

TUGAS AKHIR

PENGARUH VARIASI MASSA *REFRIGERANT R-134a* PADA *THERMOSTAT KOMPRESOR HIGH COOL* DAN *LOW COOL* TERHADAP *COEFICIENT OF PERFORMANCE (COP)* SISTEM PENDINGIN AC MOBIL

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

Disusun Oleh:

MHD SYAHDANA AMIN
1507230001



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2019**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

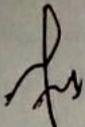
Nama : Mhd Syahdana Amin
NPM : 1507230001
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Pengaruh Variasi Massa *Refrigerant* R-134A Pada Putaran
Thermostat Kompresor *High Cool* Dan *Low Cool* Terhadap
Coefficient Of Performance (COP) Sistem Pendingin AC
Mobil
Bidang ilmu : Konversi Energi

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, 8 Oktober 2019

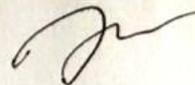
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



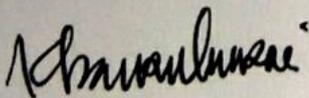
H. Muharnif, S.T., M.Sc

Dosen Penguji II



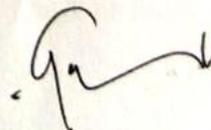
Bekti Suroso, S.T., M.Eng

Dosen Penguji III



Khairul Umurani, S.T., M.T

Dosen Penguji IV



Chandra A Siregar, S.T., M.T

Program Studi Teknik Mesin

Ketua,



Affandi, S.T., M.T

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Mhd Syahdana Amin
Tempat / Tanggal Lahir : Binjai/27 September 1997
NPM : 1507230001
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

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

“ Pengaruh Variasi Massa Refrigerant R-134a Pada Thermostat Kompresor High Cool Dan Low Cool Terhadap Coefficient Of Performance (COP) Sistem Pendingin 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 Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 8 Oktober 2019



Saya yang menyatakan,

Mhd Syahdana Amin

ABSTRAK

Perkembangan teknologi saat ini maju pesat, salah satunya pada sistem pendingin. Pemanfaatan mesin pendingin sudah sangat luas di berbagai kehidupan, salah satunya adalah mesin pendingin untuk kendaraan roda empat. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan nilai COP antara putaran *High Cool* dan *Low Cool* dengan jenis *refrigerant* R-134A pada AC mobil. Pengambilan data dilakukan dengan cara memvariasikan berat jenis massa *refrigerant* pada putaran *Thermostat High Cool* dan *Low Cool* terhadap COP. Dengan bertambahnya jumlah massa *refrigerant* yang masuk ke kompresor maka efek refrigerasi kerja kompresor yang dihasilkan semakin besar ini disebabkan dengan banyaknya jumlah panas yang dihisap oleh evaporator, oleh karena itu makin banyak jumlah *refrigerant* maka akan semakin baik kerja mesin pendingin . Untuk keamanan sistem refrigerasi, di ambil faktor koreksi 10 %. Hal ini untuk mencegah terjadinya *overload* bila terjadi kebocoran yang memungkinkan panas masuk ke dalam sistem. Kerja kompresor pada isian massa *refrigerant* R134A 350g pada posisi putaran *Low Cool* (39,5 kJ/kg) lebih rendah dibandingkan pada posisi putaran *High Cool* (46,08 kJ/kg). Total panas yang dihasilkan pada laju aliran pada massa 300g *refrigerant* pada putaran *Low Cool* (15,559 Kg/det) dan pada putaran *High Cool* total panas laju aliran yang dihasilkan (10,571 Kg/det) dengan nilai COP pada putaran *High Cool* (2,43) dan *Low Cool* (1,64). COP pada putaran *Thermostat High Cool* pada menit ke 15 dengan massa 100g (2,93) dan waktu yang seterusnya cenderung konstan hal ini membuktikan dampak baik bagi kinerja sistem AC mobil dan nilai COP pada putaran *Thermostat Low Cool* pada menit 15 dengan masaa 100g (2,03) kemudian performanya mengalami kecenderungan menurun.

Kata Kunci : Variasi Massa *Refrigerant*, COP, Putaran *Thermostat* Kompresor

Abstract

The development of technology is rapidly advancing, one of them on the cooling system. The utilization of refrigeration machines has been very widespread in various lives, one of which is the engine coolant for four-wheeled vehicles. The study aims to compare the value of the COP between the High Cool and Low Cool rounds with the R-134A refrigerant type on car air conditioning. Data retrieval is carried out by varying the weight of refrigerant mass in High Cool and Low Cool Thermostat rounds against the COP. With increasing amount of refrigerant mass entering into the compressor then the compressor's work refrigerant effect Produced increasingly this is due to the large amount of heat sucked by the evaporator, therefore the more the number of refrigerant will be the better the cooling machine work. For the safety of the refrigeration system, take the 10% correction factor. This prevents the occurrence of overload in the event of a leak that allows the heat to enter the system. The compressor work on the refrigerant mass stuffing R134A 350g in the low Cool (39.5 kJ/kg) lap position is lower than in the High Cool rotation position (46.08 kJ/kg). The total heat generated at the flow rate on the mass of 300g refrigerant in the Low Cool (15.559 Kg/sec) round and in the High Cool total heat of the resulting flow rate (10.571 Kg/sec) with the value of the COP in the High Cool (2.43) and Low Cool (1.64) rounds. COP on High Cool Thermostat rounds in the 15th minute with mass 100g (2.93) and the next time tend to be constant this proves the impact of both the car's AC system performance and the COP value on the Low Cool Thermostat round at 15 minutes with MASAA 100g (2.03) and the performance experienced a downward tendency.

Keywords: Massa Refrigerant variation, COP, round Thermostat compressor

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 Variasi Massa Refrigeran R134A pada Putaran Blower High Cool dan Low Cool Terhadap COP Sistem 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 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 yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. sekaligus sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak H.Muharnif.S.T.M.Sc, selaku Dosen Pembanding I yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Beki Suroso.S.T.M.Eng selaku Dosen Pembanding II yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T.,M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Affandi, S.T.,M.T selaku Ketua Prodi Teknik Mesin 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 kepada penulis.
8. Orang tua saya: M.Syafii.Spd dan Syamsidar.S.ag yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
9. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Sahabat-sahabat penulis: Witriyani, Mila Yossiyanti, Magel, Syafira Khairani, Sandy Pradana, Ronal Febrian, Annas Coel, Fendy Cengok, Andri, Aji Maulana, Jerry Ramadani, Nuron Nahdi, Alfian Rizky, Papoy, Gepeng, Godek 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, 7 September 2019

Mhd syahdana Amin

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR NOTASI	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	2
1.3. Ruang lingkup	2
1.4. Tujuan	2
1.5. Manfaat	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. <i>Air Conditioning</i> (AC) Mobil	4
2.1.1. Sejarah AC Mobil	6
2.1.2. Definisi AC Mobil	6
2.2. Refrigeran	6
2.2.1. Jenis-jenis Freon	7
2.3. Sistem Refrigerasi	8
2.3.1. Evaporator	9
2.3.2. Kompresor	9
2.3.3. Kondensor	10
2.3.4. Alat Ekspansi (<i>Matering Device</i>)	11
2.4. Siklus Refrigeran Kompresi Uap	11
2.4.1. Proses Kompresi	12
2.4.2. Proses Evaporasi dan Kondensasi	12
2.4.3. <i>Throttling</i> Proses	13
2.4.4. Efek Refrigerasi	13
2.4.5. Koefisien Prestasi (COP _{paktual})	13
2.4.6. Koefisien Prestasi (COP _{ideal})	13
2.4.7. Efisiensi AC Mobil	13
2.4.8. Persamaan Bernoulli	14
2.4.9. Kinerja Sistem Refrigerasi	14
2.4.10. Efektifitas Perpindahan Panas	15
2.4.11. Sifat Termodinamika	15
2.5. Titik Keseimbangan Kompresor dan Pipa Kapiler	16
2.5.1. Pengaruh dari Variasi Beban	17
2.5.2. Peningkatan Beban Refrigerasi	18
2.5.3. Penurunan Beban Refrigerasi	18
2.6. <i>Microcontroller</i>	19
2.7. Sensor Suhu Dallas 18B20	20

BAB 3	METODOLOGI	22
3.1	Tempat dan Waktu	22
	3.1.1 Tempat	22
	3.1.2 Waktu	22
3.2	Bahan dan Alat	26
	3.2.1 Peralatan Pengujian	26
	3.2.2 Perlatan Pengujian	27
3.3	Diagram Alir Pengujian	31
3.4	Prosedur Pengambilan Data	32
3.5	Pemeriksaan Peralatan Uji	32
3.6	Langkah-langkah Pemvakuman Sistem	32
3.7	Langkah-langkah Pengisian Freon	34
	2.7.1 Kondisi Mesin Mati	34
	2.7.2 Kondisi Mesin Hidup	34
3.8	Pengambilan Data Hasil Pengujian	34
3.9	Variable Penelitian	37
	3.9.1 Variable Bebas	37
	3.9.2 Variable Kontrol	37
	3.9.3 Variable Terikat	37
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1	Data Hasil Pengukuran Kinerja Kompresor AC Mobil terhadap Variasi Massa <i>Refrigerant</i> R-134a	38
4.2	Hasil Data Perhitungan Laju Aliran Terhadap Variasi Massa <i>Refrigerant</i> R-134a Pada <i>Thermostat</i> High Cool Dan Low Cool	41
4.3	COP Terhadap Variasi Massa Refrigeran R134A Pada Putaran High Cool Dan Low Cool	44
4.4	Analisa Data	44
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	58
5.1.	Kesimpulan	58
5.2.	Saran	59
DAFTAR PUSTAKA		60
LAMPIRAN		
LEMBAR ASISTENSI		
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		

DAFTAR TABEL

Tabel.2.1	Jenis-jenis Refrigeran
Tabel 3.1	Jadwal Kegiatan Penelitian
Tabel 4.1	Data Hasil Pengukuran Pada Putaran Blower High Cool
Tabel 4.2	Data Hasil Pengukuran Pada Putaran Blower Low Cool
Tabel 4.3	Hasil Analisa Data Kerja Kompresor Pada Putaran Blower High Cool
Tabel 4.4	Hasil Analisa Data Kerja Kompresor Pada Putaran Blower Low Cool
Tabel 4.5	Hasil Data Perhitungan Laju Aliran Pada Putaran Blower High Cool
Tabel 4.6	Hasil Data Perhitungan Laju Aliran Pada Putaran Blower High Cool

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2.1 Skema *Air Conditioning* (AC) Mobil
Gambar 2.2 Bentuk Fisik Dari Evaporator
Gambar 2.4 Bentuk Fisik Dari Kompresor
Gambar 2.5 Bentuk Fisik Dari Kondensor
Gambar 2.6 Katup Ekspansi
Gambar 2.7 Diagram P-h Siklus Refrigerasi Kompresor Uap
Gambar 2.8 Siklus Sifat Termodinamika Dalam Titik Beku
Gambar 2.9 Hubungan Laju Aliran Massa Refrigeran
Gambar 2.10 Efek Variasi Beban Pada Pipa Kapiler Sistem Refrigerasi
Gambar 2.11 Arduino Uno
Gambar 3.1 Bentuk Fisik Sensor DS18B20
Gambar 3.2 Kompresor AC Mobil
Gambar 3.3 Kondensor AC Mobil
Gambar 3.4 Motor Listrik 3 Fasa
Gambar 3.5 Evaporator AC Mobil
Gambar 3.6 Receiver Dryer
Gambar 3.7 Baterai 12 Volt
Gambar 3.8 *Ekspansi*
Gambar 3.9 Bentuk fisik Thermostat AC Mobil
Gambar 3.10 Refrigeran R134A
Gambar 3.11 Pressure Gauge
Gambar 3.12 Wadah Berisikan Air Sabun
Gambar 3.13 Timbangan Mini
Gambar 3.14 Diagram Alir
Gambar 3.15 Proses Pengvakuman
Gambar 3.16 Massa Refrigeran 100 gram
Gambar 3.17 Massa Refrigeran 200 gram
Gambar 3.18 Massa Refrigeran 300 gram
Gambar 3.19 Massa Refrigeran 350 gram
Gambar 4.1 Grafik Kerja Kompresor Pada Putaran *High Cool* Terhadap Variasi Massa *Refrigerant*
Gambar 4.2 Grafik Kerja Kompresor Pada Putaran *Low Cool* Terhadap Variasi Massa *Refrigerant*
Gambar 4.3 Grafik Laju Aliran Pada Putaran *High Cool*
Gambar 4.4 Grafik Laju Aliran Massa Pada Putaran *Low Cool*
Gambar 4.5 Grafik COP Putaran *High Cool* Terhadap Variasi Massa

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
$W_{in} =$	Kerja kompresor persatuan massa refrigeran	(kj/kg)
$Q_{in} =$	Besarkalor persatuan massa <i>refrigerant</i> yang diserap evaporator	(kj/kg)
$Q_{out} =$	Besar kalor persatuan massa refrigeran yang dilepas 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	
$T_e =$	Suhu mutlak evaporator	(k)
$T_c =$	Suhu mutlak kondensor	(k)
$V =$	Voltase pada kompresor	(volt)
$I =$	Arus listrik yang dipakai kompresor	(A)
$P =$	Daya kompresor	(Watt)
$h_1 =$	Entalpi refrigeran saat masuk kompresor	(kj/kg)
$h_2 =$	Entalpi refrigeran saat keluar kompresor	(kj/kg)
$h_3 =$	Entalpi refrigeran saat masuk kompressor	(kj/kg)
$h_4 =$	Entalpi refrigeran saat masuk evaporator	(kj/kg)
$\eta =$	Efisiensi	(%)
$m_{ref} =$	Laju Aliran Massa n	(kg/det)

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi saat ini telah maju pesat, salah satunya pada sistem pendingin. Pemanfaatan mesin pendingin sudah sangat luas di berbagai kehidupan, salah satunya adalah mesin pendingin untuk kendaraan roda empat. Bahkan untuk beristirahat pun kebanyakan orang memerlukan penggunaan alat ini untuk kenyamanan. Sistem pengkondisian udara merupakan suatu proses yang berlangsung secara kontinyu antar berbagai komponen seperti : kompresor, kondensor, *receiver tank*, *expansion valve* dan evaporator. Dalam kerjanya komponen-komponen tersebut berfungsi untuk mensirkulasikan *refrigerant* (zat pendingin) didalam membawa dan memindahkan panas. Sebagai media kerja refrigeran harus mempunyai sifat-sifat yang baik dari segi teknik seperti kesetabilan yang sangat tinggi, tidak mudah terbakar, tidak beracun dan mudah diperoleh. (Dwi Basuki Wibowo 2006).

Hampir semua kalangan pada saat ini mempergunakan mobil yang ber AC. Dahulu kala pada saat mobil belum di lengkapi AC , untuk mendapatkan oksigen udara dari dalam kabin mobil, pengemudi harus membuka jendela kaca mobil supaya udara luar dapat masuk dan bersirkulasi. Seiring berkembangnya jaman mobil dipasang AC. Prinsip dasar AC adalah proses penyerapan panas dan pelepasan panas dengan menggunakan suatu zat yang mudah menyerap (*refrigerant*). Kondisi *refrigerant* dipengaruhi oleh pengatur dan tekanan yang diberikan. Sistem refrigrasi merupakan bagian dari pengkondisian dimana menjaga suatu sistem pada temperatur yang lebih rendah ke temperatur lingkungan sekelilingnya menjadi ideal sesuai yang kita harapkan. Jadi fungsi utama dari pengkondisian udara adalah untuk mengatur sistem sehingga dapat mempertahankan kondisi nyaman di ruangan yang ditempati (Stoecker, 1996:153). Berdasarkan pentingnya sistem AC (*Air Conditioner*) pada mobil maka penulis tertarik untuk mempelajari dan menjadikan sebagai objek penulisan pada tugas akhir dengan judul “ PENGARUH VARIASI MASSA *REFRIGERANT* R-134A

PADA *THERMOSTAT* KOMPRESOR *HIGH COOL* DAN *LOW COOL* TERHADAP *COEFICIENT OF PERFORMANCE* (COP) SISTEM PENDINGIN AC MOBIL

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas dapat ditarik beberapa hal yang menjadi permasalahan yaitu :

1. Bagaimana mengetahui kerja kompresor terhadap variasi massa *refrigerant* R-134a Pada *Thermostat* Kompresor *High Cool* Dan *Low Cool*
2. Bagaimana mengetahui laju aliran terhadap variasi massa *refrigerant* R-134a pada *Thermostat* kompresor *High Cool* dan *Low Cool*
3. Bagaimana mengetahui nilai *Coeficient Of Performance* (COP) pada putaran *Thermostat High Cool* dan *Low Cool*

1.3 Ruang Lingkup

Fitur penyejuk udara telah menjadi bagian penting dalam sebuah kendaraan. Perangkat AC lebih berfungsi sebagai pendingin, apalagi dikota-kota besar dengan kondisi jalanan yang macet dan suhu udara yang sangat panas. Dalam penelitian ini akan melakukan pengujian pengaruh variasi massa *refrigerant* R134A pada *Thermostat* Kompresor *High Cool* dan *Low Cool* terhadap COP. AC sangat diperlukan untuk mendapatkan kenyamanan berkendara. Sebab kenyamanan berkendara akan mempengaruhi perilaku di jalan, sehingga pengendara menjadi tenang dan tidak emosional.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui kerja kompresor terhadap variasi massa *refrigerant* R-134a
2. Mengetahui nilai *Coeficient Of Performance* (COP) pada putaran *Thermostat High Cool* dan *Low Cool*

1.5 Manfaat

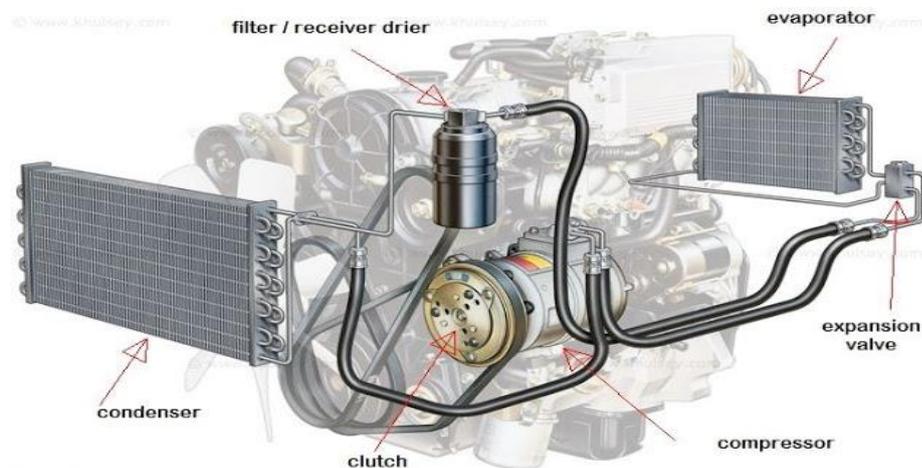
Adapun manfaat yang didapat dari penelitian ini adalah :

1. Memberikan hasil pengujian terhadap pengembangan ilmu bagi teknik mesin.
2. Hasil dari tugas akhir akan menjadi kajian dan informasi bagi mahasiswa teknik mesin dan dunia kerja terutama di otomotif.
3. Sebagai bahan referensi bagi para mahasiswa mesin untuk mengembangkan sistem AC mobil yang jauh lebih sehat.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Air Conditioning* (AC) Mobil

Air Conditioning (AC) Mobil adalah suatu rangkaian komponen yang berfungsi sebagai penyejuk ruangan pada kabin kendaraan. Pada dasarnya sistem kerja AC mobil adalah sirkulasi udara dimana komponen-komponen berfungsi saling berkaitan satu dengan yang lainnya, dengan freon (gas pendingin) sebagai aliran sirkulasi itu sendiri. aliran tersebut terus-menerus bersirkulasi selama mesin dihidupkan. Pada gambar 2.1 dapat kita lihat bentuk dari *Air Conditioning* (AC) mobil.



Gambar 2.1 Skema *Air Conditioning* (AC) Mobil
(Sumber :Dossat,2010)

2.1.1 Sejarah AC Mobil

Awalnya, untuk menyejukkan kabin kendaraan dilakukan dengan cara memasang ventilasi dibagian bawah dashboard dan bukaan pada kaca bagian depan. Namun cara ini tidak efisien, karena udara masuk dari luar justru menimbulkan masuknya debu dan kotoran ke dalam kabin mobil. Setelah cara ini dianggap kurang efektif, kemudian dipasanglah kipas. Pemasangan kipas angin ternyata lumayan berpengaruh, sebab kipas angin dapat mengurangi panas dan rasa gerah didalam kabin mobil. 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 pengendara menjadi kurang terjamin. Hingga pada akhirnya (*Arismunandar, Saito Heizo, 2000*) punya cara untuk mensiasati hal tersebut. Dimana pada tahun 1884 dia menempatkan balok es dibagian bawah kendaraan dan menggunakan kipas untuk meniupkan hawa dinginnya. Setelah berbagai cara dilakukan, kemudian muncul cara lain yang lebih efektif untuk mendapatkan kenyamanan didalam mobil, ialah dengan cara memasang AC (*Air Conditioning*). 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 system kendaraan. Mobil pertama yang memiliki penyejuk udara mekanis dibuat oleh *C&C Kelvinator, Co.* diaplikasikan pada kendaraan *John Homman Jr.* Di Texas pada 23 September 1932, *General Motors Research Laboratories* menggagas penggunaan penyejuk kendaraan dengan system pendingin kompresi uap yang menggunakan bahan Refrigerant R-12. Tahun 1947 pabrikan pembuatan alat penyejuk udara pada kendaraan menjadi berkembang dan bertambah besar. Sepanjang tahun 1960, perbaikan dan inovasi sistem penyejuk udara pada kendaraan pun dilakukan. Sebagai contoh, pada *Chrysler Auto-Temp System*, pengendara dapat mensetting temperatur dan kecepatan udara yang diinginkan. Inilah yang kemudian dikenal dengan ‘Climate Control System’. Berdasarkan hasil penelitian pada tahun 1970-an, diketahui bahwa salah satu penyebab rusaknya lapisan ozon adalah lepasnya refrigeran (R-12) ke udara, sehingga perlu bahan pengganti R-12. *Refrigerant* pengganti tersebut adalah R-134a dan mulai diujicobakan pada kendaraan Chevrolet sekitar tahun 1978 oleh *Horrison Radiator* dan *Allied Chemicals*. Kontroversi penggunaan refrigerant R-12 semakin memuncak saat *Montreal Protocol* pada bulan September 1987 yang menuntut adanya penghapusan refrigerant R-12 dan menggantinya dengan bahan bakar yang lebih ramah lingkungan. Pengurangan Pemakaian refrigerant R-12 sudah dilakukan pada kendaraan keluaran tahun 1990-an dan segera dihilangkan pada tahun-tahun berikutnya. Fitur AC (*Air Conditioning*) telah menjadi bagian penting dalam sebuah kendaraan. tidak hanya di daerah tropis, di daerah sub tropis pun perangkat ini sangat diperlukan. Sesuai perkembangan teknologi, kini refrigerant sebagai bahan utama ac mobil telah menggunakan bahan yang ramah

lingkungan sehingga tidak menimbulkan efek merusak seperti pada AC mobil pada umumnya. (riswandi,2000).

2.1.2 Definisi AC Mobil

AC mobil adalah suatu mesin yang berfungsi untuk mengkondisikan udara di dalam kabin mobil (Yuswandi,2007). Pada umumnya mesin AC mobil bekerja dengan menggunakan siklus kompresi uap dengan fluida kerja yang dinamakan refrigeran. Di dalam AC mobil, massa refrigeran yang digunakan adalah tetap, meskipun selama proses refrigeran selalu berubah fasenya. Struktur dasar AC mobil dan AC rumah sebenarnya sama. Hanya saja, AC mobil lebih dinamis. Putaran kompresor pada AC mobil lebih dinamis. Putaran kompresor pada AC mobil meliputi RPM mobil. Semakin cepat mobil melaju semakin cepat pula putaran kompresor sehingga suhu kabin lebih cepat dingin. Sedangkan, AC ruangan lebih statis. Putaran kompresor sangat tergantung pada pengaturan suhu yang dipilih. (rotarybintaro,2004)

2.2 Refrigeran

Pada tahun 1990-an kita sering mendengar tentang CFC (*chloro fluoro carbons*) dan pengaruh yang timbulkan dalam penipisan lapisan ozon. Ada pembicaraan dan diskusi bahwa semua refrigeran yang menyebabkan kerusakan lingkungan akan dihapuskan. Tapi seiring waktu berlalu, kesadaran untuk memeriksa apakah kulkas atau AC yang dibeli memiliki refrigeran ramah lingkungan atau tidak berangsur menghilang, dengan anggapan bahwa CFC telah dihapus dan hari ini kita hanya mendapatkan refrigeran yang ramah lingkungan . Benarkah itu? Pada artikel ini, kita akan melihat berbagai refrigeran yang digunakan dalam AC dan kulkas yang tersedia di pasaran. Refrigeran adalah cairan yang digunakan dalam AC dan kulkas, untuk mengambil panas dari isi kulkas atau ruang dan membuang panas di atmosfer bumi. Sebuah refrigeran mengalami perubahan fasa dari cair ke gas (pada menyerap panas) dan kembali ke cair (ketika kompresor mengompresnya). Pilihan refrigerant yang ideal dibuat berdasarkan sifat termodinamika yang menguntungkan, non-korosif terhadap alam, dan keselamatan (non-beracun dan tidak mudah terbakar). Meskipun banyak

cairan dapat digunakan sebagai pendingin, pada abad ke-20, CFC menjadi refrigeran paling populer.

2.2.1 Jenis-jenis *Refrigerant*

- *Refrigerant R-22*

Refrigeran yang paling umum di masa lalu adalah CFC. Pada 1990-an dan 2000-an, CFC digantikan dengan HCFC (hydro chloro fluoro carbon) dan HCFC yang paling umum adalah “R-22”. Namun, HCFC hanya sedikit lebih baik daripada CFC karena mengandung klorin, yang berbahaya bagi lingkungan. Pemerintah Indonesia melalui Departemen Perindustrian dan Perdagangan (*41/M-IND/PER/5/2014*) kemudian (*40/M-DAG/PER/7/2014*) dan (*55/M-DAG/PER/9/2014*) menetapkan mulai tahun 2015 diberlakukan implementasi HPMP (HCFC Phase-Out Management Plan). Yang artinya penghapusan Freon R22 untuk industri ini serta merevisi syarat dan ketentuan impor Bahan Perusak Ozone (BPO) dan melarang impor produk yang memakai Freon R22. Pihak dealer dan toko masih bisa menjual produk mereka sampai stock habis, dan melayani purna jual sampai dengan tahun 2030, saat dimana Freon R22 akan dihapus dari Indonesia.

- Freon R410A

Untuk menghilangkan klorin dari refrigeran, produsen menciptakan satu set pendingin lain yang disebut HFC (atau Hydro Fluoro Carbons). Meskipun mereka juga memiliki potensi pemanasan global, tapi tetap mereka lebih baik daripada HCFC karena mereka tidak menguras lapisan ozon. HFC yang paling umum digunakan di AC adalah R-410A. Refrigeran ini lebih baik dari R-22 dalam hal potensi “Penipisan Ozon” dan efisiensi energi, tetapi masih menyebabkan pemanasan global.

- *Refrigerant R32*

Freon R32 ditemukan oleh Daikin Jepang dan digunakan di produk mereka mulai tahun 2013. Freon R-32 lebih baik dari R-410A dalam hal potensi pemanasan global, akan tetapi masih merupakan HFC.

- Refrigerant R-134a

Refrigerant R134A golongan HFC merupakan *refrigerant* murni atau tidak campuran, refrigeran R134A sebagai pengganti CFC-12 pada temperatur menengah dan tinggi. Dalam refrigerasi dan tata udara, refrigeran R134A tergolong dalam *safety classification* A1. Sebagai perbandingan, berikut adalah tabel 2.1 untuk beberapa jenis Freon yang ada di Indonesia.

Tabel 2.1 Jenis-jenis Refrigerant

JENIS FREON	ODP	GWP	COOLING INDEX	FLAMMABILITY
R220.05	0.05	1810	100	TIDAK
R410A	0	2090	100	TIDAK
R32	0	675	92	RENDAH
R134A	0	230	70	STABIL

(Sumber : sutrisno,2015)

Catatan istilah :

- ODP adalah Ozone Depletion Potential alias Potensi Perusakan Ozone
- GWP adalah Global Warming Potential alias Potensi Pemanasan Global
- Cooling Index adalah angka index pendinginan
- Flammability adalah Tingkat mudah terbakar.

2.3 Sistem Refrigerasi

Pada sistem ini terdapat refrigeran yakni suatu senyawa yang dapat berubah fase secara cepat dari uap ke cair dan sebaliknya. Pada saat terjadi perubahan fase dari cair ke uap, refrigeran akan mengambil kalor (panas) dari lingkungan. Sebaliknya, saat berubah fase dari uap ke cair, refrigeran akan membuang kalor (panas) ke lingkungan sekelilingnya. *sumber:(Darwis Tampubolon/Robert Samosir)*

Komponen utama dari suatu sistem refrigerasi kompresi uap adalah :

1. Evaporator
2. Kompresor
3. Kondensor
4. Alat Ekspansi (*matering device*)

2.3.1 Evaporator

Evaporator berfungsi untuk mengambil kalor dari suatu ruangan atau suatu benda yang bersentuhan dengannya. Pada evaporator terjadi pendidihan (boiling) atau penguapan (evaporation) atau perubahan faserefrigarsi dari cair menjadi uap. Bentuk fisik dari evaporator AC mobil dapat kita lihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. Bentuk fisik dari evaporator mobil
(Sumber :Lab UMSU 2019.)

2.3.2 Kompresor

Kompresor dikenal sebagai jantung dari suatu sistem refrigerasi dan digunakan untuk menghisap dan menaikkan tekanan uap refrigeran yang berasal dari evaporator. Bagian pemipaan yang menghubungkan antara evaporator dengan kompresor dikenal sebagai saluran hisap (*suction line*). Penambahan tekanan uap refrigeran dengan kompresor ini dimaksud agar refrigeran dapat mengembun pada temperatur yang relatif tinggi. Refrigeran yang keluar dari kompresor masih berfasa uap dengan tekanan tinggi. Perbandingan antara absolute tekanan buang (*discharge pressure*) dan tekanan isap (*suction pressure*) disebut dengan ratio

kompresi (*compression ratio*). Bentuk fisik dari kompresor AC mobil dapat kita lihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. Bentuk fisik dari kompresor AC mobil
(Sumber :Lab UMSU 2019.)

2.3.3 Kondensor

Kondensor berfungsi untuk mengembunkan atau mengkondensasikan refrigeran bertekanan tinggi dari kompresor. Pemipaan yang menghubungkan antara kompresor dengan kondensor dikenal dengan saluran buang (*discharge line*). Dengan demikian pada kondensor terjadi perubahan fasa uap ke cair ini selalu disertai dengan pembuangan kalor ke lingkungan. Pada kondensor berpendingin udara (*air cooled condensor*), pembuangan kalor dilakukan ke udara. Bentuk fisik dari kondensor dapat kita lihat pada gambar 2.4 dibawah ini :



Gambar 2.4 Kondensor AC Mobbil
(sumber : Lab UMSU 2019)

2.3.4 Katup Ekspansi (*Ekspansi Valve*)

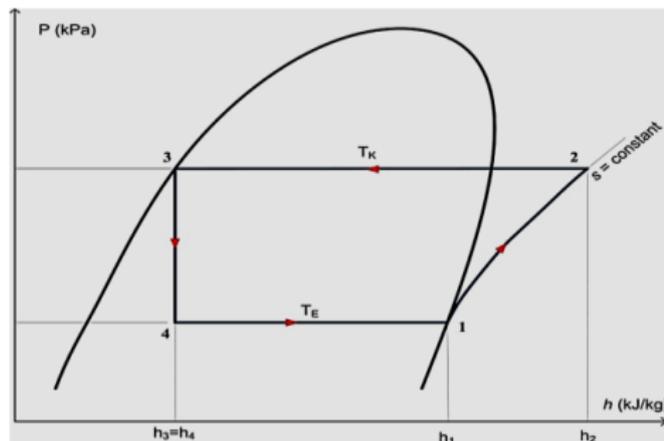
Komponen ini berfungsi memberikan satu cairan refrigeran dalam tekanan rendah ke evaporator sesuai dengan kebutuhan. Pada alat ekspansi terjadi penurunan tekanan refrigeran akibat adanya penyempitan aliran. Alat ekspansi dapat berupa pipa kapiler, katup ekspansi termostatik (TXV, *thermo expansion valve*), katup ekspansi *otomatik*, maupun katup ekspansi manual. Bentuk fisik dari katup ekspansi dapat kita lihat pada gambar 2.5 dibawah ini :



Gambar 2.5 katup ekspansi AC Mobil
(sumber : Lab UMSU 2019)

2.4 Siklus refrigerasi kompresi Uap

Siklus refrigerasi kompresi uap merupakan suatu sistem yang memanfaatkan aliran perpindahan kalor melalui refrigeran. Dalam diagram T-s dan P-h siklus kompresi uap ideal dapat dilihat pada gambar 2.6



Gambar 2.6 Diagram P-h Siklus Refrigerasi Kompresi Uap
(Sumber : Dossat, R.J. 1981)

Proses utama dari sistem refrigerasi uap adalah :

- Proses kompresi
- Proses evaporasi dan kondensasi

Proses tersebut apa bila berlangsung terus menerus akan menghasilkan suatu siklus. Ungkapan matematik untuk keseimbangan energi dapat dilihat pada rumus dibawah ini :

$$\dot{m} \left[h_1 + \frac{v_1^2}{2} + gz_1 \right] + q - m \left[h_2 + \frac{v_2^2}{2} + gz_2 \right] - W = \frac{dE}{d\theta} \quad (2.1)$$

2.4.1 Proses Kompresi

Proses 1-2 merupakan proses kompresi dimana refrigeran ditekan sehingga tekanannya menjadi lebih tinggi sehingga temperatur jenuhnya menjadi lebih tinggi pada saat masuk kondenser. Hal ini dimaksudkan agar temperatur refrigeran di kondenser menjadi lebih tinggi dari temperatur lingkungan sehingga mampu memindahkan panas ke lingkungan dengan proses kondensasi.

Pada siklus ideal proses kompresi ini berlangsung secara adiabatik artinya tidak ada panas yang di pindahkan baik masuk maupun keluar sistem. Dengan demikian $q = 0$, Perubahan energi kinetik dan potensial juga diabaikan, sehingga kerja kompresi dirumuskan sebagai berikut :

$$W = m \cdot (h_2 - h_1) \quad (2.2)$$

$$W_c = m_{ref} (h_2 - h_1) \quad (2.3)$$

2.4.2 Proses Evaporasi dan Kondensasi

Pada proses evaporasi dan kondensasi perubahan energi kinetik dan energi potensial diabaikan sehingga harga $v^2/2$ dan $g.z$ pada titik 1 dan titik 2 dianggap 0. Laju aliran kalor pada proses evaporasi (kapasitas pendinginan) dirumuskan sebagai berikut :

$$Q_e = m_{ref} (h_1 - h_4) \quad (2.4)$$

Laju aliran kalor pada proses kompresor kondensasi (kapasitas pengembunan) dirumuskan sebagai berikut :

$$Q_k = m_{ref} (h_2 - h_3) \quad (2.5)$$

2.4.3 *Throttling Process*

Proses ini terjadi pada pipa kapiler atau pada katub ekspansi. Pada proses ini tidak ada kerja yang dilakukan atau ditimbulkan sehingga $w = 0$. Perubahan energi kinetik dan potensial dianggap nol. Proses dianggap adiabatik sehingga $q = 0$. Persamaan energi aliran menjadi :

$$h_3 = h_4 \text{ [kJ/kg]} \quad (2.6)$$

2.4.4 *Efek Refrigerasi*

Efek refrigerasi adalah besarnya kalor yang diserap oleh refrigeran dalam evaporator pada proses evaporasi, dirumuskan sebagai berikut :

$$RE = h_1 - h_4 \quad (2.7)$$

2.4.5 *Coefficien Of Performance (COP_{Aktual})*

COP dipergunakan untuk menyatakan unjuk kerja dari siklus kompresor uap. Semakin tinggi COP yang dimiliki oleh suatu mesin siklus kompresi uap maka akan semakin baik mesin tersebut. COP tidak mempunyai satuan karena merupakan perbandingan antara kalor yang diserap evaporator dengan kerja kompresor, dinyatakan dalam persamaan

$$COP_{Aktual} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} = \frac{Q_{in}}{Wk} \quad (2.8)$$

2.4.6 *Coefficien of performance (COP_{ideal})*

Besarnya koefisien yang menyatakan unjuk kerja dalam posisi ideal pada siklus kompresi uap dapat dihitung dengan persamaan (2.6)

$$COP_{Ideal} = \frac{T_e}{T_c - T_e} \quad (2.9)$$

2.4.7 *Efisiensi mesin AC mobil*

Besarnya efisiensi mesin siklus kompresi uap AC mobil dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\eta = \frac{COP_{Aktual} \times 100\%}{COP_{Ideal}}$$

Sedangkan untuk kerja aliran massa udara dapat ditentukan dari hukum kontinuitas sebagai berikut :

$$Q = A.V \quad (2.10)$$

$$m = Q. \rho = (A.V) . \rho \quad (2.11)$$

2.4.8 Persamaan Bernoulli

Persamaan Bernoulli sering diturunkan dari sifat-sifat mekanik fluida, tetapi dapat juga diturunkan sebagai kekhususan dari persamaan energi dengan batasan-batasan hukum kedua. Dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$T ds = du + p dv \quad (2.12)$$

Dengan u adalah energi dalam, Joule/kg. Rumus ini didasarkan pada persamaan *Gibb*. Untuk proses adiabatik, $q = 0$ dan jika tanpa kerja mekanis, $W = 0$. Proses seperti ini dapat terjadi bila fluida mengalir di dalam pipa atau saluran. Dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$h = \frac{v^2}{2} + gz = \text{konstan} \quad (2.13)$$

2.4.9 Kinerja Sistem Refrigerasi

Pada suatu sistem refrigerasi, besarnya kalor yang diambil oleh refrigeran pada evaporator dari lingkungannya akan sebanding dengan selisih entalpi antara keluaran dan masukan evaporator, ini dikenal dengan sebutan efek refrigerasi, q_E atau $q_E = h_1 - h_4$ (2.14)

Pada proses kompresi, entalpi refrigeran akan mengalami kenaikan akibat energi yang ditambahkan oleh kompresor kepada refrigeran. Besarnya kenaikan energi refrigeran akan sebanding dengan kerja kompresor yang dinyatakan dengan: $W = h_2 - h_1$ (2.15)

Perbandingan antara besarnya kalor dari lingkungan yang dapat di ambil oleh evaporator dengan kerja kompresor yang harus diberikan disebut sebagai koefisien kinerja (*coefficient of performance*)

$$COP = \frac{q_E}{W} \quad (2.16)$$

Atau

$$COP = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \quad (2.17)$$

Dengan rumus diatas, maka besar COP selalu lebih besar dari satu. Pembuangan kalor (heat rejection) pada kondensor sebanding dengan panjang garis proses pada kondensor, yakni garis mendatar bagian atas pada plot siklus pada diagram tekanan entalpi. Pembuangan kalor pada kondensor dinyatakan dengan :

$$Q_C = h_2 - h_3 \quad (2.18)$$

Karena $h_2 - h_3 = (h_2 - h_1) + (h_1 - h_4)$ (2.19)

Maka $q_C = W + q_C$ (2.20)

Atau dengan kata lain pembuangan panas kondensor = kerja kompresor + efek refrigerasi.

2.4.10 Efektifitas Perpindahan Panas

Efektifitas perpindahan panas merupakan perbandingan laju perpindahan panas yang sebenarnya terhadap laju perpindahan maksimum yang mungkin terjadi. Panas yang diserap oleh evaporator untuk mendidihkan refrigeran sebesar jumlah efektifitas perpindahan panas yang diberikan oleh udara. Sehingga menaikkan suhu refrigeran sebagai penyebab turunnya temperatur udara pada keluaran evaporator. Besarnya nilai efektifitas perpindahan panas dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\varepsilon = \frac{\text{Laju perpindahan kalor sesungguhnya}}{\text{Laju perpindahan kalor maksimum yang mungkin}} \equiv \frac{Q}{Q_{maks}} \quad (2.21)$$

Laju perpindahan kalor yang sesungguhnya adalah :

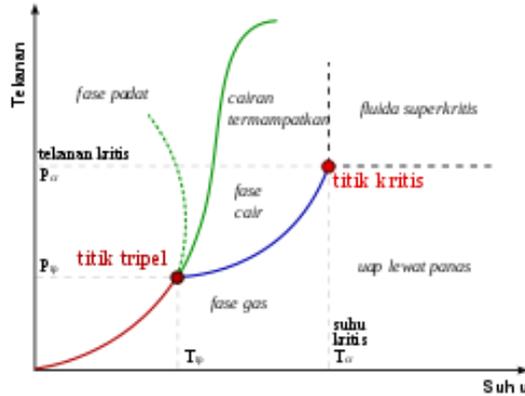
$$Q_{maks} = C_c (T_h \text{ masuk} - T_c \text{ masuk}) \quad (2.22)$$

$$Q = C_h (T_h \text{ masuk} - T_h \text{ keluar}) \quad (2.23)$$

2.4.11 Sifat Termodinamika

Suhu (t) dari suatu bahan menyatakan keadaan termalnya dan kemampuannya untuk bertukar energi dengan bahan lain yang bersentuhan dengannya. Jadi suatu bahan yang bersuhu lebih tinggi akan memberikan energi

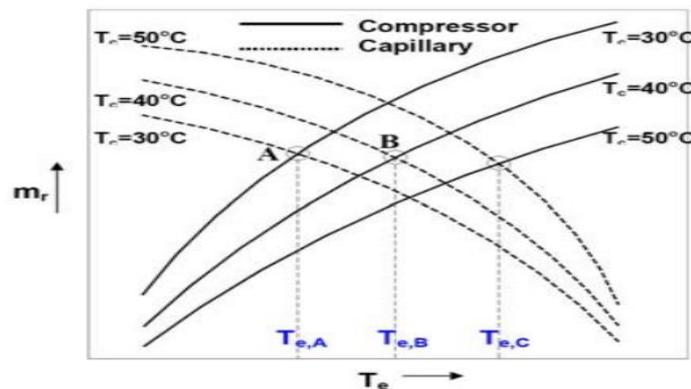
kepada bahan lain yang suhunya lebih rendah. Titik acuan bagi skala Celcius adalah titik beku air (0°C) dan didih air (100°C). Siklus Termodinamika bisa kita lihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Siklus Sifat Termodinamika Dalam Titik Beku
(Sumber: sifat termodinamika 2004)

2.5. Titik Kesetimbangan Kompresor dan Pipa Kapiler

Kompresor dan Pipa Kapiler, pada keadaan stedi harus sampai pada tekanan isap dan buang tertentu, yang menyebabkan laju aliran massa yang sama melalui kompresor dan Pipa Kapiler. Keadaan ini disebut titik kesetimbangan. Tekanan kondensor dan evaporator adalah tekanan jenuh pada temperatur kondensor dan evaporator tersebut. Gambar 2.8 menunjukkan variasi laju aliran massa dengan tekanan evaporator melalui kompresor dan Pipa Kapiler untuk tiga nilai temperatur kondensor yakni, 30°C , 40°C dan 50°C .



Gambar 2.8 Hubungan laju aliran massa refrigeran melewati kompresor dan pipa kapiler terhadap temperatur evaporator dan kondensor (A, B, dan C adalah titik setimbang) (Sumber :Rudihartono, 2010)

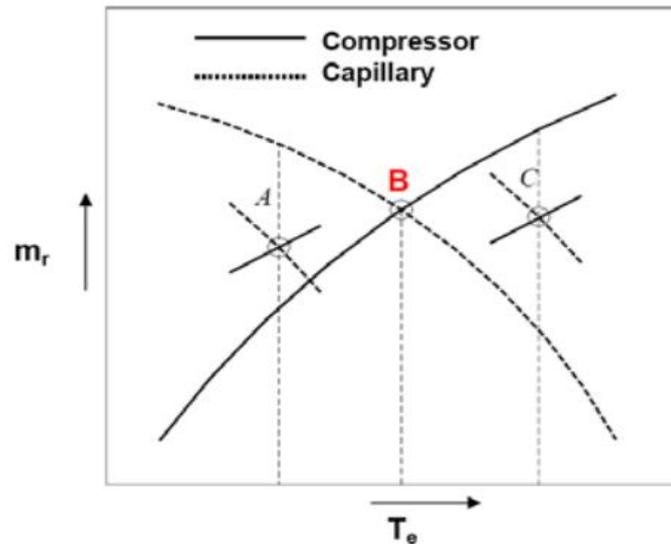
Laju aliran massa melalui kompresor berkurang jika rasio tekanan meningkat karena efisiensi volumetrik dari kompresor berkurang dengan peningkatan rasio tekanan. Rasio tekanan meningkat ketika tekanan evaporator berkurang atau tekanan kondensor meningkat. Karenanya, laju aliran massa melalui kompresor berkurang dengan peningkatan pada tekanan kondensor dan atau dengan penurunan tekanan evaporator. Beda tekanan melewati pipa kapiler itu adalah gaya penggerak bagi refrigeran untuk mengalir sepanjang sistem, karenanya laju aliran massa melalui pipa kapiler meningkat seiring peningkatan beda tekanan yang melintasinya. Dengan demikian laju aliran massa melalui pipa kapiler meningkat seiring peningkatan tekanan kondensor dan atau pengurangan tekanan evaporator. Variasi laju aliran massa melalui pipa kapiler ditunjukkan untuk tiga temperatur kondensor, yakni, 30, 40 dan 50°C seperti pada Gambar 3 Ini adalah kebalikan dari pengaruh tekanan di laju aliran massa kompresor. Karenanya, untuk suatu nilai tekanan kondensor tertentu, ada suatu nilai yang terbatas dari tekanan evaporator di mana laju aliran massa melalui kompresor dan evaporator adalah sama. Tekanan ini adalah titik kesetimbangan di mana sistem akan didapat dalam keadaan stedi. Sehingga, untuk suatu temperatur kondensor, terdapat nilai tertentu dari temperatur evaporator di mana titik kesetimbangan akan terjadi.

2.5.1 Pengaruh Dari variasi beban

Situasi yang dijelaskan di atas terjadi dalam keadaan stedi. Bagaimanapun, dalam praktek beban refrigerasi dapat bervariasi karena beberapa pertimbangan, seperti variasi temperatur sekeliling. Hal tersebut adalah mungkin untuk beban menjadi meningkat atau berkurang. Variasi beban ini mempengaruhi pengoperasian kompresor dan pipa kapiler dan mempengaruhi titik kesetimbangannya.

2.5.2 Peningkatan beban refrigerasi

Jika beban refrigerasi meningkat, ada kecenderungan temperatur evaporator akan meningkat pula karena laju penguapan yang tinggi. Hal ini ditunjukkan pada gambar 2.9 untuk temperatur kondensor 40°C.



Gambar 2.9 Efek variasi beban pada pipa kapiler sistem refrigerasi, A: pada beban rendah, B: Titik Desain, C: pada beban tinggi (Sumber :Badji, 2010)

2.5.3 Penurunan Beban refrigerasi

Jika beban refrigerasi berkurang, ada kecenderungan temperatur evaporator untuk berkurang,. Hal ini mengarah pada akumulasi cairan refrigeran di dalam evaporator yang menyebabkan evaporator kebanyakan refrigeran (*flooding*). Ini dapat mengarah kepada konsekuensi berbahaya jika cairan refrigeran meluap sampai ke kompresor menyebabkan hantaman(*slugging*) pada kompresor. Hal ini harus dihindarkan bagaimanapun, karenanya pipa kapiler mendasarkan sistem refrigerasi menggunakan beban kritis sebagai suatu ukuran keselamatan. Beban kritis adalah suatu jumlah tertentu dari refrigeran yang masuk ke dalam sistem refrigerasi sehingga di dalam peristiwa yang mungkin terjadi semuanya mengumpul di dalam evaporator, dan hanya akan mengisi evaporator sampai ke ujung dan tidak pernah meluap dari evaporator ke kompresor. Flooding evaporator juga merupakan gejala sementara, itu tidak bisa berlanjut dengan tak terbatas. Sistem tersebut harus diambil beberapa tindakan korektif. Di mana pipa

kapiler memberi feed lebih banyak refrigeran dari kondensor, cairan tertahan pada bagian keluar kondensor dan beberapa uap masuk ke pipa kapiler. Uap memiliki densitas yang sangat kecil dibandingkan dengan cairan; sehingga laju aliran massa melalui pipa kapiler berkurang secara drastis. Hal ini bukanlah yang diharapkan karena efek refrigerasi akan berkurang dan COP juga berkurang pula.

2.6 *Microcontroller*

Microcontroller adalah sebuah chip yang berfungsi sebagai pengontrol rangkaian elektronik dan umunya dapat menyimpan program did MCS51 ialah mikrokomputer CMOS 8 bit dengan 4 KB Flash PEROM (Programmable and Erasable Only Memory) yang dapat dihapus dan ditulisi sebanyak 1000 kali. Mikrokontroler ini diproduksi dengan menggunakan teknologi high density non-volatile memory. Flash PEROM on-chip tersebut memungkinkan memori program untuk diprogram ulang dalam sistem (in-system programming) atau dengan menggunakan programmer non-volatile memory konvensional. Kombinasi CPU 8 bit serba guna dan Flash PEROM, menjadikan mikrokontroler MCS51 menjadi microcomputer handal yang fleksibel.

Pada penelitian ini *microcontroller* yang digunakan yaitu Arduino UNO. Arduino UNO adalah sebuah board microcontroller yang didasarkan pada Atmega328 (data sheet). Arduino UNO mempunyai 14 pin digital input/output (6 diantaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, sebuah isolator Kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB sebuah power jack sebuah ICSP header dan sebuah tombol reset, seperti terlihat pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 Arduino Uno (Sumber : Arduino 2014)

2.7 Sensor Suhu DS18B20

DS18B20 adalah sensor suhu digital seri terbaru dari Maxim IC (dulu yang buat adalah Dallas Semiconductor, lalu dicaplok oleh Maxim Integrated Products). Sensor ini mampu membaca suhu dengan ketelitian 9 hingga 12-bit, rentang -55°C hingga 125°C dengan ketelitian $(\pm 0.5^{\circ}\text{C})$. Setiap sensor yang diproduksi memiliki kode unik sebesar 64-Bit yang disematkan pada masing-masing chip, sehingga memungkinkan penggunaan sensor dalam jumlah besar hanya melalui satu kabel saja (single wire data bus/1-wire protocol). Ini merupakan komponen yang luar biasa, dan merupakan batu patokan dari banyak proyek-proyek data logging dan kontrol berbasis temperatur di luar sana. Fisik dari sensor Dallas dapat kita lihat pada gambar 2.11.



Gambar 2.11 Bentuk Fisik Sensor Suhu DS18B20
(Sumber : *ilearning 2105*)

Sebagai acuan dan informasi pendukung, sensor ini memiliki fitur utama sebagai berikut:

1. Antarmuka hanya menggunakan satu kabel sebagai komunikasi (menggunakan protokol Unique 1-Wire)
2. Setiap sensor memiliki kode pengenal unik 64-bit yang tertanam di onboard ROM

3. Kemampuan multidrop yang menyederhanakan aplikasi penginderaan suhu terdistribusi
4. Tidak memerlukan komponen tambahan
5. Juga bisa diumpangkan daya melalui jalur datanya. Rentang dayanya adalah 3.0V hingga 5.5V
6. Bisa mengukur temperatur mulai dari -55°C hingga $+125^{\circ}\text{C}$
7. Memiliki akurasi $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ pada rentang -10°C hingga $+85^{\circ}\text{C}$
8. Resolusi sensor bisa dipilih mulai dari 9 hingga 12 bit
9. Bisa mengkonversi data suhu ke 12-bit digital word hanya dalam 750 milidetik (maksimal)
10. Memiliki konfigurasi alarm yang bisa disetel (nonvolatile)
11. Bisa digunakan untuk fitur pencari alarm dan alamat sensor yang temperaturnya diluar batas (temperature alarm condition)
12. Penggunaannya bisa dalam lingkungan kendali termostatis, sistem industri, produk rumahan, termometer, atau sistem apapun yang memerlukan pembacaan suhu.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1 Tempat

Tempat di laksanakan nya kegiatan penelitian ini yaitu di Laboratorium Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jl. Kapten Muktar Basri No.3 Medan, 20238.

3.1.2 Waktu

Waktu pelaksanaan penelitian ini yaitu di mulai tanggal di sahkannya usulan judul penelitian oleh Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan akan di kerjakan selama kurang lebih 6 bulan sampai dinyatakan selesai.

Tabel 3.1 Jadwal kegiatan penelitian

No	Uraian Kegiatan	Waktu (bulan)							
		April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	
1	pengajuan judul	■							
2	Studi Literature	■	■						
3	Desain alat			■					
4	Perakitan Alat				■				
5	Pengujian Alat					■			
6	Pengolahan Data						■		
7	Penulisan Laporan						■	■	
8	Seminar dan sidang						■	■	■

3.2 Bahan dan Alat

Dalam penelitian ini alat yang di gunakan untuk menjalan kan sistem rangkaian AC mobil adalah sebagai berikut :

3.2.1 Bahan

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Kompresor Mobil

Kompresor mobil digunakan untuk menghisap freon pada tekanan rendah dan mendistribusikannya ke kondensor dalam tekanan dan suhu tinggi, yakni

mengompres suhu dan tekanan refrigeran yang akan di salurkan ke kondesor. Kompresor dapat kita lihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Kompresor AC mobil

Jenis kompresor : *swash plate*

Voltase : 220 V

2. Kondensor

Kondensor berfungsi untuk mengembunkan atau mengkondensasikan refrigeran bertekanan tinggi dari kompresor pada saat freon mulai masuk ke kompresor. Kondensor dapat kita lihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 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. Motor Listrik 3 Fasa

Motor listrik digunakan untuk memutar untuk memutar kompresor dengan menggunakan Vbelt berukuran 48 pcs. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.3 motor listrik 3 fasa.



Gambar 3.3 Motor Listrik 3 Fasa

Daya Motor listrik : 3 hp

Voltase : 220 V

4. Evaporator

Evaporator digunakan untuk mengambil kalor dari suatu ruangan atau suatu benda yang bersentuhan dengannya. Pada evaporator terjadi pendidihan atau penguapan (evaporation) atau perubahan fase refrigeransi dari cair menjadi uap. Pada gambar 3.4 dapat kita lihat bentuk dari evaporator.



Gambar 3.4 Evaporator

Spesifikasi :

Bahan pipa evaporator : tembaga (6 mm)

Bahan sirip : Aluminium

Ukuran evaporator : p x l x t = 40 cm x 16,5 cm x 11 cm

5. Receiver Dryer

Berfungsi untuk menyerap kotoran serta air yang mungkin terserap saat terjadi sirkulasi refrigerant pada AC mobil. Ada dua komponen penting dalam receiver dryer yakni dryer (pengering) dan filter. Receiver dryer dapat kita lihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Receiver Dryer Sebagai penyaring

Bahan Tabung *Receiver Dryer*: Besi

Diameter : 6,3 cm

Tinggi : 20 cm

6. Baterai 12 Volt

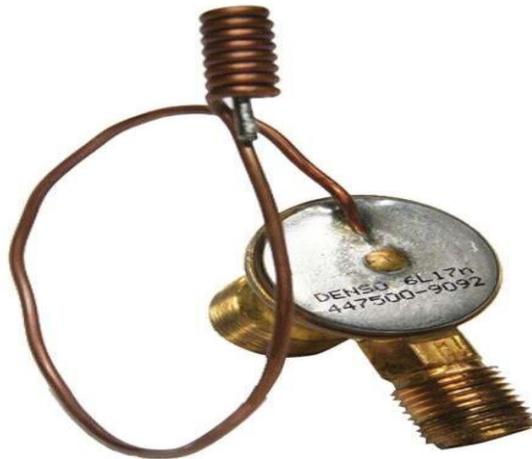
Baterai 12 Volt di gunakan sebagai sumber arus pertama untuk menjalankan sistem rangkaian AC mobil. Baterai dapat kita lihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 Baterai 12 Volt sebagai Sumber Arus Listrik Pertama

7. Katup Ekspansi

Katup ekspansi berfungsi untuk menurunkan suhu dan tekanan refrigerant atau freon ac mobil pada sirkulasi ac mobil, setelah gas freon dipompa oleh kompressor dan dirubah wujudnya menjadi cair oleh kondensor ac.



Gambar 3.7 Katup ekspansi

8. Refrigerant R134A

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. *Refrigerant* R 134a disajikan pada gambar 3.8



Gambar 3.8 Refrigeran R-134A

9. Thermostat AC Mobil

Thermostat AC mobil digunakan untuk mengatur putaran High Cool dan Low Cool. Bentuk fisik dari Thermostat AC mobil dapat dilihat pada gambar 3.9 dibawah ini :



Gambar 3.9 Bentuk fisik Thermostat AC Mobil

3.2.2 Peralatan Pengujian

Adapun peralatan yang digunakan dalam pengujian ini adalah :
Peralatan yang akan di uji dalam penelitian ini adalah variasi dari massa refrigeran R-134a. Berikut adalah gambar refrigeran R-134A yang akan di uji. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.10.

1. Refrigeran R-134A



Gambar 3.10 Refrigeran R-134A

2. Pressure Gauge

Pressure gauge digunakan untuk mengukur tekanan isian refrigeran yang akan di uji.



Gambar 3.11 Pressure Gauge

3. Wadah Berisikan Air Sabun

Digunakan untuk mengecek sela-sela sambungan pipa bila ada kebocoran yang ada di rangkaian AC mobil.



Gambar 3.12 Wadah Berisikan Air Sabun

4. Timbangan Mini Digital

Digunakan untuk menghitung variasi berat refrigeran yang diperlukan dalam pengujian



Gambar 3.13 Timbangan Mini Digital

5. Arduino *UNO*

Alat yang digunakan untuk membaca suhu pada titik yang telah ditentukan. Gambar .3.13 Arduino Uno



Gambar 3.14 Arduino *UNO*

6. Thermometer Digital

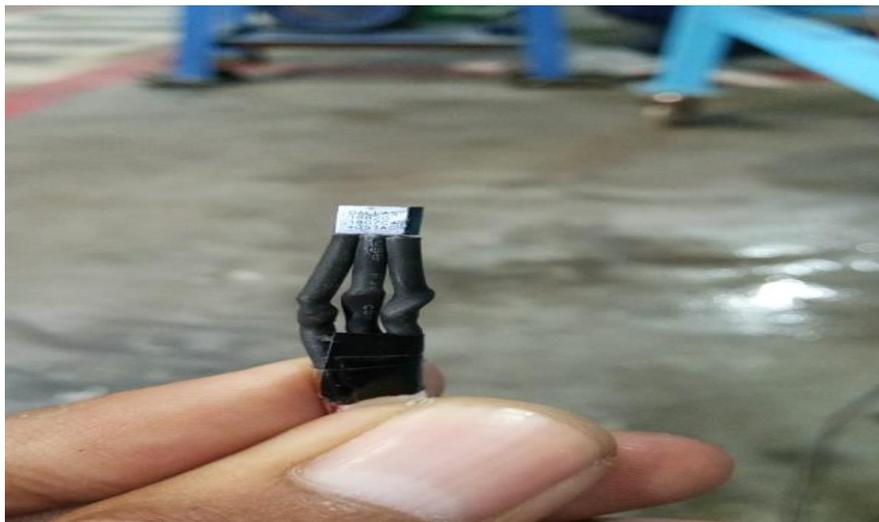
Alat yang digunakan untuk mengukur suhu ruangan dalam kanbin. *Thermometer Digital* dapat kita lihat pada gambar 3.14 .



Gambar 3.15 Thermometer Digital

7. Sensor DALLAS

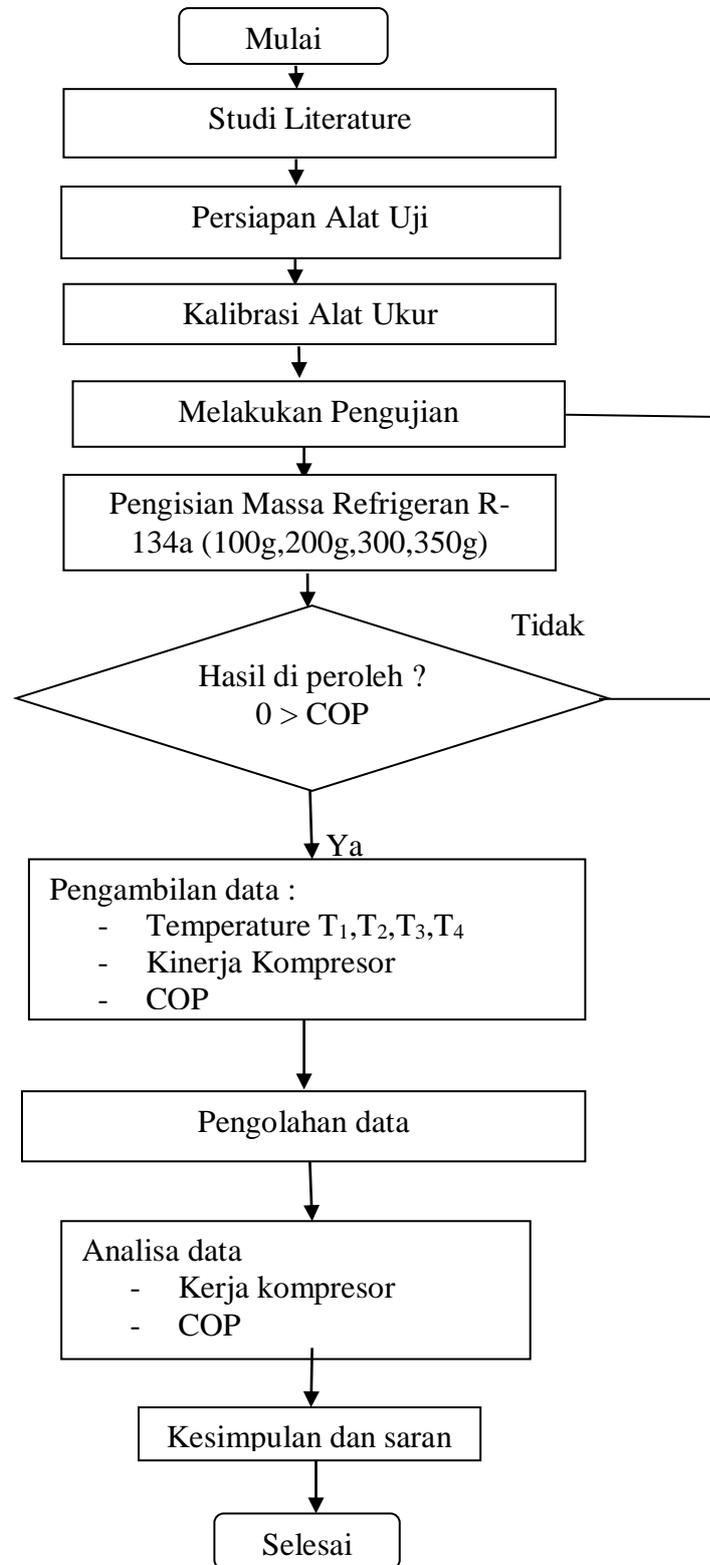
Alat yang digunakan untuk membaca suhu pada titik yang telah di tentukan. Bentuk fisik dari sensor DALLAS dapat kita lihat pada gambar 3.15



Gambar 3.16 Bentuk fisik dari sensor DALLAS

3.3 Diagram Alir Pengujian

Berikut ini diagram alir pengujian yang ditunjukkan pada gambar



Gambar 3.17 Diagram Alir

3.4 Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian terdiri dari langkah persiapan dan langkah pengujian/pengambilan data. Langkah persiapan meliputi perakitan/setting instalasi alat uji, pengosongan refrigeran, pengisian refrigeran dan tes kebocoran.

Langkah pengujian/pengambilan data dilakukan selama 60 menit. Semua data dicatat pada lembaran data. Pengambilan data dilakukan sebanyak 8 kali pada putaran High Cool dan Low Cool dengan interval waktu 15 menit untuk setiap variasi massa refrigeran yang berbeda. Metode penelitian ini dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Metode literatur yaitu dengan mempelajari literatur dari jurnal ilmiah baik nasional maupun internasional sebagai bahan informasi untuk menyelesaikan penelitian.
2. Metode observasi langsung yaitu dengan cara meneliti langsung alat yang di gunakan untuk mendapatkan data-data yang diperlukan.

3.5 Pemeriksaan Peralatan Uji

Pemeriksaan seluruh peralatan uji dan perlengkapannya merupakan langkah pertama yang mungkin dilakukan untuk menjaga keselamatan dan kondisi peralatan agar senantiasa baik.

Hal yang perlu mendapat perhatian adalah :

- Memeriksa seluruh kondisi peralatan uji antara lain seperti power supply dan sistem kelistrikan
- Memeriksa sabuk (belt) kompresor terpasang dengan benar dan kencang
- Memeriksa sirip-sirip kondensor dan evaporator
- Memeriksa kipas kondensor dan blower evaporator bekerja dengan baik
- Memeriksa kondisi kerja magnetik clutch otomatis pada kompresor

3.6 Langkah-langkah Pengosongan Refrigeran

Sebelum sistem pengkondisian udara ini diisi refrigeran, hal terpenting yang harus diperhatikan adalah ada tidaknya uap air dalam sistem, uap air dapat membeku didalam alat ekspansi dan mengakibatkan penyumbatan (*moisture*

clogging). Oleh sebab itu, uap air ini harus dikeluarkan dengan cara pemvakuman terlebih dahulu.

Langkah-langkah pemvakuman sistem dapat dilakukan sebagai berikut :

- Memasang manifold gauge untuk kedua katup pada kompresor
- Menutup kedua katup pada manifold gauge
- Menghubungkan hose tekanan tinggi pada manifold gauge ke sisi buang kompresor dan hose tekanan rendah ke sisi hisap kompresor
- Menyambungkan hose tengah pada manifold gauge ke saluran hisap pompa vakum
- Membuka kedua katup pada manifold gauge
- Menghidupkan pompa vakum sekitar 15 menit, sehingga tekanan pada manifold gauge mencapai -30 in Hg. Proses pemvakuman dapat dilihat pada gambar 3.12 jarum manifold gauge menurun kebawah sebagai berikut :



Gambar 3.18 Proses Pemvakuman

3.7 Langkah-langkah Pengisian *Refrigerant* R-134A

Pengisian refrigeran R134A dapat dilakukan dengan kondisi yang berbeda, hal ini dilakukan sebagai upaya aplikasi pada kendaraan sebenarnya. Kedua kondisi yang ditempuh adalah :

3.7.1 Kondisi mesin mati

- Meletakkan tabung R-134a diatas timbangan dan mencatat berat awal
- Menghubungkan katup tabung R-134a sehingga refrigeran dapat masuk ke hose tengah manifold gauge dengan posisi kedua katup pada manifold gauge tetap tertutup
- Memutar sedikit conection pada manifold gauge dengan hose tengah untuk membuang udara yang terdapat pada hose tengah tersebut kemudian mengencangkan kembali
- Membuka kedua katup pada manifold gauge untuk memasukan refrigeran
- Menutup kedua katup pada manifold gauge

3.7.2 Kondisi mesin hidup

- Menghidupkan motor listrik
- Menempatkan saklar pengkondisian udara pada pada posisi ON dan memutar saklar blower evaporator pada posisi Low Cool
- Membuka katup tekanan rendah sepertiga bagian pada manifold gauge untuk memasukan refrigeran sesuai berat pengujian
- Jika berat refrigeran yang masuk telah tercapai kemudian menutup katup tekanan rendah pada manifold gauge

3.8. Pengujian

1. Percobaan pertama pada massa *refrigerant* R134A 100gram dilakukan selama 15 menit. Dapat kita lihat pada gambar 3.19 dibawah ini :



Gambar 3.19 Massa *refrigerant* 100 gram

2. Percobaan kedua pada massa *refrigeran* R134A 200gram dilakukan selama 30 menit. Dapat kita lihat pada gambar 3.20 dibawah ini :



Gambar 3.20 Massa *refrigerant* 200 gram

3. Percobaan ketiga pada massa *refrigerant* R134A 300gram dilakukan selama 45 menit. Dapat kita lihat pada gambar 3.21 dibawah ini :



Gambar 3.21 Massa refrigeran 300 gram

4. Percobaan ke-empat pada massa *refrigerant* R134A 350 gram refrigeran R134A dilakukan selama 60 menit. Dapat kita lihat pada gambar 3.22 dibawah ini :



Gambar 3.22 Massa refrigeran 350 gram

3.9 Variabel Penelitian

Pada penelitian ini terdapat beberapa variable yang dapat disimpulkan sebagai berikut :

3.9.1 Variabel Bebas

Variabel bebas atau biasa disebut dengan *independent variable* dalam penelitian ini adalah massa refrigeran yang akan berpengaruh terhadap COP.

3.9.2 Variabel Kontrol

Variabel kontrol biasa disebut dengan pembanding hasil penelitian yang dilakukan. Variabel kontrol dalam penelitian ini ialah proses penelitian dilakukan dengan cara membandingkan kinerja penggunaan putaran blower High Cool dan Low Cool dengan memvariasikan isian massa refrigeran dari 100 gram – 350 gram pada putaran kompresor konstan. COP refrigeran R-134 pada isian massa 200 gram lebih rendah Low Cool di bandingkan High Cool dengan nilai masing-masing belum ditentukan.

3.9.3 Variabel Terikat

Variabel terikat atau hasil disebut dengan *dependent variable* dalam penelitian ini adalah pengaruh COP dengan memvariasikan isian massa refrigeran R-134A pada putaran blower yang berbeda. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Universitas Sumatera Utara.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengukuran Kinerja Kompresor AC Mobil terhadap Variasi Massa *Refrigerant* R-134a

Data yang didapat dari pengamatan kinerja kompresor sistem AC mobil dengan memvariasikan masaa refrigeran dari 100g, 200g ,300g dan 350g selama 4 kali pada putaran High Cool dan 4 kali pada putaran Low Cool dengan jedah waktu 15 menit hingga sistem berjalan stabil, 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). Dan Untuk data kerja kompresor pada putaran *Low Cool* dapat dilihat pada tabel 4.1. Seperti data pada putaran *High Cool* juga dapat dilihat pada tabel 4.2 dibawah ini :

Tabel 4.1 Data hasil pengukuran pada putaran *Low Cool*

Waktu (s)	Arus (A)	Volt (V)	T_1 ($^{\circ}\text{C}$)	T_2 ($^{\circ}\text{C}$)	T_3 ($^{\circ}\text{C}$)	T_4 ($^{\circ}\text{C}$)	Low Preasure (Psi)
15	0,8	220	33	54	27	10	20
30	0,8	220	32	65	27	9	23
45	0,8	220	30	54	24	8	34
60	0,8	220	33	65	27	7	40

Tabel 4.2 Data hasil pengukuran pada putaran *High Cool*

Waktu (s)	Arus (A)	Volt (V)	T_1 ($^{\circ}\text{C}$)	T_2 ($^{\circ}\text{C}$)	T_3 ($^{\circ}\text{C}$)	T_4 ($^{\circ}\text{C}$)	High Preasure (Psi)
15	0,8	220	29	50	27	10	20
30	0,8	220	25	56	26	5	23
45	0,8	220	23	54	25	8	30
60	0,8	220	24	44	19	4	40

Asumsi kondisi penelitian :

- a. Tiap komponen dianalisis sebagai volume atur pada kondisi stabil
- b. Temperatur di dalam Lab adalah $T_0 = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$
- c. Energi kinetik dan potensial yang terjadi di abaikan agar tidak terlalu besar terjadi perubahan pada evaporator dan kondensor

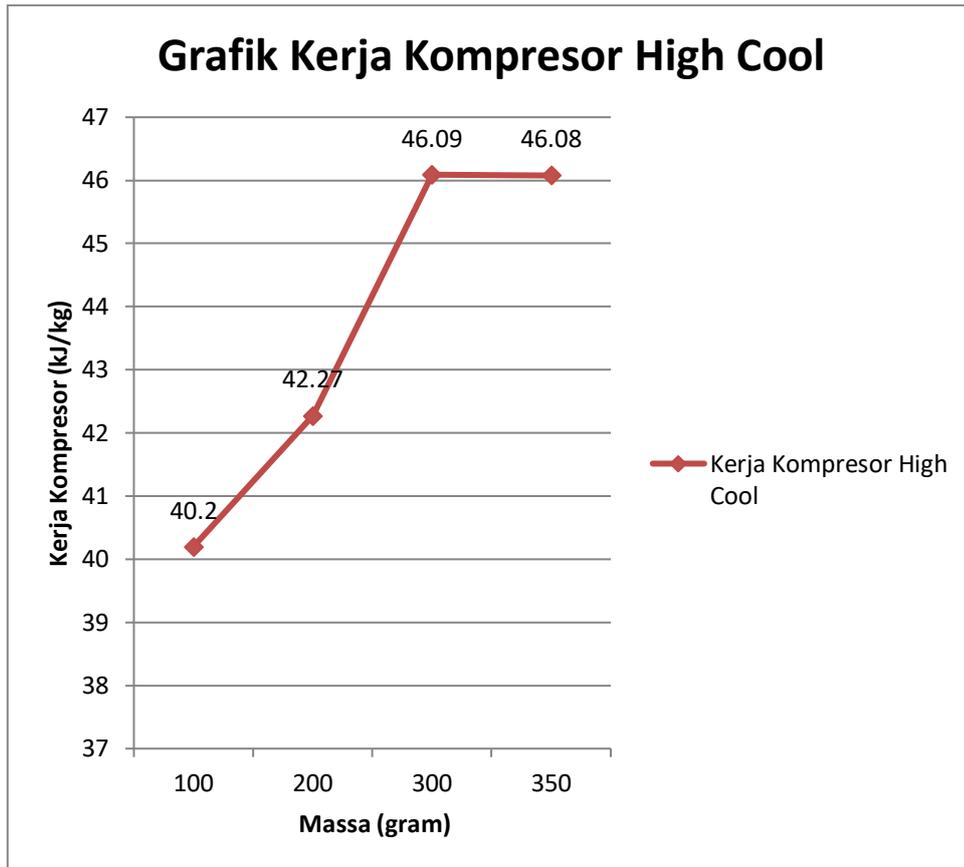
Tabel 4.3 Data Hasil Kerja Kompresor Pada Putaran High Cool

Massa (gram)	Kerja Kompresor (kJ/kg)	Daya Kompresor (kg/s)	Beban Pendingin (kJ/kg)	COP
100	40,2 kJ/kg	437,8 kg/s	4531,8952 kJ/kg	2,93
200	42,27 kJ/kg	4216,3 kg/s	4531,8952kJ/kg	2,73
300	46,09 kJ/kg	381,8 kg/s	4531,8952kJ/kg	2,43
350	46,08 kJ/kg	381,9 kg/s	4531,8952 Kj/kg	2,41

Tabel 4.4 Data Hasil Kerja Kompresor Pada Putaran Low Cool

Massa (gram)	Kerja Kompresor (kJ/kg)	Daya Kompresor (kg/s)	Beban Pendingin (kJ/kg)	COP
100	34,66 kJ/kg	507,7 kg/s	4531,8952 kJ/kg	2,03
200	41,24 kJ/kg	426,7 kg/s	4531,8952 kJ/kg	1,64
300	40,21 kJ/kg	437,8 kg/s	4531,8952 kJ/kg	1,65
350	39,5 kJ/kg	445,5 kg/s	4531,8952 kJ/kg	1,66

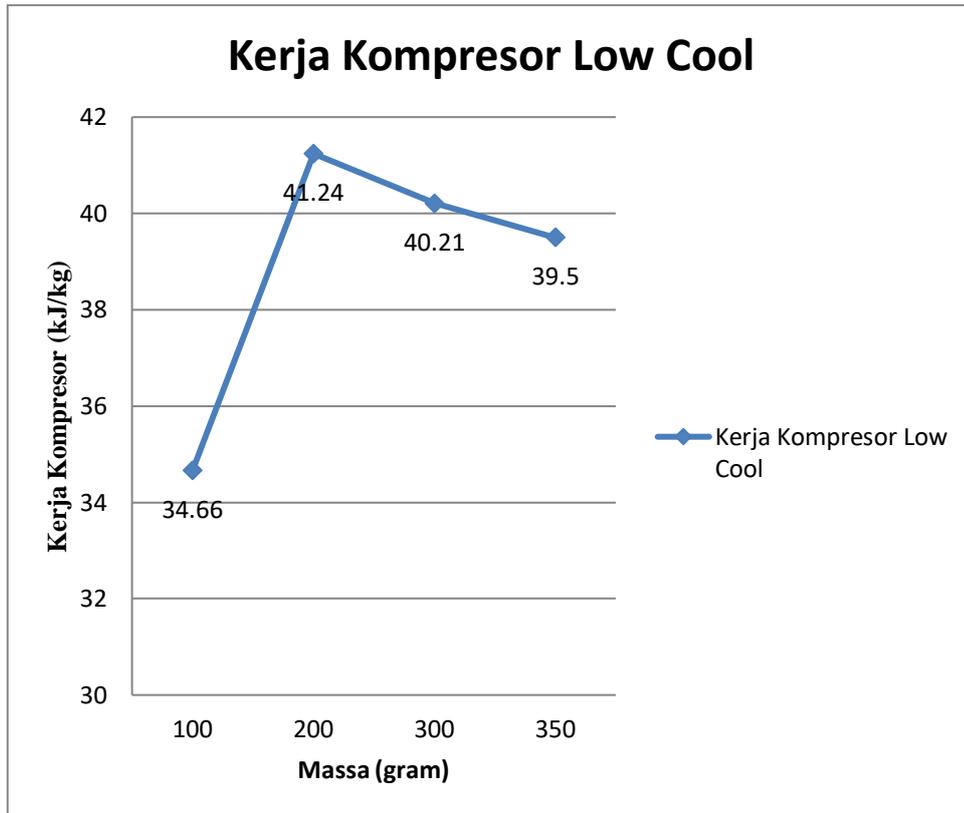
Dari keterangan hasil data kerja kompresor pada tabel di atas dapat kita tarik perbedaan garis tren pada putaran *High Cool* dan *Low Cool* terhadap variasi massa *refrigerant* R-134a. Dapat kita lihat pada grafik 4.1 dibawah ini :



Gambar 4.1 Grafik Kerja Kompresor Pada Putaran *High Cool* Terhadap Variasi Massa *Refrigerant*.

Dari grafik di atas terlihat kinerja kompresor pada putaran *High Cool* bahwa dengan bertambahnya jumlah massa *refrigerant* yang masuk ke kompresor maka efek refrigerasi kerja kompresor yang dihasilkan semakin besar ini disebabkan dengan banyaknya jumlah panas yang dihisap, oleh karena itu makin banyak jumlah *refrigerant* maka akan semakin baik kerja mesin pendingin. Ditunjukkan pada garis tren pada putaran *High Cool*. Kerja kompresor putaran *High Cool* (46,08 kJ/kg). COP pada putaran *High Cool* dengan isian massa 100g diambil pada menit ke 15 (2,93) dan waktu yang seterusnya cenderung konstan.

Dari keterangan hasil data kerja kompresor pada tabel 4.4 dapat ditarik garis tren pada putaran *thermostat Low Cool* terhadap variasi massa *refrigerant*. Grafik bisa dilihat pada gambar 4.2 dibawah ini.



Gambar 4.2 Grafik Kerja Kompresor Pada Putaran *Low Cool* Terhadap Variasi Massa *Refrigerant*

Dari grafik diatas dapat di lihat pada isian massa 350g pada posisi putaran *Low Cool* (39,5 kJ/kg) lebih rendah dibandingkan pada posisi *High Cool*. Hal ini menunjukkan penurunan pada kinerja kompresor.

4.2 Hasil Data Perhitungan Laju Aliran Terhadap Variasi Massa *Refrigerant* R-134a Pada *Thermostat High Cool* Dan *Low Cool*

Untuk keamanan sistem refrigerasi, di ambil faktor koreksi 10 %. Hal ini untuk mencegah terjadinya overload bila terjadi kebocoran yang memungkinkan panas masuk ke dalam sistem. Maka total panas yang harus diserap evaporator sebagai beban pendingin.

$$\begin{aligned}
 Q_{total} &= 218,831 \text{ W} + (10 \times 218,831 \text{ W}) \\
 &= 240,7141 \text{ W} \\
 &= 0,2407141 \text{ KW}
 \end{aligned}$$

Apabila 1TR =3,5 KW, maka kapasitas refrigerasi :

$$Q = \frac{0,2407141 \text{ KW}}{3,5 \text{ KW}} \times 1 \text{ TR}$$

Hasil data perhitungan laju aliran pada putaran High Cool terhadap variasi massa refrigeran R134A dapat kita lihat pada tabel 4.5 dibawah ini :

Tabel 4.5 Hasil Data Perhitungan Laju Aliran Pada Putaran High Cool

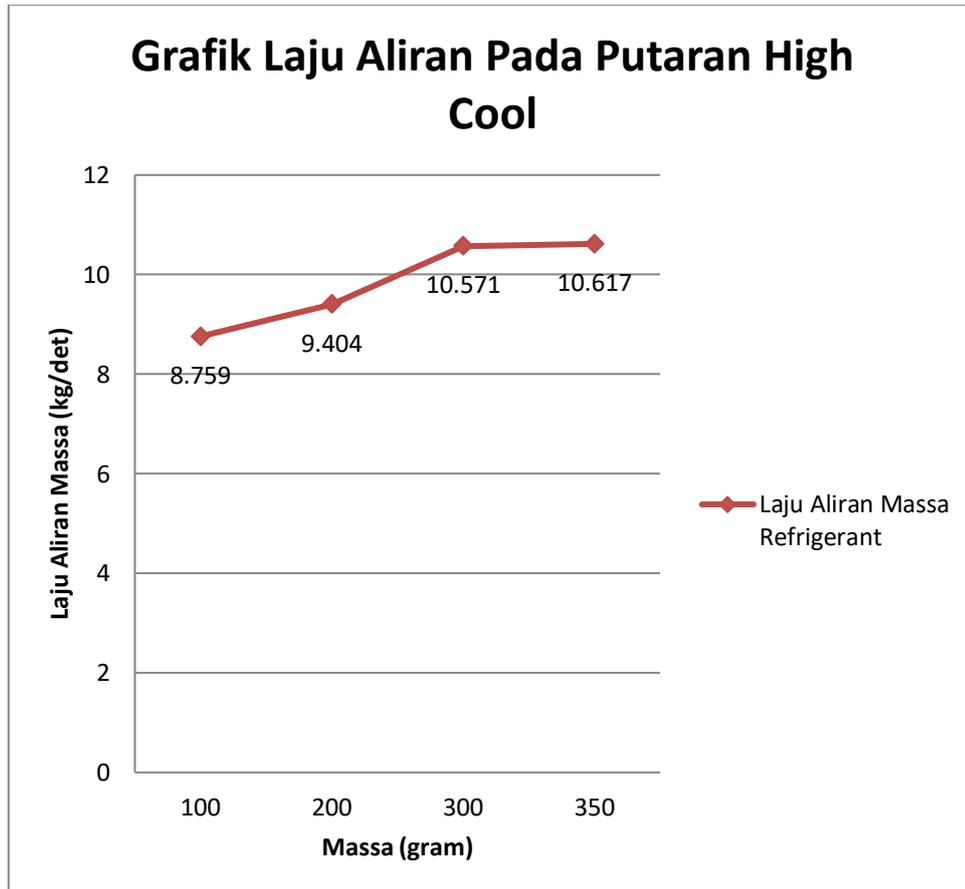
Massa (gram)	Laju Aliran (kg/det)	Beban Pendingin (kJ/kg)	COP
100	8,759 kg/det	4531,8952 kJ/kg	2,93
200	9,404 kg/det	4531,8952 kJ/kg	2,73
300	10,571 kg/det	4531,8952 kJ/kg	2,43
350	10,617 kg/det	4531,8952 kJ/kg	2,41

Hasil data perhitungan laju aliran pada putaran Low Cool terhadap variasi massa refrigeran R134A dapat kita lihat pada tabel 4.6 dibawah ini :

Tabel 4.6 Hasil Data Perhitungan Laju Aliran Pada Putaran Low Cool

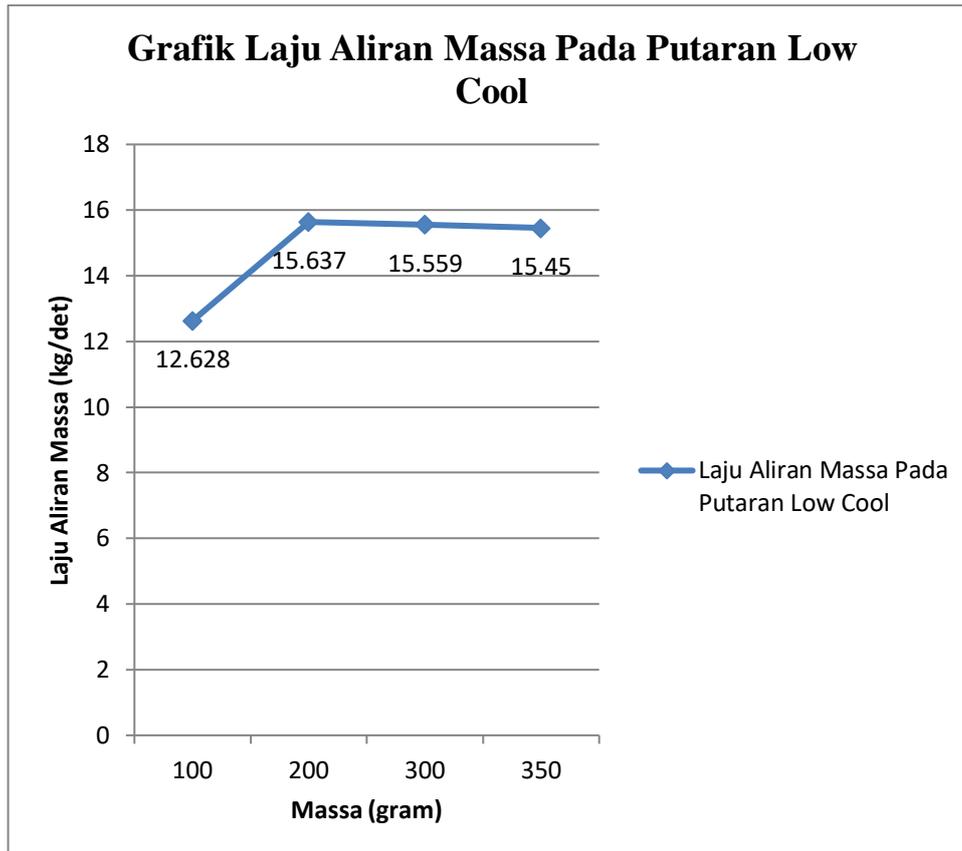
Massa (gram)	Laju Aliran (kg/det)	Beban Pendingin (kJ/kg)	COP
100	12,628 kg/det	4531,8952 kJ/kg	2,03
200	15,637 kg/det	4531,8952 kJ/kg	1,64
300	15,559 kg/det	4531,8952 kJ/kg	1,65
350	15,450 kg/det	4531,8952 kJ/kg	1,66

Dari keterangan hasil data laju aliran pada tabel 4.5 dapat ditarik garis tren laju aliran terhadap variasi massa refrigeran, bahwa dengan bertambahnya massa refrigeran akan semakin besar laju aliran yang dihasilkan. hal ini berdampak baik bagi kinerja sistem AC. Grafik dapat dilihat pada gambar 4.3 dibawah ini:



Gambar 4.3 Grafik Laju Aliran Pada Putaran *High Cool*

Dari keterangan hasil data laju aliran pada tabel 4.6 dapat ditarik garis tren laju aliran terhadap variasi massa refrigeran pada putaran *Low Cool*. Grafik dapat dilihat pada gambar .4.4 di bawah ini :

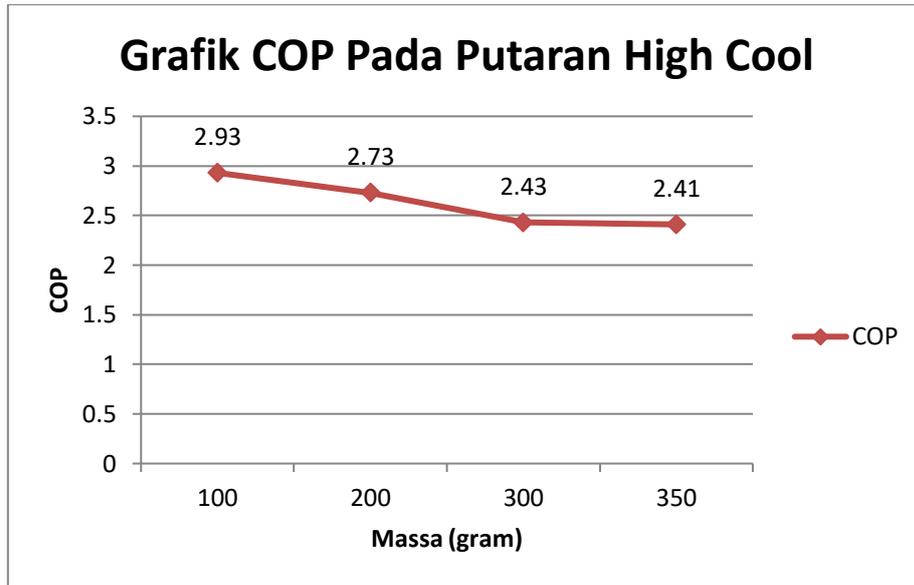


Gambar 4.4 Grafik Laju Aliran Massa Pada Putaran Low Cool

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa lebih besar laju aliran yang dihasilkan pada putaran High Cool dengan massa 300g (10,571 kg/det) sedangkan pada putaran Low Cool dengan massa 300g total panas laju aliran yang dihasilkan (15,559 kg/det) dengan nilai COP pada putaran Thermostat High Cool (2,43) dan Low Cool (1,65).

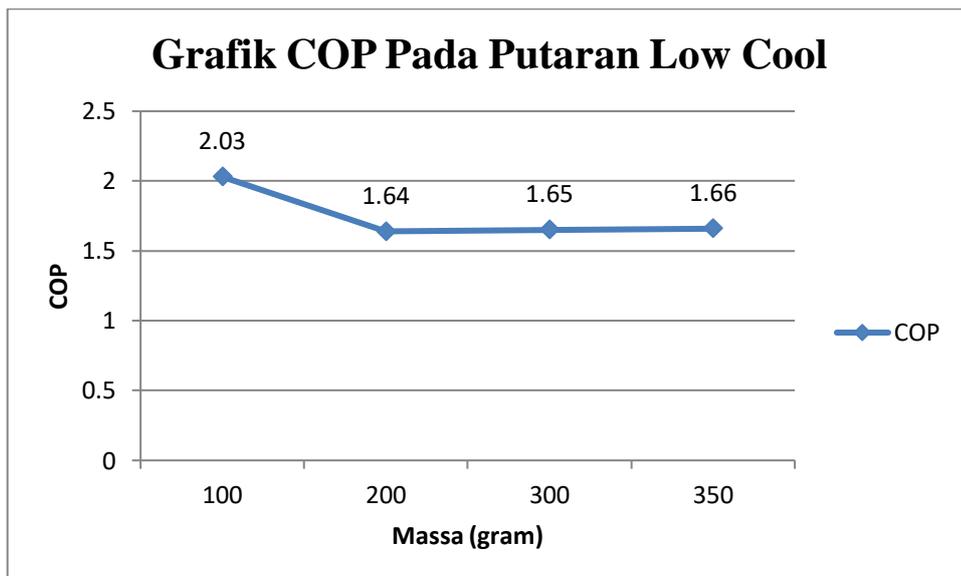
4.3 COP Terhadap Variasi Massa Refrigeran R134A Pada Putaran High Cool Dan Low Cool

Dari hasil perhitungan data yang diperoleh COP menurun dengan kenaikan isian massa refrigeran, COP dipengaruhi oleh perubahan efek refrigerasi dan kerja kompresor. Grafi pada putaran High Cool dapat kita lihat pada gambar 4.5 dibawah ini :



Gambar 4.5 Grafik COP Putaran High Cool Terhadap Variasi Massa

Pada grafik dibawah ini jelas menunjukkan bahwa putaran *Thermostat* kompresor High Cool dengan meningkatnya daya kompresor, efek refrigerasi dan kapasitas evaporator akan cenderung turun, ini membuktikan bahwa penyerapan panas pada evaporator bekerja dengan sempurna, lain halnya pada posisi *Low Cool*, Terbukti bahwa COP pada posisi *Low Cool* penyerapan terjadi tidak efektif. Grafik COP pada putaran Low Cool terhadap variasi massa dapat dilihat pada gambar 4.6 dibawah ini :



Gambar 4.6 Grafik COP pada putaran *Low Cool* Terhadap Variasi Massa Refrigerant

4.4 Perhitungan Analisa Data

Berdasarkan pengukuran dan pengambilan data pada tahap ini dilakukan proses analisa data dengan menggunakan refrigeran R134A dengan jeda waktu 15 menit. Dari pengukuran didapatkan data rata-rata sebagai berikut :

1 Putaran High Cool Pada 15 Menit dengan variasi massa refrigeran 100 gram.

$$\begin{aligned}T_1 &= 29 & P_1 &= 20 \text{ Psi} \\T_2 &= 50 & P_2 &= 228 \text{ Psi} \\T_3 &= 27 & A &= 0,8 \text{ Amp} \\T_4 &= 10 & V &= 220 \text{ Volt}\end{aligned}$$

- Pada titik 1 (keluar kompresor dan masuk ke kondensor) dengan menggunakan parameter tekanan P1 dan temperatur T1 di ketahui enthalpi (h1) sebesar 404,75 kJ/kg dengan kondisi refrigeran *superheated*.
- Pada titik 2 (keluar kondensor dan masuk ke evaporator) dengan menggunakan parameter tekanan P2 dan temperatur T2 di ketahui enthalpi (h2) sebesar 444,95 kJ/kg dengan kondisi refrigeran *superheated*.
- Pada titik 3 (keluar kondensor) dengan menggunakan parameter tekanan P3 dan temperatur T3 di ketahui enthalpi (h3) sebesar 295,59 kJ/kg .
- Pada titik 4 (keluar evaporator) dengan menggunakan parameter tekanan P4 dan temperatur T4 di ketahui enthalpi (h4) sebesar 286,58 kJ/kg.

Kerja Kompresor

$$\begin{aligned}W_k &= h_2 - h_1 \\W_k &= 444,95 \text{ kJ/kg} - 404,75 \text{ kJ/kg} \\W_k &= 40,2 \text{ kJ/kg}\end{aligned}$$

Diketahui Arus yang bekerja pada kompresor sebesar 0,8 A dengan Voltase 220V

Daya kompresor

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

$$W_k = m (h_2 - h_1)$$

$$\dot{m} = \frac{W_k}{h_2 - h_1} = \frac{0,176 \text{ kJ/s}}{40,2 \text{ kJ/kg}} = 0,004378 \text{ kg/s}$$

Kapasitas Pendingin (Q_{in})

$$Q_{in} = m (h_1 - h_4)$$

$$= 0,004378 \text{ kg/s} (404,75 \text{ kJ/kg} - 286,58 \text{ kJ/kg})$$

$$= 0,517348 \text{ kw}$$

Laju Aliran Massa Refrigeran

$$M = \frac{Q_{total}}{Q_{in}}$$

Q_{total} = Beban pendingin Total (kJ/kg)

$$= 4531,8952 \text{ kJ/kg}$$

$$M = \frac{4531,8952 \text{ KJ / Kg}}{517,348 \text{ KW}}$$

$$M = 8,759 \text{ kg/det}$$

Coefficient Of Performance (COP)

$$COP = \frac{Q_{in}}{WK} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} = \frac{517,348}{176} = 2,93$$

2. Dari pengukuran pada menit 30 dengan variasi massa refrigeran 200 gram didapatkan data rata-rata sebagai berikut :

- Putaran High Cool Pada 30 Menit

$$T_1 = 25 \quad P_1 = 20 \text{ psi}$$

$$T_2 = 56 \quad P_2 = 230 \text{ psi} = 15,8 \text{ bar}$$

$$T_3 = 26 \quad A = 0,8 \text{ Amp}$$

$$T_4 = 5 \quad V = 220 \text{ Volt}$$

- a. Pada titik 1 (keluar kompresor dan masuk ke kondensor) dengan menggunakan parameter tekanan P_1 dan temperatur T_1 di ketahui enthalpi (h_1) sebesar 402,33 kJ/kg dengan kondisi refrigeran *superheated*.
- b. Pada titik 2 (keluar kondensor dan masuk ke evaporator) dengan menggunakan parameter tekanan P_2 dan temperatur T_2 di ketahui enthalpi (h_2) sebesar 444,6 kJ/kg dengan kondisi refrigeran *superheated*.

- c. Pada titik 3 (keluar kondensor) dengan menggunakan parameter tekanan P3 dan temperatur T3 di ketahui enthalpi (h3) sebesar 295,59 kJ/kg .
- d. Pada titik 4 (keluar evaporator) dengan menggunakan parameter tekanan P4 dan temperatur T4 di ketahui enthalpi (h4) sebesar 286,58 kJ/kg.

Kerja Kompresor

$$W_k = h_2 - h_1$$

$$W_k = 444,6 \text{ kJ/kg} - 402,33 \text{ kJ/kg}$$

$$W_k = 42,27 \text{ kJ/kg}$$

Diketahui Arus yang bekerja pada kompresor sebesar 0,8 A dengan Voltase 220V

Daya kompresor

$$W_k = I \cdot V$$

$$= 0,8 \text{ A} \times 220\text{V}$$

$$= 176 \text{ watt}$$

$$W_k = m (h_2 - h_1)$$

$$\dot{m} = \frac{W_k}{h_2 - h_1} = \frac{0,176 \text{ kJ/s}}{40,2 \text{ kJ/kg}} = 0,0042163 \text{ kg/s}$$

Kapasitas Pendingin (Qin)

$$Q_{in} = m (h_1 - h_4)$$

$$= 0,0042163 \text{ kg/s} (402,33 \text{ kJ/kg} - 286,58 \text{ kJ/kg})$$

$$= 0,481867 \text{ kw}$$

Laju Aliran Massa Refrigeran

$$M = \frac{Q_{total}}{Q_{in}}$$

Qtotal = Beban pendingin Total (kJ/kg)

$$= 4531,8952 \text{ kJ/kg}$$

$$M = \frac{4531,8952 \text{ KJ / Kg}}{481,867 \text{ KW}}$$

$$M = 9,404 \text{ kg/det}$$

Coefficient Of Performance (COP)

$$COP = \frac{Q_{in}}{W_k} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} = \frac{481,867 \text{ watt}}{176 \text{ watt}} = 2,73$$

3. Dari perhitungan pada menit 45 dengan variasi massa refrigeran 300 gram didapatkan data rata-rata sebagai berikut :

- Putaran High Cool Pada 45 Menit

$$\begin{aligned} T_1 &= 23 & P_1 &= 20 \text{ psi} \\ T_2 &= 54 & P_2 &= 245 \text{ psi} \\ T_3 &= 25 & A &= 0,8 \text{ Amp} \\ T_4 &= 8 & V &= 220 \text{ Volt} \end{aligned}$$

- Pada titik 1 (keluar kompresor dan masuk ke kondensor) dengan menggunakan parameter tekanan P1 dan temperatur T1 di ketahui enthalpi (h1) sebesar 398,86 kJ/kg dengan kondisi refrigeran *superheated*.
- Pada titik 2 (keluar kondensor dan masuk ke evaporator) dengan menggunakan parameter tekanan P2 dan temperatur T2 di ketahui enthalpi (h2) sebesar 444,95 kJ/kg dengan kondisi refrigeran *superheated*.
- Pada titik 3 (keluar kondensor) dengan menggunakan parameter tekanan P3 dan temperatur T3 di ketahui enthalpi (h3) sebesar 295,59 kJ/kg .
- Pada titik 4 (keluar evaporator) dengan menggunakan parameter tekanan P4 dan temperatur T4 di ketahui enthalpi (h4) sebesar 286,58 kJ/kg.

Kerja Kompresor

$$\begin{aligned} W_k &= h_2 - h_1 \\ W_k &= 444,95 \text{ kJ/kg} - 398,86 \text{ kJ/kg} \\ W_k &= 46,09 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Diketahui Arus yang bekerja pada kompresor sebesar 0,8 A dengan Voltase 220V

Daya kompresor

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

$$W_k = m (h_2 - h_1)$$

$$\dot{m} = \frac{W_k}{h_2 - h_1} = \frac{0,176 \text{ kJ/s}}{46,09 \text{ kJ/kg}} = 0,003818 \text{ kg/s}$$

Kapasitas Pendingin (Qin)

$$\begin{aligned} Q_{in} &= m (h_1 - h_4) \\ &= 0,003818 \text{ kg/s} (398,86 \text{ kJ/kg} - 286,58 \text{ kJ/kg}) \end{aligned}$$

=0,428685 kw

Laju Aliran Massa Refrigeran

$$M = \frac{Q_{total}}{Q_{in}}$$

$$\begin{aligned} Q_{total} &= \text{Beban pendingin Total (kJ/kg)} \\ &= 4531,8952 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

$$M = \frac{4531,8952 \text{ KJ / Kg}}{428,685 \text{ KW}}$$

$$M = 10,571 \text{ kg/det}$$

Coefficient Of Performance (COP)

$$COP = \frac{Q_{in} \ h1 - h4}{WK \ h2 - h1} = \frac{428,685 \text{ watt}}{176 \text{ watt}} = 2,43$$

4. Dari pengukuran pada menit 60 dengan variasi massa refrigeran didapatkan data rata-rata sebagai berikut :

- Putaran High Cool Pada 60 Menit

$$T_1 = 24 \quad P_1 = 20 \text{ psi} = 2 \text{ bar}$$

$$T_2 = 49 \quad P_2 = 45 \text{ psi} = 18,5 \text{ bar}$$

$$T_3 = 19 \quad A = 0,8 \text{ Amp}$$

$$T_4 = 4 \quad V = 220 \text{ Volt}$$

- a. Pada titik 1 (keluar kompresor dan masuk ke kondensor) dengan menggunakan parameter tekanan P1 dan temperatur T1 di ketahui enthalpi (h1) sebesar 397,48 kJ/kg dengan kondisi refrigeran *superheated*.
- b. Pada titik 2 (keluar kondensor dan masuk ke evaporator) dengan menggunakan parameter tekanan P2 dan temperatur T2 di ketahui enthalpi (h2) sebesar 443,56 kJ/kg dengan kondisi refrigeran *superheated*.
- c. Pada titik 3 (keluar kondensor) dengan menggunakan parameter tekanan P3 dan temperatur T3 di ketahui enthalpi (h3) sebesar 294,55 kJ/kg .
- d. Pada titik 4 (keluar evaporator) dengan menggunakan parameter tekanan P4 dan temperatur T4 di ketahui enthalpi (h4) sebesar 286,24 kJ/kg.

Kerja Kompresor

$$W_k = h_2 - h_1$$

$$W_k = 443,56 \text{ kJ/kg} - 397,48 \text{ kJ/kg}$$

$$W_k = 46,08 \text{ kJ/kg}$$

Diketahui Arus yang bekerja pada kompresor sebesar 0,8 A dengan Voltase 220V

Daya kompresor

$$W_k = I \cdot V$$

$$= 0,8 \text{ A} \times 220\text{V}$$

$$= 176 \text{ watt}$$

$$W_k = m (h_2 - h_1)$$

$$\dot{m} = \frac{W_k}{h_2 - h_1} = \frac{0,176 \text{ kJ/s}}{46,08 \text{ kJ/kg}} = 0,003819 \text{ kg/s}$$

Kapasitas Pendingin (Q_{in})

$$Q_{in} = m (h_1 - h_4)$$

$$= 0,003819 \text{ kg/s} (397,48 \text{ kJ/kg} - 286,24 \text{ kJ/kg})$$

$$= 0,426825 \text{ kw}$$

Laju Aliran Massa Refrigeran

$$M = \frac{Q_{total}}{Q_{in}}$$

Q_{total} = Beban pendingin Total (kJ/kg)

$$= 4531,8952 \text{ kJ/kg}$$

$$M = \frac{4531,8952 \text{ KJ / Kg}}{426,825 \text{ KW}}$$

$$M = 10,617 \text{ kg/det}$$

Coeficient Of Performance (COP)

$$COP = \frac{Q_{in}}{W_k} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} = \frac{426,825 \text{ watt}}{176 \text{ watt}} = 2,41$$

Perhitungan data Kerja Kompresor Pada Putaran Low Cool dengan Jeda Waktu 15 Menit dengan Memvariasikan Massa Refrigeran R134A

1. Dari pengukuran pada 15 menit dengan variasi massa refrigeran 100 gram sebagai berikut :

- Putaran Low Cool Pada 15 Menit

$$T_1 = 33 \quad P_1 = 20 \text{ psi}$$

$$T_2 = 59 \quad P_2 = 275 \text{ psi}$$

$$T_3 = 27 \quad A = 0,8 \text{ Amp}$$

$$T_4 = 10 \quad V = 220 \text{ Volt}$$

- a. Pada titik 1 (keluar kompresor dan masuk ke kondensor) dengan menggunakan parameter tekanan P1 dan temperatur T1 di ketahui enthalpi (h1) sebesar 374,8 kJ/kg dengan kondisi refrigeran *superheated*.
- b. Pada titik 2 (keluar kondensor dan masuk ke evaporator) dengan menggunakan parameter tekanan P2 dan temperatur T2 di ketahui enthalpi (h2) sebesar 408,66 kJ/kg dengan kondisi refrigeran *superheated*.
- c. Pada titik 3 (keluar kondensor) dengan menggunakan parameter tekanan P3 dan temperatur T3 di ketahui enthalpi (h3) sebesar 302,97 kJ/kg .
- d. Pada titik 4 (keluar evaporator) dengan menggunakan parameter tekanan P4 dan temperatur T4 di ketahui enthalpi (h4) sebesar 303,22 kJ/kg.

Kerja Kompresor

$$W_k = h_2 - h_1$$

$$W_k = 408,66 \text{ kJ/kg} - 374 \text{ kJ/kg}$$

$$W_k = 34,66 \text{ kJ/kg}$$

Diketahui Arus yang bekerja pada kompresor sebesar 0,8 A dengan Voltase 220V

Daya kompresor

$$W_k = I \cdot V$$

$$= 0,8 \text{ A} \times 220 \text{ V}$$

$$= 176 \text{ watt}$$

$$W_k = m (h_2 - h_1)$$

$$\dot{m} = \frac{W_k}{h_2 - h_1} = \frac{0,176 \text{ kJ/s}}{34,66 \text{ kJ/kg}} = 0,005077 \text{ kg/s}$$

Kapasitas Pendingin (Qin)

$$Q_{in} = m (h_1 - h_4)$$

$$= 0,005077 \text{ kg/s} (374 \text{ kJ/kg} - 303,22 \text{ kJ/kg})$$

$$= 0,358854 \text{ kw}$$

Laju Aliran Massa Refrigeran

$$M = \frac{Q_{total}}{Q_{in}}$$

Qtotal = Beban pendingin Total (kJ/kg)

$$= 4531,8952 \text{ kJ/kg}$$

$$M = \frac{4531,8952 \text{ KJ / Kg}}{358,854 \text{ KW}}$$

$$M = 12,628 \text{ kg/det}$$

Coefficient Of Performance (COP)

$$COP = \frac{Q_{in}}{W} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} = \frac{358,854 \text{ watt}}{176 \text{ watt}} = 2,03$$

2. Dari pengukuran pada 30 menit dengan variasi massa refrigeran 200 gram sebagai berikut :

- Putaran Low Cool Pada 30 Menit

$$T_1 = 32 \quad P_1 = 20 \text{ psi}$$

$$T_2 = 56 \quad P_2 = 228 \text{ psi}$$

$$T_3 = 27 \quad A = 0,8 \text{ Amp}$$

$$T_4 = 9 \quad V = 220 \text{ Volt}$$

- Pada titik 1 (keluar kompresor dan masuk ke kondensor) dengan menggunakan parameter tekanan P1 dan temperatur T1 di ketahui enthalpi (h1) sebesar 370,89 kJ/kg dengan kondisi refrigeran *superheated*.
- Pada titik 2 (keluar kondensor dan masuk ke evaporator) dengan menggunakan parameter tekanan P2 dan temperatur T2 di ketahui enthalpi (h2) sebesar 412,13 kJ/kg dengan kondisi refrigeran *superheated*.
- Pada titik 3 (keluar kondensor) dengan menggunakan parameter tekanan P3 dan temperatur T3 di ketahui enthalpi (h3) sebesar 301,58 kJ/kg .
- Pada titik 4 (keluar evaporator) dengan menggunakan parameter tekanan P4 dan temperatur T4 di ketahui enthalpi (h4) sebesar 302,97 kJ/kg.

Kerja Kompresor

$$W_k = h_2 - h_1$$

$$W_k = 412,13 \text{ kJ/kg} - 370,89 \text{ kJ/kg}$$

$$W_k = 41,24 \text{ kJ/kg}$$

Diketahui Arus yang bekerja pada kompresor sebesar 0,8 A dengan Voltase 220V

Daya kompresor
 $W_k = I \cdot V$
 $= 0,8 \text{ A} \times 220\text{V}$
 $= 176 \text{ watt}$

$W_k = m (h_2 - h_1)$
 $\dot{m} = \frac{W_k}{h_2 - h_1} = \frac{0,176 \text{ kJ/s}}{41,24 \text{ kJ/kg}} = 0,004267 \text{ kg/s}$

Kapasitas Pendingin (Q_{in})

$Q_{in} = m (h_1 - h_4)$
 $= 0,004267 \text{ kg/s} (370,89 \text{ kJ/kg} - 302,97 \text{ kJ/kg})$
 $= 0,289814 \text{ kw}$

Laju Aliran Massa Refrigeran

$M = \frac{Q_{total}}{Q_{in}}$

$Q_{total} = \text{Beban pendingin Total (kJ/kg)}$
 $= 4531,8952 \text{ kJ/kg}$

$M = \frac{4531,8952 \text{ KJ / Kg}}{289,814 \text{ KW}}$

$M = 15,637 \text{ kg/det}$

Coefficient Of Performance (COP)

$COP = \frac{Q_{in}}{W_k} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} = \frac{289,814 \text{ watt}}{176 \text{ watt}} = 1,64$

3. Dari pengukuran pada 45 menit dengan variasi massa refrigeran 300 gram sebagai berikut :

- Putaran Low Cool Pada 15 Menit

$T_1 = 30$ $P_1 = 20 \text{ psi}$
 $T_2 = 54$ $P_2 = 230 \text{ psi}$
 $T_3 = 24$ $A = 0,8 \text{ Amp}$
 $T_4 = 8$ $V = 220 \text{ Volt}$

- a. Pada titik 1 (keluar kompresor dan masuk ke kondensor) dengan menggunakan parameter tekanan P_1 dan temperatur T_1 di ketahui enthalpi (h_1) sebesar 369,5 kJ/kg dengan kondisi refrigeran *superheated*.
- b. Pada titik 2 (keluar kondensor dan masuk ke evaporator) dengan menggunakan parameter tekanan P_2 dan temperatur T_2 di ketahui enthalpi (h_2) sebesar 409,7 kJ/kg dengan kondisi refrigeran *superheated*.
- c. Pada titik 3 (keluar kondensor) dengan menggunakan parameter tekanan P_3 dan temperatur T_3 di ketahui enthalpi (h_3) sebesar 302,6 kJ/kg .
- d. Pada titik 4 (keluar evaporator) dengan menggunakan parameter tekanan P_4 dan temperatur T_4 di ketahui enthalpi (h_4) sebesar 302,97 kJ/kg.

Kerja Kompresor

$$W_k = h_2 - h_1$$

$$W_k = 409,7 \text{ kJ/kg} - 369 \text{ kJ/kg}$$

$$W_k = 40,2 \text{ kJ/kg}$$

Diketahui Arus yang bekerja pada kompresor sebesar 0,8 A dengan Voltase 220V

Daya kompresor

$$W_k = I \cdot V$$

$$= 0,8 \text{ A} \times 220\text{V}$$

$$= 176 \text{ watt}$$

$$W_k = m (h_2 - h_1)$$

$$\dot{m} = \frac{W_k}{h_2 - h_1} = \frac{0,176 \text{ kJ/s}}{40,2 \text{ kJ/kg}} = 0,004378 \text{ kg/s}$$

Kapasitas Pendingin (Q_{in})

$$Q_{in} = m (h_1 - h_4)$$

$$= 0,004378 \text{ kg/s} (369,5 \text{ kJ/kg} - 302,97 \text{ kJ/kg})$$

$$= 0,291268 \text{ kw}$$

Laju Aliran Massa Refrigeran

$$M = \frac{Q_{total}}{Q_{in}}$$

Q_{total} = Beban pendingin Total (kJ/kg)

$$= 4531,8952 \text{ kJ/kg}$$

$$M = \frac{4531,8952 \text{ KJ / Kg}}{291,268 \text{ KW}}$$

$$M = 15,559 \text{ kg/det}$$

$$COP = \frac{Q_{in} \ h1 - h4}{WK \ h2 - h1} = \frac{291,268 \text{ watt}}{176 \text{ watt}} = 1,65$$

4. Dari pengukuran pada 60 menit dengan variasi massa refrigeran 350 gram sebagai berikut :

- Putaran Low Cool Pada 60 Menit

$$T_1 = 33 \quad P_1 = 20 \text{ psi}$$

$$T_2 = 65 \quad P_2 = 240 \text{ psi}$$

$$T_3 = 27 \quad A = 0,8 \text{ Amp}$$

$$T_4 = 7 \quad V = 220 \text{ Volt}$$

- Pada titik 1 (keluar kompresor dan masuk ke kondensor) dengan menggunakan parameter tekanan P1 dan temperatur T1 di ketahui enthalpi (h1) sebesar 368,12 kJ/kg dengan kondisi refrigeran *superheated*.
- Pada titik 2 (keluar kondensor dan masuk ke evaporator) dengan menggunakan parameter tekanan P2 dan temperatur T2 di ketahui enthalpi (h2) sebesar 407,62 kJ/kg dengan kondisi refrigeran *superheated*.
- Pada titik 3 (keluar kondensor) dengan menggunakan parameter tekanan P3 dan temperatur T3 di ketahui enthalpi (h3) sebesar 302,28 kJ/kg .
- Pada titik 4 (keluar evaporator) dengan menggunakan parameter tekanan P4 dan temperatur T4 di ketahui enthalpi (h4) sebesar 302,28 kJ/kg.

Kerja Kompresor

$$W_k = h_2 - h_1$$

$$W_k = 407,62 \text{ kJ/kg} - 368,12 \text{ kJ/kg}$$

$$W_k = 39,5 \text{ kJ/kg}$$

Diketahui Arus yang bekerja pada kompresor sebesar 0,8 A dengan Voltase 220V

Daya kompresor

$$W_k = I \cdot V$$

$$= 0,8 \text{ A} \times 220\text{V}$$

$$= 176 \text{ watt}$$

$$W_k = m (h_2 - h_1)$$

$$\dot{m} = \frac{W_k}{h_2 - h_1} = \frac{0,176 \text{ kJ/s}}{39,5 \text{ kJ/kg}} = 0,004355 \text{ kg/s}$$

Kapasitas Pendingin (Q_{in})

$$\begin{aligned} Q_{in} &= m (h_1 - h_4) \\ &= 0,004455 \text{ kg/s} (368,12 \text{ kJ/kg} - 302,28 \text{ kJ/kg}) \\ &= 0,293317 \text{ kw} \end{aligned}$$

Laju Aliran Massa Refrigeran

$$M = \frac{Q_{total}}{Q_{in}}$$

$$\begin{aligned} Q_{total} &= \text{Beban pendingin Total (kJ/kg)} \\ &= 4531,8952 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

$$M = \frac{4531,8952 \text{ KJ / Kg}}{293,317 \text{ KW}}$$

$$M = 15,450 \text{ kg/det}$$

Coeficient Of Performance (COP)

$$COP = \frac{Q_{in}}{WK} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} = \frac{293,317 \text{ watt}}{176 \text{ watt}} = 1,66$$

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Penarikan kesimpulan berdasarkan analisa terhadap hasil pengujian alat. Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

1. Dari grafik 4.1 terlihat perbedaan kerja kompresor antara putaran High Cool dan Low Cool bahwa dengan bertambahnya jumlah massa refrigeran yang masuk ke kompresor maka efek refrigerasi kerja kompresor yang dihasilkan semakin besar ini disebabkan dengan banyaknya jumlah panas yang dihisap. Semakin bertambahnya massa akan semakin tinggi juga daya kompresor
2. Kerja kompresor pada isian massa 350g refrigeran R134A pada posisi putaran Thermostat kompresor Low Cool (39,5 kJ/kg) lebih rendah dibandingkan pada posisi putaran blower High Cool (46,08 kJ/kg)
3. Untuk keamanan sistem refrigerasi, di ambil faktor koreksi 10 %. Hal ini untuk mencegah terjadinya overload bila terjadi kebocoran yang memungkinkan panas masuk ke dalam sistem.
4. COP pada putaran blower High Cool dengan massa 200g diambil pada menit ke 30 (2,73) dan waktu yang seterusnya cenderung konstan. Hal ini menunjukkan dampak baik pada kinerja kompresor dan nilai COP pada putaran Thermostat Low Cool pada menit 30 (1,64) kemudian performanya mengalami penurunan yang tidak efektif.
5. Laju aliran yang dihasilkan pada putaran High Cool dengan massa 300g (10,571 kg/det) sedangkan pada putaran Low Cool dengan massa 300g total panas laju aliran yang dihasilkan (15,559 kg/det) dengan nilai COP pada putaran High Cool (2,43) dan Low Cool (1,65).

6. Banyaknya perbedaan data hasil pengujian antara posisi High Cool dan Low Cool disebabkan karena Arus yang masuk ke motor listrik tidak akurat. Semakin bertambahnya massa akan semakin tinggi juga daya kompresor

5.2 Saran

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan ada beberapa saran yang bisa di sampaikan yaitu :

1. Sebelum pengujian hendaknya alat-alat ukur dikalibrasi agar data hasil pengujian lebih akurat.
2. Diperlukan penelitian lebih lanjut tentang penggunaan refrigeran R134A terhadap efek-efek yang timbul terhadap lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, Saito Heizo,2000. Sejarah Sistem Refrigerasi,Teknik Mesin, Universitas Jakarta
- Bejo Nugroho,2002. Kaji Eksperimental Fluida Kerja R12 Dan LPG pada AC mobil dengan Variasi Isian Refrigeran dan Putaran Kompresor.
- Dossat dan Roy,1961. *Principles Of Refrigeration*. Newyork and London
- Motan J Michael dan Shapiro N Howard,2004. Termodinamika. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Frank Kreith,Arko Priyono,1997. Prinsip-prinsip Perpindahan Panas. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Holman JP,1998. Perpindahan Kalor. Penerbit Erlangga. Jakarta
- Stoecker,Wilbert F, Jones Jerorld W, Supratman Hara,2001, Refrigerasi dan Pengkondisian Udara. Edisi kedua, Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Sumarto,2000. Dasar-dasar Mesin Pendingin. Penerbit Andi Offset. Yogyakarta
- Werlin.S Nainggolan,1987. Termodinamika. Penerbit CV, Armico, Bandung
- William C Reynold Hendric,1996. Termodinamika Teknik. Penerbit Erlangga. Jakarta

LAMPIRAN

```
// DS18B20.Example, 2 sensors
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>

#define ONE_WIRE_BUS 2 // use pin 2

OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);

DallasTemperature sensors(&oneWire);

DeviceAddress satuThermometer = { 0x28, 0xE7, 0x8C, 0x79, 0x97, 0x04, 0x03,
0xE8};
DeviceAddress duaThermometer = { 0x28, 0x59, 0x81, 0x79, 0x97, 0x04, 0x03,
0x10};
DeviceAddress tigaThermometer = { 0x28, 0xB3, 0x91, 0x79, 0x97, 0x07, 0x03,
0xDF};
DeviceAddress empatThermometer = { 0x28, 0xD9, 0xAE, 0x98, 0x09, 0x00,
0x00, 0xAE };

void setup() {
  Serial.begin(9600);

  sensors.begin();
  sensors.setResolution(satuThermometer, 12); //set to 12 bit, 0.0625 c res.
  sensors.setResolution(duaThermometer, 12);
  sensors.setResolution(tigaThermometer, 12);
  sensors.setResolution(empatThermometer, 12);

}
```

```
void loop() {  
  sensors.requestTemperatures();  
  float tempsatu=sensors.getTempC(satuThermometer);  
  float tempdua=sensors.getTempC(duaThermometer);  
  float temptiga=sensors.getTempC(tigaThermometer);  
  float tempempat=sensors.getTempC(empatThermometer);  
  Serial.print ("DATA, TIME, ");  
  Serial.print(tempsatu); Serial.print(",");  
  Serial.print(tempdua); Serial.print(",");  
  Serial.print(temptiga);Serial.print(",");  
  Serial.print(tempempat); Serial.println();  
  delay(1000);  
}
```

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

PENGARUH VARIASI MASSA REFRIGERAN R-134A PADA
PENGUNAAN PUTARAN BLOWER HIGH COOL DAN LOW COOL
PADA SISTEM AC MOBIL

Nama : MHD SYAHDANA AMIN

NPM : 1507230001

Dosen Pembimbing 1 : KHAIRUL UMURANI, S.T., M.T

Dosen Pembimbing 2 : CHANDRA A SIREGAR, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	Senin/15 - 04-2019	- Pembacaan Skripsi	u
		- Pembacaan Pembahasan	u
	Selasa/21 05-2019	- Pembacaan tugas pustaka	u
	abu/17 - 07-2019	- Pembacaan Metode	u
	Jumat/23 - 08-2019	- Izin ke pembimbing 2	u
6.	Senin/9-09 - 2019		
6.	13/9-2019.	- Pembacaan abstrak, kesimpulan dan bab IV	f.
7.	20/9-2019	- AEC Seminar	f.

Ace, seminar

u.

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Kapten Mochtar 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 629///3AU/UMSU-07/F/2019

Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas
Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 30 April 2019 dengan ini Menetapkan :

Dosen Pembimbing : MHD SYAHDANA AMIN
NIDN : 1507230001
Bidang : TEKNIK Mesin
Kelas : V111(Delapan)
Judul Tugas Akhir : ANALISIS KARAKTERISTIK PERPINDAHAN PANAS EVAPORATOR
PADA SISTEM PENDINGIN AC MOBIL DENGAN MENGGUNAKAN
FREON R 134 A
Dosen Pembimbing I : KHAIRUL UMURANI ST.MT
Dosen Pembimbing II : CHANDRA A. SIREGAR ST.MT

Judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti Oleh Dosen pembimbing setelah
mendapat persetujuan dari program Studi Teknik Mesin
Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Dengan surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk
dipatuhi sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di Medan pada Tanggal
Medan 25 Sya'ban 1440 H
30 April 2019



Dekan

(Signature)
Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT
NIDN: 0101017202

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTAR

NAMA : Mhd.Syahdana Amin
NPM : 1507230001
Judul T.Akhir : Pengaruh Variasi Massa Refrigeran R 134 A Pada Penggunaan Putaran Blower High Cool Dan Low Cool Terhadap Cop Sistem 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

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

Lihat buku senps,

- 3 Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

Medan, 12 Shafar 1441 H
11 Oktober 2019 M

Diketahui :

Ketua Prodi T. Mesin



Dosen Pembanding - I

H.Muharnif.S.T.M.Sc

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTAR

NAMA : Mhd.Syahdana Amin
NPM : 1507230001
Judul T.Akhir : Pengaruh Variasi Massa Refrigeran R 134 A Pada Penggunaan Putaran Blower High Cool Dan Low Cool Terhadap Cop Sistem 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

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

Waktu pada masalah tugas akhir!

- 3 Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

Medan, 12 Shafar 1441 H
11 Oktober 2019 M

Diketahui
Ketua Prodi T. Mesin
[Signature]
Affandi.S.T.M.T

Dosen Pembanding - II
[Signature]
Bekti Suroso.S.T.M.Eng

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA PRIBADI

Nama : MHD SYAHDANA AMIN
NPM : 1507230001
Tempat/TanggalLahir : BINJAI / 27 - 09 - 1997
JenisKelamin : LAKI - LAKI
Agama : ISLAM
Status Perkawinan : BELUM KAWIN
Alamat : JL. PASAR II PADANG CERMIN
 Kecamatan : SELESAI
 Kabupaten : LANGKAT
 Provinsi : SUMATERA UTARA
NomorHp : 0857-6720-8691
E-mail : mhdsyahdana12@gmail.com
Nama Orang Tua
 Ayah : M.SYAFI'I, S.Pd
 Ibu : SYAMSIDAR, S.Ag

PENDIDIKAN FORMAL

2002-2003 : TKA/TPA KARYA BAKTI
2003-2009 : SD NEGERI 050590 PADANG CERMIN
2009-2012 : SMP NEGERI 1 SELESAI
2012-2015 : SMK NEGERI 2 BINJAI
2015-2019 : S1 Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara