serta mencoba mengganti alat ekspansi yang lain seperti perbandingan pipa kapiler dan katup ekspansi terhadap unjuk kerja mesin pendingin.



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

DAFTAR PUSTAKA

- Ade Purwanto. Moh, 2016, *Analisa Perubahan Diameter Pipa kapiler Terhadap Unjuk Kerja AC Split 1,5 PK* . Tegal, Universitas Pancasakti.
- Ari Fakh Laksono, 2014, *Analisis Pengaruh Variasi Diameter Pipa Kapiler Terhadap Prestasi Kerja Pada Mesin Refrigerator Berbasis LPG Sebagai Refrigeran*. Universitas Jember.
- Aziz, Azridjal, 2013, *Kompresi Katup Ekspansi Termostatik dan Pipa Kapiler terhadap Temperatur dan Tekanan Mesin Pendingin*, SNTK TOPI, Pekanbaru.
- General Cycle Refrigeration Trainer Experiment Manual RBA-GCR-A.
- K. Handoko, 1981, *Teknis Memilih, Memakai, Memperbaiki Lemari Es*. Jakarta, Ikhtiar Baru.
- Riandri, Stefanus, 2015. *Mesin Pendingin Minuman Dengan Panjang Pipa Kapiler 150 cm dan Daya Kompresor 1/5 HP*. Yogyakarta, Universitas Sanata Dharma.
- Sumanto, 2004, *Dasar-Dasar Mesin Pendingin*. Andi Offset, Yogyakarta.
- Stoecker, W. F., 1958, *Refrigeration and Air Conditioning*, McGraw-Hill Companies, New York.
- Wilis, Galuh Renggani, 2007, *Pengaruh Refrigeran R22 dan R134a Pada Mesin Pendingin*. Universitas Sumatera Utara.

Yoga, Nugroho Gama, 2018, *Studi Eksperimen Variasi Panjang Dan Diameter*

Pipa Kapiler Terhadap Kinerja AC. Jakarta, Universitas Negeri Jakarta.



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau