

PENGARUH PANJANG PIPA KAPILER TERHADAP KINERJA AC SPLIT

SKRIPSI

OLEH:

**LEBIYUS GULO
188130143**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2025**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 14/8/25

Access From (repository.uma.ac.id)14/8/25

HALAMAN JUDUL

**PENGARUH PANJANG PIPA KAPILER TERHADAP
KINERJA AC SPLIT**

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik
Universitas Medan Area

Oleh:

**LEBIYUS GULO
188130143**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2025**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 14/8/25

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)14/8/25

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

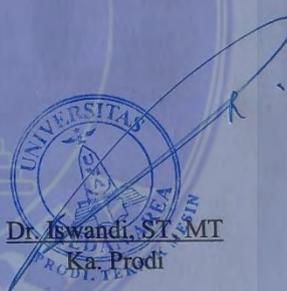
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Proposal : Pengaruh Panjang Pipa Kapiler Terhadap
Kinerja Ac *Split*
Nama Mahasiswa : Lebiyus Gulo
Nim : 188130143
Fakultas : Teknik Mesin

Disetujui Oleh
Komisi Pembimbing


Dr. Eng. Supriatno, ST, MT
Pembimbing I


Dr. Eng. Sugriatno, ST, MT
Dekan


Dr. Iswandi, ST, MT
Ka. Prodi

Telah lulus = 19 Maret 2025

HALAMAN PERNYATAAN

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana ialah hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain sudah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai sorma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan paraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 14 Februari 2025



Lebiyus Gulo

188130243

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Sebagai civitas akademik Universitas Medan Area, Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama	:Lebiyus Gulo
NIM	:188130143
Fakultas	:Teknik
Program Studi	:Teknik Mesin
Jenis Karya	:Tugas Akhir/Skripsi

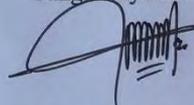
Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul: Pengaruh Panjang Pipa Kapiler Terhadap Kinerja Ac Split. Dengan ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelolah dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan

Pada tanggal : 14 April 2025

Yang menyatakan



(Lebiyus Gulo)

ABSTRAK

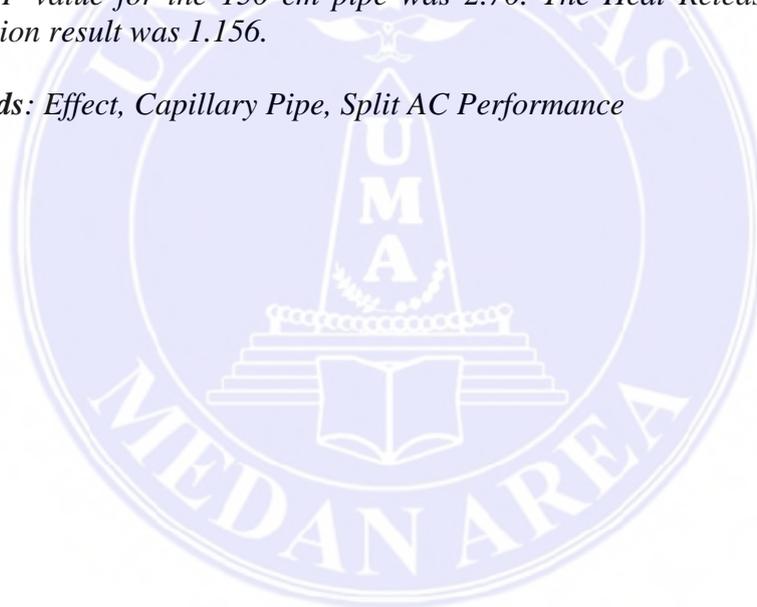
Air conditioner split ialah salah satu jenis AC yang paling banyak dipakai di rumah dan tempat kerja. Dua unit yang membentuk AC split ialah unit indoor yang mendinginkan udara dalam ruangan dan unit outdoor yang mengekstraksi panas dari unit dalam. Tujuan dari penelitian ini ialah agar menemukan bagaimana pengaruh panjang pipa kapiler terhadap kinerja AC split. Pipa kapiler yang lebih panjang memiliki diameter yang lebih kecil, yang berarti kapasitas pendinginan evaporator, kerja kompresor, nilai COP, dan suhu sistem semuanya akan berkurang. Hal ini akan menghasilkan dampak pendinginan yang lebih tinggi. Penelitian ini dilaksanakan dengan memakai teknik eksperimen dengan tabung kapiler tipe AC 1 pk (Paard Kracht) yang panjangnya bervariasi. Tabung kapiler yang dipakai memiliki panjang 70, 90, 110, 130, dan 150 cm. Pada perhitungan kapasitas evaporator total didapatkan hasil 2,254 kW. Apabila total kalor yang diserap refrigeran pada kedua evaporator ($Q_{\text{evaporator}}$) dibagi dengan total kerja kompresor sebenarnya pada sistem pengkondisian udara, diperoleh hasil perhitungan COP sebesar 5,211. Nilai COP untuk pipa kapiler 70 cm didapatkan hasil 10,28. Nilai COP untuk pipa kapiler 90 cm didapatkan hasil 10,28. Nilai COP untuk pipa kapiler 110 cm didapatkan hasil 7,25. Nilai COP untuk pipa kapiler 130 cm didapatkan hasil 3,23. Nilai COP untuk pipa kapiler 150 cm didapatkan hasil 2,70. Perhitungan Rasio Pelepasan Kalor (HRR) didapatkan hasil 1,156.

Kata Kunci: Pengaruh; Pipa Kapiler; Kinerja Ac Split.

ABSTRACT

Split air conditioners are one of the most widely used types of AC in homes and workplaces. The two units forming the split AC are the indoor unit that cools indoor air and the outdoor unit that extracts heat from the indoor unit. The purpose of this research was to determine the effect of capillary pipe length on the performance of split AC. Longer capillary pipes have smaller diameters, which means the evaporator cooling capacity, compressor work, COP value, and system temperature will all decrease. This will result in a higher cooling effect. The research was carried out using experimental techniques with capillary tubes of AC 1 pk (Paard Kracht) type with varying lengths. The capillary tubes used were 70, 90, 110, 130, and 150 cm long. The total evaporator capacity calculation resulted in 2.254 kW. If the total heat absorbed by the refrigerant in both evaporators (Q evaporator) is divided by the total actual compressor work in the air conditioning system, the calculated COP value is 5.211. The COP value for the 70 cm capillary pipe was 10.28. The COP value for the 90 cm capillary pipe was 10.28. The COP value for the 110 cm pipe was 7.25. The COP value for the 130 cm pipe was 3.23. The COP value for the 150 cm pipe was 2.70. The Heat Release Ratio (HRR) calculation result was 1.156.

Keywords: *Effect, Capillary Pipe, Split AC Performance*



RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Sisarahili Ma'u Pada tanggal 14 April 1998 dari Ayah Nehesi Gulo dan Ibu Otimani Waruwu. Penulis ialah Putra Pertama dari Enam bersaudara.

Tahun 2017, Penulis Lulus dari SMK Swasta Al-Fattah Medan Sumatera Utara, dan pada tahun 2018 terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik, Prodi Teknik Mesin, Universitas Medan Area.

Selama mengikuti perkuliahaan, penulis tidak memiliki kendala dalam proses belajar dikelas. Pada tahun 2022 penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di PT. Socfin Indonesia Kebun Matapao di bagian pabrik, Jalan Sialang Buah, Telukmengkudu, Liberia, Teluk Mengkudu, Serdang Bedagai Regency, North Sumatra 20997.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas rahmatnya sehingga penulis dapat mengerjakan Proposal Skripsi ini. Dengan judul penelitian ini ialah **“PENGARUH PANJANG PIPA KAPILER TERHADAP KINERJA AC SPLIT”**. Dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu,

Adapun Tujuan proposal penelitian ini adalah salah satu syarat untuk mahasiswa dalam menyelesaikan studinya di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area. Penulis memahami bahwa tanpa dorongan, doa dan bimbingan dari semua pihak, akan sangat sulit untuk menyelesaikan proposal penelitian ini. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas dorongan dan kontribusinya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc. Selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Bapak Dr. Eng. Supriatno, S.T, M.T. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area Sekaligus Dosen Pembimbing Saya.
3. Bapak Dr. Iswandi, S.T, M.T. Selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
4. Bapak Muhammad Idris, S.T, M.T. Selaku sekretaris seminar saya di Universitas Medan Area.
5. Bapak Dr, Jufriзал, ST, MT. selaku dosen penguji saya di Universitas Medan Area.
6. Kedua orangtua penulis tersayang, Bapak Nehesi Gulo dan Mama Otimani Waruwu atas semua nasehat, dorongan, pengorbanan moral dan material serta

doanya terhadap penulis selama menempuh studi di Universitas Medan Area.

7. Kepada Kakak Moliati Gulo, Adek Adekku Periyus Gulo, Aperiyanus Gulo, Fenida Gulo, Enjel Oktaviani Gulo atas dukungan untuk dapat selesaikan studi di Universitas Medan Area.

8. Kepada Baya Samueli Waruwu, S.M. dan Makci Milertina Harefa, S.Pd. telah banyak terlibat dalam mengingatkan untuk selesaikan skripsi serta hal material sehingga penulis menyelesaikan studi di Universitas Medan Area.

9. Kepada Fini Astriani Giawa, S.Pd terkasih telah banyak terlibat, memberi support dan material dalam menyelesaikan skripsi penulis di Universitas Medan Area.

10. Terimakasih kepada PT Banjar Setia Group yang telah membantu untuk melakukan riset penelitian saya.

11. Semua pihak yang belum tertulis diatas, yang telah banyak membantu atas bantuan dan bimbingan, dukungan dan fasilitas yang telah diberikan kepada penulis. Penulis Berharap semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas semua kebaikan dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis.

Akhir kata penulis menyadari bahwa tugas akhir/skripsi ini jauh masih belum sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Semoga proposal skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Medan, 14 April 2025

Lebiyus Gulo

NIM: 188130143

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAHiv	
ABSTRAK	v
RIWAYAT HIDUP	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
DAFTAR NOTASI	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Hipotesis Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Air Conditioner.....	6
2.2 Performasi Sistem Pendingin.....	15
2.3 Pemilihan Dan Penentuan Pipa Kapiler.....	15
2.4 Penelitian Terdahulu.....	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	5
3.1 Waktu Dan Tempat Peneitian.....	5
3.2 Bahan Dan Alat.....	25
3.3 Metode penelitian	31
3.4 Populasi dan sampel	31
3.5 Prosedur kerja	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1 Data Penelitian.....	30
4.2 Data Penelitian Nilai Entalpi	37
4.3 Hasil.....	38
4.4 Pembahasan	46
BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....	48
5.1 Simpulan.....	48
5.2 Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN.....	52

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Tabel Ukuran Pipa Kapiler	16
Tabel 4.1. Data Penelitian Pengujian Pipa Kapiler 70 Cm	30
Tabel 4.2. Data Penelitian Pengujian Pipa Kapiler 90 Cm	35
Tabel 4.3. Data Penelitian Pengujian Pipa Kapiler 110 Cm	35
Tabel 4.4. Data Penelitian Pengujian Pipa Kapiler 130 Cm	36
Tabel 4.5. Data Penelitian Pengujian Pipa Kapiler 150 Cm	37



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Air Conditioner	6
Gambar 2.2. Skema Siklus Refrigerasi Sederhana.....	6
Gambar 2.3. Diagram Ph.....	6
Gambar 2.4. Kompresor Terjadinya Kompresi.....	7
Gambar 2.5. Proses Terjadinya Kondensasi	8
Gambar 2.6. Katup Ekspansi.....	9
Gambar 2.7. Evaporasi.....	10
Gambar 2.8. Komponen-Komponen Sistem Refrigerant.....	11
Gambar 2.9. Sistem Kerja Kompresor	12
Gambar 2.10. Kondensor Ac Split.....	13
Gambar 2.11. Katup Ekspansi.....	14
Gambar 2.12. Katup Ekspansi.....	17
Gambar 2.13. Strainer Ac Split.....	19
Gambar 2.14. Akumulator Ac Split	20
Gambar 3.1. Jenis Pipa Kapiler.....	25
Gambar 3.2. Refrigerant Tipe R22.....	26
Gambar 3.3. Unit Outdoor Type 1 Pk Panasonic.....	27
Gambar 3.4. Unit Indoor Type 1 Pk Panasonic	27
Gambar 3.5. Termometer Digital	28
Gambar 3.6. <i>Pressure Manifold</i>	28
Gambar 3.7. Tube Cutter.....	29
Gambar 3.8. <i>Clampmeter</i> Digital	29
Gambar 3.9. Las Portable.....	30
Gambar 3.10. Pita Ukur	30
Gambar 3.11. Kawat Las Tembaga.....	31
Gambar 4.1. Grafik Nilai Cop Pada Pipa Kapiler.....	47
Gambar 4.2. Grafik Nilai Daya Listrik Pada Pipa Kapiler	47

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.1. Pergantian Pipa Kapiler	52
Lampiran 1.2. Tekanan Freon Memakai Manifold	52
Lampiran 1.3. Mengukur Jumlah Daya Melalui Tang Ampare	53
Lampiran 1.4. Pengecekan Suhu Dingin Memakai Thermometer	53
Lampiran 1.5. Mengukur Suhu Pipa Kecil.....	54
Lampiran 1.6. Mengukur Pipa Outdoor	54



DAFTAR NOTASI

Q_w	=	Kompresor Bekerja (kJ/s)
Q_e	=	Total panas yang dihisap evaporator (kJ/kg)
m	=	Laju aliran massa refrigeran (kg/s)
q_w	=	Kerja kompresi pada kompresor (kJ/kg)
q_c	=	Banyaknya panas yang dilepaskan oleh kondensor (kJ/kg)
q_e	=	Banyak kalor yang dihisap evaporator (kJ/kg)
h_1	=	Entalpi masukan kompresor (kJ/kg)
h_2	=	Entalpi masukan kondensor (kJ/kg)
h_3	=	Entalpi keluaran kondensor (kJ/kg)
h_4	=	Entalpi masukan evaporator (kJ/kg)
h_7	=	Entalpi masuk evaporator 1 (kJ/kg)
h_8	=	Entalpi masuk evaporator 2 (kJ/kg)
h_9	=	Entalpi keluar evaporator 1 (kJ/kg)
h_{10}	=	Entalpi keluar evaporator 2 (kJ/kg)
Q_{cTotal}	=	Total energi panas yang dibuang oleh kondesor (watt)
$Q_{precooling}$	=	Energi panas yang dibuang oleh precooling (watt)
Q_{e1}	=	Energi panas yang diserap oleh evaporator 1 (Watt)
Q_{e2}	=	Energi panas yang diserap oleh evaporator 2 (Watt)
$COP_{thermal}$	=	<i>Coefficient of Performance</i> aktual
$Q_e Total$	=	Total energi yang diserap oleh evap (Watt)
W_c	=	Kerja Nyata Kompresor Total (Watt)
HRR	=	Rasio pelepasan kalor
$Q_{e total}$	=	Total energi panas yang diserap oleh evaporator (Watt)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air conditioner (AC) split salah satu jenis ac paling umum dipakai dalam rumah tangga maupun perkantoran. Dua unit yang membentuk AC split ialah unit indoor yang mendinginkan udara dalam ruangan dan unit outdoor yang mengekstraksi panas dari unit dalam. Kinerja AC *split* sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk panjang pipa kapiler yang menghubungkan kedua unit tersebut. Pipa kapiler pada AC *split* dipakai sebagai saluran untuk mengalirkan *refrigerant* dari *unit outdoor* ke *unit indoor*. Refrigeran ini berperan penting dalam proses pendinginan udara di dalam ac *split*. Panjang pipa kapiler dapat mempengaruhi aliran *refrigerant* dan distribusi suhu di dalam AC*split*. Oleh karena itu, pemilihan panjang pipa kapiler yang tepat dapat berdampak signifikan terhadap kinerja AC *split*.

Beberapa penelitian sebelumnya sudah dilaksanakan untuk mengeksplorasi. Namun, masih ditemukan beberapa pertanyaan yang belum terjawab dan perlu diteliti lebih lanjut. Misalnya, apakah ditemukan panjang pipa kapiler tertentu yang memberikan kinerja AC *split* yang optimal?

Kapasitas pendinginan evaporator sistem, kerja kompresor, nilai COP, dan suhu semuanya akan menurun seiring dengan bertambahnya panjang pipa kapiler dan berkurangnya lebar pipa kapiler, yang akan meningkatkan dampak pendinginan. (Yoga dan Putri, 2018).

Berikutnya penelitian oleh (Priangkoso, Santoso, Apriyanto & Dzulfikar, 2018) sehingga dibandingkan dengan R-32 dan R-410A, kompresor yang memakai R-22 memiliki konsumsi daya listrik terendah dan COP tertinggi.

Pada penelitian oleh (Syafutra, 2019) Kinerja sistem refrigerasi terbaik dicapai pada panjang 2 meter dan diameter 0,026 inchi (ID), dimana pipa kapiler mempunyai kerja kompresor terendah sebesar 18 (kJ/kg), panas buang kondensor terendah sebesar 174 (kJ/kg), efek refrigerasi atau panas yang diserap evaporator tertinggi sebesar 156 (kJ/kg), laju aliran massa refrigeran tertinggi sebesar 0,00660 (kg/s), COP aktual tertinggi sebesar 8,66, COP ideal tertinggi sebesar 9,43, dan efisiensi mesin pendingin tertinggi sebesar 91%.

Berikutnya pada penelitian oleh (Nugroho, 2018) bahwa percobaan Sistem Refrigerasi memakai *subcooler* menghasilkan peningkatan kinerja sistem pendingin. Pengujian dengan variasi panjang pipa 75 cm diameter 9 mm dan memakai air sirkulasi suhu 21°C rendemen tertinggi COP, dari data yang sudah dianalisa diperoleh angka 10,4. Pengujian dengan panjang pipa variasi diameter 50 cm, 9 mm dan memakai air sirkulasi bersuhu 21°C mempunyai berdampak pada menurunnya Daya Kompresor. Dengan Pemasangan Ac memakai subcooler ini tabung juga mempengaruhi efek pendinginan yang lebih baik dan juga dapat menghemat 50% pemakaian refrigeran.

Berikutnya pada penelitian oleh (Laksono, 2020) Pemakaian piksel 900 mm menghasilkan nilai tekanan pelepasan dan hisapan tertinggi, yakni 4 Psl (128,91 kPa) pada sisi tekanan hisap dan 108 Psi (845,99 kPa) pada sisi tekanan pelepasan. Sehingga menghasilkan nilai kerja sebesar 3,32, ampere mesin kompresor sebesar

1,8 ampere, efek pendinginan sebesar -10°C , dan efek pompa kalor sebesar 62°C . Sebaliknya, kapiler 1100 mm memiliki tekanan hisap dan pelepasan terendah, dengan tekanan hisap 1,8 Psi (113,74 kPa) dan tekanan pelepasan nilai 95 Psi (756,35 kPa). Hal ini menghasilkan efek pompa panas sebesar 56°C dan efek pendinginan -13°C . Sementara, meski nilai performanya naik menjadi 3,50, namun arus listrik kompresor tetap di angka 1,8 ampere. Sekalipun suhu ruangan bervariasi, semua pengujian dilaksanakan pada waktu dan hari yang sama.

Dalam beberapa penelitian tersebut memberikan gambaran bagaimana pentingnya pengaruh panjang dan pendeknya pipa kapiler untuk menurunkan tekanan dan mengontrol aliran refrigeran sesuai dengan kebutuhan. Di sisi lain, diperlukan penelitian tambahan mengenai efektivitas AC split dengan perbedaan pipa kapiler panjang dan pendek. Beberapa penelitian sebelumnya hanya mengukur kinerja AC split saat panjang dan pendek pipa kapiler bervariasi dengan banyak variasi satu sampai dua ukuran. Sehingga pada penelitian melaksanakan memakai Ac split 1 paardekracht (PK) tipe freon R22 dengan variasi lengkap pipa kapiler yakni 150 cm, 130 cm, 110 cm, 90 cm dan 70 cm. sehingga dapat dimungkinkan dengan penelitian ini nantinya akan memberikan gambaran terkait pengaruh pendek pipa kapiler terhadap efisiensi dan daya pendinginan AC split. Pada penelitian, penulis akan melaksanakan penelitian eksperimental untuk menguji pengaruh panjang pipa kapiler terhadap kinerja ac split. Eksplorasi diharapkan dapat meningkatkan pengetahuan tentang bagaimana panjang pipa kapiler dapat mempengaruhi kinerja AC split, termasuk efisiensi, kapasitas pendinginan, dan distribusi suhu dalam ruangan.

1.2 Rumusan Masalah

- a. Apakah panjang pipa kapiler berpengaruh terhadap kinerja *acsplit*?

1.3 Tujuan Penelitian

- a. Agar menemukan pengaruh panjang pipa kapiler pada kinerja *ac split*.

1.4 Hipotesis Penelitian

HO: tidak ada pengaruh panjang pipa kapiler terhadap kinerja *ac split*

H1: ada pengaruh panjang pipa kapiler terhadap kinerja *ac split*.

1.5 Manfaat Penelitian

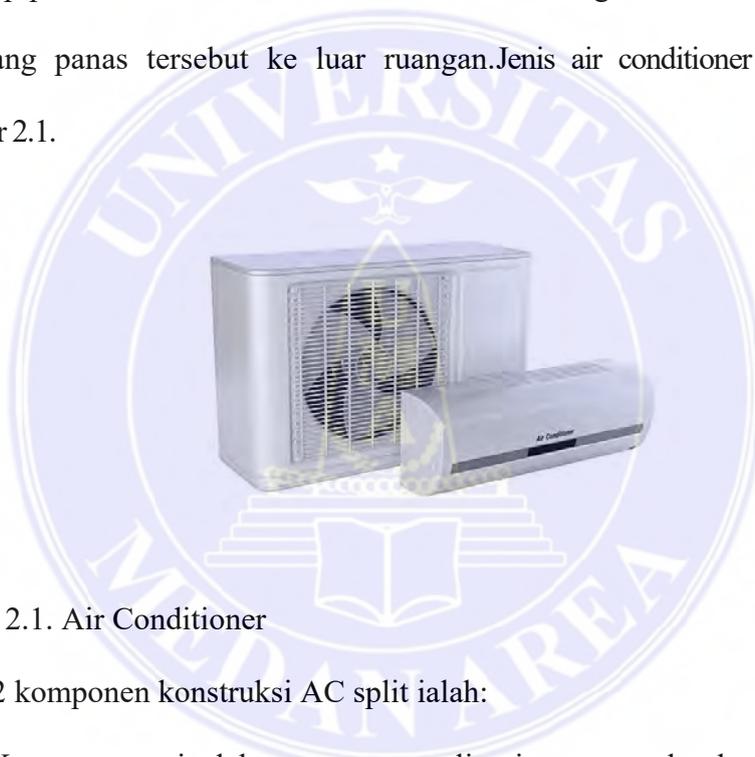
Riset dirancang agar menyebarkan saran praktis kepada produsen dan pemasang AC mengenai panjang pipa kapiler yang ideal untuk kinerja AC split yang efisien. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat membantu membangun sistem AC split yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Conditioner

Udara dalam suatu ruangan dikendalikan oleh suatu alat yang disebut AC split (AC) yang berbasiskan keinginan penggunanya. Fungsi dasar AC ini ialah menyerap panas dari udara sekitar dan kemudian, dengan bantuan unit pendingin, membuang panas tersebut ke luar ruangan. Jenis air conditioner tersebut terlihat digambar 2.1.



Gambar 2.1. Air Conditioner

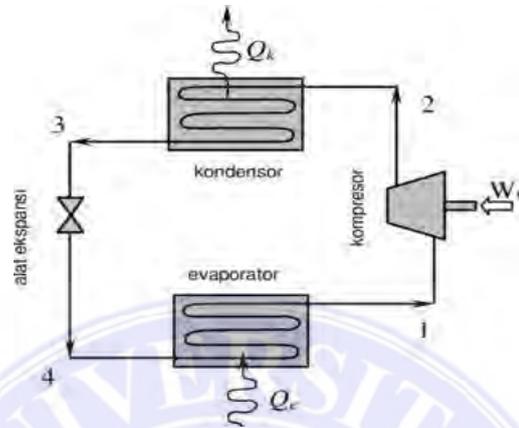
2 komponen konstruksi AC split ialah:

1. Komponen unit dalam ruangan meliputi pengontrol suhu, motor blower, filter udara, evaporator, dan panel kontrol listrik.

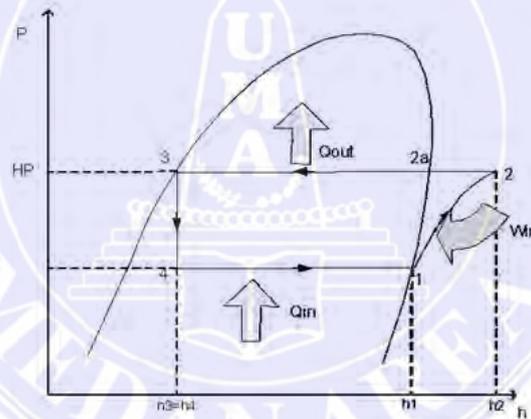
Kompresor, kondensor, kipas angin, akumulator, saringan, dan pipa kapiler ialah komponen-komponen yang ditempatkan di luar (Outdoor Unit).

2. Mesin refrigerasi atau disebut juga dengan mesin pendingin ialah Perangkat untuk mendinginkan dan mengatur suhu produk. Ide dasar di balik mesin pendingin ialah mengumpulkan panas dari produk dan kemudian melepaskannya

ke udara sekitar atau media pendingin. Refrigeran ialah fluida operasi yang mengalir melalui mesin pendingin. Ilustrasi berikut menunjukkan siklus refrigerasi kompresi uap yang ideal/ sederhana.



Gambar 2.2. Skema Siklus Refrigerasi Sederhana



Gambar 2.3. Diagram Ph

Sumber: Buku Sistem Refrigerasi Dan Tata Udara Jilid 1)

Tahapan terjadi diproses kompresi uap ditemukan 4 yakni:

2.1.1 Proses Kompresi (1-2)

Uap jenuh yang keluar dari kompresor dengan tekanan dan temperatur rendah ialah fasa yang masuk ke kompresor pada saat proses kompresi. Dengan memompanya, kompresor menaikkan tekanan, yang berikutnya menaikkan suhu.

Sesudah itu, fase keluar kompresor berubah menjadi uap super panas bertekanan tinggi. Suhu refrigeran di dalam kompresor lebih tinggi dibandingkan suhu udara di sekitarnya. hal ini disebabkan karena kerja diberikan kepada Refrigeran sehingga menyebabkan kenaikan tekanan dan temperatur pada refrigerant, sistem kompresi bisa terlihat dikompresor gambar 2.4.



Gambar 2.4. Kompresor Terjadinya Kompresi

Kalor yang dikeluarkan kompresor:

$$Q_w = m \cdot q_w \dots\dots\dots(2.1)$$

$$Q_w = m \cdot (h_3 - h_2) \dots\dots\dots(2.2)$$

dimana:

- Q_w = Kompresor Bekerja (kJ/s)
- m = Laju aliran massa refrigeran (kg/s)
- q_w = Kerja kompresi pada kompresor (kJ/kg)
- h_2 = Entalpi masukan kondensor (kJ/kg)
- h_3 = Entalpi keluaran kondensor (kJ/kg)

2.1.2 Proses Kondensasi

Kondensor ialah tempat berlangsungnya proses kondensasi. Panas dihilangkan oleh zat pendingin bertekanan tinggi dan bersuhu tinggi yang keluar dari kompresor, sesudah itu berubah menjadi fase cair. Hal ini karena pertukaran panas antara zat pendingin dan lingkungannya di kondensor; Gambar 2.5 mengilustrasikan proses ini.



Gambar 2.5. Proses Terjadinya Kondensasi

Kalor Yang Diterima Kondensor :

$$q_c = h_3 - h_4 \dots\dots\dots(2.3)$$

$$q_e = q_c + q_w \dots\dots\dots(2.4)$$

dimana:

q_w = Kerja kompresi pada kompresor (kJ/kg)

q_c = Banyaknya panas yang dilepaskan oleh kondensor (kJ/kg)

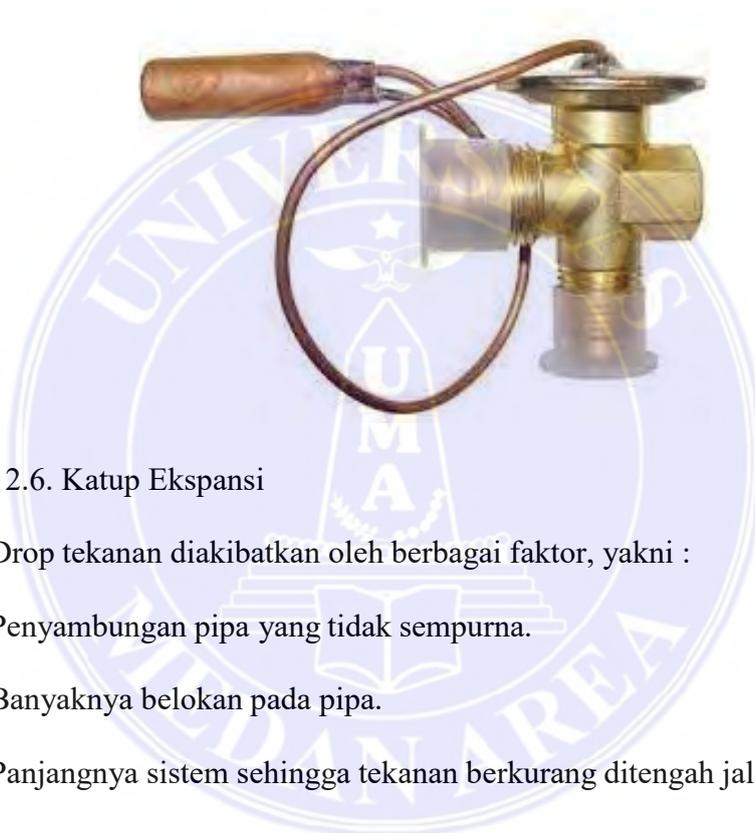
q_e = Banyak kalor yang dihisap evaporator (kJ/kg)

h_3 = Entalpi keluaran kondensor (kJ/kg)

h_4 = Entalpi masukan evaporator (kJ/kg)

2.1.3 Proses Espansi

Proses ekspansi terjadi didalam katup ekspansi. Refrigeran yang berasal dari kondensor dimana sudah terjadi pelepasan kalor akan bergerak searah dengan ekspansi katup untuk menurunkan suhu dan tekanan. Agar katup ekspansi dapat menyerap panas saat berada di dalam evaporator, suhunya harus lebih rendah dari udara sekitar. Di gambar 2.6. katup ekspansi terlihat.



Gambar 2.6. Katup Ekspansi

Drop tekanan diakibatkan oleh berbagai faktor, yakni :

- a. Penyambungan pipa yang tidak sempurna.
- b. Banyaknya belokan pada pipa.
- c. Panjangnya sistem sehingga tekanan berkurang ditengah jalan.
- d. Adanya partikel luar dalam sistem, misalnya kotoran, bram, dan lain sebagainya
- e. Termasuk elemen yang jelas-jelas mengurangi tekanan sistem

Penukar panas, pengering kualitas zat pendingin, filter, dan komponen tambahan lainnya ialah bagian dari siklus sempurna. Kerja sistem akan meningkat dengan COP yang lebih besar, artinya proses pendinginan akan berjalan lebih cepat.

Kompresor menerima zat pendingin bertekanan rendah saat tidak ada penukar panas

yang dipakai. Akibatnya, beban kerja kompresor akan meningkat; jika hal ini terjadi maka suhu evaporator akan turun atau udara sekitar menjadi dingin. Mengenai operasi nyata sistem, yang melibatkan jaringan yang menghubungkan kondensor dan komponen perluasan, komponen-komponen yang disebutkan sebelumnya disertakan. Saluran cairan dan saluran hisap kompresor terintegrasi khusus untuk penukar panas.

2.1.4 Proses evaporasi/penguapan (4-1)

Proses penguapan terjadi dalam isobar isothermal, yang ditandai dengan suhu konstan dan tekanan konstan. Di sinilah cairan refrigeran bertekanan rendah akan menyerap panas dari lingkungan sekitar dan berubah menjadi uap bertekanan rendah. Saat refrigeran masuk ke evaporator, ia berada dalam campuran cairan dan uap, yang pada akhirnya akan berubah menjadi fase uap jenuh. Refrigeran kemudian bersirkulasi kembali sesudah kembali ke kompresor, dan seterusnya, hingga kondisi yang diperlukan tercapai. Penguapan digambarkan di gambar 2.7.



Gambar 2.7. Evaporasi

Kalor yang diserap di evaporator:

$$Q_e = \dot{m} \cdot q_e \dots\dots\dots (2.5)$$

$$Q_e = \dot{m} \cdot (h_2 - h_1) \dots\dots\dots (2.6)$$

dimana :

Q_e = Total panas yang dihisap evaporator (kJ/kg)

m = Laju aliran massa refrigeran (kg/s)

q_e = Banyak kalor yang dihisap evaporator (kJ/kg)

h_1 = Entalpi masukan kompresor (kJ/kg)

h_2 = Entalpi masukan kondensor (kJ/kg)

2.1.5 Komponen Air Conditioner (AC) Split



Gambar 2.8. Komponen-Komponen Sistem Refrigerant

(Sumber: Buku Refrigerasi dan Tata Udara)

Komponen AC split pada sistem terdiri dari beberapa bagian, seperti:

2.1.6 Kompresor

Dalam suatu sistem pendingin, kompresor ialah bagian terpenting atau sistem saraf pusat. Kompresor mengubah gas refrigeran bertekanan rendah menjadi gas refrigeran bersuhu tinggi dan bertekanan tinggi. Saluran pembuangan kemudian mengangkut gas bersuhu tinggi dan bertekanan tinggi ke kondensor. Gambar 2.9 menunjukkan jenis kompresor.



Gambar 2.9. Sistem Kerja Kompresor

2.1.7 Kondenser

Dengan menurunkan suhu refrigeran dan mengubahnya dari fase gas menjadi fase cair, kondensator berfungsi sebagai penukar panas. Panas dibuang dari bagian dalam sistem ke bagian luarnya oleh kondensator. Refrigeran akan mengalami peralihan fasa dari gas menjadi cair (kondensasi) saat memasuki kondensator. Entalpi zat pendingin menurun akibat modifikasi ini. Besarnya panas yang dikeluarkan refrigeran dapat dihitung dari selisih entalpi pada sisi masuk dan keluar kondensator.

Ada 2 jenis kondensator yang dipakai dalam percobaan ini: kondensator berpendingin udara dan pre-cooler tabung konsentris. Karena peningkatan kapasitas evaporator, pendinginan awal ditambahkan ke sistem ini untuk memenuhi kebutuhan kapasitas kondensator. Rumus untuk menghitung precooling ialah:

$$Q_{\text{precooling}} = m (h_2 - h_3) \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana:

m = Laju aliran massa (kg/s)

h_2 = Entalpi masuk precooling (kJ/kg)

h_3 = Entalpi keluar precooling (kJ/kg)

Sementara itu, rumus berikut dapat dipakai untuk menunjukkan berapa banyak panas yang dilepaskan zat pendingin melalui kondensor berpendingin udara:

$$Q_C = m (h_3 - h_4) \dots \dots \dots (2.8)$$

Dimana:

Q_C = Panas yang dilepaskan oleh kondensor (Watt)

m = Laju aliran massa refrijeran (kJ/kg)

h_3 = Entalpi masuk kondensor (kJ/kg)

h_4 = Entalpi keluar kondensor (kJ/kg)

Kapasitas kondensor pendinginan awal dan pendingin air menambah total kapasitas kondensor. Oleh karena itu, dapat diungkapkan yakni:

$$Q_{C\text{Total}} = Q_{\text{precooling}} + Q_C \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana:

$Q_{C\text{Total}}$ = Total energi panas yang dibuang oleh kondensor (watt)

$Q_{\text{precooling}}$ = Energi panas yang dibuang oleh precooling (watt)

Q_C = Energi panas yang dibuang oleh air cooled condensor (watt)

Kondensor bisa terlihat di gambar 2.10.



Gambar 2.10. Kondensor Ac Split

2.1.8 Alat Ekspansi

Dengan menurunkan suhu dan tekanan refrigeran sesudah melewati alat ekspansi, fase refrigeran cair bersuhu dan bertekanan tinggi di kondensor dapat diubah menjadi refrigeran fase gas jenuh bertekanan rendah. Anda dapat melihat katup ekspansi pada Gambar 2.11.



Gambar 2. 11. Katup Ekspansi

Katup ekspansi menurunkan dan mempertahankan perbedaan tekanan antara sisi tekanan tinggi dan rendah evaporator hingga tekanan target dipertahankan dengan mengontrol laju aliran refrigeran ke dalam evaporator.

Katup ekspansi yang dipakai pada percobaan ini ialah:

- 1) TXV (*Thermostatic Expansion Valve*)

Equalizer tekanan eksternal dipakai dengan katup ekspansi termostatik (TXV).

Katup ekspansi dapat menjaga efisiensi evaporator secara optimal dalam kondisi beban evaporator yang berubah-ubah dengan mengontrol jumlah refrigeran yang mengalir ke evaporator berdasarkan beban evaporator.

1. Pipa kapiler

Jumlah refrigeran yang masuk ke evaporator tidak dapat dikontrol memakai pipa kapiler, semacam katup ekspansi. Satu-satunya tujuan katup ekspansi jenis ini

ialah untuk menurunkan tekanan refrigeran yang masuk ke evaporator. Tabung kapiler biasanya memiliki diameter dalam 0,5 hingga 2 mm dan panjang 1 hingga 6 m. Manfaat sistem pendingin berbasis tabung kapiler:

1. Biaya rendah untuk tabung kapiler.
2. Bentuknya lugas.
3. Penerima tidak diperlukan karena tekanan refrigeran akan mencapai tingkat kritis sesudah memasuki sistem pipa kapiler.
4. Tidak banyak interupsi. Pipa kapiler menyamakan tekanan dengan menggabungkan bagian bertekanan tinggi dan bertekanan rendah saat kompresor dimatikan.

2.2 Performasi Sistem Pendingin

Kerja dari sistem pendingin dinyatakan dengan besaran COP (*Coefficient of Performance*). Suhu dan tekanan pengoperasian sistem juga berdampak pada COP ini. Dengan menghitung COP aktual dan COP Carnot untuk mendapatkan efisiensi sistem, kinerja sistem dapat dipastikan. Persamaan untuk menentukan kinerja mesin pendingin dapat dilihat di bawah ini.

2.3 Pemilihan Dan Penentuan Pipa Kapiler

2.3.1 Pemilihan Pipa Kapiler

Agar kompresor dan pipa mempunyai titik keseimbangan pada temperatur evaporator yang diinginkan, maka unit pipa refrigerasi baru yang memakai pipa kapiler harus mempunyai lubang (hitung diameternya) dan panjang pipa. Metode "potong" dan "coba" terutama dipakai untuk menentukan panjang pipa akhir; pipa

yang lebih panjang dari yang dimaksudkan pada awalnya dimasukkan ke dalam sistem dengan potensi menciptakan titik keseimbangan pada suhu evaporator terendah. Sesudah itu, pipa dipotong lebih pendek hingga mencapai titik kesetimbangan yang sesuai.

2.3.2 Penentuan Pipa Kapiler

Untuk menentukan seberapa panjang kebutuhan pipa kapiler yang akan dipakai sebagai alat ekspansi diketahui dengan pembacaan tabel 2.3.1.

Tabel 2.1. Tabel Ukuran Pipa Kapiler Tembaga

Ukuran PK (Paard Kraacht) AC	Panjang Pipa Kapiler (Meter)	Diameter Pipa Kapiler (Millimeter)
1 PK	150	0.070
1 PK	130	0.070
1 PK	110	0.070
1 PK	90	0.070
1 PK	70	0.070

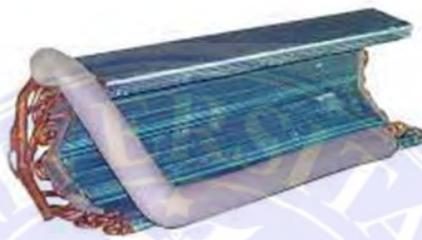
Caranya:

- Menentukan kapasitas sistem refrigerasi yang dipakai
- Menentukan jenis refrigerant yang dipakai
- Hal tersebut menentukan panjang kebutuhan pipa kapiler yang akan dipakai

2.3.3 Evaporator

Tujuan dari bagian ini ialah untuk menyerap panas dari ruangan. Refrigeran menerima panas sesudah diserap dan diarahkan melalui penukar panas. Saat panas diserap oleh refrigeran, entalpinya akan meningkat. Perangkat pendingin udara

yang dipasang bekerja lebih baik jika semakin tinggi kenaikan entalpi zat pendingin saat berada di evaporator. Kondensor dan evaporator mempunyai bentuk yang sama persis. Namun, kondensor biasanya lebih besar dari evaporator. Ini juga ialah penukar panas kecil yang dipakai sebagai evaporator. Anda dapat melihat evaporator pada gambar 2.12.



Gambar 2.12. Katup Ekspansi

Rumus berikut dapat dipakai untuk menentukan besar kecilnya perubahan entalpi atau efek pendinginan selama proses evaporasi:

$$Q_{e1} = \frac{m}{2} (h_9 - h_7) \dots \dots \dots (2.10)$$

$$Q_{e2} = \frac{m}{2} (h_{10} - h_8) \dots \dots \dots (2.11)$$

Dimana:

Q_{e1} = Energi panas yang diserap oleh evaporator 1 (Watt)

Q_{e2} = Energi panas yang diserap oleh evaporator 2 (Watt)

m = Laju aliran massa (kg/s)

h_7 = Entalpi masuk evaporator 1 (kJ/kg)

h_8 = Entalpi masuk evaporator 2 (kJ/kg)

h_9 = Entalpi keluar evaporator 1 (kJ/kg)

h_{10} = Entalpi keluar evaporator 2 (kJ/kg)

Sementara gabungan kapasitas evaporator 1 dan 2 ialah kapasitas evaporator keseluruhan. Jadi, berikut salah satu cara penulisan rumusnya:

$$Q_e \text{ Total} = Q_{e1} + Q_{e2} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana:

$Q_e \text{ Total}$ = Total energi panas yang diserap oleh evaporator (Watt)

Q_{e1} = Energi panas yang diserap oleh evaporator 1 (Watt)

Q_{e2} = Energi panas yang diserap oleh evaporator 2 (Watt)

2.3.4 Koefisien Unjuk Kerja/Prestasi (COP) thermal

Saat kompresor ialah satu-satunya sumber energi yang diperlukan untuk bekerja dan proses kondensasi dan penguapan terjadi secara spontan (tanpa memerlukan blower), kinerja teoretis sistem pendingin dikenal sebagai koefisien kinerja termal, atau COP. Rumus berikut mewakili persamaan COP teoritis:

$$COP_{\text{thermal}} = \frac{Q_e \text{ Total}}{W_c} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana:

COP_{thermal} = *Coefficient of Performance* aktual

$Q_e \text{ Total}$ = Total energi yang diserap oleh evap (Watt)

W_c = Kerja Nyata Kompresor Total (Watt)

2.3.5 Rasio Pelepasan Kalor (HRR)

Rasio Penolakan Panas (HRR), yang dapat dihitung dengan membagi jumlah panas yang dihasilkan oleh kondensor dengan jumlah panas yang diserap oleh zat pendingin, mewakili laju perpindahan panas ke kondensor sehubungan dengan kapasitas pendinginan.

$$HRR = \frac{Q_c \text{ total}}{Q_e \text{ total}} \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana:

HRR = Rasio pelepasan kalor

$Q_c \text{ total}$ = Total energi panas yang dibuang oleh kondesor (Watt)

$Q_e \text{ total}$ = Total energi panas yang diserap oleh evaporator (Watt)

2.3.6 Strainer

Tujuan dari saringan AC split ialah untuk menyaring kotoran yang dibawa oleh cairan pendingin sistem. Kotoran ini dapat berupa kerak las atau debu. Dalam siklus refrigerasi kompresi uap, saringan sering kali ditempatkan pada saluran cairan pada sistem bertekanan tinggi. Anda dapat melihat saringan pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13. Strainer Ac Split

2.3.7 Akumulator

Alat yang disebut akumulator memisahkan refrigeran cair dan uap yang keluar dari evaporator, sehingga mencegah refrigeran cair masuk ke kompresor. Refrigeran uap akan berada di bagian atas kemudian masuk ke kompresor, sementara refrigeran cair berada di akumulator bawah. Anda dapat melihat akumulator pada gambar 2.14.



Gambar 2.14. Akumulator Ac Split

2.3.8 Refrigerant

Cairan pendingin yang disebut refrigeran dipakai untuk menyerap dan mengeluarkan panas. Panas dari benda yang didinginkan diserap oleh fluida pendingin di evaporator. R 410a, perpaduan R 32 dan R 125, ialah refrigeran yang dipakai pada AC split LG S10INV-2. Refrigeran harus memenuhi spesifikasi berikut:

- a) Tidak beracun;
- b) Tidak berwarna dan tidak berbau dalam segala situasi;
- c) Tidak dapat terbakar atau meledak dengan sendirinya, meskipun tercampur dengan udara, minyak pelumas, dan zat lainnya;
- d) Tidak menimbulkan korosi pada logam yang biasa dipakai pada sistem pendingin udara dan pendingin; dan
- e) Dapat bercampur dengan minyak pelumas kompresor tanpa mempengaruhi atau merusaknya.
- f) Mengandung struktur kimia yang stabil.

2.4 Penelitian Terdahulu

Penelitian oleh (Yoga dan Putri, 2018) dengan judul "Investigasi Eksperimental Variasi Panjang dan Diameter Tabung Kapiler terhadap Kinerja AC." Menganalisis bagaimana perubahan panjang dan diameter pipa kapiler mempengaruhi kinerja sistem pendingin AC ialah tujuan utama dari penelitian ini. Metode eksperimen ialah pendekatan yang dilaksanakan. Temuan menunjukkan kapasitas pendinginan evaporator, operasi kompresor, nilai COP, dan suhu di evaporator sistem semuanya akan menurun seiring dengan bertambahnya panjang pipa kapiler dan berkurangnya lebar pipa kapiler, sehingga menghasilkan dampak pendinginan yang lebih kuat. Nilai kapasitas pendinginan evaporator sebesar 1,23 kW, kerja kompresor 0,182 kW, temperatur evaporator 60C, dan nilai COP 6,8 pada variasi pipa kapiler panjang 1,5 m Ø 0,070 inci. Pada variasi pipa kapiler, kapasitas pendinginan evaporator sebesar 1,01 kW, kerja kompresor 0,178 kW, temperatur 20C, dan nilai COP 5,6. Variasi pipa kapiler berukuran 4,5 m kali 0,054 inci.

Pada penelitian oleh (Priangkoso, Santoso, Apriyanto & Dzulfikar, 2018) dengan judul "Pengaruh Diameter Pipa Kapiler dan Jenis Refrigeran Terhadap Kinerja AC Split." Membandingkan COP AC split yang memakai refrigeran R-22, R-32, dan R-410A menjadi tujuan utama penelitian. karena COP ialah metrik yang dipakai untuk mengevaluasi kinerja AC. Bila memakai ketiga jenis refrigeran tersebut, bandingkan juga pemakaian daya listrik kompresornya. Metode eksperimen ialah pendekatan yang dilaksanakan. Berdasarkan temuan penelitian, rata-rata nilai COP ialah 7,11 saat memakai R-22. Nilai rata-rata COP pada pemanfaatan R-32 sebesar 5,23. Sebaliknya, rata-rata nilai COP saat memakai R-410A ialah 4,68. Temuan ini menunjukkan, dibandingkan dengan R-32 dan R-

410A, kompresor yang memakai R-22 memiliki COP tertinggi dan pemakaian daya listrik terendah.

Pada penelitian oleh (Syafutra, 2019) dengan judul “Dampak lebar dan panjang pipa kapiler terhadap efisiensi sistem pendingin dengan pendinginan cepat.” Tujuan dari penelitian ini ialah untuk memastikan bagaimana panjang dan diameter pipa kapiler mempengaruhi kinerja sistem pendingin dan untuk mengidentifikasi panjang dan diameter pipa kapiler yang ideal untuk kinerja sistem pendingin yang optimal. Metode pengujian ialah pendekatan yang dilaksanakan. Temuan menunjukkan variasi panjang dan diameter pipa kapiler mempengaruhi kinerja sistem pendingin. Hasil terbaik diperoleh pada panjang 2 meter dan diameter 0,026 inchi (ID), dimana kerja kompresor paling rendah sebesar 18 kJ/kg, panas buang kondensor paling rendah sebesar 174 kJ/kg, efek refrigerasi atau panas yang diserap evaporator paling tinggi sebesar 156 kJ/kg, dan laju aliran massa refrigeran paling tinggi. 0,00660 (kg/s), yang mempunyai COP_{aktual} terbesar sebesar 8,66. 9,43, COP_{ideal} terbesar, dan efisiensi pendinginan mesin 91%..

Pada penelitian oleh (Nugroho, 2018) dengan judul “Evaluasi Pengaruh Diameter Pipa Subcooler dan Panjang Pipa Terhadap Kinerja Mesin Pendingin dengan Kontribusi Subcooling.” Untuk mengetahui siklus operasi mesin pendingin pada area subcooling, penelitian ini fokus pada pengujian pengaruh panjang pipa dan diameter subcooler terhadap kinerja mesin pendingin saat ditambahkan subcooling. Metode yang dipakai dengan memodifikasi mesin pendingin udara (AC) dengan *subcooling*. Hasilnya percobaan Sistem Refrigerasi memakai *subcooler* menghasilkan peningkatan kinerja sistem pendingin. Pengujian dengan variasi panjang pipa 75 cm diameter 9 mm dan memakai air sirkulasi suhu 21 °C rendemen

tertinggi COP, dari data yang sudah dianalisa diperoleh angka 10,4. Pengujian dengan panjang pipa variasi diameter 50 cm, 9 mm dan memakai air sirkulasi bersuhu 21 °C mempunyai berdampak pada menurunnya Daya Kompresor. Dengan Pemasangan Ac memakai subcooler ini tabung juga mempengaruhi efek pendinginan yang lebih baik dan juga dapat menghemat 50% pemakaian refrigeran.

Pada penelitian oleh (Laksono, 2020) dengan judul "Variasi Panjang Kapiler pada Suhu Evaporator: Desain dan Uji Eksperimental pada Alat Uji Pompa Panas Skala Laboratorium." Tujuan dari penelitian ini ialah untuk memastikan bagaimana variasi kinerja kompresor, suhu, dan tekanan mempengaruhi panjang tabung kapiler. Metode eksperimen ialah pendekatan yang dilaksanakan. Temuan menunjukkan pemakaian kapiler 900 mm menghasilkan nilai tekanan pelepasan dan tekanan hisap tertinggi, yakni 108 Psi (845,99 kPa) pada sisi tekanan pelepasan dan 4 Pst (128,91 kPa) pada sisi tekanan hisap. Hal ini mengakibatkan efek refrigerasi sebesar -10°C, efek pompa kalor sebesar 62°C, dan arus listrik sebesar 1,8 ampere pada mesin kompresor, sementara nilai unjuk kerja kompresor turun menjadi 3,32. Secara bersamaan, kerja kompresor dan tekanan pelepasan turun menjadi 3,32. Pemakaian kapiler 1100 mm justru menghasilkan tekanan pelepasan dan hisapan yang paling rendah, dengan tekanan pelepasan sebesar 95 Psi (756,35 kPa) dan tekanan hisap menjadi 1,8 Psi (113,74 kPa). Hal ini menyebabkan efek pendinginan sebesar -13 °C dan efek pompa kalor sebesar 56 °C, sementara nilai ampere kompresor tetap pada 1,8 ampere, namun nilai kinerjanya diubah menjadi 3,50.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu Dan Tempat Peneitian

3.1.1 Waktu

Sesudah dosen pembimbing mendapat judul tugas akhir, dilaksanakan analisis mengenai pengaruh pipa kapiler panjang dan pendek terhadap kinerja AC split. Penelitian dilaksanakan antara tanggal 28 November 2023 hingga 28 Januari 2024.

3.1.2 Tempat

Penelitian penulis dilaksanakan di PT Banjar Setia Group jalan sei bahasa no.2, Babura,kec. Medan baru, kota medan, sumatera utara 20222.

Tabel 3.1. Kegiatan Pelaksanaan Penyusunan Tugas Akhir
2025

Aktivitas	Bulan I				Bulan II				Bulan III				Bulan IV			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Pengajuan Judul	■	■														
Penulisan Proposal			■	■												
Seminar Proposal				■												
Proses Penelitian					■	■	■	■								
PengolahanData Penyelesaian									■	■	■	■				
Laporan													■	■		
Seminar Hasil																■
Evaluasi dan persiapan Sidang																■
Sidang Sarjana																■

3.2 Bahan Dan Alat

3.2.1 Bahan

Bahan berikut dipakai pada penelitian :

1. Pipa Kapiler Tembaga

Pipa kapiler berjenis tembaga. mengurangi tekanan refrigeran dan mengontrol aliran refrigeran ke evaporator ialah fungsi utama komponen ini. Pengontrol lemari es biasanya berupa tabung kapiler, namun diameter dan tabung kapiler bervariasi tergantung pada peralatan pendingin. Gambar 3.1. menunjukkan jenis tabung kapiler.



Gambar 3.1. Jenis Pipa Kapiler Tembaga

2. Refrigerant R22

Refrigeran ialah cairan pendingin yang menyerap dan menghilangkan panas. Cairan pendingin di evaporator mengumpulkan panas dari benda diam. R22 ialah refrigeran yang dipakai untuk pengujian AC Panasonic tipe 1 PK. Kebutuhan refrigeran ialah:

1. Tidak berbahaya.
2. Tidak berwarna dan tidak menyimpan bau setiap situasi
3. Bahkan jika digabungkan dengan udara, minyak pelumas, dan zat lainnya,

bahan ini tidak dapat terbakar atau meledak dengan sendirinya.

4. Logam yang sering dipakai dalam sistem AC dan pendingin tidak terkorosi olehnya.
5. Minyak pelumas kompresor dapat bercampur dengannya, namun tidak akan merusak atau mengubahnya, mempunyai struktur kimia yang stabil.



Gambar 3.2. Refrigerant Tipe R22

3. Unit Outdoor Ac

Unit outdoor ac berperan sangat penting dalam pengujian pipa kapiler ini yakni untuk mengkompres liquid yang mengalir dari dalam ruangan (unit indoor) dan memngubahnya menjai bentuk cair sesuai dengan kebutuhan pendinginan sebuah ruangan dan membuang suhu panas yang dihasilkan selama proses pendinginan dari ruangan ke udara luar.unit outdoor type 1 pk panasonic dalam terlihat di gambar 3.3.



Gambar 3.3. Unit Outdoor Type 1 Pk Panasonic

4. Unit Indoor Ac

Unit kontrol, filter udara, evaporator, katup ekspansi, dan blower evaporator membentuk bagian dalam ruangan yang berperan sebagai pengatur atau mengontrol udara dalam ruangan agar sesuai dengan kebutuhan pemakaian.



Gambar 3.4. Unit Indoor Type 1 Pk Panasonic

3.2.2 Alat

Instrumen berikut dipakai dalam analisis bagaimana panjang pipa kapiler mempengaruhi kinerja AC split ialah:

1. Termometer Digital

Termokopel biasanya dipakai sebagai sensor pada termometer digital untuk mendeteksi variasi nilai resistansi. Termokopel pada dasarnya ialah dua kabel yang terdiri dari berbagai logam yang ujungnya, hanya ujungnya saja, dirakit (dilas).

Kami menyebut tempat penghubung ini sebagai "persimpangan panas". Pada gambar 3.5 ditampilkan termometer digital jenis ini.



Gambar 3.5. Termometer Digital

2. *Pressure manifold.*

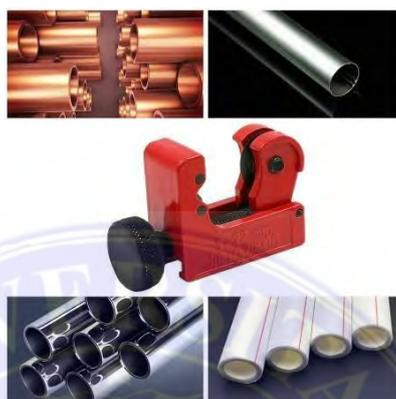
Pressure manifold ialah alat ukur yang dipakai dalam berbagai sektor untuk mengetahui besarnya tekanan pada suatu zat cair atau gas. Ini ialah alat yang penting karena juga membantu menjaga tingkat tekanan cairan dan gas dalam kisaran yang diperlukan. Gambar 3.6 menunjukkan manifold tekanan.



Gambar 3.6. *Pressure Manifold*

3. *Tube Cutter*

Tube Cutter ialah salah satu alat yang diperlukan untuk pekerjaan perpipaan pada sistem pendingin. Gambar 3.7 menunjukkan cara pemotong tabung sesuai dengan namanya memotong pipa kapiler pada pemotong tabung ac split.



Gambar 3.7. *Tube Cutter*

4. *Clampmeter* digital.

Clampmeter disebut juga tang ampere ialah suatu alat yang memakai dua rahang atau penjepit untuk mengukur arus listrik yang mengalir melalui kabel konduktor tanpa bersentuhan langsung dengan terminal listrik. Gambar 3.8. menunjukkan jenis klemmeter digital.



Gambar 3.8. *Clampmeter* Digital

5. Las portable.

Salah satu alat untuk menyambung logam ialah las portable. Proses pengelasan menciptakan sambungan yang berkesinambungan antara dua logam dengan meleburkan sebagian logam induk dan logam pengisi secara bersamaan, baik dengan atau tanpa tekanan. Gambar 3.9 menunjukkan jenis pengelasan.



Gambar 3.9. Las Portable

6. Pita ukur

Alat ukur panjang, jarak, dan sudut yang dapat dibawa-bawa ialah pita pengukur. Pita pengukur, terkadang disebut sebagai meter, tape, atau roll meter, memiliki dua satuan pengukuran yang berbeda: metrik (mm, cm, dan m) dan Inggris (inci, kaki, dan yard). Presisinya mencapai 0,5 mm.



Gambar 3.10. Pita Ukur

7. Kawat Las Tembaga

Pipa tembaga dan logam tembaga lainnya hanya dapat dilas dengan kawat las tembaga. Kawat las tembaga cocok dipakai pada sistem pipa tembaga untuk instalasi gas, air, atau listrik karena konduktivitas listriknya yang tinggi dan ketahanan terhadap korosi.



Gambar 3.11. Kawat Las Tembaga

3.3 Metode penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan memakai teknik eksperimen dengan tabung kapiler tipe AC 1 pk (Paard Kracht) yang panjangnya bervariasi. Tabung kapiler yang dipakai berukuran panjang 1,5, 1,3, 1,1, 0,9, dan 0,7 meter dengan diameter pipa kapiler yakni 0,70 milimeter.

3.4 Populasi dan sampel

3.4.1 Populasi

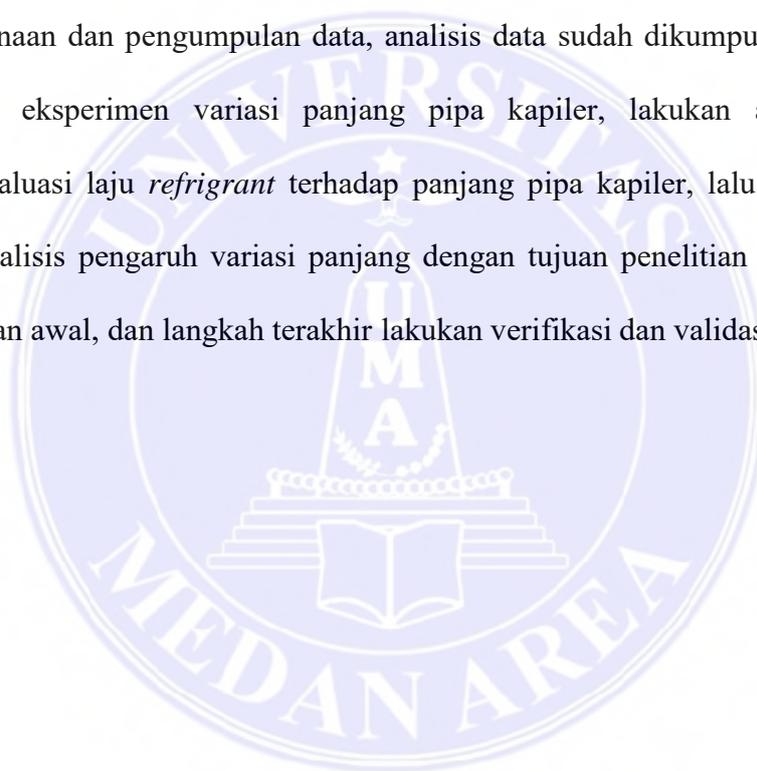
Saat memeriksa bagaimana panjang pipa kapiler mempengaruhi kinerja AC split populasi merujuk pada keseluruhan *system* pendinginan yang akan di teliti, ini mencakup semua komponen.

3.4.2 Sampel

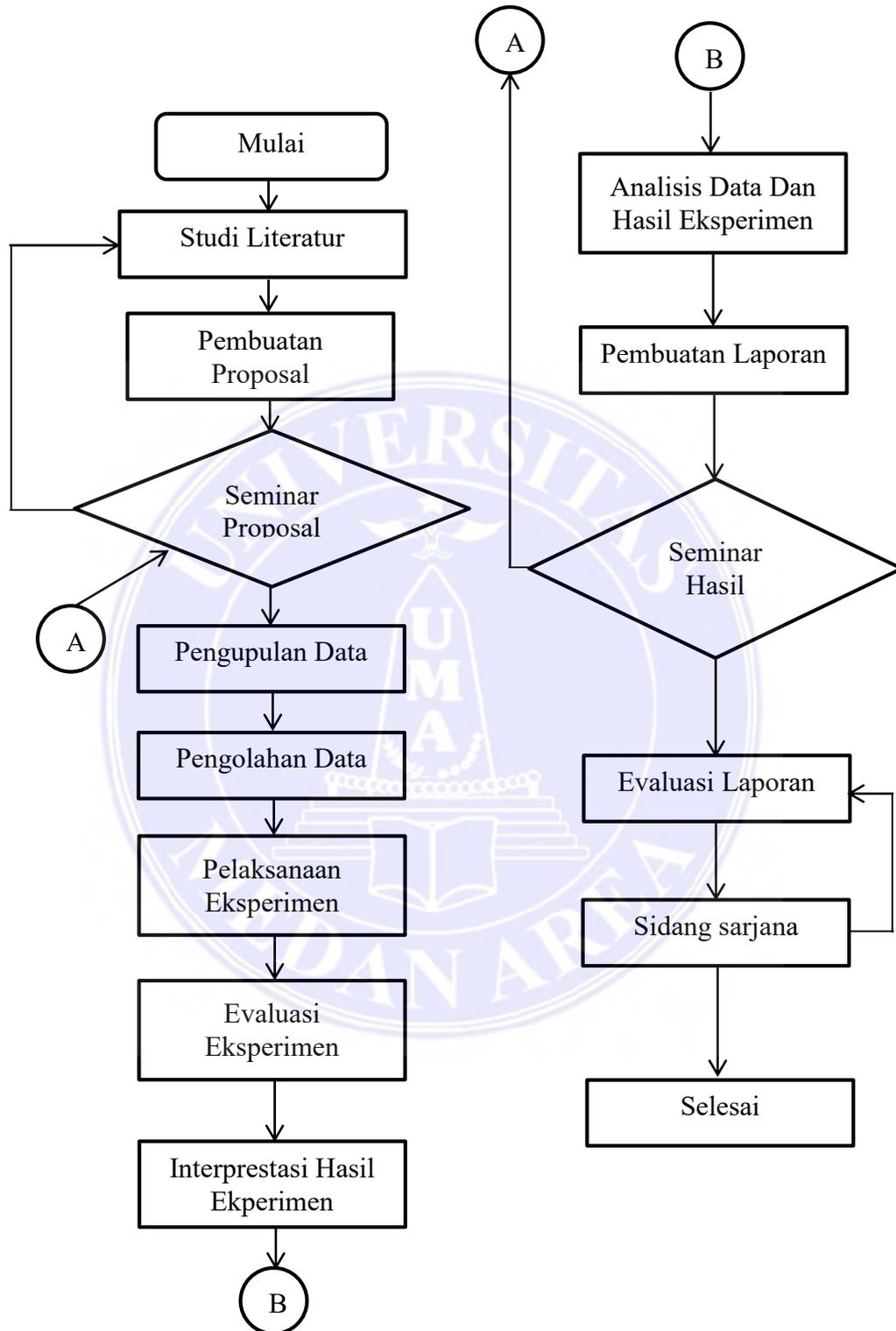
Sampel yang diambil populasi yakni uji eksperimental dengan Tabung kapiler tersebut panjangnya 150 cm dan mempunyai laju refrigeran atau freon 150 cm.

3.5 Prosedur kerja

Langkah pertama identifikasi tujuan penelitian, tentukan tujuan analisis pengaruh panjang pipa kapiler terhadap laju refrigeran atau freon, kemudian perencanaan dan pengumpulan data, analisis data sudah dikumpulkan, kemudian lakukan eksperimen variasi panjang pipa kapiler, lakukan analisis untuk mengevaluasi laju *refrigerant* terhadap panjang pipa kapiler, lalu interpretasikan hasil analisis pengaruh variasi panjang dengan tujuan penelitian dan pertanyaan penelitian awal, dan langkah terakhir lakukan verifikasi dan validasi.



3.5.1 Diagram Alir Penelitian



BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berikut kesimpulan atas penelitian ialah:

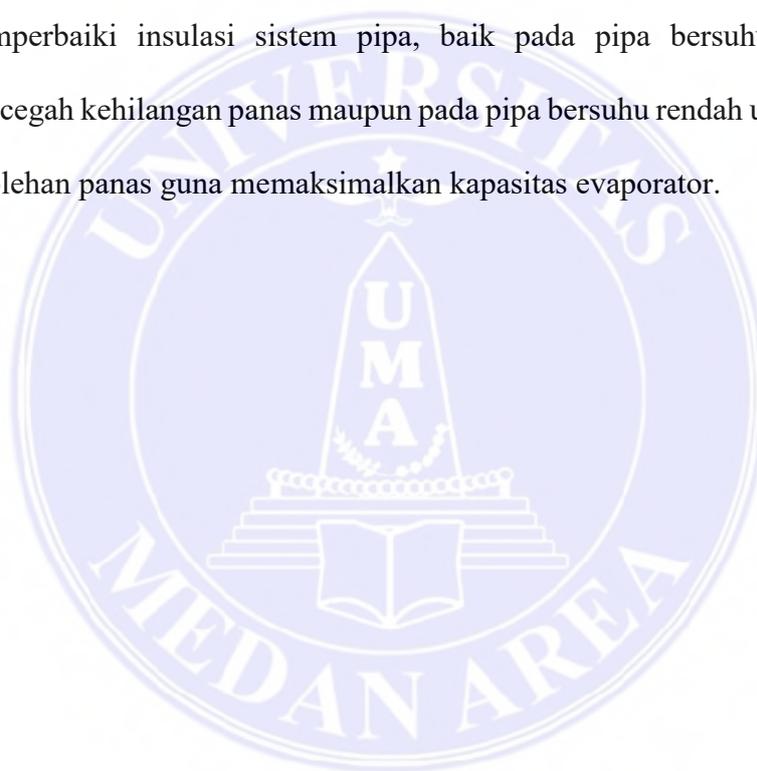
1. Diperhitungan konversi satuan tekanan di dapatkan hasil untuk pipa kapiler 70 cm ialah $P1 = 5,15$ bar, $P2 = 12,39$ bar, $P3 = 12,32$ bar. Hasil untuk pipa kapiler 90 cm ialah $P1 = 5,15$ bar, $P2 = 12,39$ bar, $P3 = 12,32$ bar. Hasil untuk pipa kapiler 110 cm ialah $P1 = 5,83$ bar, $P2 = 13,07$ bar, $P3 = 13,00$ bar. Hasil untuk pipa kapiler 130 cm ialah $P1 = 5,83$ bar, $P2 = 13,76$ bar, $P3 = 13,70$ bar. Hasil untuk pipa kapiler 150 cm ialah $P1 = 7,21$ bar, $P2 = 14,45$ bar, $P3 = 14,38$ bar.
2. Pada perhitungan daya input kompresor didapatkan hasil untuk pipa kapiler 70 cm ialah 0,44029 kW. Hasil untuk pipa kapiler 90 cm ialah 0,81767 kW. Hasil untuk pipa kapiler 110 cm ialah 0,94347 kW. Hasil untuk pipa kapiler 130 cm ialah 0,67091 kW. Hasil untuk pipa kapiler 150 cm ialah 1,09023 kW. Dengan panjang pipa kapiler yang berbeda-beda dapat mempengaruhi kinerja *ac split* yang dimana daya input kompresor nya makin besar.
3. Pada perhitungan kapasitas evaporator total didapatkan hasil 2,254 kW. Hasil perhitungan COP Hal ini dihitung dengan mengambil jumlah total panas yang diserap oleh zat pendingin di kedua evaporator (Q evaporator) dan membaginya dengan jumlah kerja kompresor yang sebenarnya dilaksanakan oleh AC didapatkan hasil 5,211. Nilai COP untuk pipa kapiler 70 cm didapatkan hasil 10,28. Nilai COP untuk pipa kapiler 90 cm didapatkan hasil 10,28. Nilai COP untuk pipa kapiler 110 cm didapatkan hasil 7,25. Nilai COP untuk pipa kapiler 130 cm didapatkan hasil

4. 3,23. Nilai COP untuk pipa kapiler 150 cm didapatkan hasil 2,70. Perhitungan Rasio Pelepasan Kalor (HRR) didapatkan hasil 1,156.

5.2 Saran

Berikut saran pada penelitian ialah:

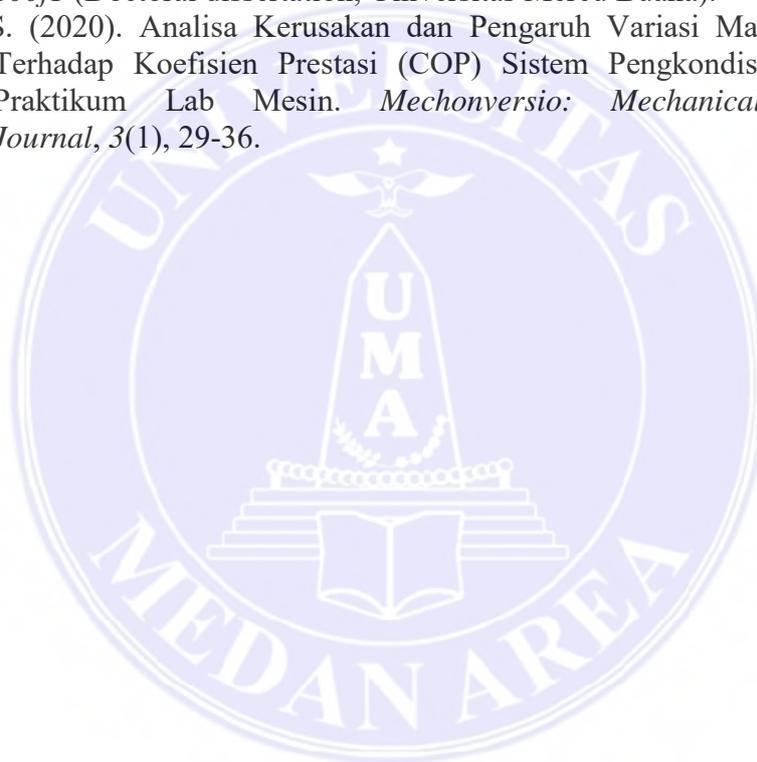
1. Untuk lebih mengoptimalkan sistem, panjang pipa kapiler masih dapat ditambah.
2. Memperbaiki insulasi sistem pipa, baik pada pipa bersuhu tinggi untuk mencegah kehilangan panas maupun pada pipa bersuhu rendah untuk mencegah perolehan panas guna memaksimalkan kapasitas evaporator.



DAFTAR PUSTAKA

- Cengel, Y. A., & Bole, M. A. (2006). *Thermodynamics An Engineering Approach* (Fifth Edit). McGraw-Hill.
- Laksono, B. (2020). Rancang Bangun Dan Uji Eksperimen Variasi Panjang Kapiler Terhadap Temperatur Evaporator Pada Alat Uji Heat Pump Skala Laboratorium (Doctoral dissertation, Fakultas Teknik).
- Nugroho, A. S. (2018). Analisa Pengaruh Panjang Pipa Dan Diameter Pipa Subcooler, Terhadap Unjuk Kerja Mesin Pendingin, Dengan Penambahan Subcooling. *Publikasi Online Mahasiswa Teknik Mesin UNTAG Surabaya*, 1(1).
- Priangkoso, T., Santoso, N. E., Apriyanto, T., & Dzulfikar, M. (2018). Pengaruh Jenis Refrigerant Dan Diameter Pipa Kapiler Terhadap Kinerja Ac Split. *Jurnal Ilmiah Momentum*, 14(2).
- Susila, I., Ardita, I. N., Rasta, I., & Sunu, P. W. (2020). Uji Eksperimental Performansi Ac Jenis Ekspansi Langsung Dengan Memvariasi Ukuran Pipa Kapiler.
- Syafutra, M. A. (2019). *Pengaruh Panjang dan Diameter Pipa Kapiler Terhadap Unjuk Kerja Sistem Refrigerasi Dengan Fast Cooling* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Riau).
- Yoga, N. G., & Putri, A. M. (2018). Studi Eksperimen Variasi Panjang Dan Diameter Pipa Kapiler Terhadap Kinerja Ac. *J. Konversi Energi dan Manufaktur*, 5(2), 85-89.
- Purwanto, E., & Ridhuan, K. (2014). Pengaruh Jenis Refrigerant Dan Beban Pendinginan Terhadap Kemampuan Kerja Mesin Pendingin. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 3(1).
- Sulistyo, H., Sumardi, K., Berman, E. T., & Wiyono, A. (2021). Performance Investigation of Cooling Machine Practice Props After Retrofitted by Natural Refrigerants. *Jurnal Teknik: Media Pengembangan Ilmu dan Aplikasi Teknik*, 20(2), 136-145.
- NUR, E. S. (2018). *Pengaruh Jenis Refrigerant Terhadap Kinerja Ac Split* (Doctoral dissertation, Universitas Wahid Hasyim Semarang).
- Shaumi, B. P., Mitrakusuma, W. H., Setyawan, A., & Kurniasetiawati, A. S. (2024, August). Kaji Eksperimental Pengaruh Variasi Panjang Pipa Kapiler Terhadap Kinerja AC Split dengan Variasi Massa Refrigeran Dimethyl Ether (DME). In *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar* (Vol. 15, No. 1, pp. 502-506).
- Pratama, F. A., Mitrakusuma, W. H., Falahuddin, M. A., & Ayu, W. S. (2021, September). Kajian Kinerja Sistem Refrigerasi Menggunakan Refrigeran R32, R22 & R1270 Menggunakan REFPROP. In *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar* (Vol. 12, pp. 472-477).
- Shaumi, B. P., Mitrakusuma, W. H., Setyawan, A., & Kurniasetiawati, A. S. (2024, August). Kaji Eksperimental Pengaruh Variasi Panjang Pipa Kapiler Terhadap Kinerja AC Split dengan Variasi Massa Refrigeran Dimethyl Ether (DME). In *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar* (Vol. 15, No. 1, pp. 502-506).

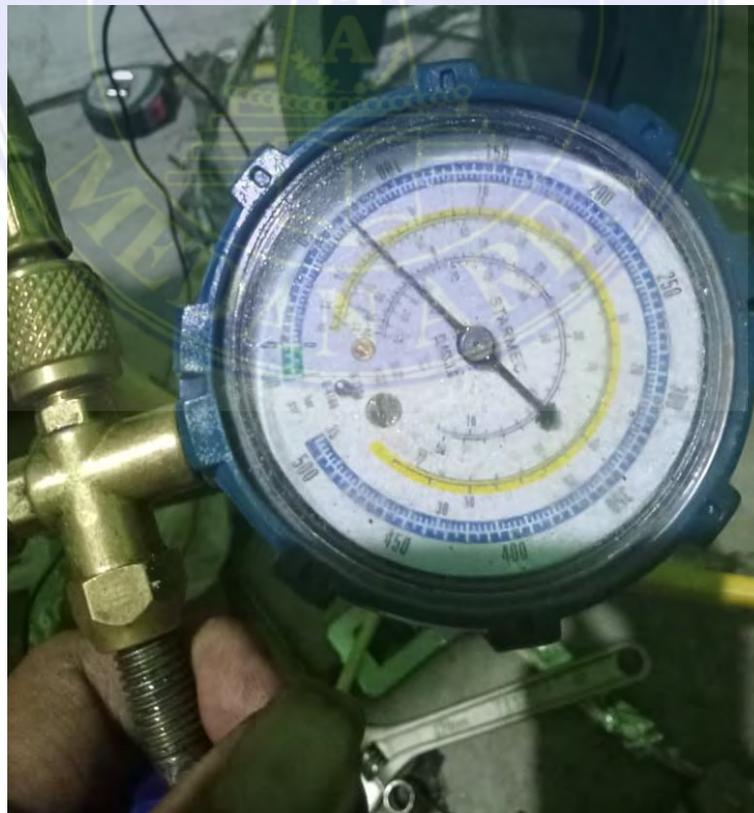
- Widodo, S., & Hasan, S. (2008). Refrigerasi dan Tata Udara. *Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional*.
- Wisaksono, A., Marwan, H., & Alogo, R. (2024). Dasar–Dasar Air Conditioner (AC) Split. *Umsida Press*, 1-57.
- Sutarsa, I. W., Putra, A. K. W., & Haryawan, I. P. A. (2023). Pengaruh Karakteristik Dimensi Pipa Kapiler Terhadap Coefficient of Performance (COP) Trainer Air Conditioner (AC) Split. *Indonesian Journal of Laboratory*, (3), 177-183.
- Kusuma, D. D. H. (2015). Pengaruh variasi panjang pipa kapiler yang dililitkan pada line suction terhadap prestasi mesin pendingin dengan LPG sebagai refrigeran.
- HARTONO, B. (2016). *Analisis Efisiensi Refrigerasi Dengan Meningkatkan Laju Aliran Massa Refrigeran Pada Ac Fuji Electric Split Duct Ro Rd 100f1* (Doctoral dissertation, Universitas Mercu Buana).
- Arief, S. (2020). Analisa Kerusakan dan Pengaruh Variasi Massa Refrigerant Terhadap Koefisien Prestasi (COP) Sistem Pengkondisian Udara AC Praktikum Lab Mesin. *Mechonversio: Mechanical Engineering Journal*, 3(1), 29-36.



LAMPIRAN



Lampiran 1.1. Pergantian Pipa Kapiler



Lampiran 1.2. Tekanan Freon Memakai Manifold



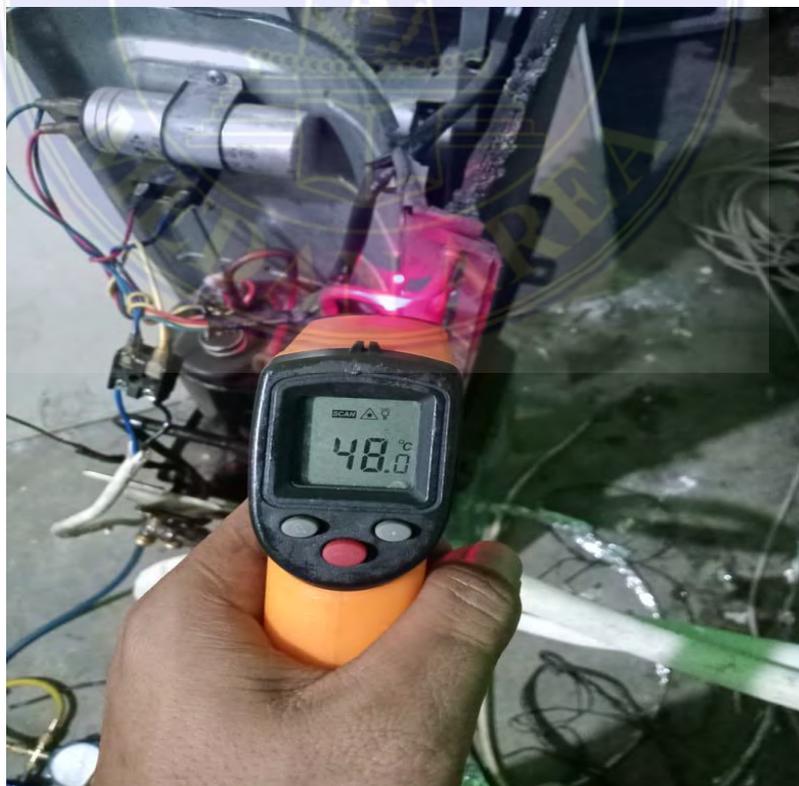
Lampiran 1.3. Mengukur Jumlah Daya Melalui Tang Ampare



Lampiran 1.4. Pengecekan Suhu Dingin Memakai Thermometer



Lampiran 1.5. Mengukur Suhu Pipa Kecil



Lampiran 1.6. Mengukur Pipa Outdoor