

TUGAS AKHIR

PENGARUH DIAMETER LUBANG PIPA ORIFICE TERHADAP *COEFICIENT OF PERFORMANCE* (COP) PADA AC MOBIL

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

MUHAMMAD ALFIAN RIZKY
1507230094



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2020**

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Alfian Rizky
NPM : 1507230094
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Pengaruh Diameter Lubang Pipa Orifice Terhadap *Coefficient Of Performance* (COP) Pada AC Mobil
Bidang ilmu : Konversi Energi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 10 Januari 2020

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I

H. Muharnif S.T., M.Sc

Dosen Penguji II

Ahmad Marabdi Siregar S.T., M.T

Dosen Penguji III

Khairul Umurani, S.T., M.T

Dosen Penguji IV

Chandra A Siregar S.T., M.T

Program Studi Teknik Mesin



LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Muhammad Alfian Rizky
Tempat /Tanggal Lahir: Tebing Tinggi/ 31-03-1998
NPM : 1507230094
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Pengaruh Diameter Lubang Pipa Orifice Terhadap *Coeficient Of Performance* (COP) Pada AC Mobil”.

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil/Mesin/Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 10 Januari 2020

Saya yang menyatakan,



Muhammad Alfian Rizky

ABSTRAK

Teknologi otomotif merupakan salah satu bidang yang sangat berkembang pesat mengikuti perkembangan zaman. Perkembangan teknologi otomotif didasarkan pada tiga hal pokok yaitu kenyamanan, keamanan dan ramah lingkungan. Sistem Air Conditioner (AC) merupakan bagian dari sistem yang ada pada mobil untuk mencapai kenyamanan dan keamanan saat berkendara. Salah satu yang berpengaruh pada sistem AC Mobil yaitu pada katup ekspansi yang didalamnya terdapat pipa yang bernama pipa orifice. Pipa orifice bertujuan sebagai pengatur kecepatan aliran fluida dari fase cair menjadi fase gas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui hubungan diameter pipa orifice terhadap Coefisien Of Performance (COP) yang dihasilkan dari kinerja AC Mobil. Pengujian dilakukan di Laboratorium Prestasi Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan variasi diameter pipa orifice yaitu 3,50 mm, 3,54 mm dan 10,38 mm. Hasilnya diperoleh nilai diameter pipa orifice 3,50 mm mendapatkan nilai COP aktual 8,65 dan COP ideal 22,2. Dan selanjutnya pada diameter pipa orifice 3,54 mm mendapatkan nilai COP aktual 8,71 dan COP ideal 16. Dan pada diameter pipa orifice 10,38 mendapatkan nilai COP aktual 8.13 dan COP ideal 17,94. Dapat disimpulkan bahwa pada diameter pipa orifice 3,50 mendapatkan nilai COP paling besar, yaitu dengan COP ideal 22,2.

Kata Kunci : AC Mobil, Diameter Pipa Orifice, COP.

ABSTRACT

Automotive technology is one of the fields that is developing rapidly following the times. The development of automotive technology is based on three main things namely comfort, safety and environmentally friendly. Air Conditioner System (AC) is part of the existing system in the car to achieve comfort and safety when driving. One of the influences on the Car AC system is the expansion valve in which there is a pipe called the orifice pipe. Orifice pipe aims as a regulator of the speed of fluid flow from the liquid phase to the gas phase. Therefore, this study was conducted to determine the relationship between the diameter of the orifice pipe to the Coefficient of Performance (COP) resulting from the performance of the Car AC. The test was conducted at the Mechanical Achievement Laboratory of the Faculty of Engineering, Muhammadiyah University North Sumatra. Data was collected using variations in diameter of the orifice pipes namely 3.50 mm, 3.54 mm and 10.38 mm. The results obtained by 3.50 mm diameter orifice pipe get an actual COP value of 8.65 and an ideal COP of 22.2. And then in the 3.54 mm orifice pipe diameter get an actual COP value of 8.71 and an ideal COP of 16. And in the orifice pipe diameter of 10.38 get an actual COP value of 8.13 and an ideal COP of 17.94. It can be concluded that the orifice pipe diameter of 3.50 gets the greatest COP value, with an ideal COP of 22.2.

Keywords: Car Air Conditioning, Orifice Pipe Diameter, COP.

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul **“Pengaruh Diameter Lubang Pipa Orifice Terhadap *Coefficient Of Performance* (COP) Pada AC Mobil”** sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

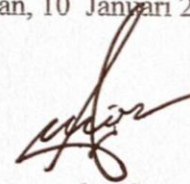
Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Khairul Umurani, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Chandra A Siregar S.T., M.T, selaku Dosen Pimbimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak H. Muharnif, S.T., M.Sc selaku Dosen Pembanding I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Ahmad Marabdi Siregar S.T., M.T selaku Dosen Pembanding II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Affandi S.T., M.T, yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu teknik mesin kepada penulis.
8. Kedua orang tua saya , yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi sampai akhir dari perkuliahan.
9. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Sahabat-sahabat penulis: Team Skripsi, Nisyah Permatasari Tambunan, Miswar Efendi, Harri Dwi Aditya, Suyatno Eko Handoko, Ryan, dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi Teknik Mesin .

Medan, 10 Januari 2020



Muhammad Alfian Rizky

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PENYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Ruang Lingkup	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 AC Mobil	4
2.1.1 Pengertian AC Mobil	4
2.1.2 Prinsip Kerja AC Mobil	4
2.1.3 Klasifikasi AC Mobil	5
2.2 Komponen AC Mobil	6
2.2.1 Komponen Utama AC Mobil	6
2.2.2 Komponen Pendukung AC Mobil	11
2.2.3 Refrigeran	15
2.2.4 Siklus Refrigerasi Kompresi Uap	16
BAB 3 METODOLOGI	20
3.1 Tempat dan Waktu	20
3.1.1 Tempat	20
3.1.2 Waktu	20
3.2 Sistem Alat AC Mobil yang Diteliti	20
3.3 Alat dan Bahan	21
3.3.1 Kompresor Mobil	21
3.3.2 Kondensor	22
3.3.3 Ekstra Fan	22
3.3.4 Katup Ekspansi	23
3.3.5 <i>Receiver Dryer</i>	23
3.3.6 Evaporator	24
3.3.7 Motor Listrik 3 Fasa	24
3.3.8 Baterai 12 Volt	25
3.3.9 <i>Refrigerant R-134a</i> .	25
3.3.10 <i>Manifold Gauge</i>	25
3.3.11 Jangka sorong	26

3.3.12 Wadah Berisikan Air Sabun	26
3.3.13 Arduino UNO	27
3.3.15 Inverter	27
3.3.16 Tachometer	28
3.3.17 Sensor temperatur DS18B20	28
3.4 Bagan Alur Penelitian	29
3.5 Proses pembuatan rangka dan perakitan komponen	30
3.6 Proses pemvakuman AC mobil	30
3.7 Proses pengisian <i>Refrigerant</i> R-134a	30
3.8 Proses pengujian AC mobil	31
3.9 Cara pengambilan data	31
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1 Data Hasil Pengukuran Kinerja sistem AC Mobil	32
4.2 Proses pembuatan rangka dan perakitan komponen	32
4.3 Proses pemvakuman AC mobil	33
4.4 Proses pengisian refrigerant R-134a	35
4.5 Proses Pengujian	37
4.6 Cara pengambilan data	39
4.7 Pembahasan	46
4.7.1 Grafik diameter orifice terhadap COP	46
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	55
5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN	
LEMBAR ASISTENSI	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Beberapa Jenis Kondensor	8
Tabel 2.2 Beberapa Jenis Evaporator	11
Tabel 2.3 Sifat Thermodinamika Refrigerant	16
Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan	20
Tabel 4.1 Data perhitungan untuk mendapatkan nilai COP_{aktual} dan COP_{ideal}	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Siklus Pendingin Ac Mobil	5
Gambar 2.2 Kompresor	7
Gambar 2.3 Kondensor	7
Gambar 2.4 Katup Ekspansi Termostatik	9
Gambar 2.5 Pipa Orifice	9
Gambar 2.6 Katup Ekspansi Otomatis	10
Gambar 2.7 Evaporator	11
Gambar 2.8 Motor Listrik AC	12
Gambar 2.9 Kopling Magnet	12
Gambar 2.10 <i>Pulley dan Belt</i>	13
Gambar 2.11 <i>Receiver Dryer</i>	14
Gambar 2.12 Blower	14
Gambar 2.13 Kipas (<i>Extra Fan</i>)	15
Gambar 2.14 Refrigerant R134a	16
Gambar 2.15 Proses Kompresi Uap Pada Diagram p-h	18
Gambar 3.1 Alat Uji	21
Gambar 3.2 Kompresor AC mobil	21
Gambar 3.3 Kondensor	22
Gambar 3.4 Kipas (<i>Extra Fan</i>)	22
Gambar 3.5 Katup ekspansi	23
Gambar 3.6 <i>Receiver Dryer</i>	23
Gambar 3.7 Evaporator	24
Gambar 3.8 Motor Listrik 3 Fasa	24
Gambar 3.8 Baterai 12 Volt	25
Gambar 3.10 Refrigeran R-134A	25
Gambar 3.11 <i>Manifold Gauge</i>	26
Gambar 3.12 Jangka sorong	26
Gambar 3.13 Wadah Berisikan Air Sabun	26
Gambar 3.14 Arduino UNO	27
Gambar 3.15 Inverter	27

Gambar 3.16 Tachometer	28
Gambar 3.17 Sensor Temperatur DS18B20	28
Gambar 4.1 Proses Pembuatan Rangka dan perakitan komponen	32
Gambar 4.2 Memasang manifold gauge	33
Gambar 4.3 Menyambung hose tengah	33
Gambar 4.4 Membuka kedua katup	34
Gambar 4.5 Menutup kedua katup	34
Gambar 4.6 Proses pemvakuman	35
Gambar 4.7 Menghubungkan nipple pada tabung R-134a	35
Gambar 4.8 Membalikkan tabung R-134a	36
Gambar 4.9 Membuka katup HP manifold gauge	36
Gambar 4.10 Stopwatch	37
Gambar 4.11 Diameter 3,50 mm	37
Gambar 4.12 Diameter 3,54 mm	38
Gambar 4.13 Diameter 10,38 mm	38
Gambar 4.14 Experiment Set-up	39
Gambar 4.15 Mengecek alat uji	40
Gambar 4.16 Laboratorium Prestasi Mesin UMSU	40
Gambar 4.17 Menyiapkan arduino uno	40
Gambar 4.18 Menyalakan AC mobil	41
Gambar 4.19 Mengecek tekanan pada manifold gauge	41
Gambar 4.20 Sensor Keluaran Evaporator (T_1)	42
Gambar 4.21 temperatur keluaran kompresor (T_2)	42
Gambar 4.22 temperatur keluaran Kondensor (T_3)	42
Gambar 4.23 temperatur keluaran Ekspansi (T_4)	43
Gambar 4.24 Hasil temperatur diameter pipa orifice 3,50 mm	43
Gambar 4.25 Hasil temperatur diameter pipa orifice 3,54 mm	44
Gambar 4.26 Hasil temperatur diameter pipa orifice 10,38 mm	44
Gambar 4.27 Grafik Pengaruh Diameter Orifice Terhadap Coeficient Of Performance (COP)	46
Gambar 4.28 Putaran Kompresor	47

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
W_{in}	besarnya kerja kompresi	(kJ/kg)
W_k	Daya Kompresor	(W)
\dot{m}	Laju aliran massa refrigerant	(kg/s)
h_1	enthalpy refrigeran saat masuk kompresor	(kJ/kg)
h_2	enthalpy refrigeran saat keluar kompresor	(kJ/kg)
Q_{out}	besarnya kalor yang dilepas kondensor	(kJ/kg)
Q_{in}	besarnya Kapasitas pendinginan	(kJ/kg)
h_3	enthalpy refrigeran saat masuk kondensor	(kJ/kg)
h_4	enthalpy refrigeran saat keluar kondensor	(kJ/kg)
COP_{aktual}	Unjuk kerja dari mesin siklus kompresi uap ac mobil aktual	
COP_{ideal}	Unjuk kerja maksimum dari mesin siklus kompresi uap ac mobil aktual	
T_e	suhu mutlak evaporator	(K)
T_c	suhu mutlak kondensor	(K)
V	Voltase	(V)
I	Arus	(A)
η	Efisiensi	(%)

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi baik dalam bidang teknologi maupun informasi sangat berkembang pesat. Dengan semakin majunya perkembangan ilmu dan teknologi pada saat ini, maka kematangan pendidikan sangat dituntut. Hal ini dikarenakan pendidikan adalah modal utama dalam membangun tenaga ahli dalam bidangnya.

Teknologi otomotif merupakan salah satu bidang yang perkembangan teknologinya selalu mengikuti perkembangan zaman dan tuntutan. Perkembangan teknologi otomotif didasarkan pada tiga hal pokok yaitu kenyamanan, keamanan dan ramah lingkungan. Suatu mobil dapat dikatakan baik bila memberikan tiga hal pokok itu. Sistem *Air Conditioner* (AC) merupakan bagian dari sistem yang ada pada mobil untuk mencapai kenyamanan dan keamanan dalam berkendara.

Fitur penyejuk udara *Air Conditioner* (AC) yang banyak digunakan pada kendaraan pada saat ini tidak terjadi begitu saja, tetapi melalui proses dan pengembangan yang cukup panjang. Awalnya untuk menyejukkan kabin kendaraan dilakukan dengan cara memasang ventilasi di bagian bawah *dashboard* dan bukaan pada kaca depan, namun cara ini belum memuaskan, karena udara yang masuk dari luar justru menimbulkan masuknya debu dan kotoran kedalam kabin mobil. Setelah cara ini dianggap kurang efektif, kemudian dipasanglah kipas. Pemasangan kipas angin ternyata cukup lumayan, sebab kipas angin dapat mengurangi panas dan rasa gerah di dalam kabin. Seiring berjalannya waktu, penggunaan kipas angin pun dirasakan belum memadai, terutama saat cuaca cukup terik, sehingga jendela mobil masih perlu dibuka. Akibatnya, keamanan dan keselamatan pengemudi menjadi kurang terjamin. Adalah William Whitley pada tahun 1884 yang menggunakan penyejuk udara untuk suasana angkutan. Ia menempatkan balok es di bagian bawah kendaraan dan menggunakan kipas untuk meniupkan hawa dinginnya. Setelah berbagai cara dilakukan, kemudian muncul cara lain yang lebih efektif untuk mendapatkan kenyamanan di dalam mobil, yakni dengan memasang *Air Conditioning* (AC).

Cikal bakal penggunaan fitur penyejuk udara (AC) dimulai pada tahun 1930-an. Mesin penyejuk ruangan mekanis yang digunakan untuk gudang, bioskop, dan bangunan publik lainnya mulai diaplikasikan untuk sistem kendaraan. Mobil pertama yang memiliki penyejuk udara mekanis di buat oleh C&C Kelvinator, Co. Diaplikasikan pada kendaraan Jhon Homman Jr di texas. Pada 23 september 1932, *General Motor Research Laboratories* menggagas penggunaan penyejuk kendaraan dengan system pendingin kompresi uap yang menggunakan bahan bakar R-12. (Juni Handoko, 2008)

Elemen dasar yang terakhir dalam daur refrigrasi uap, setelah kompresor, kondensor, dan evaporator adalah alat ekspansi. Alat ekspansi ini mempunyai 2 kegunaan, yaitu menurunkan tekanan refrigerant cair dan mengatur aliran refrigerant ke evaporator.

Di dalam ekspansi terdapat pipa orifice, pipa orifice merupakan salah satu elemen yang paling umum digunakan dalam pengukuran dan pengaturan kecepatan aliran karena strukturnya yang simple, orifice semakin meningkat kegunaannya dalam aliran dua fase, yaitu dari kondisi fase cair menjadi fase gas. Aliran dua fase dalam pipa lurus suatu orifice, perhitungan tahanan orifice tidak dapat dielakkan dan harus diperhitungkan, sementara itu ketepatan dari perhitungan merupakan faktor penting dalam keekonomisan dingin yang dihasilkan. (SUHELI, 2004).

Coefficient Of Permomance (COP) merupakan salah satu indikator pada suatu sistem refrigrasi yang sangat menentukan kerja dari sistem itu sendiri. Dengan melihat nilai dari COP pada sistem refrigrasi kita dapat mengetahui kerja dari sistem tersebut apakah sistem bekerja sebagai mana mestinya atau tidak. (M. Rifki Hidayat, 2015).

Berdasarkan penjelasan diatas bahwasanya diameter lubang orifice cukup berpengaruh terhadap perbedaan tekanan dan suhu yang dihasilkan dari sistem pendingin AC mobil. Dengan variasi pemakaian Diameter lubang orifice, untuk menentukan perbandingan mana yang lebih tepat dan baik digunakan. Maka dari itu dalam penelitian ini, saya mengambil judul **“PENGARUH DIAMETER LUBANG PIPA ORIFICE TERHADAP COEFICIENT OF PERFORMANCE (COP) PADA AC MOBIL”**

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang dari masalah yang telah dijelaskan, maka dirumuskan permasalahan berikut ini :

1. Bagaimana pengaruh diameter Pipa Orifice terhadap C.O.P Pendingin ruangan AC Mobil.
2. Apa saja langkah yang dilakukan untuk merencanakan diameter Pipa Orifice terhadap C.O.P pada AC Mobil.

1.3 Ruang Lingkup

Setiap kendaraan, khususnya mobil pasti memerlukan suatu pendinginan yaitu AC untuk mendinginkan dan mengeringkan kelembapan udara didalam ruang kabin, apalagi di negara Indonesia cuacanya cukup panas dan di kota besar sering terjadi kemacetan sehingga suhu di jalanan akan meningkat. Dalam penelitian ini akan dilakukan pengujian pengaruh diameter lubang pipa orifice terhadap C.O.P pada AC Mobil. AC sangat diperlukan untuk membuat pengemudi menjadi lebih nyaman dalam berkendara.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh diameter pipa orifice terhadap COP pada AC Mobil.
2. Merencanakan pipa orifice yang akan digunakan pada AC Mobil.

1.5 Manfaat

Manfaat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagi penulis, dapat menambah wawasan dan ilmu pengetahuan tentang kompresi uap AC mobil.
2. Diperolehnya Alat peraga AC mobil dengan konstruksi sederhana yang memudahkan pemahaman terhadap kinerja kompresi uap AC mobil.
3. Hasil penelitian dapat dipergunakan sebagai referensi bagi para peneliti yang tertarik pada perancangan ataupun penelitian tentang kompresi uap AC mobil.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 AC Mobil

2.1.1 Pengertian AC Mobil

Air conditioner (AC) merupakan suatu perlengkapan yang memelihara dan memurnikan udara didalam ruang kabin agar temperatur, kelembaban dan sirkulasi udara tetap nyaman dan terkontrol. Apabila di dalam ruangan temperatur tinggi, maka panas yang diambil agar temperatur turun disebut pendinginan. Prinsip kerja AC adalah dengan melakukan proses penyerapan dan pelepasan panas dengan menggunakan suatu zat yang mudah menyerap yaitu refrigerant. Refrigerant sendiri kondisinya dapat berubah - ubah yang disesuaikan oleh temperatur atau suhu dan tekanan yang diberikan pada refrigerant. AC sendiri suatu perlengkapan yang dapat mengkondisikan udara di dalam suatu kendaraan agar temperatur atau suhu, kebersihan dan kelembabanya dapat menjadikan nyaman bagi pengendaranya. (M. Rifki Hidayat, 2015)

2.1.2 Prinsip Kerja AC Mobil

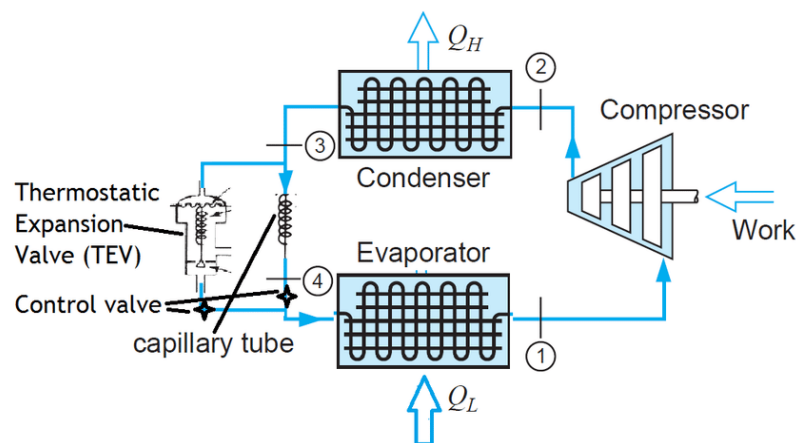
Adapun cara kerja system AC Mobil adalah sebagai berikut :

Kompresor yang digerakkan oleh tenaga mesin mobil tersebut memompa dan mensirkulasikan media pendingin/refrigerant/Freon yang masih berbentuk gas ke dalam system dengan tekanan tertentu. Selanjutnya media pendingin tersebut dialirkan ke kondensor, di kondensor media pendingin didinginkan dengan jalan melepas panas ke udara lewat sirip-sirip kondensor. Dikarenakan temperaturnya menurun maka media pendingin yang tadinya berbentuk gas dari kompresor akan berubah menjadi media pendingin berbentuk cair.

Selanjutnya media pendingin tersebut dialirkan ke *filter/ dryer* untuk dilakukan penyaringan maupun pengeringan terhadap uap air yang ikut beredar di dalam sistem. Media Pendingin yang sudah di *filter* lalu mengalir ke katup ekspansi yang bertugas untuk menurunkan tekanan media pendingin, karena tekanan turun maka otomatis temperatur juga turun akibat dari penurunan tekanan media pendinginan berubah menjadi kabut dengan temperatur yang rendah.

Media pendingin yang sudah turun tekanan dan temperaturnya lalu mengalir ke evaporator, akibatnya evaporator menjadi dingin, udara yang mengalir melalui sirip-sirip evaporator panasnya diserap sehingga temperatur udara tersebut menjadi turun. Udara yang sudah turun temperaturnya mengalir kedalam ruangan kabin sehingga terasa sejuk. Sementara itu di dalam evaporator terjadi perubahan bentuk pada media pendingin, yang semula berbentuk kabut dari katup ekspansi berubah menjadi gas pada evaporator. Media pendingin yang sudah dalam bentuk gas dari evaporator siap dihisap kembali dan di sirkulasikan kedalam sistem. (Moch. Saiful Rokim, 2014).

Pada Gambar 2.1 adalah siklus pendingin sistem AC Mobil fase awal sampai akhir.



Gambar 2.1 Siklus Pendingin Ac Mobil
(Sumber : Azridjal Aziz, 2013)

2.1.3 Klasifikasi AC Mobil

Pada dasarnya sistem AC Mobil bekerja berdasarkan siklus refrigerasi kompresi uap. AC Mobil adalah suatu mesin yang digunakan untuk :

- Mengontrol temperature
- Mengontrol sirkulasi udara
- Mengontrol kelembapan
- Memurnikan udara

Selain itu keberadaan AC Mobil juga berhubungan dengan hal-hal berikut :

- Menjaga kondisi pengemudi sehingga tetap siaga

- Menjaga pandangan pengemudi dari terbentuknya kabut pada kaca.

Mesin refrigerasi mempertahankan kondisi baik suhu dan kelembapannya agar nyaman dengan cara sebagai berikut :

1. Pada saat suhu ruangan tinggi, AC akan mengambil panas dari udara sehingga suhu diruangan turun (disebut pendinginan). Sebaliknya saat suhu ruangan rendah, AC akan memberikan panas ke udara sehingga suhunya naik (disebut pemanasan).
2. Bersamaan dengan itu, Kelembapan udara juga dapat diatur sehingga kelembapan udara dapat dipertahankan.

Dengan demikian untuk menunjang kerja mesin refrigerasi tersebut, diperlukan *cooler* (penyejuk), *heater* (pemanas), *moisture controller*, dan *ventilator*. Pada perlengkapan mesin refrigerasi untuk mobil selalu berbeda menurut lingkungannya seperti untuk lingkungan di Indonesia tidak mempunyai musim dingin sehingga tidak memerlukan heater, melainkan hanya memerlukan *cooler* dan pengatur aliran udara.

2.2 Komponen AC Mobil dan cara kerjanya masing-masing

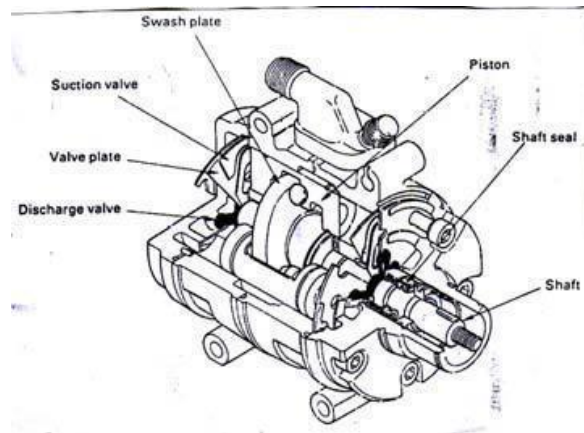
2.2.1 Komponen Utama AC Mobil

Pada sistem pendingin ruangan AC mobil terdiri dari beberapa komponen utama yang memiliki peran berbeda-beda, antara lain kompresor, kondensor, katup ekspansi dan evaporator.

1. Kompresor

Kompresor adalah jantung dari system AC mobil dan tugas kompresor adalah untuk menjalankan freon ke seluruh bagian AC mobil serta menghisapnya kembali. Pada bagian ini kompresor memiliki 2 fungsi yakni memberikan tekanan dan menghisapnya kembali tekanan yang telah diberikan dari saluran tekan. Jika kompresor sudah lemah maka udara yang keluar dari AC akan terasa kurang dingin, dan itu akan dapat dilihat dari alat bantu untuk melihat tekanan pada AC (manometer). Jika kompresor masih baik atau masih layak pakai maka tekanan pada manometer untuk hisap berkisar antara angka 25-35 PSi, dan pada bagian tekan berkisar antara angka 200-250 PSi. Adapun kompresor yang saat ini beredar di

pasaran tanah air terdapat 2 merk ternama yaitu Denso (ND), dan Sanden (SD). Pada Gambar 2.2 adalah jenis kompresor merk Sanden (SD).

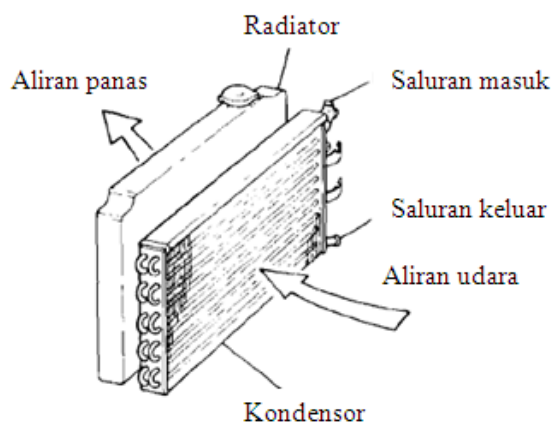


Gambar 2.2 Kompresor

(Sumber : Ramadha Angger Wiharsha, 2018)

2. Kondensor

Kondensor adalah bagian dari sistem sirkulasi AC Mobil setelah kompresor, bagian ini berfungsi untuk mendinginkan Freon yang akan dialirkan kedalam evaporator, dan prinsip kerja kondensor ini adalah menghisap dingin untuk mengeluarkan panas, maka bagian kondensor ini jika disentuh dengan tangan akan terasa panas. pada bagian kondensor ini Freon yang tadinya berbentuk uap dan ditekan oleh kompresor akan berubah menjadi cair. Pada Gambar 2.3 adalah bentuk dari kondensor.



Gambar 2.3 Kondensor

(Sumber : Ramadha Angger Wiharsha, 2018)

Tabel 2.1 Beberapa Jenis Kondensor (W.F. Stoecker, 1989)

Komponen	Refrigerant	Fluida
Kondensor	Didalam pipa	Gas diluar
		Cairan diluar jarang digunakan
	Diluar pipa	Gas didalam
		Cairan didalam jarang digunakan

3. Katup Ekspansi

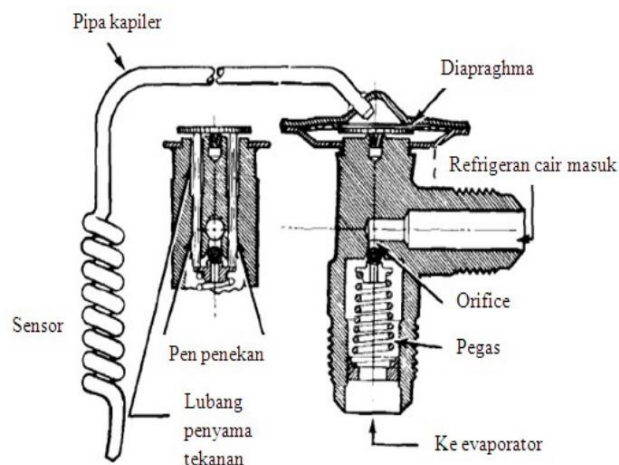
Komponen ini berfungsi menurunkan tekanan dan temperatur refrigerant, sehingga menimbulkan efek dingin pada evaporator. ada 2 jenis katup ekspansi yang digunakan dalam sistem AC mobil, yaitu katup ekspansi jenis termostatik dan katup ekspansi jenis otomatis.

a. Katup ekspansi termostatik

Bagian-bagian katup ekspansi terdiri dari orifice, sensor, pipa kapiler, diafragma, pen penekan, dan pegas. Di dalam sensor dan pipa kapiler berisi gas yang mudah mengembang (refrigerant, CO₂). Selain menurunkan suhu dan tekanan refrigerant, katup ekspansi termostatik juga berfungsi mengatur banyaknya refrigerant yang mengalir di dalam sistem AC mobil. Banyaknya aliran refrigerant disesuaikan dengan beban panas pada evaporator. Prinsip kerja katup ekspansi termostatik dapat dijelaskan sebagai berikut. pada kondisi beban panas normal, refrigerant cair bertekanan tinggi masuk kedalam katup ekspansi melewati orifice dalam jumlah yang sesuai dengan diatur pembukaannya oleh pegas. Pada kondisi ini tekanan di sisi atas diafragma sama dengan tekanan di sisi bawah. Saat melewati orifice, refrigerant mengalami proses pengkabutan sehingga tekanan dan temperaturnya turun yang selanjutnya mengalir ke evaporator.

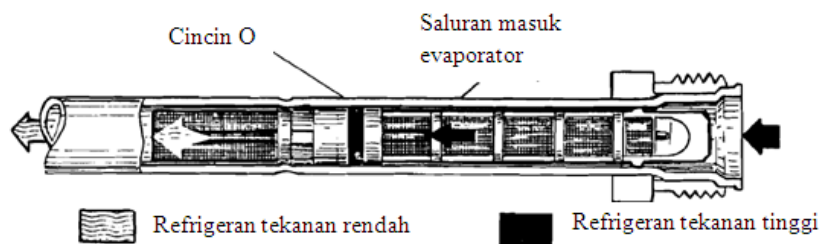
Ketika beban panas di evaporator meningkat, refrigerant yang mengalir pada saluran keluar evaporator akan mengalami kenaikan temperatur. Kondisi ini menyebabkan gas yang ada di dalam sensor dan pipa kapiler akan mengembang dan mengalami kenaikan tekanan. Selanjutnya, gas akan menekan diafragma dan mendorong plat dan pegas melalui pen penekan. Ini menyebabkan saluran orifice terbuka lebih lebar sehingga lebih banyak refrigerant yang mengalir ke evaporator. kondisi ini

akan berlangsung terus sampai beban panas kembali normal. Kondisi ini sebaliknya terjadi saat beban panas berkurang. pada kondisi ini, refrigerant pada saluran keluar evaporator mengalami penurunan temperature. Hal ini menyebabkan gas yang ada didalam sensor dan pipa kapiler mengalami penyusutan. Akibatnya tekanan disisi atas diafragma menjadi lebih kecil daripada tekanan disisi bawah. Gambar 2.4 menunjukkan konstruksi katup ekspansi termostatik.



Gambar 2.4 Katup Ekspansi Termostatik

(Sumber : Ramadha Angger Wiharsha, 2018)



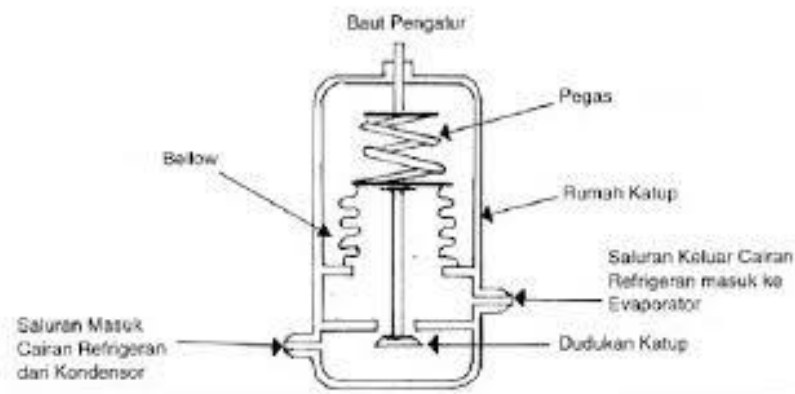
Gambar 2.5 Pipa Orifice

(Sumber : Ramadha Angger Wiharsha, 2018)

b. Katup ekspansi otomatis

Katup ekspansi otomatis menjaga agar tekanan hisap atau tekanan evaporator besarnya tetap konstan. bila beban evaporator bertambah maka temperatur evaporator menjadi naik karena banyak cairan refrigerant yang

menguap sehingga tekanan didalam saluran hisap (evaporator) akan menjadi naik juga. akibatnya “bellow” akan menekan keatas hingga lubang aliran refrigerant akan menyempit dan cairan refrigerant yang masuk ke evaporator menjadi berkurang. bentuk katup ekspansi otomatis dapat dilihat pada Gambar 2.6.



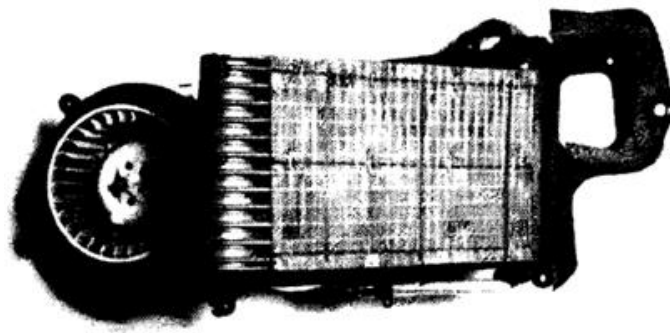
Gambar 2.6 Katup Ekspansi Otomatis

(Sumber : Ramadha Angger Wiharsha, 2018)

Pada dasarnya katup tersebut terdiri dari : jarum dan dudukannya, diafragma, sebuah pegas dengan baut pengatur, sebuah saringan pada bagian masuk. katup ekspansi otomatis bekerja berdasarkan tekanan yang seimbang pada diafragma, dari dua tekanan yang berlawanan dan saling mengimbangi. prinsip kerja katup ekspansi otomatis adalah apabila tekanan evaporator menekan diafragma keatas, membuat lubang saluran refrigerant menutup.

4. Evaporator

Prinsip kerja evaporator adalah menyerap hawa panas untuk mengeluarkan hawa dingin, atau kebalikan dari fungsi kondensor. jumlah panas yang diserap oleh evaporator oleh evaporator harus sama dengan jumlah hawa dingin yang diserap kondensor. jika tidak terjadi keseimbangan itu maka sistem AC mobil akan terasa kurang maksimal. pada umumnya evaporator dibersihkan dalam jangka waktu 1 tahun atau setiap 20.000 km dan disertai dengan penggantian filter dryer. Gamabr 2.7 menunjukkan konstruksi evaporator pada sistem AC Mobil.



Gambar 2.7 Evaporator

(Sumber : Ramadha Angger Wiharsha, 2018)

Tabel 2.2 Beberapa Jenis Evaporator (W.F. Stoecker, 1989)

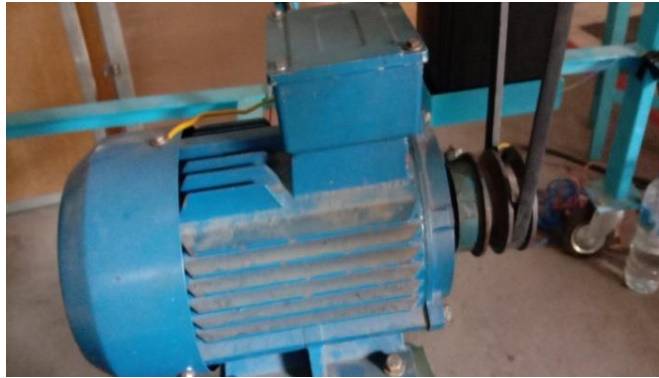
Komponen	Refrigerant	Fluida
Evaporator	Didalam pipa	Gas diluar
		Cairan diluar jarang digunakan
	Diluar pipa	Gas didalam
		Cairan didalam jarang digunakan

2.2.2 Komponen Pendukung AC Mobil

Komponen pendukung pada sistem AC Mobil terdiri dari Motor listrik, kopling magnet, *pulley* dan *belt*, *receiver dryer*, *blower*, kipas (*extra fan*).

1. Motor Listrik AC

Motor arus bolak-balik menggunakan arus listrik yang membalikkan arahnya secara teratur pada rentang waktu tertentu. Motor listrik memiliki dua bagian yaitu stator dan rotor. Stator merupakan komponen listrik statis dan rotor merupakan komponen listrik berputar untuk memutar motor. Kecepatan motor AC lebih sulit dikendalikan karena tidak ada pengaturan putaran motor. Untuk mengatasi kerugian ini, motor AC dapat dilengkapi dengan penggerak frekuensi variabel untuk meningkatkan dan menurunkan daya putaran motor. Untuk motor listrik AC dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 Motor Listrik AC

2. Kopling Magnet

Kopling magnet adalah perlengkapan kompresor yang berfungsi untuk memutus dan menghubungkan kompresor dengan *pulley* penggerakannya. Saat motor listrik bekerja, *pulley* berputar karena terhubung dengan motor listrik melalui belt. Pada saat ini kompresor belum bekerja. Ketika sistem AC dihidupkan, amplifier memberikan arus listrik ke koil stator sehingga timbul medan *electromagnet* yang akan menarik *pressure plate* dan menekan permukaan *pulley*. Hal ini menyebabkan *pressure plate* berputar mengikuti putaran *pulley* sehingga kompresor akan berputar. Gambar 2.9 menunjukkan kopling magnet pada sistem AC mobil.



Gambar 2.9 Kopling Magnet

3. *Pulley dan Belt*

Pulley berfungsi sebagai rumah *belt*. *Pulley* dan *belt* merupakan komponen penerus tenaga dari mesin ke kompresor AC mobil. Jenis *belt* yang biasa digunakan pada AC mobil diantaranya adalah *V-belt* dan *ribbed belt*.

Perbedaan keduanya terletak pada bentuk dan kemampuan meneruskan tenaga. Jenis *ribbed belt* memiliki kemampuan meneruskan tenaga lebih baik dari jenis V-belt dan tidak mudah slip. Gambar 2.10 menunjukkan pulley dan belt.



Gambar 2.10 *Pulley dan Belt*

4. *Receiver Dryer*

Komponen ini sering digunakan pada AC mobil yang menggunakan katup ekspansi termostatik untuk menurunkan tekanan refrigerant. Komponen ini diletakkan diantara kondensor dan evaporator sebelum katup ekspansi. Di dalam *receiver* terdapat saringan dan pengering yang berfungsi menyerap kotoran dan air yang terbawa bersirkulasi bersama refrigerant. Filter terpasang pada saluran keluar *receiver* bagian dalam. Filter ini terbuat dari kasa tembaga dan berfungsi menyaring kotoran agar tidak masuk kedalam katup ekspansi. Pada bagian atas *receiver* terdapat *sight glass* yang berfungsi untuk mengetahui kondisi refrigerant dalam sistem AC. Didalam *dryer* berisi zat yang dapat menyerap uap air berupa *silicagel* untuk penggunaan R-134a. *Receiver* merupakan tempat penyimpanan sementara refrigerant setelah dicairkan oleh kondensor dan sebelum masuk ke katup ekspansi. Fungsi lainnya adalah sebagai penyaring kotoran dalam sistem sirkulasi AC. Gambar 2.11 adalah konstruksi *receiver dryer* pada sistem AC mobil.



Gambar 2.11 *Receiver Dryer*

5. *Blower*

Blower AC mobil berfungsi untuk menghembuskan udara kearah evaporator yang sedang bekerja, sehingga suhu udara menjadi lebih dingin setelah melewati evaporator. Udara dingin yang keluar dari evaporator ini kemudian mengalir keluar menuju ruangan di dalam ruangan kabin. Gambar 2.12 menunjukkan bentuk dari *blower* .



Gambar 2.12 *Blower*

6. Kipas (*Extra Fan*)

Kipas berfungsi untuk membantu kondensor melepaskan kalor keluar. Kipas terletak diluar kabin yang terdiri dari motor penggerak. Jenis kipas yang

biasa digunakan adalah jenis *axial flow*. Untuk kipas (*extra fan*) dapat dilihat pada gambar 2.13.



Gambar 2.13 Kipas (*Extra Fan*)
(Sumber : Ramadha Angger Wiharsha, 2018)

2.2.3 Refrigeran

Refrigeran adalah zat yang bertindak sebagai fluida kerja media pendingin yang menyerap panas dari air, udara, benda atau bahan lain sehingga mudah berubah wujudnya dari cair menjadi gas dan membuang panas ke udara atau air sehingga mudah berubah wujud dari gas menjadi cair.

Untuk keperluan mesin refrigerasi maka refrigeran harus memenuhi persyaratan tertentu agar diperoleh performa mesin yang efisien. Disamping itu refrigerant juga tidak beracun dan tidak mudah terbakar. Sehingga pemilihan refrigerant hanya didasarkan atas sifat fisik, sifat kimiawi dan sifat termodinamik. Sifat-sifat tersebut dapat memenuhi persyaratan refrigeran, yaitu : Titik penguapan rendah, kestabilan tekanan, panas yang tinggi, mudah mengembun pada suhu ruang, mudah bercampur dengan oli pelumas dan tidak korosif. Untuk refrigerant yang dipakai adalah R134a, dapat dilihat pada gambar 2.14.



Gambar 2.14 Refrigerant R134a

Tabel 2.3 Sifat Termodinamika Refrigerant (Mega Nur Sasongko, 2010)

Refrigeran	NBP, °C	Temperatur Kritis, °C	Tekanan Kritis, Bar	Titik Beku, °C	Tekanan Operasi Refrigeran, bar		V*, m ³ /hr/TR	h _{fg} , kJ/kg
					p _{eva} pada 5°C	p _{kond} pada 40°C		
R-11	23,7	197,78	43,7	-111,0	0,4967	1,748	0,772	148,5
R-12	-29,8	112,04	41,15	-136,0	3,62	9,60	10,867	108,4
R-22	-40,8	96,02	96,02	-160,0	5,836	15,331	6,668	108,4
R-113	45,9	214,1	34,15	-36,6	0,1903	0,7809	186,9	111,8
R-114	3,6	145,8	32,7	-94,0	1,069	3,454	37,6	88,6
R-134a	-26,15	101,06	40,56	-96,6	3,5	10,167	10,867	139,8
R-152a	-24,15	113,3	45,2	-117,0	3,149	9,092	11,572	226,5
R-290	-42,1	96,8	42,56	-187,1	5,478	13,664	7,737	252,4
R-600a	-11,73	135,0	36,45	-159,6	1,88	5,361	21,24	226,5
R-718	100	374,5	221,3	0,0	0,00874	0,0738	825,6	2342,5*
R-717	-33,35	31,1	73,72	-77,7	5,16	15,54	6,124	1053,4
R-744	-78,4	31,1	73,72	-56,6	-	-	1,33	156,7**

2.2.4 Siklus Refrigerasi Kompresi Uap

Berikut ini adalah siklus sistem refrigerasi kompresi uap, terdapat 4 proses utama yang dapat dijelaskan sebagai berikut :

a. Proses Kompresi (Proses 1-2)

Proses ini terjadi di kompresor, dimana uap refrigerant dengan tekanan dan temperatur rendah yang masuk ke kompresor di kompresikan didalam silinder sehingga temperatur dan tekanan uap refrigeran yang keluar dari kompresor mengalami kenaikan. Proses yang terjadi didalam kompresor diasumsikan sebagai proses isentropic dan besarnya kerja kompresi dapat dinyatakan dengan persamaan berikut (Widiyatmoko dkk. 2015).

$$W_{in} = (h_2 - h_1) \quad (2.1)$$

b. Proses Kondensasi (Proses 2 - 3)

Proses ini terjadi di kondensor dimana uap refrigeran bertemperatur dan bertekanan tinggi yang masuk ke kondensor melalui *discharge line* dikondensasikan di dalam kondensor mengalami perubahan fase uap ke fase cair. Besarnya kalor yang dilepas di kondensor dapat dinyatakan dengan persamaan berikut (Widiyatmoko dkk. 2015).

$$Q_{out} = (h_2 - h_3) \quad (2.2)$$

c. Proses Ekspansi (Proses 3 - 4)

Proses ini terjadi di alat ekspansi dimana refrigeran cair yang berasal dari kondensor di ekspansi sehingga temperatur dan tekanan refrigeran yang keluar dari alat ekspansi turun drastis dan selanjutnya masuk evaporator untuk menyerap kalor dari ruangan atau media yang hendak didinginkan. Pada proses ini refrigeran tidak mengalami penambahan atau pengurangan energy sehingga prosesnya dalam kondisi enthalpy konstan (Widiyatmoko dkk. 2015).

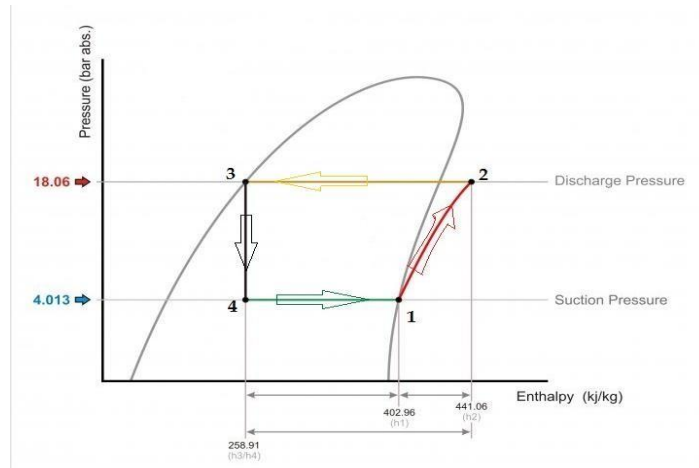
$$H_3 = h_4 \quad (2.3)$$

d. Proses Evaporasi (Proses 4 - 1)

Proses ini terjadi di evaporator dimana refrigeran cair yang masuk ke evaporator menyerap kalor dari ruangan atau media yang hendak didinginkan dengan adanya penyerapan kalor tersebut maka refrigerant diharapkan berubah fasa dari fasa cair menjadi fasa uap jenuh (saturasi). Besarnya kalor yang diserap oleh refrigeran di evaporator dinyatakan dengan persamaan berikut (Widiyatmoko dkk. 2015).

$$Q_{in} = (h_1 - h_4) \quad (2.4)$$

Berikut adalah gambar proses kompresi uap diagram P-h, dapat dilihat pada Gambar 2.15.



Gambar 2.15 Proses Kompresi Uap Pada Diagram p-h
(Sumber : Widiyatmoko dkk. 2015).

e. COP_{aktual} (*Coefficient Of Performance*)

COP aktual adalah efisiensi siklus yang dinyatakan sebagai rasio penyerapan panas pada ruang pendingin yang setara dengan energi panas masuk ke kompresor (Widiyatmoko dkk. 2015).

$$COP_{aktual} = \frac{\text{Efek Refrigerasi}}{\text{Kerja Kompresor}}$$

$$COP_{aktual} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \quad (2.5)$$

f. COP_{ideal} (*Coefficient of Performance*)

COP ideal adalah COP maksimal yang dapat di capai oleh mesin pendingin yang bekerja pada kondisi yang sama. COP ideal dari mesin AC mobil dapat dihitung dengan :

$$COP_{ideal} = \frac{T_e}{T_c - T_e} \quad (2.6)$$

g. Efisiensi dari sistem AC mobil

Besarnya efisiensi AC mobil dapat dihitung menggunakan Persamaan berikut :

$$\eta = (COP_{Aktual} : COP_{Ideal}) \times 100\% \quad (2.7)$$

h. Laju Aliran Massa

Untuk mendapatkan besarnya laju aliran massa dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\dot{m} = \frac{(V.I)/1000}{W_{in}} \quad (2.8)$$

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1 Tempat

Tempat Penelitian dilakukan di Laboratorium Prestasi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.1.2 Waktu

Waktu pelaksanaan penelitian dilakukan setelah mendapat persetujuan dari pembimbing pada tanggal 08 Juli 2019

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan

No	Jenis Kegiatan	Waktu (Bulan)							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Pengajuan Judul	■							
2	Studi Literatur	■	■						
3	Desain Alat		■	■					
4	Perakitan Alat			■	■	■			
5	Pengujian Alat				■	■	■		
6	Pengolahan Data					■	■	■	
7	Penulisan Laporan						■	■	■
8	Seminar dan sidang								■

3.2 Sistem Alat AC Mobil yang Diteliti

Sistem alat ac mobil yang diteliti adalah dengan siklus kompresi uap dari komponen standar yang di pasaran. Ac mobil yang bekerja dengan siklus kompresi uap yang disertai pemanasan lanjut dan pendingin lanjut, dengan putaran kompresor 1254,6 rpm sama dengan 20,91 Hz. Proses pendinginan yang terjadi dalam ac mobil ini dengan cara menghembuskan udara melalui evaporator. Udara dingin yang dihasilkan kemudian dialirkan keruangan kabin. Dapat dilihat Dapat dilihat pada gambar 3.1 adalah alat yang akan dilakukan uji.



Gambar 3.1 Alat Uji

3.3 Alat dan Bahan

Dalam penelitian ini bahan dan alat yang di gunakan untuk menjalankan sistem rangkaian AC mobil adalah sebagai berikut :

3.3.1 Kompresor Mobil

Kompresor mobil yang digunakan didalam penelitian ini menggunakan Kompresor seperti pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Kompresor AC mobil

Jenis kompresor : *swash plate*

Voltase : 220 V

3.3.2 Kondensor

Kondensor yang digunakan dalam penelitian ini, dapat kita lihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Kondensor

Jenis kondensor : Kondensor pipa bersirip
Ukuran : P x l x t = 46 cm x 2 cm x 38 cm
Bahan pipa : besi (3 cm)
Bahan sirip : Aluminium

3.3.3 Ekstra Fan

Ekstra fan yang digunakan dalam penelitian ini seperti pada gambar 3.4

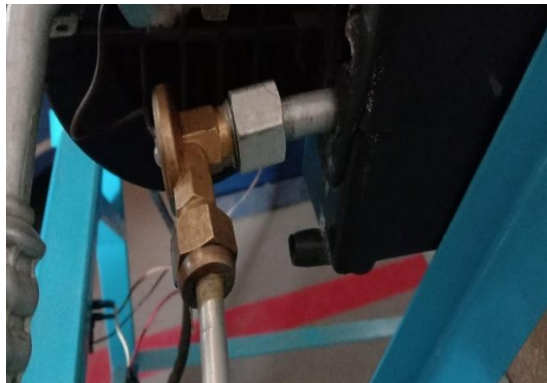


Gambar 3.4 Kipas (*Extra Fan*)

Jenis ekstra fan : ACM
Diameter : 26 cm
Bahan fan : plastik

3.3.4 Katup Ekspansi

Katup ekspansi yang digunakan dalam penelitian ini seperti pada gambar 3.5



Gambar 3.5 Katup ekspansi

Jenis Katup Ekspansi : Termostatik

Bahan Katup Ekspansi : Tembaga

3.3.5 Receiver Dryer

Receiver Dryer yang digunakan dalam penelitian ini dapat kita lihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 *Receiver Dryer*

Bahan Tabung *Receiver Dryer* : Besi

Diameter : 6,3 cm

Tinggi : 20 cm

3.3.6 Evaporator

Evaporator yang digunakan dalam penelitian ini seperti Pada gambar 3.7 dapat kita lihat bentuk dari evaporator.



Gambar 3.7 Evaporator

- Bahan pipa evaporator : tembaga (6 mm)
- Bahan sirip : Aluminium
- Ukuran evaporator : $p \times l \times t = 40 \text{ cm} \times 16,5 \text{ cm} \times 11 \text{ cm}$

3.3.7 Motor Listrik 3 Fasa

Motor listrik berfungsi sebagai penggerak mula yang memutar kompresor agar sistem AC dapat berjalan. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.8.



Gambar 3.8 Motor Listrik 3 Fasa

- Daya Motor listrik : 3 HP
- Voltase : 1 Phase (220 V)
- Putaran : 3000 rpm

3.3.8 Baterai 12 Volt

Baterai 12 Volt di gunakan sebagai sumber arus pertama untuk menjalankan sistem rangkaian AC mobil. Baterai dapat kita lihat pada gambar 3.9.



Gambar 3.9 Baterai 12 Volt

3.3.9 Refrigerant R-134a.

Refrigerant R-134a digunakan sebagai fluida kerja pada mesin AC mobil. Dalam penelitian menggunakan *refrigerant R134a* karena lebih ramah lingkungan dari pada jenis *refrigerant* yang lain yang beredar di pasaran. *Refrigeran R 134a* disajikan pada gambar 3.10.



Gambar 3.10 Refrigeran R-134A

3.3.10 Manifold Gauge

Alat yang berfungsi untuk mengatur tekanan *refrigerant* pada saat pengisian freon maupun saat AC mobil sedang bekerja. Merah untuk tekanan tinggi dan biru untuk tekanan rendah. Gambar 3.11 adalah gambar *manifold gauge*.



Gambar 3.11 *Manifold Gauge*

3.3.11 Jangka sorong

Jangka sorong digunakan untuk mengukur diameter dari pipa orifice.

Dapat dilihat pada gambar 3.12.



Gambar 3.12 Jangka sorong

3.3.12 Wadah Berisikan Air Sabun

Digunakan untuk mengecek sela-sela sambungan pipa bila ada kebocoran yang ada di rangkaian AC mobil. Gambar 3.13 adalah wadah berisikan air sabun.



Gambar 3.13 Wadah Berisikan Air Sabun

3.3.13 Arduino UNO

Arduino UNO adalah suatu perangkat yang berfungsi untuk membaca suhu yang diletakkan di beberapa titik yang telah ditentukan. Gambar 3.14 ini menunjukkan Arduino UNO.



Gambar 3.14 Arduino UNO

Tegangan Operasi : 5V
Batas Tegangan Input : 6-20 V
Flash Memory : 32 KB (ATmega328)

3.3.14 Inverter

Inverter berfungsi untuk mengatur kecepatan frekuensi dan menstabilkan arus tanpa mengubah tegangan. Dapat dilihat pada gambar 3.15.



Gambar 3.15 Inverter

3.3.15 Tachometer

Tachometer berfungsi sebagai alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan putaran (Rpm) kompresor. Dapat dilihat pada gambar 3.16.



Gambar 3.16 Tachometer

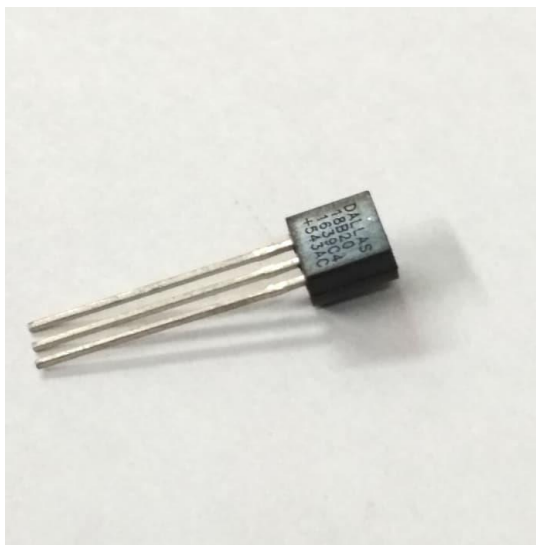
Voltase Input : 9 V (baterai kotak)

Jangkauan Pengujian Contact : 2 to 20.000 Rpm

Akurasi : $\pm (0.05\% + 1 \text{ digit})$

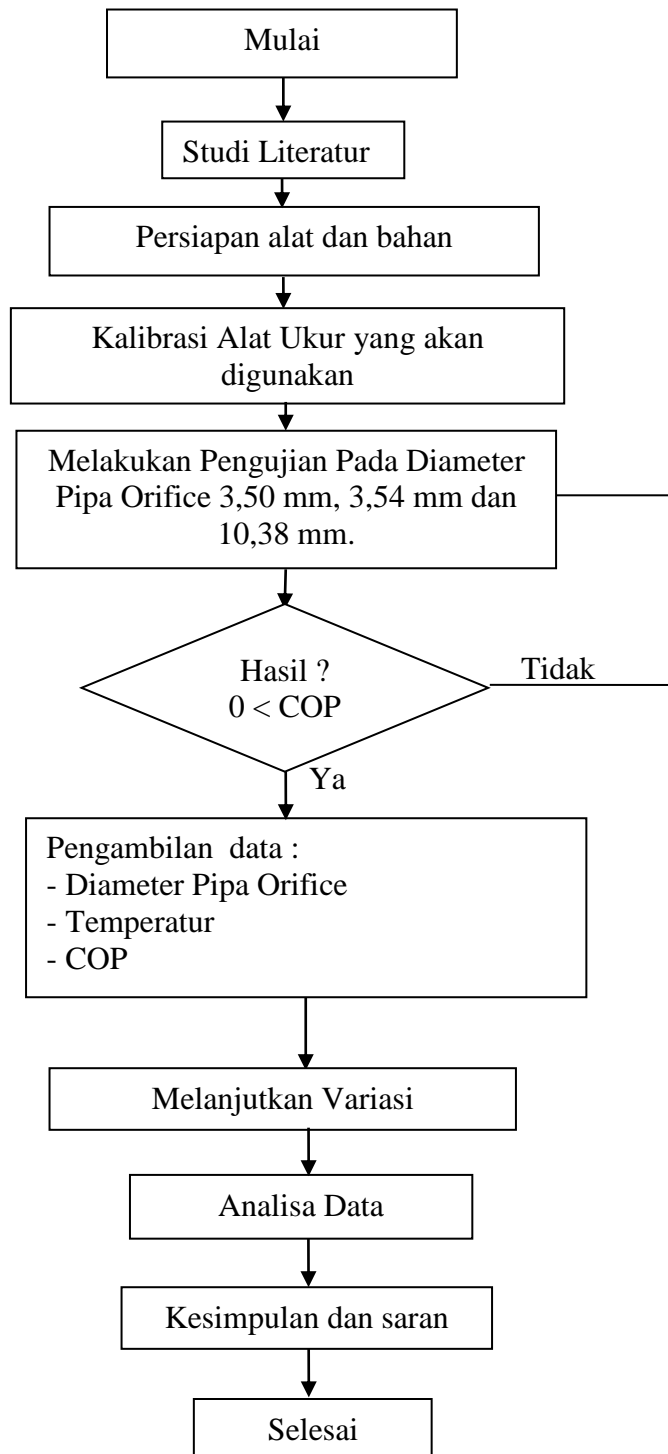
3.3.15 Sensor Temperature DS18B20

DS18B20 ini adalah sensor suhu digital seri terbaru dari Maxim IC. Sensor ini mampu membaca suhu dengan ketelitian 9 hingga 12 bit, dengan ketelitian ($\pm 0.5^{\circ}\text{C}$). Dapat dilihat pada gambar 3.17.



Gambar 3.17 Sensor Temperature DS18B20

3.4 Bagan Alur penelitian



3.5 Proses pembuatan rangka dan perakitan komponen

3.6 Proses pemvakuman AC mobil

Langkah-langkah pemvakuman dapat dilakukan sebagai berikut:

1. Memasang *manifold gauge* HP (*high pressure*) pada saluran *disharge* dan LP (*low pressure*).
2. Menyambung *hose* tengah pada *manifold gauge* ke saluran hisap pompa vakum (*vacum pump*).
3. Membuka kedua katup pada *manifold gauge* (HP dan LP).
4. Menghidupkan pompa vakum sampai tekanan pada manifold gauge mencapai -30 Hg atau minimal 10 menit.
5. Menutup kedua katup pada manifold gauge dan matikan pompa vakum.
6. Membiarkan kondisi ini minimal 5 menit dan perhatikan tekanan manifold gauge. Pada Gambar 3.18 adalah proses pemvakuman.
7. Jika terjadi kenaikan setelah langkah no 6, berarti terjadi kebocoran pada sistem dan perbaiki.
8. Mengulangi langkah pemvakuman 1-7 kembali hingga tidak terjadi kebocoran.

3.7 Proses pengisian *Refrigerant* R-134a

Langkah-langkah pengisian dapat dilakukan sebagai berikut:

1. Menghubungkan nippel pada tabung R-134a dengan hose tengah pada manifold gauge
2. Membalikkan katup tabung R-134a agar refrigeran yang keluar berupa cairan.
3. Membuka katup tabung R-134a sehingga refrigeran dapat masuk ke hose tengah ke manifold gauge dengan posisi kedua katup pada manifold gauge tertutup.
4. Membuka sedikit hose tengah dengan membuang udara yang terdapat pada hose tengah tersebut kemudian kencangkan kembali.
5. Buka katup manifold gauge sisi HP untuk memasukkan refrigeran dari sisi tekanan tinggi.
- 6 Menutup katup manifold gauge sisi HP.

3.8 Proses pengujian

1. Pengujian pertama selama 10 menit menggunakan katup ekspansi dengan diameter lubang pipa orifice 3,50 mm.
2. Pengujian kedua selama 10 menit menggunakan katup ekspansi dengan diameter lubang pipa orifice 3,54 mm.
3. Pengujian ketiga selama 10 menit menggunakan katup ekspansi dengan diameter lubang pipa orifice 10,38 mm.

3.9 Cara pengambilan data

1. Langkah awal dalam pengambilan data dimulai dengan memastikan semua komponen pada sistem kerja AC mobil berfungsi dengan baik.
2. Penelitian dilakukan di laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Menyiapkan alat bantu arduino UNO dan laptop untuk pengambilan data.
4. Melakukan kalibrasi pada alat ukur yang akan digunakan bila diperlukan.
5. Menyalakan mesin AC mobil
6. Membiarkan mesin AC mobil bekerja sekitar 10-20 menit tujuannya agar kerja dari komponen siklus kompresi uap stabil.
7. Mengecek tekanan pada alat ukur *pressure gauge* (P_1 dan P_2).
8. Setelah semua berjalan dengan baik dan mesin AC mobil bekerja stabil maka pengambilan data penelitian dapat dilakukan sesuai dengan yang telah ditetapkan.
9. Data yang diambil dalam waktu 10 menit yaitu:
temperatur keluaran evaporator (T_1), temperatur keluaran kompresor (T_2), temperatur keluaran kondensor (T_3), temperatur keluaran ekspansi (T_4).
10. Hasil dari data yang diperoleh

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengukuran Kinerja sistem AC Mobil

Hasil pengukuran terhadap variasi diameter lubang pipa orifice didalam katup ekspansi Pada masing masing ekspansi dilakukan selama 10 menit pada sistem ac mobil beroperasi.

Data yang didapat dari pengamatan kinerja kompresor sistem AC mobil dengan memvariasikan diameter lubang pipa orifice yaitu : 3,50 mm, 3,54 mm dan 10,38 mm, pada pengujian ini di ukur nilai temperatur keluaran evaporator (T_1), temperatur keluaran kompresor (T_2), temperatur keluaran kondensor (T_3), temperatur keluaran ekspansi (T_4).

4.2 Proses pembuatan rangka dan perakitan komponen

Pada peroses ini rangka serta komponen AC mobil sudah terpasang (sudah jadi). Namun dalam kelistrikan (*blower*, kipas kondensor) belum dapat digunakan. Untuk menjalankan komponen tersebut maka diperlukan baterai 12 V, komponen *blower* dan kipas kondensor dihubungkan ke baterai 12 V agar dapat bekerja secara maksimal. Proses pembuatan rangka dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Proses Pembuatan rangka dan perakitan komponen

4.3 Proses pemvakuman AC mobil

Proses ini bertujuan untuk mengeluarkan udara yang berada didalam saluran AC mobil, cara ini dilakukan supaya AC mobil dapat berjalan dengan lancar.

Langkah-langkah pemvakuman dapat dilakukan sebagai berikut:

1. Memasang *manifold gauge* HP (*high pressure*) pada saluran *discharge* dan LP (*low pressure*). Dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Memasang manifold gauge

2. Menyambung *hose* tengah pada *manifold gauge* ke saluran hisap pompa vakum (*vacum pump*).



Gambar 4.3 Menyambung hose tengah

3. Membuka kedua katup pada *manifold gauge* (HP dan LP)



Gambar 4.4 Membuka kedua katup

4. Menghidupkan pompa vakum sampai tekanan pada manifold gauge mencapai -30 Hg atau minimal 10 menit.
5. Menutup kedua katup pada manifold gauge dan matikan pompa vakum.



Gambar 4.5 Menutup kedua katup

6. Membiarkan kondisi ini minimal 5 menit dan perhatikan tekanan manifold gauge. Pada Gambar 3.18 adalah proses pemvakuman.



Gambar 4.6 Proses pemvakuman

7. Jika terjadi kenaikan setelah langkah no 6, berarti terjadi kebocoran pada sistem dan perbaiki.

4.4 Proses pengisian *Refrigerant* R-134a

Sebelum pengisian *refrigerant* pada alat AC mobil ada beberapa hal yang harus diperhatikan antara lain: memastikan tidak ada uap air didalam sistem, karena bila ada uap air maka uap air dapat membeku di dalam alat ekspansi dan mengakibatkan penyumbatan. Oleh sebab itu uap air harus dikeluarkan dahulu dengan cara pemvakuman.

Langkah pengisian *refrigerant* R-134a

Langkah-langkah pengisian dapat dilakukan sebagai berikut:

1. Menghubungkan nippel pada tabung R-134a dengan hose tengah pada manifold gauge.



Gambar 4.7 Menghubungkan nippel pada tabung R-134a

2. Membalikkan katup tabung R-134a agar refrigeran yang keluar berupa cairan.



Gambar 4.8 Membalikkan tabung R-134a

3. Membuka katup tabung R-134a sehingga refrigeran dapat masuk ke hose tengah ke manifold gauge dengan posisi kedua katup pada manifold gauge tertutup.
4. Membuka sedikit hose tengah dengan membuang udara yang terdapat pada hose tengah tersebut kemudian kencangkan kembali.
5. Buka katup manifold gauge sisi HP untuk memasukkan refrigeran dari sisi tekanan tinggi.



Gambar 4.9 Membuka katub HP manifold gauge

6. Menutup kembali katup manifold gauge sisi HP.

4.5 Proses pengujian

Sebelum mesin AC mobil dipergunakan untuk penelitian, mesin AC harus diuji coba terlebih dahulu untuk mengetahui mesin sudah layak dan sudah dapat bekerja dengan baik. Jika mesin belum baik mesin harus diperbaiki lagi sampai kondisi mesin benar-benar siap dipakai dalam pengambilan data penelitian. Proses pengujian dilakukan selama 10 menit. Dapat dilihat pada gambar 4.10.



Gambar 4.10 Stopwatch

1. Pengujian pertama selama 10 menit menggunakan katup ekspansi dengan diameter lubang pipa orifice 3,50 mm, dapat dilihat pada Gambar 3.19.



Gambar 4.11 Diameter 3,50 mm

2. Pengujian kedua selama 10 menit menggunakan katup ekspansi dengan diameter lubang pipa orifice 3,54 mm, dapat dilihat pada Gambar 3.20.



Gambar 4.12 Diameter 3,54 mm

3. Pengujian ketiga selama 10 menit menggunakan katup ekspansi dengan diameter lubang pipa orifice 10,38 mm, dapat dilihat pada Gambar 3.21.

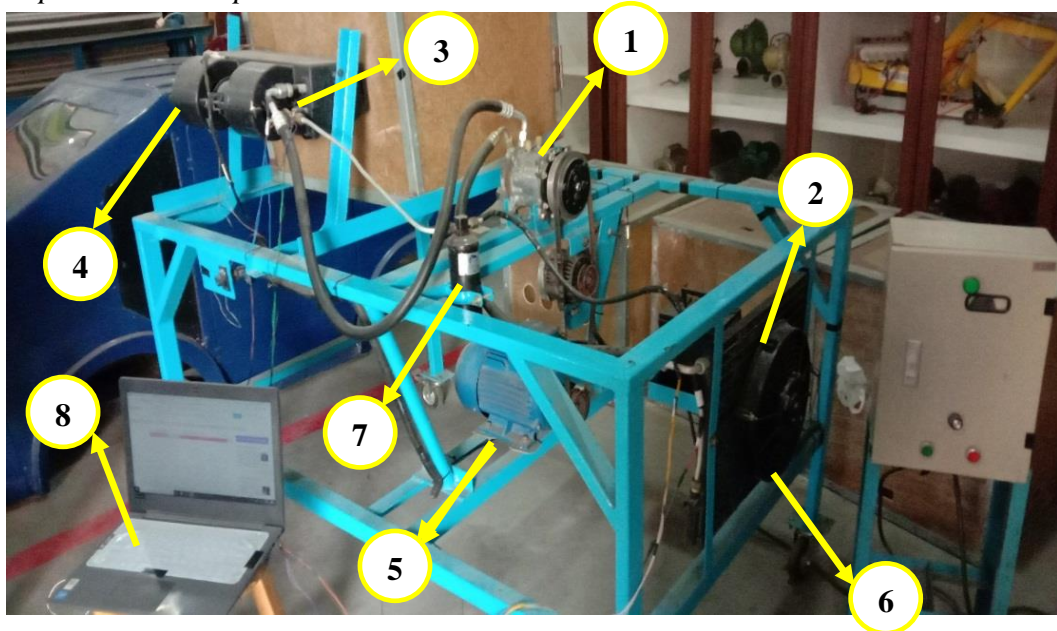


Gambar 4.13 Diameter 10,38 mm

4.6 Cara pengambilan data

Pengambilan data dilakukan dengan cara mencatat data langsung dari pengukuran melalui alat bantu yang telah disiapkan. Langkah-langkah pengambilan data sebagai berikut:

Experiment Set-Up



Gambar 4.14 *Experiment Set-Up*

Keterangan :

- | | |
|-------------------|-------------------------------|
| 1. Kompresor | 6. Kipas (<i>extra fan</i>) |
| 2. Kondensor | 7. <i>Reciever Dryer</i> |
| 3. Katup Ekspansi | 8. Laptop |
| 4. Evaporator | |
| 5. Motor Listrik | |

1. Langkah awal dalam pengambilan data dimulai dengan memastikan semua komponen pada sistem kerja AC mobil berfungsi dengan baik.



Gambar 4.15 mengecek alat uji

2. Penelitian dilakukan di laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.



Gambar 4.16 Laboratorium Prestasi Teknik Mesin UMSU

3. Menyiapkan alat bantu arduino UNO dan laptop untuk pengambilan data



Gambar 4.17 Menyiapkan Arduino UNO dan Laptop

4. Melakukan kalibrasi pada alat ukur yang akan digunakan bila diperlukan.
5. Menyalakan mesin AC mobil



Gambar 4.18 Menyalakan AC Mobil

6. Membiarkan mesin AC mobil bekerja sekitar 10 menit tujuannya agar kerja dari komponen siklus kompresi uap stabil.
7. Mengecek tekanan pada alat ukur *pressure gauge* (P_1 dan P_2)



Gambar 4.19 Mengecek tekanan pada manifold gauge

8. Data yang diambil dalam waktu 10 menit yaitu:
temperatur keluaran evaporator (T_1), temperatur keluaran kompresor (T_2),
temperatur keluaran kondensor (T_3), temperatur keluaran ekspansi (T_4).



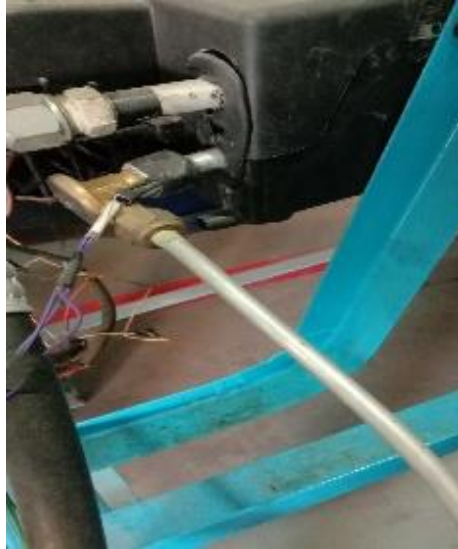
Gambar 4.20 sensor keluaran evaporator (T_1)



Gambar 4.21 temperatur keluaran kompresor (T_2)



Gambar 4.22 Temperatur keluaran kondensor (T_3)



Gambar 4.23 temperatur keluaran ekspansi (T₄)

9. Hasil dari data yang diperoleh :

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
	Connect Using "PLX-DAQ Simple Test"	Temperatur keluaran evaporator	Temperatur keluaran kompresor	Temperatur keluaran kondensor	Temperatur keluaran ekspansi						
1											
2	6:00:20 PM	15,71	52,3	28,87	16,33						
3	6:00:25 PM	15,43	52,28	28,89	16,36						
4	6:00:27 PM	15,43	52,25	29	16,44						
5	6:00:29 PM	15,55	52,37	29,05	16,47						
6	6:00:30 PM	15,02	52,1	29,05	16,59						
7	6:00:34 PM	15,48	52	29,14	16,67						
8	6:00:36 PM	15,55	52	29,22	16,57						
9	6:00:37 PM	15,67	52,09	29,21	16,01						
10	6:00:39 PM	15,78	53,4	29,32	16,07						
11	6:00:40 PM	15,75	53,33	29,4	16,44						
12	6:00:43 PM	15,44	53,27	29,43	16,4						
13	6:00:45 PM	15,32	53,2	29,33	16						
14	6:00:48 PM	15,21	52	29,42	16						
15	6:00:51 PM	15,11	52,7	29,88	16						
16	6:00:54 PM	15,11	52,4	29,88	16,2						
17	6:00:55 PM	15,12	52,12	29,29	15,89						
18	6:00:58 PM	15,33	52,14	29,3	15,93						
19	6:01:01 PM	15	52	29,18	15,97						
20	6:01:04 PM	15,05	52,08	29,14	16						
21	6:01:05 PM	14,96	52,21	29,02	16,04						
22	6:01:07 PM	14,96	52,21	29	16,2						
23	6:01:12 PM	14,98	52,43	29	16,39						

Gambar 4.24 Hasil temperatur diameter pipa orifice 3,50 mm

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Connect Using "PLX-DAQ Simple Test"	Temperatur keluaran evaporator	Temperatur keluaran kompresor	Temperatur keluaran kondensor	Temperatur keluaran ekspansi				
1									
2	2:33:55 PM	15	54,96	36,32	18,21				
3	2:33:57 PM	15,05	54,9	36,33	18,2				
4	2:33:59 PM	15,13	54,85	36,31	18,16				
5	2:34:03 PM	15,15	54,87	36,27	18,15				
6	2:34:05 PM	15,18	54,52	36,25	18,15				
7	2:34:06 PM	15,18	54	36,2	18,13				
8	2:34:07 PM	15,15	54,21	36,15	18,13				
9	2:34:09 PM	15,2	54,25	36,14	18,1				
10	2:34:10 PM	15,23	54,33	36,14	18,1				
11	2:34:12 PM	15,42	54,37	36,1	18,1				
12	2:34:13 PM	15,4	54,38	36,1	18,14				
13	2:34:15 PM	15,4	54,4	36,14	18,15				
14	2:34:17 PM	15,37	54,49	36,12	18,29				
15	2:34:18 PM	15,3	54,49	36,15	18,3				
16	2:34:20 PM	15,28	54,43	36,15	18,33				
17	2:34:21 PM	15,25	54,27	36,12	18,33				
18	2:34:22 PM	15,27	54,28	36,17	18,34				
19	2:34:23 PM	15,26	54,22	36,17	18,33				
20	2:34:24 PM	15,24	54,26	36,18	18,35				
21	2:34:26 PM	15,2	54,26	36,2	18,38				
22	2:34:27 PM	15,19	54,26	36,18	18,36				
23	2:34:28 PM	15,18	54,24	36,17	18,3				

Gambar 4.25 Hasil temperatur diameter pipa orifice 3,54 mm

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Connect Using "PLX-DAQ Simple Test"	Temperatur keluaran evaporator	Temperatur keluaran kompresor	Temperatur keluaran kondensor	Temperatur keluaran ekspansi				
1									
2	4:02:12 PM	14,5	60,02	30,33	14,75				
3	4:02:13 PM	14,53	60	30,3	14,77				
4	4:02:14 PM	14,54	60	30,3	14,7				
5	4:02:14 PM	14,54	60,08	30,29	14,68				
6	4:02:16 PM	14,37	60,12	30,27	14,68				
7	4:02:17 PM	14,33	60,15	30,25	14,63				
8	4:02:18 PM	14,35	60,15	30,24	14,66				
9	4:02:19 PM	14,32	60,17	30,22	14,65				
10	4:02:20 PM	14,27	60,18	30,15	14,7				
11	4:02:22 PM	14,22	60,18	30,12	14,72				
12	4:02:23 PM	14,2	60,19	30,11	14,73				
13	4:02:24 PM	14,15	60,2	30,11	14,74				
14	4:02:27 PM	14,13	60,25	30,12	14,72				
15	4:02:28 PM	14,1	60,28	30,1	14,64				
16	4:02:29 PM	14,11	60,2	30,12	14,61				
17	4:02:30 PM	14,05	60,22	30,15	14,6				
18	4:02:32 PM	14	60,24	30,18	14,53				
19	4:02:33 PM	14	60,3	30,2	14,53				
20	4:02:34 PM	14	60,31	30,21	14,5				
21	4:02:35 PM	14,02	60,38	30,24	14,55				
22	4:02:36 PM	14,05	60,4	30,22	14,53				
23	4:02:37 PM	14,08	60,4	30,2	14,52				

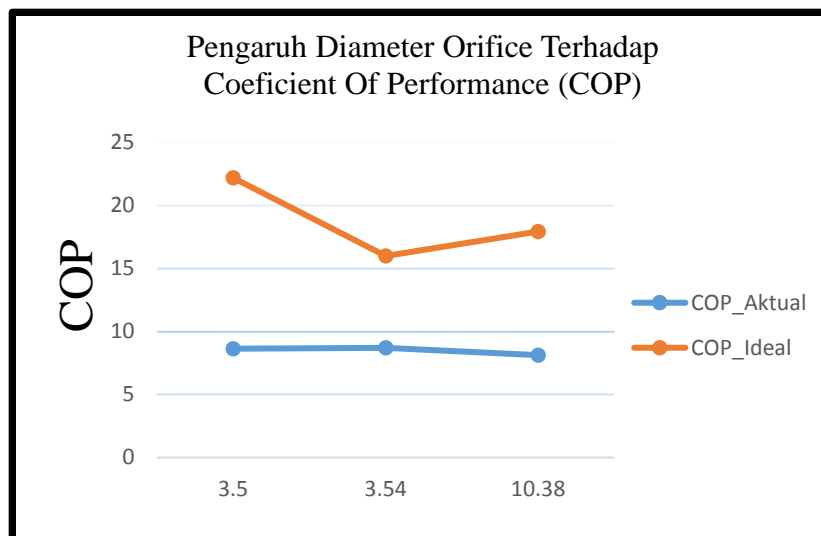
Gambar 4.26 Hasil temperatur diameter pipa orifice 10,38 mm

Tabel 4.1 Data perhitungan untuk mendapatkan nilai COP_{aktual} dan COP_{ideal}

Orifice (d)	Waktu (s)	Arus (A)	Tegangan (V)	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	T ₃ (°C)	T ₄ (°C)	COP_{aktual}	COP_{ideal}
3,50 mm	10	0,8	220	15	52	29	16	8,65	22,2
3,54 mm	10	0,8	220	15	54	36	18	8,71	16
10,38 mm	10	0,8	220	14	60	30	14	8,13	17,94

4.7 Pembahasan

4.7.1 Grafik diameter orifice terhadap COP



Gambar 4.27 Grafik Pengaruh Diameter Orifice Terhadap Coefficient Of Performance (COP)

Dari hasil Grafik 4.1 dapat dilihat pada garis grafik bahwa pada tiap masing-masing diameter orifice mendapatkan nilai COP yang berbeda-beda yaitu diameter pipa orifice 3,50 mm mendapatkan nilai COP_{Aktual} 8,65 dan COP_{Ideal} 22,2. Dan selanjutnya pada diameter pipa orifice 3,54 mm mendapatkan nilai COP_{Aktual} 8,71 dan COP_{Ideal} 16. Dan pada diameter pipa orifice 10,38 mendapatkan nilai COP_{Aktual} 8.13 dan COP_{Ideal} 17,94. Pengujian ini dilakukan selama 10 menit pada masing-masing diameter pipa orifice. Semakin tinggi nilai COP yang dihasilkan, maka semakin baik juga sistem kerja dari AC Mobil.

Analisa Data

Berdasarkan hasil pengujian, maka dalam pengambilan data pada tahap ini dilakukan analisa data dengan menggunakan putaran kompresor 1254,6 Rpm. Dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.28 Putaran kompresor

1. Pada pengujian pertama menggunakan diameter orifice 3.50 mm didapatkan hasil sebagai berikut :

$$T1 = 14$$

$$T2 = 52$$

$$T3 = 29$$

$$T4 = 16$$

$$\text{Ampere} = 0,8 \text{ A}$$

$$\text{Volt} = 220 \text{ V}$$

- Pada titik 1 (keluar evaporator dan masuk ke kompresor) dengan menggunakan parameter tekanan P1 dan temperatur T1 diketahui enthalpi (h_1) sebesar 407,3 kJ/kg dengan kondisi refrigerant *superheated*.
- Pada titik 2 (keluar kompresor dan masuk ke kondensor) dengan menggunakan parameter tekanan P2 dan temperatur T2 diketahui enthalpi (h_2) sebesar 424,6 kJ/kg dengan kondisi refrigerant *superheated*.
- Pada titik 3 (keluaran kondensor) dengan menggunakan parameter tekanan P3 dan temperatur T3 diketahui enthalpi (h_3) sebesar 240,4 kJ/kg .
- Pada titik 4 (masuk evaporator) dengan menggunakan parameter tekanan P4 dan temperatur T4 diketahui enthalpi (h_4) sebesar 407,8 kJ/kg.

➤ Kerja Kompresor

Untuk mendapatkan nilai kerja kompresor yang dihasilkan oleh AC mobil dapat menggunakan persamaan (2.1)

$$W_{in} = h_2 - h_1$$

$$W_{in} = 424,6 \text{ kJ/kg} - 407,3 \text{ kJ/kg}$$

$$W_{in} = 19,3 \text{ kJ/kg}$$

Maka kerja kompresor persatuan massa refrigeran adalah 19,3 kJ/kg pada putaran 1254 Rpm. Diketahui arus yang bekerja pada kompresor sebesar 0,8 A dengan Voltase 220V

➤ Daya Kompresor

Untuk mendapatkan nilai daya kompresor yang dihasilkan oleh AC mobil dapat menggunakan persamaan.

$$\begin{aligned} W_k &= I.V \\ &= 0,8A \times 220V \\ &= 176 \text{ Watt} \end{aligned}$$

➤ Kalor yang dilepas Kondensor (Q_{out})

Untuk mendapatkan nilai kalor yang dilepas kondensor oleh AC mobil dapat menggunakan persamaan (2.2)

$$\begin{aligned} Q_{out} &= h_2 - h_3 \\ &= 424,6 \text{ kJ/kg} - 240,4 \text{ kJ/kg} \\ &= 184,2 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Maka untuk kalor yang dilepas oleh kondensor adalah 184,2 kJ/kg

➤ Kapasitas Pendingin (Q_{in})

Untuk mendapatkan nilai kapasitas pendingin oleh AC mobil dapat menggunakan persamaan (2.4)

$$\begin{aligned} Q_{in} &= h_1 - h_4 \\ &= 407,3 \text{ kJ/kg} - 240,4 \text{ kJ/kg} \\ &= 166,9 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Maka untuk kapasitas pendingin kalor yang diserap evaporator adalah 166,9 kJ/kg.

➤ COP_{Aktual}

COP_{Aktual} digunakan untuk menyatakan kerja dari mesin siklus kompresi uap AC mobil aktual, dapat dihitung menggunakan persamaan (2.5)

$$COP_{Aktual} = \frac{Q_{in}}{W_{in}} = \frac{166,9}{19,3} = 8,65$$

➤ COP_{Ideal}

COP_{Ideal} digunakan untuk menyatakan kerja maksimum dari mesin siklus kompresi uap AC mobil, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.6)

$$\begin{aligned} COP_{Ideal} &= \frac{T_e}{T_c - T_e} \\ &= \frac{(16 + 273)^\circ K}{(29 + 273) - (16 + 273)^\circ K} = \frac{289}{13} = 22,2 \end{aligned}$$

Maka COP_{Ideal} AC mobil sebesar 22,2 pada putaran motor dalam keadaan konstan.

➤ Efisiensi (η)

Untuk mendapatkan efisiensi AC mobil yang bekerja dengan menggunakan siklus kompresi uap dapat dihitung dengan persamaan (2.7)

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{COP_{Aktual} \times 100\%}{COP_{Ideal}} \\ &= \frac{8,65 \times 100\%}{22,2} \\ &= 39,32\% \end{aligned}$$

➤ Laju aliran massa

Untuk mendapatkan besarnya laju aliran massa dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.8)

$$\begin{aligned} \dot{m} &= \frac{(V.I)/1000}{W_{in}} \\ &= \frac{(220.0,8)/1000}{19,3} \\ &= 0,009 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

2. Pada pengujian pertama menggunakan diameter orifice 3.54 mm didapatkan hasil sebagai berikut :

$$T1 = 15$$

$$T2 = 54$$

$$T3 = 36$$

$$T4 = 18$$

$$\text{Ampere} = 0,8 \text{ A}$$

$$\text{Volt} = 220 \text{ V}$$

- Pada titik 1 (keluar evaporator dan masuk ke kompresor) dengan menggunakan parameter tekanan P1 dan temperatur T1 diketahui enthalpi (h_1) sebesar 407,3 kJ/kg dengan kondisi refrigerant *superheated*.
- Pada titik 2 (keluar kompresor dan masuk ke kondensor) dengan menggunakan parameter tekanan P2 dan temperatur T2 diketahui enthalpi (h_2) sebesar 425,3 kJ/kg dengan kondisi refrigerant *superheated*.
- Pada titik 3 (keluaran kondensor) dengan menggunakan parameter tekanan P3 dan temperatur T3 diketahui enthalpi (h_3) sebesar 250,6 kJ/kg .
- Pada titik 4 (masuk evaporator) dengan menggunakan parameter tekanan P4 dan temperatur T4 diketahui enthalpi (h_4) sebesar 408,9 kJ/kg.

➤ Kerja Kompresor

Untuk mendapatkan nilai kerja kompresor yang dihasilkan oleh AC mobil dapat menggunakan persamaan (2.1)

$$W_{in} = h_2 - h_1$$

$$W_{in} = 425,3 \text{ kJ/kg} - 407,3 \text{ kJ/kg}$$

$$W_{in} = 18 \text{ kJ/kg}$$

Maka kerja kompresor persatuan massa refrigeran adalah 18 kJ/kg pada putaran 1254 Rpm. Diketahui arus yang bekerja pada kompresor sebesar 0,8 A dengan Voltase 220V

➤ Daya Kompresor

Untuk mendapatkan nilai daya kompresor yang dihasilkan oleh AC mobil dapat menggunakan persamaan.

$$W_k = I.V$$

$$= 0,8A \times 220V$$

$$= 176 \text{ Watt}$$

➤ Kalor yang dilepas Kondensor (Q_{out})

Untuk mendapatkan nilai kalor yang dilepas kondensor oleh AC mobil dapat menggunakan persamaan (2.2)

$$\begin{aligned} Q_{out} &= h_2 - h_3 \\ &= 425,3 \text{ kJ/kg} - 250,6 \text{ kJ/kg} \\ &= 174,7 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Maka untuk kalor yang dilepas oleh kondensor adalah 174,7 kJ/kg

➤ Kapasitas Pendingin (Q_{in})

Untuk mendapatkan nilai kapasitas pendingin oleh AC mobil dapat menggunakan persamaan (2.4)

$$\begin{aligned} Q_{in} &= h_1 - h_4 \\ &= 407,3 \text{ kJ/kg} - 250,6 \text{ kJ/kg} \\ &= 156,7 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Maka untuk kapasitas pendingin kalor yang diserap evaporator adalah 156,7 kJ/kg.

➤ COP_{Aktual}

COP_{Aktual} digunakan untuk menyatakan kerja dari mesin siklus kompresi uap AC mobil aktual, dapat dihitung menggunakan persamaan (2.5)

$$COP_{Aktual} = \frac{Q_{in}}{W_{in}} = \frac{156,7}{18} = 8,71$$

➤ COP_{Ideal}

COP_{Ideal} digunakan untuk menyatakan kerja maksimum dari mesin siklus kompresi uap AC mobil, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.6)

$$\begin{aligned} COP_{Ideal} &= \frac{T_e}{T_c - T_e} \\ &= \frac{(18 + 273)^\circ K}{(36 + 273) - (18 + 273)^\circ K} = \frac{291}{18} = 16 \end{aligned}$$

Maka COP_{Ideal} AC mobil sebesar 16 pada putaran motor dalam keadaan konstan.

➤ Efisiensi (η)

Untuk mendapatkan efisiensi AC mobil yang bekerja dengan menggunakan siklus kompresi uap dapat dihitung dengan persamaan (2.7)

$$\begin{aligned}\eta &= \frac{COP_{Aktual} \times 100\%}{COP_{Ideal}} \\ &= \frac{8,71 \times 100\%}{16} \\ &= 54,4 \%\end{aligned}$$

➤ Laju aliran massa

Untuk mendapatkan besarnya laju aliran massa dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.8)

$$\begin{aligned}\dot{m} &= \frac{(V.I)/1000}{W_{in}} \\ &= \frac{(220.0,8)/1000}{18} \\ &= 0,009 \text{ kg/s}\end{aligned}$$

3. Pada pengujian pertama menggunakan diameter orifice 10,38 mm didapatkan

hasil sebagai berikut :

$$T1 = 14$$

$$T2 = 60$$

$$T3 = 30$$

$$T4 = 14$$

$$\text{Ampere} = 0,8 \text{ A}$$

$$\text{Volt} = 220 \text{ V}$$

- Pada titik 1 (keluar evaporator dan masuk ke kompresor) dengan menggunakan parameter tekanan P1 dan temperatur T1 diketahui enthalpi (h_1) sebesar 406,8 kJ/kg dengan kondisi refrigerant *superheated*.
- Pada titik 2 (keluar kompresor dan masuk ke kondensor) dengan menggunakan parameter tekanan P2 dan temperatur T2 diketahui enthalpi (h_2) sebesar 427,1 kJ/kg dengan kondisi refrigerant *superheated*.
- Pada titik 3 (keluaran kondensor) dengan menggunakan parameter tekanan P3 dan temperatur T3 diketahui enthalpi (h_3) sebesar 241,8 kJ/kg .

- Pada titik 4 (masuk evaporator) dengan menggunakan parameter tekanan P4 dan temperatur T4 diketahui enthalpi (h_4) sebesar 406,8 kJ/kg.

- Kerja Kompresor

Untuk mendapatkan nilai kerja kompresor yang dihasilkan oleh AC mobil dapat menggunakan persamaan (2.1)

$$W_m = h_2 - h_1$$

$$W_m = 427,1 \text{ kJ/kg} - 406,8 \text{ kJ/kg}$$

$$W_m = 20,3 \text{ kJ/kg}$$

Maka kerja kompresor persatuan massa refrigeran adalah 20,3 kJ/kg pada putaran 1254 Rpm. Diketahui Arus yang bekerja pada kompresor sebesar 0,8 A dengan Voltase 220V

- Daya Kompresor

Untuk mendapatkan nilai daya kompresor yang dihasilkan oleh AC mobil dapat menggunakan persamaan.

$$Wk = I.V$$

$$= 0,8A \times 220V$$

$$= 176 \text{ Watt}$$

- Kalor yang dilepas Kondensor (Q_{out})

Untuk mendapatkan nilai kalor yang dilepas kondensor oleh AC mobil dapat menggunakan persamaan (2.2)

$$Q_{out} = h_2 - h_3$$

$$= 427,1 \text{ kJ/kg} - 241,8 \text{ kJ/kg}$$

$$= 185,3 \text{ kJ/kg}$$

Maka untuk kalor yang dilepas oleh kondensor adalah 185,3 kJ/kg

- Kapasitas Pendingin (Q_{in})

Untuk mendapatkan nilai kapasitas pendingin oleh AC mobil dapat menggunakan persamaan (2.4)

$$Q_m = h_1 - h_4$$

$$= 406,8 \text{ kJ/kg} - 241,8 \text{ kJ/kg}$$

$$= 165 \text{ kJ/kg}$$

Maka untuk kapasitas pendingin kalor yang diserap evaporator adalah 165 kJ/kg.

➤ COP_{Aktual}

COP_{Aktual} digunakan untuk menyatakan kerja dari mesin siklus kompresi uap AC mobil aktual, dapat dihitung menggunakan persamaan (2.5)

$$COP_{Aktual} = \frac{Q_{in}}{W_{in}} = \frac{165}{20,3} = 8,13$$

➤ COP_{Ideal}

COP_{Ideal} digunakan untuk menyatakan kerja maksimum dari mesin siklus kompresi uap AC mobil, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.6)

$$COP_{Ideal} = \frac{T_e}{T_c - T_e}$$
$$= \frac{(14 + 273)^{\circ}K}{(30 + 273) - (14 + 273)^{\circ}K} = \frac{287}{16} = 17,94$$

Maka COP_{Ideal} AC mobil sebesar 17,94 pada putaran motor dalam keadaan konstan.

➤ Efisiensi (η)

Untuk mendapatkan efisiensi AC mobil yang bekerja dengan menggunakan siklus kompresi uap dapat dihitung dengan persamaan (2.7)

$$\eta = \frac{COP_{Aktual} \times 100\%}{COP_{Ideal}}$$
$$= \frac{8,13 \times 100\%}{17,94}$$
$$= 45,31 \%$$

➤ Laju aliran massa

Untuk mendapatkan besarnya laju aliran massa dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.8)

$$\dot{m} = \frac{(V.I)/1000}{W_{in}}$$
$$= \frac{(220.0,8)/1000}{20,3}$$
$$= 0,008 \text{ kg/s}$$

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan pada sistem Ac Mobil, maka dapat ditarik kesimpulan menurut analisa terhadap alat uji adalah sebagai berikut :

1. Semakin besar nilai COP yang didapatkan, maka semakin baik juga sistem pendingin beroperasi. Untuk diameter orifice yang mempunyai nilai COP terbesar terdapat pada diameter 3,50 mm.

- Pada Diameter orifice 3,50 mm nilai COP

$$COP_{Aktual} = 8,65$$

$$COP_{Ideal} = 22,2$$

- Pada Diameter orifice 3,54 mm nilai COP

$$COP_{Aktual} = 8,71$$

$$COP_{Ideal} = 16$$

- Pada Diameter orifice 10,38 mm nilai COP

$$COP_{Aktual} = 8,13$$

$$COP_{Ideal} = 17,94$$

2. Pada pipa orifice berdiameter 3,50 mm yang lebih baik digunakan pada sistem AC dalam pengujian ini. Dikarenakan mendapatkan nilai COP tertinggi, yaitu sebesar 22,2.

5.2 Saran

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan ada beberapa saran yang perlu disampaikan, yaitu :

1. Untuk penelitian selanjutnya, sebaiknya menggunakan jenis pipa orifice mobil tahun tinggi (terbaru).

DAFTAR PUSTAKA

- Azridjal Aziz. (2013) *Komparasi Katup Ekspansi Termostatik dan Pipa Kapiler Terhadap Temperatur dan Tekanan Mesin Pendingin*. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau Kampus Binawidya Km 12,5 Sipang Baru Panam, Pekanbaru 28293.
- Hariyo Priambudi Setyo Pratomo. (2002) *Studi Eksperimental Tentang Pengaruh Perubahan Diameter Lubang Orifice Terhadap Karakteristik Boundary Layer Aliran Hilir*. Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Mesin. Universitas Kristen Petra.
- Juni Handoko. (2008) *Merawat dan Memperbaiki AC Mobil*. Penerbit PT Kawan Pustaka.
- M. Rifqi Hidayat. (2015) *REKAYASA TRAINER SISTEM AC MOBIL UNTUK MEMVARIASIKAN KAPASITAS PENDINGIN (COP)*. D3 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Surabaya.
- PETRUS FABER ZUKI KRISWANDI. (2018) *KARAKTERISTIK AC MOBIL PADA PUTARAN KOMPRESOR 1100 RPM*. Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas SANATA DHARMA YOGYAKARTA.
- Ramadha Angger Wiharsa. (2018) *KARAKTERISTIK SISTEM AC MOBIL PADA PUTARAN KOMPRESOR 1400 RPM*. Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas SANATA DHARMA YOGYAKARTA.
- SUHEL. (2004) *TAHANAN LOKAL ALIRAN DUA FASE CAIR-GAS MELALUI ORIFICE*. Fakultas Teknik Universitas Tidar Magelang.
- Widiyatmoko, dkk. (2015) *COEFFICIENT OF PERFORMANCE (COP) MINI FREEZER DAGING AYAM KAPASITAS 4 KG*. Teknik Mesin, Politeknik Negeri Sriwijaya.
- WILBERT F.STOECKER. (1989) *REFRIGERASI dan PENGKONDISIAN UDARA* Edisi Kedua. PENERBIT ERLANGGA.

LAMPIRAN

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Pengaruh Diameter Lubang Pipa Orifice Terhadap *Coefficient Of Performance* (COP) Pada AC Mobil

Nama : Muhammad Alfian Rizky
NPM : 1507230094

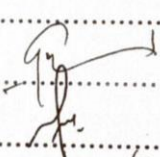
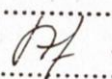
Dosen Pembimbing 1 : Khairul Umurani, S.T., M.T
Dosen Pembimbing 2 : Chandra A Siregar, S.T., M.T

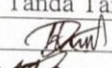



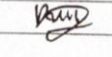

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
	02/12/2019	- Pemberian spesifikasi tugas	ke
	11/12/2019	- Perbincangan pendahuluan	ke
	21/12/2019	- Perbincangan mengenai pustaka	ke
	21/12/2019	- Perbincangan Metode	ke
	23/12/2019	- Perbincangan hasil & pembahasan	ke
	27/12/2019	- lanjut ke pembimbing 2	ke
	14/12-2019	Perbincangan penulisan, daftar pustaka	φ
	28/12-2019	Acc. lanjut ke pembimbing	φ
		— ke seminar	ke

**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2019 – 2020**

Peserta Seminar

Nama : Muhammda Alfian Rizki
 NPM : 1507230094
 Judul Tugas Akhir : Pengaruh Diameter Lubang Pipa Orifile Terhadap Coefi Sien Performance (Cop) Pada Ac Mobil

DAFTAR HADIR	TANDA TANGAN
Pembimbing – I : Khairul Umurani.S.T.M.T	:
Pembimbing – II : Chandra A Siregar.S.T.M.T	: 
Pemanding – I : H.Muharnif.S.T.M.Sc	:
Pemanding – II : Ahmad Marabdi.S.T.M.T	: 

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1507230178	DANA SETIAWAN	
2	1507230084	HUSEIN EFENDI	
3	1507230166	Wandani Syaputra	
4	1507230205	REZA ELVANDRA HRP	
5	1607230075	M. KAMALUDIN WAHDANI	
6	1507230044	M. SANDI PRADANA	
7			
8			
9			
10			

Medan, 06 Jum.Akhir 1441 H
01 Februari 2020 M

Ketua Prodi. F.Mesin



**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

NAMA : Muhammad Alfian Rizki
NPM : 1507230094
Judul T.Akhir : Pengaruh Diameter Lubang Orifle Terhadap Coefisient Perfor-
Mance (Cop) Pada Ac Mobil.

Dosen Pembimbing – I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembimbing – II : Chandra A Siregar.S..T.M.T
Dosen Pembanding - I : H.Muharnif.S.T.M.Sc
Dosen Pembanding - II : Bekti Suroso.S.T.M.Eng

KEPUTUSAN

2. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

Lihat buku skripsi


3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

Medan 06 Jum.Akhir 1441 H
01 Februari 2020 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T Mesin

Affandi.S.F.M.T

Dosen Pembanding- I


H.Muharnif.S.T.M.Sc

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

NAMA : Muhammad Alfian Rizki
NPM : 1507230094
Judul T.Akhir : Pengaruh Diameter Lubang Pipa Orifile terhadap Coefisien Performance (Cop) Pada Ac Mobil.

Dosen Pembimbing – I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembimbing – II : Chandra A Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembanding - I : H.Muharnif.S.T.M.Sc
Dosen Pembanding - II : Ahmad Marabdi.Siregar.S.T.M.T

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
 - Partikan lagi kesenarain.. latar.. belakang.. dengan judul.. Tujuan.. metode.. prosedur.. hasil dan kesimpulan
 - partikan Daftar pustaka ada di kutip di laporan
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....
.....

Medan 06 Jum.Akhir 1441 H
01 Februari 2020 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin



Dosen Pembanding- II


Ahmad Marabdi Siregar.S.T.M.T



Unggul! Cerdas! Terpercaya!
Untuk mengetahui surat ini agar disebutkan
nama dan tugasnya.

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - EXT. 12
Website: <http://fatek.umsu.ac.id> E-mail: fatek@umsu.ac.id

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor 792/IL.3AU/UMSU-07/F/2019

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 08 Juli 2019 dengan ini Menetapkan :

Nama : MUHAMMAD ALFIAN RIZKY
Npm : 1507230094
Program Study : TEKNIK MESIN
Semester : VI11 (Delapan)
Judul Tugas Akhir : PENGARUH DIAMETER LUBANG PIPA ORIFICE TERHADAP
COP PADA AC MOBIL .

Pembimbing I : KHAIRUL UMURANI ST.MT
Pembimbing II : CHANDRA A. SIREGAR ST.MT

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan Ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh dosen pembimbing setelah mendapat persetujuan dari program Studi teknik Mesin
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (Satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di Medan pada Tanggal.
Medan 05 Dzulqaidah 1440 H
08 Juli 2019 M



Dekan

Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT

NIDN : 0101017202

Cc. File

TABLE 1 (continued)
HFC-134a Saturation Properties—Temperature Table

TEMP. °C	PRESSURE kPa (abs)	VOLUME m ³ /kg		DENSITY kg/m ³		ENTHALPY kJ/kg			ENTROPY kJ/(kg)(K)		TEMP. °C
		LIQUID v _l	VAPOR v _g	LIQUID 1/v _l	VAPOR 1/v _g	LIQUID h _f	LATENT h _{lg}	VAPOR h _g	LIQUID s _l	VAPOR s _g	
-40	51.14	0.0007	0.3614	1414.6	2.767	148.4	225.9	374.3	0.7967	1.7655	-40
-39	53.88	0.0007	0.3441	1411.8	2.906	149.6	225.3	374.9	0.8020	1.7641	-39
-38	56.74	0.0007	0.3279	1408.9	3.050	150.9	224.7	375.5	0.8073	1.7627	-38
-37	59.72	0.0007	0.3125	1406.0	3.200	152.1	224.0	376.2	0.8126	1.7613	-37
-36	62.83	0.0007	0.2980	1403.1	3.356	153.4	223.4	376.8	0.8178	1.7599	-36
-35	66.07	0.0007	0.2843	1400.2	3.518	154.6	222.8	377.4	0.8231	1.7586	-35
-34	69.43	0.0007	0.2713	1397.4	3.686	155.9	222.2	378.1	0.8283	1.7573	-34
-33	72.93	0.0007	0.2590	1394.5	3.861	157.1	221.5	378.7	0.8336	1.7561	-33
-32	76.58	0.0007	0.2474	1391.5	4.042	158.4	220.9	379.3	0.8388	1.7548	-32
-31	80.36	0.0007	0.2365	1388.6	4.229	159.7	220.3	379.9	0.8440	1.7536	-31
-30	84.29	0.0007	0.2260	1385.7	4.424	160.9	219.6	380.6	0.8492	1.7525	-30
-29	88.37	0.0007	0.2162	1382.8	4.625	162.2	219.0	381.2	0.8544	1.7513	-29
-28	92.61	0.0007	0.2069	1379.8	4.833	163.5	218.3	381.8	0.8595	1.7502	-28
-27	97.02	0.0007	0.1981	1376.9	5.049	164.7	217.7	382.4	0.8647	1.7491	-27
-26	101.58	0.0007	0.1896	1373.9	5.273	166.0	217.1	383.1	0.8698	1.7481	-26
-25	106.32	0.0007	0.1817	1371.0	5.504	167.3	216.4	383.7	0.8750	1.747	-25
-24	111.22	0.0007	0.1741	1368.0	5.743	168.6	215.7	384.3	0.8801	1.746	-24
-23	116.31	0.0007	0.1669	1365.0	5.991	169.8	215.1	384.9	0.8852	1.745	-23
-22	121.57	0.0007	0.1601	1362.0	6.247	171.1	214.4	385.5	0.8903	1.744	-22
-21	127.02	0.0007	0.1536	1359.0	6.511	172.4	213.7	386.2	0.8954	1.7431	-21
-20	132.67	0.0007	0.1474	1356.0	6.784	173.7	213.1	386.8	0.9005	1.7422	-20
-19	138.50	0.0007	0.1415	1353.0	7.066	175.0	212.4	387.4	0.9055	1.7413	-19
-18	144.54	0.0007	0.1359	1349.9	7.357	176.3	211.7	388.0	0.9106	1.7404	-18
-17	150.78	0.0007	0.1306	1346.9	7.658	177.6	211.0	388.6	0.9157	1.7395	-17
-16	157.23	0.0007	0.1255	1343.8	7.968	178.9	210.4	389.2	0.9207	1.7387	-16
-15	163.90	0.0007	0.1207	1340.8	8.288	180.2	209.7	389.8	0.9257	1.7379	-15
-14	170.78	0.0007	0.1160	1337.7	8.619	181.5	209.0	390.4	0.9307	1.7371	-14
-13	177.89	0.0007	0.1116	1334.6	8.958	182.8	208.3	391.1	0.9357	1.7363	-13
-12	185.22	0.0008	0.1074	1331.5	9.309	184.1	207.6	391.7	0.9407	1.7356	-12
-11	192.79	0.0008	0.1034	1328.4	9.671	185.4	206.9	392.3	0.9457	1.7348	-11
-10	200.60	0.0008	0.0996	1325.3	10.044	186.7	206.2	392.9	0.9507	1.7341	-10
-9	208.65	0.0008	0.0959	1322.1	10.428	188.0	205.4	393.5	0.9557	1.7334	-9
-8	216.95	0.0008	0.0924	1319.0	10.823	189.3	204.7	394.1	0.9606	1.7327	-8
-7	225.50	0.0008	0.0890	1315.8	11.231	190.7	204.0	394.7	0.9656	1.7321	-7
-6	234.32	0.0008	0.0858	1312.6	11.650	192.0	203.3	395.3	0.9705	1.7314	-6
-5	243.39	0.0008	0.0828	1309.4	12.082	193.3	202.5	395.9	0.9755	1.7308	-5
-4	252.74	0.0008	0.0798	1306.2	12.526	194.6	201.8	396.4	0.9804	1.7302	-4
-3	262.36	0.0008	0.0770	1303.0	12.983	196.0	201.1	397.0	0.9853	1.7295	-3
-2	272.26	0.0008	0.0743	1299.8	13.454	197.3	200.3	397.6	0.9902	1.729	-2
-1	282.45	0.0008	0.0718	1296.5	13.937	198.7	199.6	398.2	0.9951	1.7284	-1
0	292.93	0.0008	0.0693	1293.3	14.435	200.0	198.8	398.8	1.0000	1.7278	0
1	303.70	0.0008	0.0669	1290.0	14.946	201.3	198.0	399.4	1.0049	1.7273	1
2	314.77	0.0008	0.0646	1286.7	15.472	202.7	197.3	400.0	1.0098	1.7267	2
3	326.16	0.0008	0.0624	1283.4	16.013	204.0	196.5	400.5	1.0146	1.7262	3
4	337.85	0.0008	0.0604	1280.1	16.569	205.4	195.7	401.1	1.0195	1.7257	4
5	349.87	0.0008	0.0583	1276.7	17.140	206.8	194.9	401.7	1.0244	1.7252	5
6	362.21	0.0008	0.0564	1273.4	17.726	208.1	194.2	402.3	1.0292	1.7247	6
7	374.88	0.0008	0.0546	1270.0	18.329	209.5	193.4	402.8	1.0340	1.7242	7
8	387.88	0.0008	0.0528	1266.6	18.948	210.8	192.6	403.4	1.0389	1.7238	8
9	401.23	0.0008	0.0511	1263.2	19.583	212.2	191.8	404.0	1.0437	1.7233	9
10	414.92	0.0008	0.0494	1259.8	20.236	213.6	190.9	404.5	1.0485	1.7229	10
11	428.97	0.0008	0.0478	1256.3	20.906	215.0	190.1	405.1	1.0533	1.7224	11
12	443.37	0.0008	0.0463	1252.9	21.594	216.4	189.3	405.6	1.0582	1.722	12
13	458.11	0.0008	0.0448	1249.4	22.301	217.7	188.5	406.2	1.0630	1.7216	13
14	473.25	0.0008	0.0434	1245.9	23.026	219.1	187.6	406.8	1.0678	1.7212	14
15	488.78	0.0008	0.0421	1242.3	23.770	220.5	186.8	407.3	1.0726	1.7208	15
16	504.68	0.0008	0.0408	1238.8	24.533	221.9	185.9	407.8	1.0773	1.7204	16
17	520.98	0.0008	0.0395	1235.2	25.317	223.3	185.1	408.4	1.0821	1.72	17
18	537.67	0.0008	0.0383	1231.6	26.121	224.7	184.2	408.9	1.0869	1.7196	18
19	554.76	0.0008	0.0371	1228.0	26.945	226.1	183.3	409.5	1.0917	1.7192	19

TABLE 1 (continued)
HFC-134a Saturation Properties—Temperature Table

TEMP. °C	PRESSURE kPa (abs)	VOLUME m ³ /kg		DENSITY kg/m ³		ENTHALPY kJ/kg			ENTROPY kJ/(kgK)		TEMP. °C
		LIQUID v _l	VAPOR v _g	LIQUID 1/v _l	VAPOR 1/v _g	LIQUID h _l	LATENT h _{lg}	VAPOR h _g	LIQUID s _l	VAPOR s _g	
20	572.25	0.0008	0.0360	1224.4	27.791	227.5	182.5	410.0	1.0964	1.7189	20
21	590.16	0.0008	0.0349	1220.7	28.659	228.9	181.6	410.5	1.1012	1.7185	21
22	608.49	0.0008	0.0338	1217.0	29.549	230.4	180.7	411.0	1.1060	1.7182	22
23	627.25	0.0008	0.0328	1213.3	30.462	231.8	179.8	411.6	1.1107	1.7178	23
24	646.44	0.0008	0.0318	1209.6	31.399	233.2	178.9	412.1	1.1155	1.7175	24
25	666.06	0.0008	0.0309	1205.9	32.359	234.6	178.0	412.6	1.1202	1.7171	25
26	686.13	0.0008	0.0300	1202.1	33.344	236.1	177.0	413.1	1.1250	1.7168	26
27	706.66	0.0008	0.0291	1198.3	34.354	237.5	176.1	413.6	1.1297	1.7165	27
28	727.64	0.0008	0.0283	1194.4	35.389	238.9	175.2	414.1	1.1345	1.7161	28
29	749.04	0.0008	0.0274	1190.6	36.451	240.4	174.2	414.6	1.1392	1.7158	29
30	771.02	0.0008	0.0266	1186.7	37.540	241.8	173.3	415.1	1.1439	1.7155	30
31	793.43	0.0008	0.0259	1182.8	38.657	243.3	172.3	415.6	1.1487	1.7151	31
32	816.28	0.0008	0.0251	1178.8	39.802	244.8	171.3	416.1	1.1534	1.7148	32
33	839.66	0.0009	0.0244	1174.9	40.975	246.2	170.3	416.6	1.1581	1.7145	33
34	863.53	0.0009	0.0237	1170.8	42.179	247.7	169.3	417.0	1.1628	1.7142	34
35	887.91	0.0009	0.0230	1166.8	43.413	249.2	168.3	417.5	1.1676	1.7138	35
36	912.80	0.0009	0.0224	1162.7	44.679	250.6	167.3	418.0	1.1723	1.7135	36
37	938.20	0.0009	0.0218	1158.6	45.977	252.1	166.3	418.4	1.1770	1.7132	37
38	964.14	0.0009	0.0211	1154.5	47.308	253.6	165.3	418.9	1.1817	1.7129	38
39	990.60	0.0009	0.0205	1150.3	48.672	255.1	164.2	419.3	1.1864	1.7125	39
40	1017.61	0.0009	0.0200	1146.1	50.072	256.6	163.2	419.8	1.1912	1.7122	40
41	1045.16	0.0009	0.0194	1141.9	51.508	258.1	162.1	420.2	1.1959	1.7119	41
42	1073.26	0.0009	0.0189	1137.6	52.980	259.6	161.0	420.6	1.2006	1.7115	42
43	1101.93	0.0009	0.0184	1133.3	54.490	261.1	159.9	421.1	1.2053	1.7112	43
44	1131.16	0.0009	0.0178	1128.9	56.040	262.7	158.8	421.5	1.2101	1.7108	44
45	1161.01	0.0009	0.0174	1124.5	57.630	264.2	157.7	421.9	1.2148	1.7105	45
46	1191.41	0.0009	0.0169	1120.0	59.261	265.7	156.6	422.3	1.2195	1.7101	46
47	1222.41	0.0009	0.0164	1115.6	60.934	267.3	155.4	422.7	1.2242	1.7097	47
48	1253.95	0.0009	0.0160	1111.0	62.652	268.8	154.3	423.1	1.2290	1.7093	48
49	1286.17	0.0009	0.0155	1106.4	64.415	270.4	153.1	423.5	1.2337	1.709	49
50	1319.00	0.0009	0.0151	1101.8	66.225	271.9	151.9	423.8	1.2384	1.7086	50
51	1352.44	0.0009	0.0147	1097.1	68.084	273.5	150.7	424.2	1.2432	1.7082	51
52	1386.52	0.0009	0.0143	1092.4	69.992	275.1	149.5	424.6	1.2479	1.7077	52
53	1421.23	0.0009	0.0139	1087.6	71.952	276.6	148.3	424.9	1.2527	1.7073	53
54	1456.58	0.0009	0.0135	1082.8	73.966	278.2	147.0	425.3	1.2574	1.7069	54
55	1492.59	0.0009	0.0132	1077.9	76.035	279.8	145.8	425.6	1.2622	1.7064	55
56	1529.26	0.0009	0.0128	1072.9	78.162	281.4	144.5	425.9	1.2670	1.7059	56
57	1566.61	0.0009	0.0124	1067.9	80.348	283.0	143.2	426.2	1.2717	1.7055	57
58	1604.63	0.0009	0.0121	1062.8	82.596	284.6	141.9	426.5	1.2765	1.705	58
59	1643.35	0.0009	0.0118	1057.7	84.908	286.3	140.5	426.8	1.2813	1.7044	59
60	1682.76	0.0010	0.0115	1052.5	87.287	287.9	139.2	427.1	1.2861	1.7039	60
61	1722.88	0.0010	0.0111	1047.2	89.735	289.5	137.8	427.4	1.2909	1.7033	61
62	1763.72	0.0010	0.0108	1041.8	92.255	291.2	136.4	427.6	1.2957	1.7028	62
63	1805.28	0.0010	0.0105	1036.4	94.851	292.9	135.0	427.9	1.3006	1.7021	63
64	1847.47	0.0010	0.0103	1030.9	97.526	294.5	133.6	428.1	1.3054	1.7015	64
65	1890.54	0.0010	0.0100	1025.3	100.283	296.2	132.1	428.3	1.3102	1.7009	65
66	1934.36	0.0010	0.0097	1019.6	103.125	297.9	130.6	428.5	1.3151	1.7002	66
67	1978.94	0.0010	0.0094	1013.8	106.058	299.6	129.1	428.7	1.3200	1.6995	67
68	2024.28	0.0010	0.0092	1008.0	109.085	301.3	127.5	428.8	1.3249	1.6987	68
69	2070.42	0.0010	0.0089	1002.0	112.212	303.0	126.0	429.0	1.3298	1.6979	69
70	2117.34	0.0010	0.0087	995.9	115.442	304.8	124.4	429.1	1.3347	1.6971	70
71	2165.08	0.0010	0.0084	989.7	118.783	306.5	122.7	429.2	1.3397	1.6963	71
72	2213.63	0.0010	0.0082	983.4	122.239	308.3	121.1	429.3	1.3446	1.6954	72
73	2263.01	0.0010	0.0079	977.0	125.818	310.1	119.4	429.4	1.3496	1.6945	73
74	2313.23	0.0010	0.0077	970.4	129.527	311.8	117.6	429.5	1.3547	1.6935	74
75	2364.31	0.0010	0.0075	963.7	133.373	313.7	115.8	429.5	1.3597	1.6924	75
76	2416.25	0.0010	0.0073	956.9	137.366	315.5	114.0	429.5	1.3648	1.6913	76
77	2469.08	0.0011	0.0071	949.9	141.514	317.3	112.2	429.5	1.3699	1.6902	77
78	2522.79	0.0011	0.0069	942.7	145.830	319.2	110.3	429.4	1.3750	1.689	78
79	2577.42	0.0011	0.0067	935.4	150.324	321.0	108.3	429.3	1.3801	1.6877	79

TABLE 1 (continued)
HFC-134a Saturation Properties—Temperature Table

TEMP. °C	PRESSURE kPa (abs)	VOLUME m ³ /kg		DENSITY kg/m ³		ENTHALPY kJ/kg			ENTROPY kJ/(kg)(K)		TEMP. °C
		LIQUID v _l	VAPOR v _g	LIQUID 1/v _l	VAPOR 1/v _g	LIQUID h _l	LATENT h _{lg}	VAPOR h _g	LIQUID s _l	VAPOR s _g	
80	2632.97	0.0011	0.0065	927.8	155.010	322.9	106.3	429.2	1.3854	1.6863	80
81	2689.46	0.0011	0.0063	920.1	159.904	324.9	104.2	429.1	1.3906	1.6849	81
82	2746.90	0.0011	0.0061	912.1	165.022	326.8	102.1	428.9	1.3959	1.6834	82
83	2805.31	0.0011	0.0059	903.9	170.383	328.8	99.9	428.7	1.4012	1.6818	83
84	2864.70	0.0011	0.0057	895.5	176.010	330.7	97.7	428.4	1.4066	1.68	84
85	2925.11	0.0011	0.0055	886.7	181.929	332.8	95.3	428.1	1.4121	1.6782	85
86	2986.54	0.0011	0.0053	877.6	188.169	334.8	92.9	427.7	1.4176	1.6762	86
87	3049.01	0.0012	0.0051	868.2	194.766	336.9	90.4	427.3	1.4232	1.6741	87
88	3112.55	0.0012	0.0050	858.4	201.761	339.0	87.7	426.8	1.4289	1.6719	88
89	3177.10	0.0012	0.0048	848.1	209.206	341.2	85.0	426.2	1.4347	1.6694	89
90	3242.87	0.0012	0.0046	837.3	217.162	343.4	82.1	425.5	1.4406	1.6668	90
91	3309.78	0.0012	0.0044	826.0	225.706	345.7	79.1	424.8	1.4466	1.6639	91
92	3377.85	0.0012	0.0043	814.0	234.936	348.0	75.9	423.9	1.4528	1.6607	92
93	3447.13	0.0012	0.0041	801.1	244.978	350.4	72.5	422.9	1.4592	1.6572	93
94	3517.65	0.0013	0.0039	787.4	256.005	353.0	68.9	421.8	1.4658	1.6533	94
95	3589.44	0.0013	0.0037	772.3	268.255	355.6	64.9	420.5	1.4727	1.6489	95
96	3662.57	0.0013	0.0035	755.8	282.079	358.4	60.5	418.9	1.4799	1.6439	96
97	3737.09	0.0014	0.0034	737.1	298.029	361.3	55.7	417.0	1.4877	1.6381	97
98	3813.08	0.0014	0.0032	715.4	317.065	364.6	50.0	414.6	1.4963	1.6311	98
99	3890.64	0.0015	0.0029	688.6	341.133	368.4	43.2	411.5	1.5061	1.6221	99
100	3969.94	0.0015	0.0027	651.4	375.503	373.2	33.8	407.0	1.5167	1.6092	100
101	4051.35	0.0018	0.0022	566.4	457.594	383.0	13.0	396.0	1.5447	1.5794	101

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA PRIBADI

Nama : Muhammad Alfian Rizky
NPM : 1507230094
Tempat/Tanggal Lahir : Tebing Tinggi / 31 - Maret - 1998
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Status Perkawinan : Belum kawin
Alamat : JL. Abdul Hamid/ JL. Pulei
LK.IV
RT/RW : 004/ 004
Kel/ Desa : BAGELEN
Kecamatan : PADANG HILIR
Provinsi : Sumatera Utara

Nomor Hp : 081373750029
E-mail : alfianrizky922@gmail.com
Nama Orang Tua
Ayah : Irwan Rezeki
Ibu : Eni Wahyuni Tampubolon

PENDIDIKAN FORMAL

2003-2009 : SD NEGERI 164330 TEBING TINGGI
2009-2012 : SMPN 9 TEBING TINGGI
2012-2015 : SMKN 2 TEBING TINGGI
2015-2020 : S1 Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

