

TUGAS AKHIR

PENGARUH VARIASI PUTARAN FAN KONDENSOR TERHADAP *COEFICIEN OF PERFORMANCE* (COP) SISTEM PENDINGIN AC MOBIL

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

Disusun Oleh:

FIKA RONAL FEBRIAN
1507230179



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Fika Ronal Febrian
NPM : 1507230179
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Pengaruh Variasi Putaran *Fan* Kondensor 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

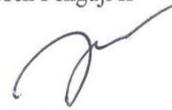
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



H. Muhanif, S.T., M.Sc

Dosen Penguji II



Beki 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



LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Fika Ronal Febrian
Tempat /Tanggal Lahir : Silaping Koto Pinang/03 Februari 1996
NPM : 1507230179
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

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

“Pengaruh Variasi Putaran ,Fan Kondensor 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,

Fika Ronal Febrian

ABSTRAK

Alat pengkondisi udara (*air conditioner*) sudah bukan merupakan sesuatu hal yang asing. Fungsi AC mobil adalah untuk mengkondisikan udara didalam ruangan agar mencapai kondisi udara yang seperti yang diinginkan. Salah satu kinerja AC mobil sangat bergantung pada putaran fan kondensor, Kondensor merupakan alat penukar kalor pada sistem refrigerasi yang berfungsi untuk melepaskan kalor ke lingkungan. Bagian kondensor biasanya dilengkapi kipas untuk meniup udara yang melewati celah alat penukar kalor. Dalam penelitian ini dirakit satu unit uji sistem refrigerasi berupa seperangkat AC mobil, meliputi kompresor, kondensor, *reciver dryer*, pipa kapiler, evaporator, dan refrigeran yang diperlukan adalah R134a. Dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi putaran fan kondensor terhadap COP. Bagian kondensor dipasang kipas angin yang bisa diatur putarannya dengan menggunakan alat pengontrol putaran. Pengambilan data dilakukan dengan variasi putaran yaitu 490 rpm, 829 rpm, 1058 rpm. Kecepatan udara dari fan akan diukur dengan *tachometer*. Hasil penelitian yang diperoleh bahwa pada putaran fan kondensor 490 rpm = 0,46 nilai COP yang dihasilkan, dan pada putaran fan kondensor 829 rpm = 1,70 nilai COP yang dihasilkan sedangkan pada putaran fan kondensor 1058 rpm = 2,32 nilai COP yang dihasilkan, Maka semakin besar putaran rpm yang digunakan maka nilai COP semakin besar. begitu juga dengan energi kalor yang dilepas kondensor mengalami peningkatan sebanding dengan meningkatnya putaran fan kondensor yaitu pada putaran fan kondensor 490 rpm energi kalor yang dilepas kondensor adalah sebesar 45,18 kJ/kg, pada putaran fan kondensor 829 rpm nilai energi kalor yang dilepas kondensor adalah sebesar 46,41 kJ/kg dan pada putaran fan kondensor 1058 rpm energi kalor yang dilepas kondensor adalah 57,03 kJ/kg. Maka semakin kencang putaran fan kondensor nilai energi kalor yang dilepas kondensor semakin besar. Laju aliran terendah yang terjadi pada siklus kompresi uap AC mobil yaitu 490 rpm = 3,66 kJ/kg, sedangkan pada 829 rpm = 5,56 kJ/kg dan pada 1058 = 5,91 kJ/kg.

Kata kunci : kondensor, Motor fan, *Refrigerant* R134a, dan COP

ABSTRACT

Air conditioner is not a foreign thing to do. The AC function of the car is to condition the air indoors in order to reach the air conditions as desired. One car AC performance relies heavily on condenser fan rounds, the condenser is a heat exchanger apparatus in a refrigeration system that serves to release the heat. The condenser parts are usually equipped with a fan to blow air that passes through the gap of the heat exchanger. In this study assembled one test unit of refrigeration system in the form of a car AC set, covering the compressor, condenser, receiver drier, capillary pipe, evaporator, and refrigerant required is R134a. In this study aims to determine the influence of variations round condenser fans against the COP. The condenser parts are fitted with a fan that can be adjusted with the rotation of the Rotary control tool. Data retrieval is done with rotation variation of 490 rpm, 829 rpm, 1058 rpm. Air velocity of the fan will be measured by tachometer. The results of the study gained that in the round condenser fan 490 rpm = 0.46 the value of the resulting COP, and in the condenser fan round 829 RPM = 1.70 The value of the resulting COP while in the condenser fan round 1058 RPM = 2.32 The value of the resulting COP, then The larger the RPM rotation is used then the value of the COP is getting bigger. As well as the heat-released condenser energy has increased in proportion to the increased round of condenser fans, in the round of the condenser 490 rpm, the heat energy Detachable condenser is 45.18 kJ/kg, in a round of condenser fan 829 rpm The value of heat-released energy condenser is 46.41 kJ/kg and in the round condenser fan 1058 RPM released energy The condenser is 57.03 kJ/kg. Then the firmer round of condenser fan value of the removable energy of the condenser is increasingly greater. The lowest flow rate that occurs in the car AC steam compression cycle is 490 rpm = 3.66 kJ/kg, while at 829 RPM = 5.56 kJ/kg and at 1058 = 5.91 kJ/kg.

Keywords: condenser, motorcycle fan, Refrigerant R134a, and 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 variasi putaran *fan* kondensor terhadap *coeficient of performance* (COP) Sistem pendingin 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.,Msc selaku Dosen Pembanding I dan Penguji 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 dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Wakil Dekan III Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar,S.T.,M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Orang tua penulis: Supral Nst, dan Yernida Suheppy yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
9. Adik penulis : Winda Luisa Tri Indah Anastasya
10. Abangda staf Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
11. Sahabat – sahabat penulis : Suheriansyah, Al-Amin Surya, Azizul Hakim, Wahyu Eka Syahputra, Hosen Efendi, Jerry Ramadani, Sandi Pradana, Syahdana Amin, Aji Maulana, Nuron Nahdi, Alfian, Susila Marpaung, Kiki Amalia, Fandi Hariadi, Fateh Asilmi, Dimas Kurniawan, Bayu Anggara, Argo Wibowo
12. Sahabat–sahabat satu kelas A-2 stambuk 2015 Teknik Mesin Muhammadiyah Sumatera Utara 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 Oktober 2019



Fika Ronal Febrian

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
1.1. 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)	4
2.1.1. Definisi AC Mobil	4
2.1.2. Sejarah AC Mobil	5
2.2. Komponen-komponen AC Mobil	6
2.2.1. Kompresor	6
2.2.2. Kondensor	7
2.2.3. Katup Ekspansi	8
2.2.4. Evaporator	8
2.3. Komponen Pendukung AC Mobil	8
2.3.1. <i>Receiver (filter drayer)</i>	8
2.3.2. Kipas (<i>Ekstra fan</i>)	9
2.4. Definisi Fan	9
2.4.1. Pemilihan Fan	10
2.4.2. Jenis-jenis Fan	10
2.4.2.1 Fan Aksial	10
2.4.2.2 Fan Sentrifugal	10
2.4.3. Karakteristik Fan Aksial	10
2.4.3.1 Fan Propeller	10
2.4.3.2 Fan Pipa Aksial	11
2.4.3.3 Fan Dengan Baling-baling Aksial	10
2.4.4. Klasifikasi Fan Sentrifugal	12
2.4.1 Tipe <i>Forward Curved</i>	12
2.4.2 Tipe <i>Radial Blade</i>	12

2.5.	Definisi Kondensor	13
2.5.1	Jenis Pendingin Pada Kondensor	13
2.5.1.1	Pendingin Dengan Bantuan Air	13
2.5.1.2	Pendingin Dengan Bantuan Udara	13
2.6.	Definisi <i>Refrigerant</i>	14
2.6.1.	<i>Refrigerant</i> Siklus Kompresi Uap	14
2.6.1.1.	Udara	14
2.6.1.2	<i>Refrigerant</i> R-22	14
2.6.1.3.	<i>Refrigerant</i> R-12	15
2.6.1.4.	<i>Refrigerant</i> R-134a (HFC 134a)	15
2.6.2.	Sifat <i>Refrigerant</i> ideal	15
2.6.3.	Sifat Fisika Dan Termodinamika <i>Refrigerant</i>	16
2.7.	Siklus Kompresi Uap	16
2.7.1.	Analisa Kinerja Mesin <i>Refrigeran</i> kompresi Uap	17
2.7.1.1.	Proses 1-2 (Proses Kompresi)	18
2.7.1.2	Proses 2-2a (Proses Penurunan Suhu Gas Panas Lanjut)	18
2.7.1.3	Proses 2a-3a (Peroses Pengembunan)	18
2.7.1.4	Proses 3a-3 (Proses Pendinginan Lanjut)	18
2.7.1.5	Proses 3-4 (Proses Penurunan Tekanan)	18
2.7.1.6	Propses 4-1a(Proses Pendidihan)	19
2.7.1.7	Proses 1a-1 (Proses Pemanasan Lanjut)	19
2.8.	Rumus Perhitungan Mesin Siklus Kompresi Uap Pada AC Mobil	19
2.8.1.	Kerja Kompresor (W_{in})	19
2.8.2	Menghitung Daya Kompresor	19
2.8.3	Kalor Yang Dilepas Kondensor(Q_{out})	20
2.8.4	Kalor Yang Diserap Evaporator (Q_{in})	20
2.8.5	<i>Coefficien of performance</i> (COP_{Aktual})	20
2.8.6	COP_{ideal} (<i>Coefficien of performance</i>)	20
2.8.7	Efisiensi Mesin AC Mobil	20
2.8.8	Laju Aliran Massa Refrigeran	21
2.9.	Beban Pendingin	21
2.9.1.	Beban Laten	21
2.9.2.	Beban Sensibel	21
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	22
3.2.1	Kompresor Mobil	23

3.2.2	Kondensor	23
3.2.3	Ekstra Fan	24
3.2.4	Katup Ekspansi	24
3.2.5	<i>Receiver Dryer</i>	25
3.2.6	Evaporator	
3.2.7	Motor Listrik 3Fasa	25
3.2.8	Baterai 122 Volt	26
3.2.9	<i>Refrigeran R-134a</i>	26
3.2.10	<i>Manifold Gauge</i>	27
3.2.11	<i>Digital Thermometer</i>	27
3.2.12	Dimmer	27
3.2.13	<i>Inverter</i>	28
3.2.14	Arduino Uno	28
3.2.15	Sensor Dallas	29
3.2.16	Anemometer	29
3.3	Bagan Alir Penelitian	30
3.4	Variabel Penelitian	31
3.5	Prosedur Penelitian	31
3.5.1	Persiapan Alat Uji	31
3.5.2	Proses Pevakuman AC Mobil	31
3.5.3	Proses Pengisian <i>Refrigerant R-134a</i>	32
3.5.4	Proses Menghidupkan <i>Inverter</i>	33
3.5.5	Proses Pengujian AC mobil	33
3.5.6	Pengambilan Data	33
3.6	Variasi Penelitian	34
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1	Data Hasil Penelitian Variasi Putaran Fan Kondensor Terhadap Ruang Pendingin AC Mobil	35
4.2	Gambar-gambar Grafik Hasil Pengujian	36
4.2.1	Grafik Putaran Fan Kondensor Terhadap Efek Refrigerasi (RE)	36
4.2.2	Grafik Putaran Fan Kondensor Terhadap Kerja Kompresor	37
4.2.3	Grafik Putaran Fan Kondensor Terhadap Kalor Yang Dilepas Kondensor	38
4.2.4	Grafik Putaran Fan Kondensor Terhadap Laju Aliran Massa Refrigeran R-134a	39
4.2.5	Grafik Putaran Fan Kondensor Terhadap Coefisien Of Performance (COP)	40
4.2.6	Grafik Putaran Fan Kondensor Terhadap Efisiensi AC Mobil	41
4.3	Analisa Data	41
4.3.1	Variasi Putaran Fan Kondensor 600 Rpm	41
4.3.2	Variasi Putaran Fan Kondensor 800 Rpm	44
4.3.3	Variasi Putaran Fan Kondensor 1000 Rpm	47

BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	51
	5.1. Kesimpulan	51
	5.2. Saran	52
DAFTAR PUSTAKA		53
LAMPIRAN		
LEMBAR ASISTENSI		
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		

DAFTAR TABEL

Tabel.2.1	Sifat fisika dan termodinamika <i>refrigerant</i>	15
Tabel 3.1	Jadwal dan kegiatan saat melakukan penelitian	22
Tabel 4.1	Data hasil pengukuran untuk tekanan (P_1 dan P_2) dan suhu (T_1 dan T_3) putaran fan kondensor 2400rpm	35
Tabel 4.2	Data hasil pengukuran untuk tekanan (P_1 dan P_2) dan suhu (T_1 dan T_3) putaran fan kondensor 2700 rpm	35
Tabel 4.3	Data hasil pengukuran untuk tekanan (P_1 dan P_2) dan suhu (T_1 dan T_3) putaran fan kondensor 3000rpm	36

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Aliran sirkulasi <i>Air Conditioning</i> (AC) mobil.	3
Gambar 2.2	Kompresor <i>wash plate</i>	6
Gambar 2.3	Kondensor Pipa Bersirip	6
Gambar 2.4	Katupeksansi	7
Gambar 2.5	Evaporator	7
Gambar 2.6	<i>Receiver (filter drayer)</i>	8
Gambar 2.7	Kipas (ekstra fan)	8
Gambar 2.8	Fan Propeller	10
Gambar 2.9	Fan pipa aksial	10
Gambar 2.10	Fan dengan baling-baling aksial	11
Gambar 2.11	Tipe <i>forward curved</i>	11
Gambar 2.12	Tipe <i>radial blade</i>	11
Gambar 2.13	Pendingin dengan bantuan air	12
Gambar 2.14	Pendingin dengan bantuan udara	13
Gambar 2.15	Siklus kompresi uap	16
Gambar 2.16	Diagram tekanan entalpi	16
Gambar 3.1	Kompresor AC mobil	23
Gambar 3.2	Kondensor	23
Gambar 3.3	Ekstra fan	24
Gambar 3.4	Katupeksansi	24
Gambar 3.5	<i>Receiver Dryer</i>	25
Gambar 3.6	Evaporator	25
Gambar 3.7	Motor Listrik 3 Fasa	26
Gambar 3.8	Baterai 12 Volt	26
Gambar 3.9	Refrigeran R-134A	26
Gambar 3.10	<i>Manifold Gauge</i>	27
Gambar.3.11	<i>Digital thermometer</i>	27
Gambar 3.12	Dimmer	28
Gambar 3.13	Inverter	28
Gambar 3.14	Arduino Uno	28
Gambar 3.15	Sensor Dallas	29
Gambar 3.16	<i>Digital Thermometer</i>	29
Gambar 4.1	Putaran <i>fan</i> kondensor terhadap efek refrigerasi	36
Gambar 4.2	Hubungan kecepatan putaran <i>fan</i> kondensor terhadap kerja Kompresor	37
Gambar 4.3	Hubungan kecepatan putaran <i>fan</i> kondensor terhadap kalor yang dilepaskan kondensor	38
Gambar 4.4	Hubungan kecepatan putaran <i>fan</i> kondensor terhadap laju aliran massa refrigeran R-134a	39
Gambar 4.5	Hubungan kecepatan putaran <i>fan</i> kondensor terhadap nilai COP40	
Gambar 4.6	Hubungan putaran fan kondensor terhadap efisiensi AC mobil	41

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
W_{In}	=Kerjakompresorpersatuanmassarefrigeran	(kj/kg)
Q_{In}	=Besarkalorpersatuanmassarefrigeran yang diserap evaporator	(kj/kg)
Q_{out}	=Besarkalorpersatuanmassarefrigeran yang dilepaskondensor	(kj/kg)
COP_{Aktual}	=Unjukkerjadarimesinsikluskompresiuap ac mobilaktual	
COP_{Ideal}	=Unjukkerjamaksimumdarimesinsikluskompresiuap ac mobil	
T_e	=Suhumutlak evaporator	(C)
T_c	=Suhumutlakkondensor	(C)
V	=Voltasepadakompresor	(volt)
I	=Aruslistrik yang dipakaikompresor	(A)
P	=Dayakompresor	(Watt)
h_1	=Entalpirefrigeransaatmasukkompresor	(kj/kg)
h_2	=Entalpirefrigeransaatkeluarkompresor	(kj/kg)
h_3	=Entalpirefrigeransaatmasukkompresor	(kj/kg)
h_4	=Entalpirefrigeransaatmasuk evaporator	(kj/kg)
η	=Efisiensi	(%)

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Alat pengkondisian udara atau *air conditioner* (AC) sudah merupakan suatu hal yang tidak asing untuk ditemukan. Saat ini penggunaan (*air conditioner*) AC semakin luas dari rumah tinggal, perkantoran, hotel, mobil, rumah sakit, dan industri. Fungsi dari AC adalah alat pengkondisian udara didalam ruangan tertentu agar mencapai kondisi udara ruang seperti yang diinginkan. Kondisi udara meliputi : temperatur ruangan, kelembaban udara dan kecukupan udara segar. Aplikasi dari AC sendiri sangat beragam, seperti untuk kamar, kulkas, dan untuk otomotif seperti pada mobil. Fitur AC telah menjadi bagian penting dalam sebuah kendaraan.

Dengan menggunakan alat pengkondisian udara yang terdapat didalam mobil, pengendara dapat mendinginkan temperatur udara yang berada didalam kabin sesuai yang dikehendaki. Pada saat mobil pertama kali dibuat, pengambilan oksigen dan sirkulasi udara didalam kabin mobil hanya mengandalkan bukaan pada jendela saja. Hal tersebut menimbulkan ketidak praktisan dan ketidaknyamanan penumpang. Jika jendela dibuka maka udara beserta polusi akan masuk kedalam kabin. Hal tersebut menyebabkan udara didalam kabin tidak sehat, udara didalam kabin juga panas dan menyebabkan ketidaknyamanan untuk penumpang. Oleh karena itu diterapkan sistem pengkondisian udara (AC) untuk mobil.

Kondensor adalah suatu alat untuk mengubah bahan pendingin dari bentuk gas menjadi cair, bahan pendingin dari kondensor dengan suhu dan tekanan tinggi, panasnya keluar melalui permukaan rusuk-rusuk kondensor ke udara. Komponen utama dalam penelitian ini adalah bagian kondensor yang terdapat *fan* yang berfungsi untuk memperlancar proses kondensasi. Didalam pipa kondensor terjadi proses pemindahan kalor dari uap refrigeran ke udara pendingin, jumlah kalor yang dipindahkan melalui dinding pipa pendingin tergantung laju aliran refrigeran dan *fan* pendingin. Motor *fan* kondensor digunakan sebagai tenaga penggerak untuk memutar daun *fan* untuk mengalirkan udara untuk mendinginkan

kondensor. Oleh karena itu *fan* kondensor sangat berpengaruh terhadap kinerja kondensor dan C.O.P AC mobil.

Berdasarkan uraian di atas maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul skripsi PENGARUH VARIASI PUTARAN *FAN* KONDENSOR TERHADAP *COEFICIENT OF PERFORMANCE* (C.O.P) PADA RUANG PENDINGIN AC MOBIL.

1.2 Rumusan masalah

Rumusan masalah dalam penelitian adalah pengaruh variasi Putaran *fan* kondensor terhadap *coeficient of performan* (COP) pada sistem pendingin AC mobil.

Berdasarkan uraian diatas dapat ditarik beberapa hal yang menjadi permasalahan yaitu:

1. Bagaimana pengaruh kecepatan putar *fan* kondensor terhadap (*coeficient of performan*) COP?
2. Bagaimana kinerja AC mobil akibat variasi kecepatan putaran fan kondensor meliputi: Kapasitas pendingin AC mobil, kerja kompresor, kalor yang dilepas kondensor?

1.3 Ruang lingkup

Fitur penyejuk udara telah menjadi bagian penting dalam sebuah kendaraan. Perangkat AC lebih berfungsi sebagai pendingin, apalagi di kota-kota besar dengan kondisi jalanan yang macet dan suhu udara yang sangat panas. Dalam penelitian ini akan melakukan pengujian pengaruh kecepatan putar fan kondensor terhadap COP (*coeficient of performan*) sistem pendingin dengan menggunakan freon R134A. Dan melakukan modifikasi pada motor fan kondensor sehingga dapat diberikan variasi kecepatan fan kondensor yaitu 490 rpm, 829 rpm dan 1058 rpm. 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

1.4.1 Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah

1. Mengetahui pengaruh putaran fan kondensor terhadap (*coefficient of performan*)C.O.P.
2. Untuk mengetahui pengaruh putaran fan kondensor terhadap kinerja AC mobil meliputi: Kapasitas pendingin AC mobil, kerja kompresor, kalor yang dilepas kondensor.

1.5 Manfaat

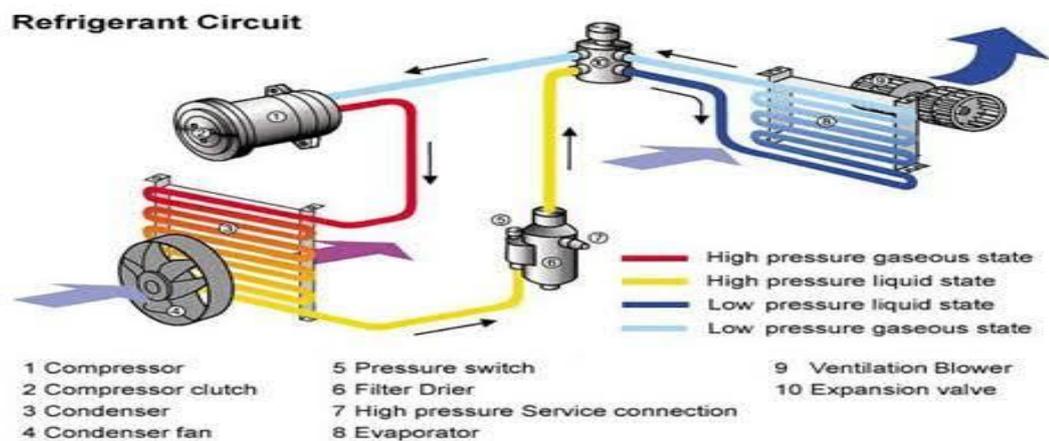
Manfaat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagi peneliti, dapat menambah wawasan dan ilmu pengetahuan tentang *fan* kondensor AC mobil.
2. Hasil penelitian dapat menambah kasanah ilmu pengetahuan yang dapat ditempatkan di perpustakaan atau di publikasikan pada kahalayak ramai.
3. Hasil penelitian dapat dijadikan referensi bagi para peneliti lain jika melakukan penelitian yang sama.
4. Bagi penulis dapat menambah pengetahuan tentang AC mobil.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Conditioning (AC)

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



Gambar 2.1 Aliran sirkulasi *Air Conditioning* (AC) mobil.

2.1.1 Definisi AC Mobil

AC mobil adalah suatu mesin yang berfungsi untuk mengkondisikan udara didalam kabin mobil (Yuswandi, 2007). Pada umumnya mesin AC mobil bekerja dengan menggunakan siklus kompresi uap dengan fluida kerja yang dinamakan *refrigerant*. Di dalam AC mobil, massa *refrigerant* yang digunakan adalah tetap, meskipun selama proses *refrigerant* selalu berubah fasenya. Struktur dasar AC mobil dan AC rumah sebenarnya sama. Hanya saja, AC mobil lebih dinamis. Putaran kompresor dari pada AC rumah. Putaran kompresor pada AC mobil meliputi RPM mobil. Semakin cepat mobil melaju semakin cepat pula putaran kompresor sehingga temperatur kabin lebih cepat dingin. Sedangkan, AC

ruangan lebih statis. Putaran kompresor sangat tergantung pada pengaturan temperatur yang dipilih.

2.1.2 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 Wiliam Whitley punya cara untuk membuat alat 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*). Pada awalnya 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 *refrigerant*(R-12) ke udara, sehingga perlu bahan pengganti R-12.*Refrigerant* pengganti tersebut adalah R-134a dan mulai diujicobakan pada kendaraan pertama *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.

2.2 Komponen-Komponen AC Mobil

Komponen AC mobil terdiri dari kompresor, kondensor, katup ekspansi dan evaporator.

2.2.1 Kompresor

Kompresor merupakan komponen utama AC yang berfungsi untuk menaikkan tekanan *refrigerant* (dari tekanan rendah ke tekanan tinggi) kompresor bekerja dengan cara menghisap sekaligus memompa *refrigerant* sehingga terjadi sirkulasi secara terus menerus. Pada umumnya kompresor yang sering dipakai pada AC mobil adalah *swash plate*, resipro dan *wabble plate*. Kompresor jenis *swash plate* ini gerakan torak diatur oleh *swash plate* pada jarak tertentu dengan 6 atau 10 silinder. Ketika salah satu sisi pada torak melakukan langkah tekan, maka sisi yang lainnya melakukan langkah isap. Fungsi kompresor mirip dengan fungsi jantung pada tubuh manusia dan *refrigeran* sebagai darahnya. kompresor memiliki dua saluran, yaitu saluran hisap (*suction*) dan saluran buang (*discharge*). saluran hisap dihubungkan dengan evaporator sedangkan saluran buang dihubungkan dengan kondensor. *Refrigerant* dalam fase gas pada tekanan dan temperatur rendah

dihisap oleh kompresor melalui saluran hisap kemudian dimampatkan sehingga tekanan dan temperatur naik selanjutnya mengalir ke kondensor melalui saluran buang. Pada penelitian ini kompresor yang digunakan adalah tipe *swash plate*.

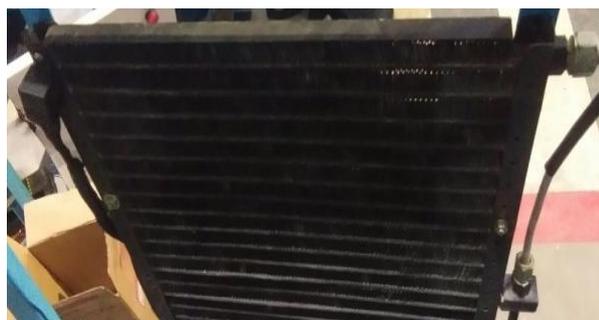


Gambar 2.2 Kompresor *swash plate*

2.2.2 Kondensor

Kondensor merupakan alat penukar kalor yang berfungsi untuk membuang kalor dan mengubah wujud bahan pendingin dari gas menjadi cair dengan bantuan ekstra fan. Fungsi kondensor juga sebagai tempat kondensasi atau pengembunan refrigeran. Pada kondensor berlangsung tiga proses utama yaitu proses penurunan suhu *refrigerant* dari gas panas lanjut ke gas jenuh, proses dari gas jenuh ke cair jenuh, dan proses pendinginan lanjut dari cair jenuh ke cair lanjut. Proses pengembunan *refrigerant* dari kondisi gas jenuh ke cair jenuh berlangsung pada tekanan dan temperatur yang tetap. Berdasarkan media pendinginnya, kondensor dibagi menjadi tiga macam yaitu kondensor berpendingin air, udara, air serta udara.

Pada umumnya kondensor yang sering dipakai pada mesin pendingin berkapasitas kecil adalah jenis pipa dengan jari-jari penguat, pipa dengan plat besi dan pipa bersirip. Pada penelitian ini kondensor yang digunakan adalah kondensor pipa bersirip.



Gambar 2.3 Kondensor Pipa Bersirip

2.2.3 Katup Ekspansi

Katup ekspansi adalah salah satu alat ekspansi. Alat ekspansi mempunyai dua kegunaan yaitu untuk menurunkan tekanan *refrigerant* dan untuk mengatur aliran *refrigerant* ke evaporator. Terjadi penurunan tekanan *refrigerant* dikarenakan adanya gesekan dengan bagian dalam katup ekspansi. Proses penurunan tekanan dalam katup ekspansi diasumsikan berlangsung pada entalpi konstan atau sering disebut isoentalpi (proses yang ideal). Pada saat *refrigerant* masuk ke dalam katup ekspansi, *refrigerant* berada dalam fase cair penuh, tetapi ketika masuk evaporator fase refrigeran berupa campuran fase cair dan gas.



Gambar 2.4 Katup Ekspansi

2.2.4 Evaporator

Evaporator berfungsi untuk merubah fase refrigeran dari campuran cair dan gas menjadi gas (penguapan). Pada saat proses perubahan fase diperlukan energi kalor. Energi kalor yang diambil dari udara yang berasal dari luar mobil. Proses penguapan *refrigerant* di evaporator berlangsung pada tekanan dan suhu tetap. Jenis evaporator yang banyak digunakan pada mesin AC mobil adalah jenis pipa bersirip.



Gambar 2.5 Evaporator

2.3 Komponen Pendukung AC Mobil

2.3.1 Receiver (filter drayer)

Komponen ini sering digunakan pada ac mobil yang menggunakan katup termostatik untuk menurunkan tekanan *refrigerant*. Alat ini dipasang antara kompresor dan evaporator, didalam *receiver* terdapat saringan dan pengering yang berfungsi untuk menyerap kotoran dan air yang terbawa bersirkulasi bersama refrigeran.



Gambar 2.6 Receiver (*Filter Drayer*)

2.3.2 Kipas (*Ekstra Fan*)

Ekstra fan berfungsi mensirkulasikan udara diluar kabin. *Ekstra fan* yang terdapat diluar kabin (pada kondensor) terdiri dari motor penggerak dan *fan* yang digerakkan. Jenis fan yang umum digunakan adalah jenis *axial flow*.



Gambar 2.7 Kipas (*ekstra fan*)

2.4 Definisi *Fan*

Fan adalah jantung dari suatu sistem. *Fan* mengontrol laju aliran gas, uap, partikel pada titik generasi polutan dalam dan melalui prangkat pengendalian polusi udara. (Latar Muhammad Arief, 2004)

2.4.1 Pemilihan *Fan*

Dalam pemilihan *fan* yang sesuai pada setiap aplikasinya, terdapat tiga informasi mendasar dalam melakukan pemilihan *fan* yaitu : dibutuhkan data aliran udara volumetrik, peningkatan tekanan statis *fan* dan densitas gas pada *fan*. Faktor lain yang umumnya dibutuhkan dalam melakukan pemilihan *fan* yang tepat adalah tipe dan konsentrasi kontaminan (debu, liquid atau gas hasil dari pembakaran) yang akan dialirkan. *Fan* biasanya didesain pada tingkat udara standart yaitu pada 70° F, 1 atm, 50% kelembapan relatif, pada kondisi ini densitas udaranya adalah 0,075 lbm/ft³. (Latar Muhammad Arief, 2004)

2.4.2 Jenis-Jenis *Fan*

2.4.2.1 *Fan Aksial*

Fan Aksial berfungsi menggerakkan aliran udara sepanjang sumbu *fan* (terpasang pada poros berputar)

2.4.2.2 *Fan Sentrifugal*

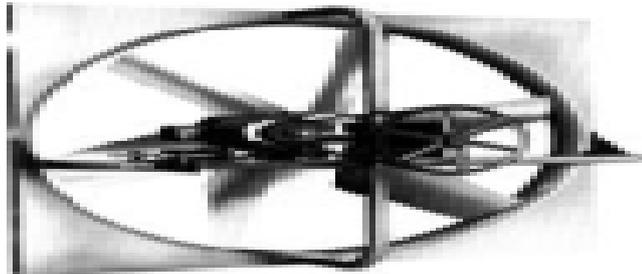
Fan Sentrifugal menggunakan impeler berputar untuk menggerakkan aliran udara, memiliki roda kipas yang terdiri dari sejumlah bilah kipas atau *blade* dipasang disekitarnya, istilah *sentrifugal* mengacu pada lintasan aliran gas saat lewat keluar dari rumah *fan* (*housin*). *Fan* sentrifugal dapat menghasilkan tekanan tinggi meningkat dalam aliran gas. Dengan demikian, sangat cocok untuk proses industri dan sistem kontrol polusi udara (untuk *handling* padatan yang terbentang : debu sepih kayu, skrap logam) dapat dilihat pada gambar 2.2 komponen-komponen *fan sentrifugal*.

2.4.3 Karakteristik *Fan Aksial*

2.4.3.1. *Fan Propelle*

Fan propelle menghasilkan laju aliran udara yang tinggi pada tekanan rendah, tidak membutuhkan saluran kerja yang luas (karena tekanan yang dihasilkan lebih kecil). *Fan* propeller dapat mencapai efisiensi maksimum, hampir seperti aliran yang mengalir sendiri, dan sering digunakan pada ventilasi atap.

Kelemahan *fan propeller* ini efisiensi *energy* relatif rendah dan bising. Pada gambar 2.8 bentuk *fan propeller*



Gambar 2.8 *Fan Propeller*(Muhammad Arief,2004)

2.4.3.2. *Fan*Pipa Aksial

Fan pipa aksial memiliki tekanan lebih tinggi dan efisiensi operasinya lebih baik dari pada fan propeller, fan pipa aksial cocok untuk tekanan menengah, dapat dipercepat sampai ke nilai kecepatan tertentu (karena putaran massanya rendah) dan menghasilkan aliran pada arah berlawanan yang berguna dalam berbagai penggunaan ventilasi.Kelemahan fan pipa aksial relatif mahal,efisiensi *energy* relative lebih rendah (65%). Pada gambar 2.9 *Fan* pipa aksial



Gambar 2.9 *Fan* pipa Aksial(Muhammad Arief,2004)

2.4.3.3. *Fan*Dengan Baling-Baling Aksial

Fan dengan baling-baling aksial cocok untuk tekanan sedang sampai teekanan tinggi.*Fan* dengan baling-baling aksial ini memiliki efisiensi (mencapai 85% jika dilengkapi dengan fan air foil dan jarak ruang yang kecil). *Fan* ini relatif mahal daripada *fan* impeller

Pada gambar 2.10 *Fan* dengan baling-baling aksial

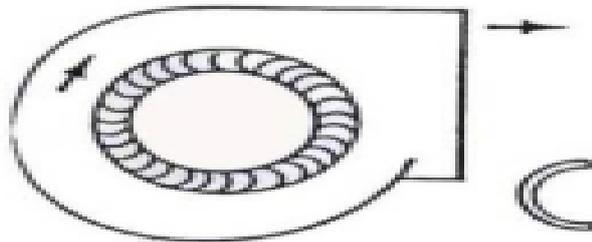


Gambar 2.10 Fan Dengan Baling-Baling Aksial(Muhammad Arief,2004)

2.4.4. Klasifikasi Fan Sentrifugal

2.4.1. Tipe *Forward Curved*

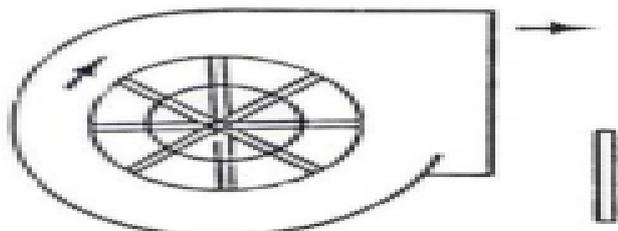
Pada fan tipe ini roda-roda yang terdapat didalamnya berukuran kecil dan membelok kedalam searah dengan arah rotasi roda-roda.Fan ini beroperasi pada kecepatan yang relatif rendah.Pada gambar 2.11 *Tipe forwad curved*



Gambar 2.11 *Tipe Forward Curved*(Muhammad Arief,2004)

2.4.2. Tipe *Radial Blade*

Pada fan tipe ini roda-roda yang terdapat didalamnya berbentuk seperti *paddle*.Blade yang ada memiliki arah tegak lurus dengan arah rotasi fan. Fan ini cenderung beroperasi pada kecepatan yang sedang. Gambar 2.12 bentuk fan tipe *radial blade*



Gambar 2.12 Tipe radial blade(Muhammad Arief,2004)

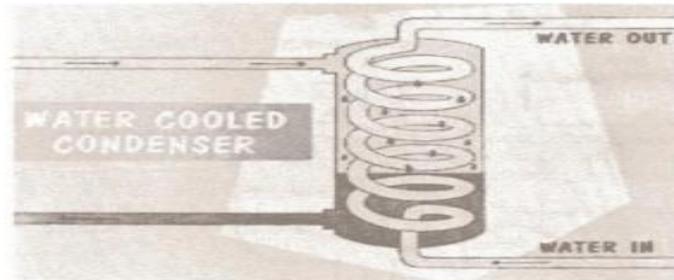
2.5. Definisi Kondensor

Kondensor merupakan alat penukar kalor pada sistem refrigerasi yang berfungsi untuk melepas kalor dari sistem ke lingkungan, dimana untuk ini kondensor dilengkapi sebuah fan untuk mengalirkan udara sebagai fluida penerima kalor dari kondensor. Dengan meningkatkan putaran fan laju aliran udara melalui kondensor dan juga berarti akan meningkatkan kapasitas atau beban kalor kondensor yaitu jumlah kalor yang dibuang ke lingkungan dari sistem pendingin. (Mahendra, 2016)

2.5.1 Jenis Pendingin Pada Kondensor

2.5.1.1 Pendingin Dengan Bantuan Air

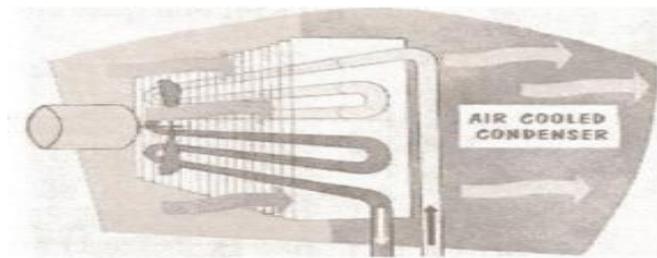
Air digunakan untuk membantu mengambil panas dari *refrigerant* uap. *Refrigerant* uap yang mengalir dalam kondensor disimpan dalam suatu tempat atau air dilewatkan pada kondensor yang berisi *refrigerant* uap. Panas dari *refrigerant* uap dipindahkan ke air melalui dinding kondensor. Air tersebut membawa panas dari wadah melalui saluran keluar jika medium pendingin yang dilakukan adalah air kelebihanannya adalah air mempunyai sifat membawa dan memindahkan panas yang jauh lebih baik dari pada udara.



Gambar 2.13 Pendingin Dengan Bantuan Air

2.5.1.2 Pendingin Dengan Bantuan Udara

Udara digunakan untuk membuang panas dari *refrigerant* uap melalui permukaan kondensor. Udara dihembuskan dengan menggunakan kipas ke permukaan kondensor. Karena udara lebih dingin dari *refrigerant* uap maka terjadi perpindahan panas dari *refrigerant* uap ke udara bebas melalui permukaan kondensor.



Gambar 2.14 Pendingin dengan bantuan udara

2.6 Definisi *Refrigerant*

Refrigerant adalah suatu media (fluida) perambat panas yang menyerap panas dengan menguapkan pada temperatur dan tekanan rendah serta melepaskan panas dengan jalan mengembungkannya pada temperatur tinggi dan tekanan tinggi. Jadi *refrigerant* yang ada pada sistem (*refrigeration cycle*) mudah mengalami perubahan fase dari cair menjadi gas maupun sebaliknya.

Perlu diketahui bahwa tidak ada *refrigerant* yang dapat bekerja secara sempurna (*ideal*) pada semua tingkat keadaan.

2.6.1 *Refrigerant* Siklus Kompresi Uap

Untuk terjadinya suatu proses pendinginan diperlukan suatu bahan pendingin yang mudah diubah bentuknya dari gas menjadi cair atau sebaliknya. Bahan pendingin sering disebut refrigeran yang merupakan fluida kerja pada siklus kompresi uap. *Refrigerant* berfungsi untuk menyerap panas melalui perubahan fase dari cair ke gas (evaporasi) dan membuang panas melalui perubahan fase dari gas ke cair (kondensasi). Ada banyak macam *refrigerant* seperti : udara, *refrigerant* R22, refrigeran R12 dan HFC.

2.6.1.1 Udara

Penggunaan udara sebagai *refrigerant* umumnya dipergunakan di pesawat terbang. Sistem pendingin menggunakan refrigeran udara menghasilkan COP yang rendah akan tetapi lebih aman. Siklus yang digunakan adalah siklus *bryton*.

2.6.1.2 Refrigerant-22

Refrigerant ini biasa dilambangkan R-22 dan mempunyai rumus kimia CHCF_2 . R-22 mempunyai titik didih $-40,8^\circ\text{C}$ pada tekanan 1 atm. Refrigeran ini telah banyak digunakan untuk mengganti *refrigerant* R-12, tetapi pada saat ini refrigeran jenis ini dilarang digunakan karena kurang ramah lingkungan.

2.6.1.3 Refrigerant -12

Refrigerant ini biasa dilambangkan dengan R-12 mempunyai titik didih $-21,6^\circ\text{F}$ pada tekanan 1 atm. Untuk melayani sistem pendinginan pada rumah tangga dan sistem pengkondisian udara pada kendaraan.

2.6.1.4 Refrigerant R 134a (HFC 134a)

refrigeran ini tidak mengandung *chlorine*. *Refrigerant* R134a memiliki ancaman yang rendah terhadap penipisan lapisan ozon jika dibandingkan dengan *refrigerant* yang tergolong dalam HCFC (*hydroflourocarbon*) dan yang tergolong dalam CFC (*Chloroflourocarbon*). *Refrigeran* R 134a adalah salah satu *alternative* pengganti R12 yang memiliki beberapa properti yang baik sebagai *refrigerant*, yaitu tidak beracun, tidak mudah terbakar dan stabil. Tetapi *refrigeran Refrigerant* R-134a adalah *refrigerant* yang tergolong dalam HFC (*hydroflourocarbon*) karena R-134a masih memiliki kelemahan yaitu potensi sebagai salah satu pemicu *effeck* rumah kaca dengan nilai GWP (*Global Warming potensial*) yang tinggi.

2.6.2 Sifat Refrigerant Ideal

Sifat *refrigerant* ideal adalah sebagai berikut:

- Tekanan evaporasi yang positif, yaitu harus mempunyai temperatur penguapan pada tekanan yang lebih besar dari tekanan atmosfer.
- Mempunyai tekanan kondensasi yang rendah yaitu *refrigerant* harus mempunyai tekanan pengembunan yang rendah, sehingga perbandingan kompresinya menjadi lebih rendah menyebabkan daya kompresor juga lebih rendah.

- Panas laten penguapan yang tinggi yaitu panas yang diserap persatuan masa *refrigerant* di evaporator lebih besar dan sebaliknya.
- Mempunyai temperatur kritis yang tinggi.
- Tidak beracun tidak menyebabkan iritasi.
- Tidak mudah terbakar dan meledak sendiri.
- Mudah dideteksi bila terjadi kebocoran.
- Tidak mudah larut dalam air.
- Dapat bercampur dengan pelumas dengan baik.

2.6.3 Sifat Fisika Dan Termodinamika *Refrigerant*

Tabel.2.1 Sifat fisika dan termodinamika *refrigerant*

<i>Propertis</i>	<i>unit</i>	MC-134	HFC 134
<i>Saturated Pressure</i>	Bar	5.7	6.7
<i>Enthalpy liquid</i>	KJ/kg	261	235
<i>Enthalpy vapor</i>	KJ/kg	601	412
<i>Density liquid</i>	KJ/m ³	531	1207
<i>Density vapor</i>	KJ/m ³	12.90	32.35
<i>Specific head liquid</i>	KJ/kg ° K	2.53	1.42
<i>Specific head vapor</i>	KJ/kg ° K	1.89	1.03
<i>Viscosity liquid</i>	μ Pa.s	128	195
<i>Viscosity vapor</i>	μ Pa.s	7.9	11.7
<i>Thermal conductivity liquid</i>	W/m.K	0.092	0.081
<i>Thermal conductivity vapor</i>	W/m.K	0.018	0.014

(Sumber: <http://gasdom.pertamina.com>)

2.7 Siklus Kompresi Uap

Siklus kompresi uap merupakan daur yang terbanyak digunakan dalam daur refrigerasi, pada daur ini terjadi proses kompresi (1 ke 2), pengembunan (2 ke 3), ekspansi (3 ke 4) dan penguapan (4 ke 1). Seperti ditunjukkan pada gambar 2.15 siklus kompresi uap



Gambar 2.15 Siklus kompresi uap (Stocker, 1996)

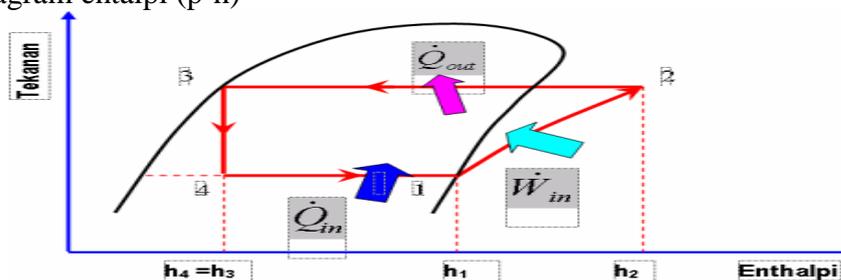
Komponen utama dari sistem refrigerasi terdiri dari : kompresor, kondensor, alat ekspansi, dan evaporator. (Stocker, 1996).

2.7.1 Analisa Kinerja Mesin Refrigerasi Kompresi Uap

Parameter-parameter prestasi sistem refrigerasi kompresi uap antara lain: efek atau dampak refrigerasi, kerja kompresi, kapasitas refrigerasi, dan koefisien performansi (*coefficient of performance, COP*). Penentuan parameter-parameter tersebut dapat dibantu dengan penggunaan sketsa proses pada diagram tekanan-entalpi.

Kerja kompresi persatuan masa *refrigerant* ditentukan oleh perubahan entalpi pada proses 1-2 dan dapat dinyatakan sebagai : (Stocker, 1996).

Hubungan tersebut diturunkan dari persamaan energi dalam keadaan tunak, pada proses kompresi adiabatik reversibel dengan perubahan energi kinetik dan energi potensial diabaikan. Perbedaan entalpinya merupakan besaran negatif yang menunjukkan bahwa kerja diberikan kepada sistem. Pada gambar 2.16 dapat dilihat diagram entalpi (p-h)



Gambar 2.16 Diagram tekanan-entalpi (p-h) (Marwan Effendi,2012)

2.7.1.1 Proses 1-2 (Proses Kompresi)

Proses ini dilakukan oleh kompresor. Kondisi awal refrigeran pada saat masuk kedalam kompresor adalah uap panas lanjut (*superheated*) bertekanan rendah, setelah mengalami kompresi *refrigerant* akan menjadi uap panas lanjut (*superheated*) bertekanan tinggi. Karena proses ini berlangsung secara isentropik, maka suhu keluar kompresor pun meningkat dalam proses ini diperlukan tenaga dari luar untuk menggerakkan kompresor (Wk)

2.7.1.2 Proses 2-2a (Proses Penurunan Suhu Gas Panas Lanjut)

Proses ini adalah proses penurunan suhu dari gas panas lanjut ke gas jenuh. proses ini berlangsung di kondensor dan pada tekanan yang tetap. Pada saat proses, kalor dari refrigeran dibuang keluar, sehingga suhunya turun. perpindahan kalor dapat terjadi karena suhu refrigeran lebih tinggi dibandingkan dengan suhu udara disekitar kondensor.

2.7.1.3 Proses 2a-3a (Peroses Pengembunan)

Proses ini berlangsung didalam kondensor. Refrigeran yang bertekanan tinggi dan bertemperatur tinggi akan membuang kalor sehingga fasenya berubah dari gas jenuh menjadi cair jenuh. hal ini berarti bahwa didalam kondensor terjadi pertukaran kalor antara refrigeran dengan lingkungannya. Proses ini berlangsung pada tekanan dan suhu tetap meskipun refrigeran mengeluarkan kalor.

2.7.1.4 Proses 3a-3 (Proses Pendinginan Lanjut)

Pada peroses pendinginan lanjut terjadi penurunan suhu. proses pendinginan lanjut membuat refrigeran yang keluar dari kondensor benar-benar dalam keadaan cair. hal ini membuat refrigeran lebih mudah mengalir melalui katup ekspansi dalam sebuah sistem pendingin. proses ini terjadi penurunan entalpi.

2.7.1.5 Proses 3-4 (Proses Penurunan Tekanan)

Peroses penurunan tekanan ini berlangsung di katup ekspansi. Pada proses ini

Tidak terjadi perubahan entalpi tetapi terjadi penurunan tekanan dan suhu. Katup ekspansi berfungsi untuk mengatur laju aliran refrigeran selain untuk menurunkan suhu dan tekanan. Pada proses ini refrigeran mengalami perubahan fase dari fase cair menjadi campuran cair dan gas.

2.7.1.6 Proses 4-1a (Proses Pendidihan)

Proses ini berlangsung di dalam evaporator. Panas dari dalam ruangan akan diserap oleh cairan refrigeran bertekanan rendah sehingga refrigeran berubah fase dari campuran cair dan gas menjadi gas bertekanan rendah. Kondisi refrigeran saat masuk evaporator dalam fase campuran cair dan gas. Proses pendidihan berlangsung pada tekanan konstan dan suhu konstan.

2.7.1.7 Proses 1a-1 (Proses Pemanasan Lanjut)

Proses pemanasan lanjut terjadi kenaikan suhu. Proses berlangsung pada tekanan konstan. Dengan adanya pemanasan lanjut, refrigeran akan masuk ke dalam kompresor benar-benar dalam kondisi gas. Hal ini membuat kompresor bekerja lebih ringan dan aman.

2.8 Rumus Perhitungan Mesin Siklus Kompresi Uap Pada AC Mobil

Untuk mengetahui unjuk kerja mesin siklus kompresi uap pada AC mobil diperlukan beberapa rumusan perhitungan, antara lain seperti kerja kompresor, kalor yang dilepas kondensator, kalor yang diserap evaporator, COP_{aktual} , COP_{ideal} efisiensi dan laju aliran massa refrigeran.

2.8.1 Kerja Kompresor (W_{in})

Besarnya kerja kompresor persatuan massa refrigeran dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.1)

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

2.8.3 Kalor Yang Dilepas Kondensor (Q_{out})

Besar kalor persatuan massa refrigeran yang dilepas kondensor dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.3)

$$Q_{out} = h_2 - h_3 \quad (2.3)$$

2.8.4 Kalor Yang Diserap Evaporator (Q_{in})

Besar kalor persatuan massa refrigeran yang diserap evaporator dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.4)

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

2.8.5 Coefficient 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 (2.5)

$$COP_{Aktual} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} = \frac{Q_{in}}{Wk} \quad (2.5)$$

2.8.6 Cop_{ideal} (Coefficient Of Performance)

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

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

2.8.7 Efisiensi Mesin AC Mobil

Besarnya efisiensi mesin siklus kompresi uap AC mobil dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.7)

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

2.8.8 Laju Aliran Massa Refrigeran

Besarnya laju aliran massa refrigeran dapat dihitung dengan mempergunakan persamaan (2.8)

$$m = \frac{(V \cdot I) / 1000}{Wk} = \frac{P}{Wk} \quad (2.8)$$

2.9 Beban Pendingin

Beban pendingin adalah beban yang diterima evaporator (unit pendingin). Pada AC mobil beban pendingin adalah besarnya aliran kalor yang dihisap evaporator dari udara yang melintasinya. Evaporator selalu menerima beban pendingin karena harus menjaga kondisi udara pada temperatur dan kelembapan tertentu yang umumnya berada dibawah tekanan dan temperatur lingkungan diluarnya. Beban pendinginan biasanya berupa aliran energi berbentuk panas. Beban pendingin dapat dibagi menjadi dua bagian khusus seperti

2.9.1 Beban Laten

Beban laten adalah beban yang diterima atau dilepaskan suatu materi karena adanya perubahan wujud (fase). Sebagai contoh air yang sudah didinginkan sampai 0°C kemudian didinginkan lagi sampai menjadi es pada suhu 0°C. Pada proses ini tidak terjadi perubahan suhu melainkan perubahan wujud (fase). Beban pendingin pada kasus ini disebut beban laten dan panas yang diserap disebut panas laten.

2.9.2 Beban sensibel

Beban sensibel adalah beban yang diterima dan dilepaskan suatu materi karena adanya perubahan suhu. Misalkan air dengan suhu 100°C didinginkan menjadi 0°C (masih dalam keadaan cair). Beban yang diterima untuk menurunkan suhu dari 100°C menjadi 0°C disebut panas sensibel.

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 Progarm 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 siding						■	■

3.2 Bahan dan Alat

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

3.2.1 Kompresor Mobil

Kompresor mobil yang digunakan didalam penelitian ini menggunakan Kompresor seperti pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 kompresor ACmobil

Jenis kompresor : *swash plate*

Voltase : 220 V

3.2.2 Kondensor

Kondensor yang digunakan dalam penelitian ini, dapat kita lihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Kondensor

Jenis kondensor : Kondensor pipa bersirip

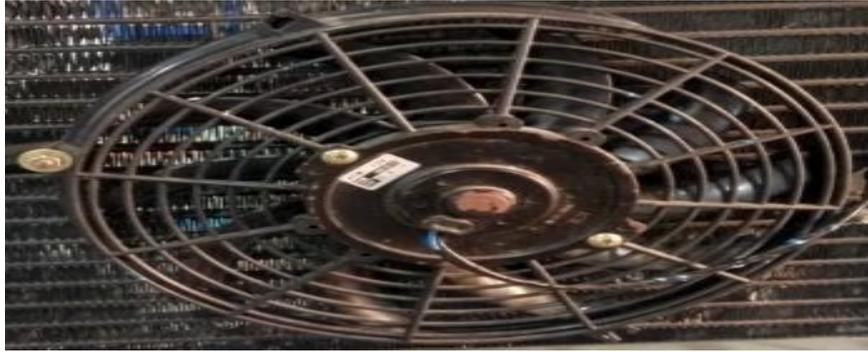
Ukuran : P x l x t = 46 cm x 2 cm x 38 cm

Bahan pipa : besi (3 cm)

Bahan sirip : Aluminium

3.2.3 Ekstra Fan

Ekstra fan yang digunakan dalam penelitian ini seperti pada gambar 3.3



Gambar 3.3 Ekstra Fan

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

3.2.4 Katup Ekspansi

Katup ekspansi yang digunakan dalam penelitian ini seperti pada gambar

3.4 Katup Ekspansi



Gambar 3.4 Katup Ekspansi

Jenis Katup Ekspansi : Termostatik
Bahan Katup Ekspansi : Tembaga

3.2.5 Receiver Dryer

Receiver Dryer yang digunakan dalam penelitian ini dapat kita lihat pada gambar 3.5. *Receiver Dryer*



Gambar 3.5 *Receiver Dryer*

Bahan Tabung *Receiver Dryer*: Besi
Diameter : 6,3 cm
Tinggi : 20 cm

3.2.6 Evaporator

Evaporator yang digunakan dalam penelitian ini seperti Pada gambar 3.4 dapat kita lihat bentuk dari evaporator.



Gambar 3.6 Evaporator

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

3.2.7 Motor Listrik 3 Fasa

Motor listrik berfungsi sebagai penggerak mula yang memutar kompresor agar sistem AC dapat berjalan. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.7.



Gambar 3.7 Motor Listrik 3 Fasa

Daya Motor listrik : 3 hp
Voltase : 220 V

3.2.8 Baterai 12 Volt

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

3.8. Baterai 12 Volt



Gambar 3.8 Baterai 12 Volt

3.2.9 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 3.9 *Refrigerant R-134A*



Gambar 3.9 Refrigerant R-134A

3.2.10 *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 3.10 adalah gambar *manifold gauge*.



Gambar 3.10 *Manifold Gauge*

3.2.11 *Digital Thermometer*

Alat yang digunakan untuk mengukur suhu ruangan dalam kanbin. Gambar

3.11 *Digital Thermometer*



Gambar 3.11 *Digital Thermometer*

3.2.12 *Dimmer*

Alat yang digunakan untuk memvariasikan putaran *fan* kondensor. menjadi 490 rpm, 829 rpm dan 1058 rpm. Gambar 3.12 *Dimmer*



Gambar 3.12 Dimmer

3.2.13 inverter

Alat yang digunakan untuk menentukan frekuensi putaran motor kompresor. Gambar 3.13 *inverter*



Gambar 3.13 *inverter*

3.2.14 Arduino Uno

Alat yang digunakan untuk membaca suhu pada titik yang telah ditentukan. Gambar .3.14 Arduino Uno



Gambar 3.15 Arduino Uno

3.2.15 Sensor Dallas

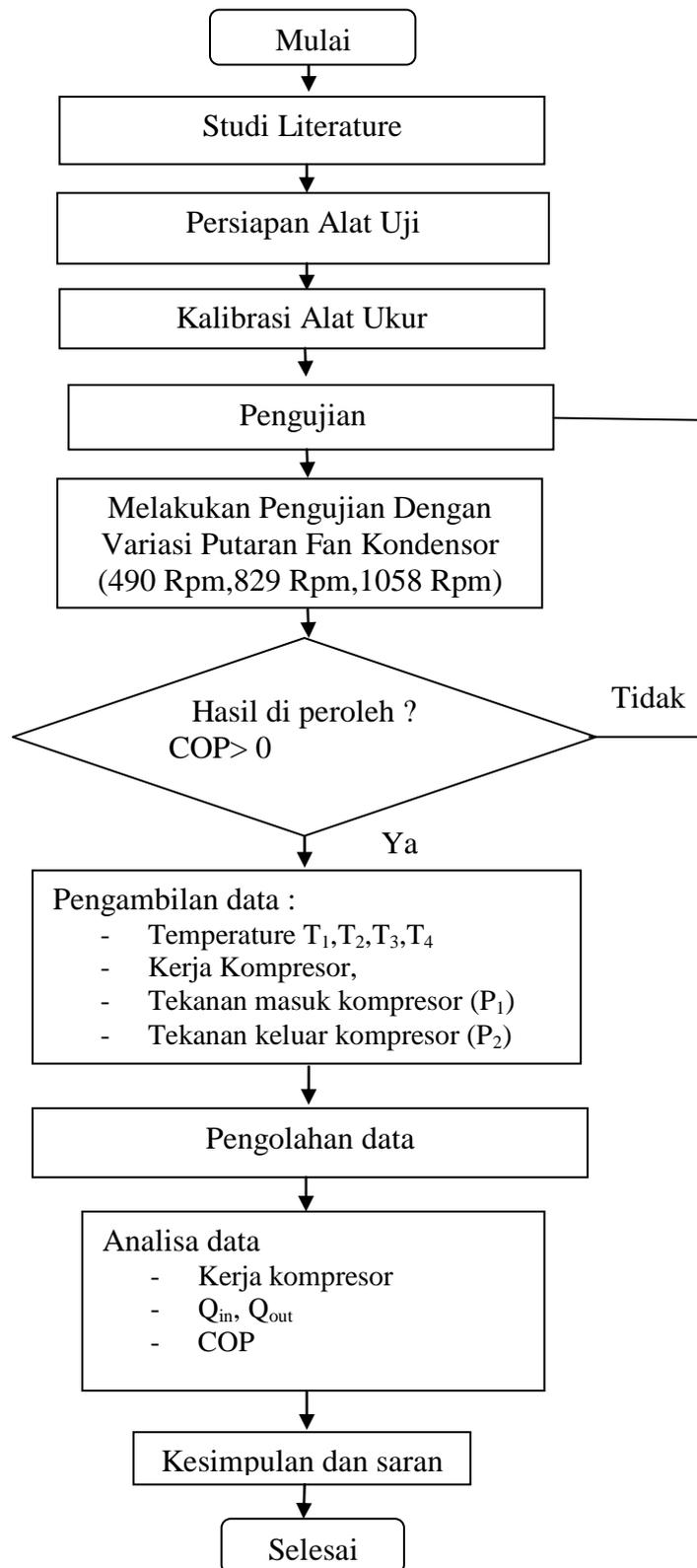
Alat yang digunakan untuk membaca suhu pada titik yang telah di tentukan.



Gambar 3.16 Sensor Dallas

3.3 Diagram Alir Pengujian

Berikut ini diagram alir pengujian yang ditunjukkan pada gambar



Gambar 3.17 Diagram Alir Pengujian

3.4 Variabel Penelitian

Variabel-variabel dalam penelitian:

1. Variabel bebas, yang meliputi:
 - Variasi kecepatan kipas kondensor
2. Variabel terikat, yang meliputi:
 - Efek refrigerasi
 - Kerja kompresor
 - COP (*coefficient of performance*)
3. Variabel kontrol, yang meliputi penggunaan:
 - Temperatur ruang uji 27-28°C

3.5 Prosedur Penelitian

Setelah semua komponen sudah lengkap tahap berikutnya adalah proses pengambilan data, sebelum pengambilan data dilakukan terlebih dahulu melakukan perakitan komponen-komponen AC mobil. Dan langkah-langkahnya sebagai berikut :

3.5.1 Persiapan Alat Uji.

Pada proses 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.

3.5.2 Proses Pevakuman 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 pevakuman

Langkah-langkah pevakuman dapat dilakukan sebagai berikut:

1. Memasang *manifold gauge* HP (*high pressure*) pada saluran *disharg* dan LP (*low pressure*) pada satuan *suction*.
2. Menyambung *hose* tengah pada *manifold gauge* ke saluran hisap pompa vakum (*vacum pump*)
3. Membuka kedua katup pada *manifold gauge* (HP dan HL)
4. Menghidupkan pompa vakum sampai tekanan pada manifold gauge mencapai -30 Hg atau minimal 15 menit.
5. Menutup kedua katup pada manifold gauge dan matikan pompa vakum
6. Membiarkan kondisi ini minimal 5 menit dan perhatikan tekanan manifold gauge
7. Jika terjadi kenaikan setelah langkah no 6, berarti terjadi kebocoran sistem dan perbaiki.
8. Mengulangi langkah pemvakuman 1-7 kembali hingga tidak terjadi kebocoran.

3.5.3. Proses Pengisian *Refrigerant* R-134a

Sebelum pengisian *refrigerant* pada alat AC mobil ada beberapa hal yang harus diperhatikan antara lain: (a) memastikan tidak ada uap air didalam sistem, karena bila ada uap air maka uap air dapat membeku di dalam alat ekspansi dan mengakibatkan penyumbatan (*moisture clogging*). 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
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.

3.5.4 Proses Menghidupkan *Inverter*

Sebelum melakukan pengujian terlebih dahulu dilakukan langkah menghidupkan *inverter* untuk mengoperasikan motor dan kompresor.

Adapun langkah-langkah untuk menghidupkan *inverter* adalah sebagai berikut:

1. Menghubungkan kabel inverter pada panel listrik
2. Menekan tombol on pada monitor *inverter*
3. Men-setting frekuensi yang diinginkan pada monitor *inverter*
4. Frekuensi yang di *setting* adalah 30 Hz, 40 Hz, 50Hz

3.5.5. Proses Pengujian AC Mobil

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.

3.5.6. Pengambilan Data

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

1. Langkah awal dalam pengambilan data dimulai dengan Mempersiapkan komponen-komponen alat penelitian
2. Memastikan semua komponen pada sistem kerja AC mobil berfungsi dengan baik.
3. Penelitian dilakukan di laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Menyiapkan semua alat bantu pengambilan data seperti, *pressure gauge*,
5. Melakukan kalibrasi pada alat ukur yang akan digunakan bila diperlukan.
6. Menyalakan mesin AC mobil

7. Membiarkan mesin AC mobil bekerja sekitar 20-30 menit tujuannya agar kerja dari komponen siklus kompresi uap stabil.
8. Mengecek tekanan pada alat ukur *pressure gauge* (P_1 dan P_2)
9. Setelah semua berjalan dengan baik dan mesin AC mobil bekerja stabil maka pengambilan data penelitian dapat dilakukan sesuai dengan yang telah ditetapkan.
10. Data yang diambil dalam interval 10 menit yaitu:
nilai tekanan refrigeran (P_1 dan P_2), suhu refrigeran saat masuk kompresor (T_1), suhu refrigeran saat masuk katup ekspansi (T_3), suhu kabin, arus (I) dan tegangan (V).
11. Hasil dari data yang diperoleh kemudian dijumlahkan dengan hasil dari kalibrasi alat bantu.

3.6 Variasi Penelitian

Pada penelitian ini penulis mengambil tiga perbandingan variasi penelitian oleh kecepatan putaran kipas fan kondensor yaitu 490rpm, 829 rpm dan 1058 rpm. Variasi penelitian ini akan menghasilkan karakteristik dan COP yang berbeda-beda. Hasil yang berbeda tersebut dapat digunakan sebagai komparasi data manakah yang lebih efisien yang dapat diaplikasikan ke mesin AC mobil untuk pendinginannya.

BAB 4
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian Pengaruh Variasi Putaran *Fan* Kondensor Terhadap C.O.P. Pada Ruang Pendingin AC Mobil

Data yang didapat dari pengamatan kinerja sistem AC mobil dengan memvariasikan putaran *fan* kondesor 490 rpm, 829 rpm, 1058 rpm, selama 3 kali dengan jedah waktu 10 menit hingga sistem berjalan stabil, pada pengujian ini di ukur nilai temperatur keluaran kompresor (T_1), temperatur keluaran kondensor (T_2), temperatur keluaran ekspansi (T_3), temperatur keluaran evaporator (T_4), Tekanan masuk kompresor (P_1), Tekanan keluar kompresor (P_2). Dan data dapat dilihat pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Hasil pengukuran tekanan (P_1 & P_2) Temperatur (T_1, T_2, T_3, T_4) arus dan tegangan (V)

Putaran fan kondensor (RPM)	P_1 (Psig)	P_2 (Psig)	T_1 (°C)	T_2 (°C)	T_3 (°C)	T_4 (°C)	Arus (A)	V (Volt)
490	20	220	24	56	26	8	0,8	220
829	22	222	42	62	32	4	0,8	220
1058	24	224	52	70	34	4	0,8	220

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Untuk Mendapatkan Nilai Kerja Kompresor (W_k) Kapasitas Pendingin (Q_{in}), Kalor Yang Dilepas Kondensor (Q_{out})

Putaran (Rpm)	Kerja kompresor (k/kg)	Kapasitas pendingin (kj/kg)	Kalor yang dilepas kondensor (kj/kg)
490	48,03	22,17	45,18
829	31,61	53,84	46,41
1058	29,76	69,23	57,03

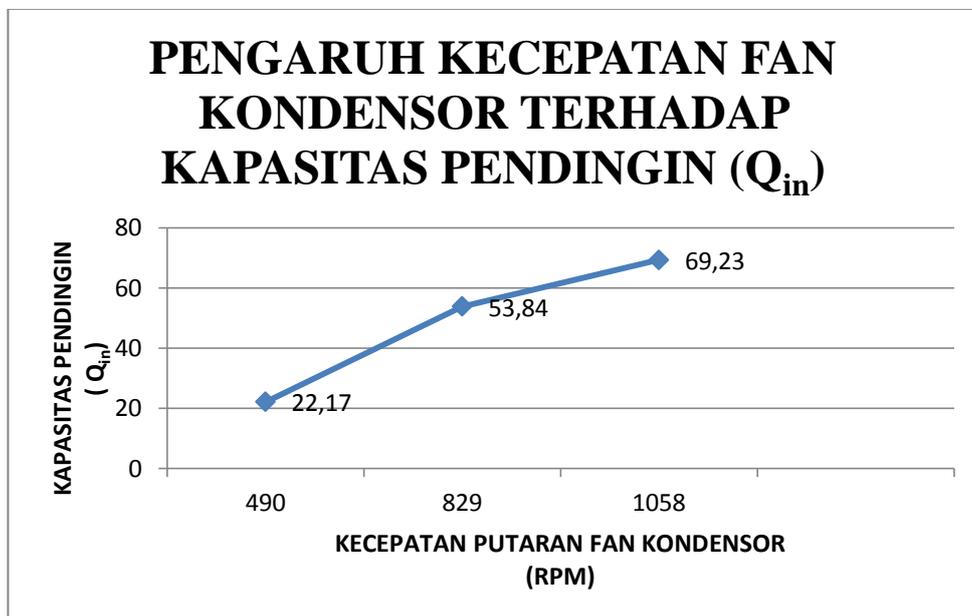
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Untuk Mendapatkan Nilai Laju Aliran Massa (\dot{m}) Dan COP.

Putaran (Rpm)	Efisiensi (%)	Laju aliran massa (Kg/s)	COP _{Aktual}	COP _{Ideal}
490	7,85	3,66	0,46	5,857
829	35,7	5,56	1,70	4,778
1058	55,25	5,91	2,32	4,199

Berdasarkan data hasil pengujian diatas dilakukan perhitungan termodinamika yang hasilnya disajikan dalam gambar-gambar grafik dibawah ini.

4.2 Gambar-Gambar Grafik Hasil Pengujian

4.2.1 Grafik Putaran Fan Kondensor Terhadap Kapasitas Pendingin

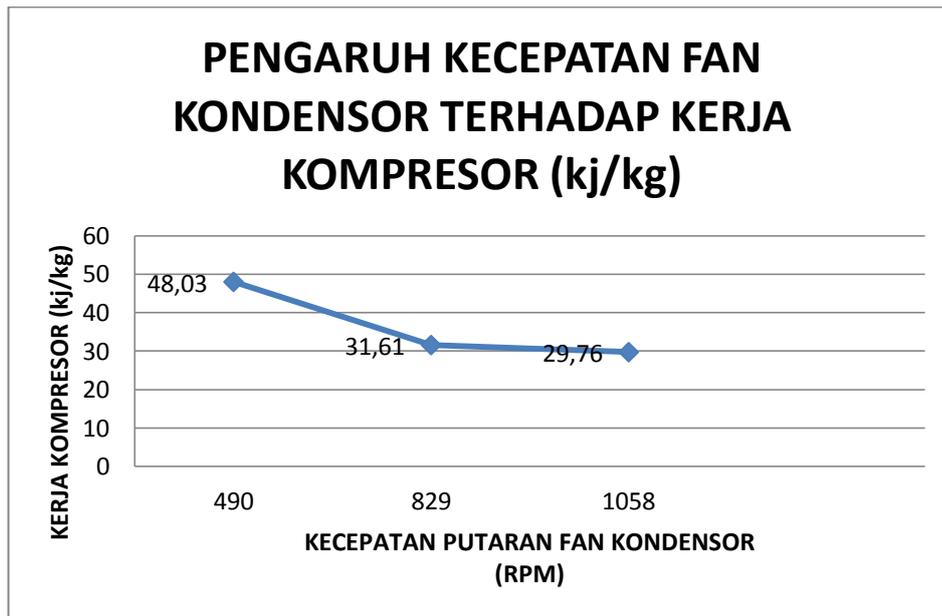


Gambar 4.1 Putaran *Fan* Kondensor Terhadap Kapasitas Pendingin

Dari gambar 4.1 dapat dilihat pada putaran terendah *fan*, 490 rpm kapasitas pendingin yang ditimbulkan sebesar 22,17 kj/kg dan pada putaran *fan* tertinggi ,1058 rpm kapasitas pendinginnya yang dihasilkan adalah 69,23kj/kg. Terjadi kenaikan efek pendinginan dengan bertambahnya putaran *fan*. Hal ini disebabkan dengan meningkatnya putaran *fan* laju aliran massa udara fan meningkat sehingga kondisi *liquid* keluar kondensor dapat di *subcooled* lebih

dalam atau ke temperatur yang lebih rendah, sebagai hasilnya fraksi massa uap refrigeran setelah diekspansi menjadi berkurang atau efek pendinginan meningkat. Hal ini menyebabkan laju perpindahan panas konveksi dari *refrigerant* kondensor menuju kesisi bagian dalam kondensor menjadi lebih besar ,yang akan menyebabkan pembuangan kelingkungan lebih besar pula. Kondisi ini mempunyai pengaruh terhadap kondisi mesin.

4.2.2 Grafik Putaran Fan Terhadap Kerja Kompresor

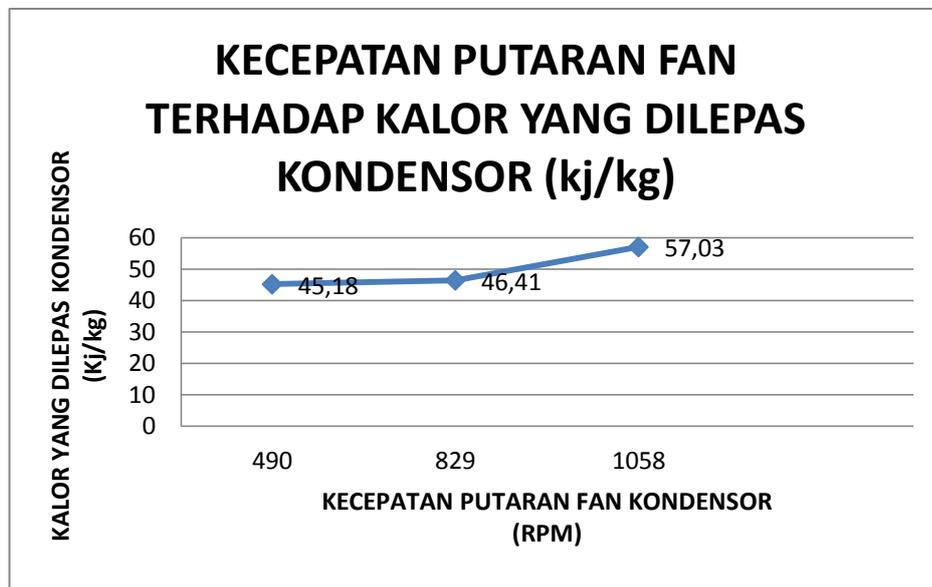


Gambar 4.2 Hubungan kecepatan putaran *fankondensor* terhadap kerja kompresor

Pada gambar 4.2 Grafik diatas terlihat bahwa tren dari kerja kompresor sistem refrigerasi semakin turun seiring dengan penambahan kecepatan putaran dari pendingin kondensor . hal ini terjadi karena semakin cepat putaran fan maka berdampak pada penambahan laju kecepatan udara ke kondensor, sehingga mengakibatkan laju pendinginan refrigeran naik, kondisi tersebut demikian menyebabkan cepat tercapainya suhu pendinginan sehingga kerja kompresor akan semakin menurun sehingga akan meningkatkan nilai COP, sistem refrigrasi semakin meningkat. Grafik diatas juga menunjukkan hubungan kerja kompresor per laju aliran massa tiap-tiap kecepatan udara yang melintasi kondensor. Parameter ini penting agar dapat mengetahui kerja kompresor pada sistem AC mobil pada kecepatan fan 490 rpm kerja kompresor yang dihasilkan adalah 48,03 kj/kg dan pada putaran fan kondensor 829 rpm kerja kompresor yang dihasilkan

adalah 31,61 kJ/kg sedangkan pada putaran fan tertinggi yaitu pada putaran 1058 rpm nilai kerja kompresor adalah sebesar 29,76 kJ/kg. Dimana semakin besar laju aliran udara yang melintasi kondensor maka kerja kompresi mengalami penurunan.

4.2.3 Grafik Putaran Fan Kondensor Terhadap Kalor Yang Dilepas Kondensor.

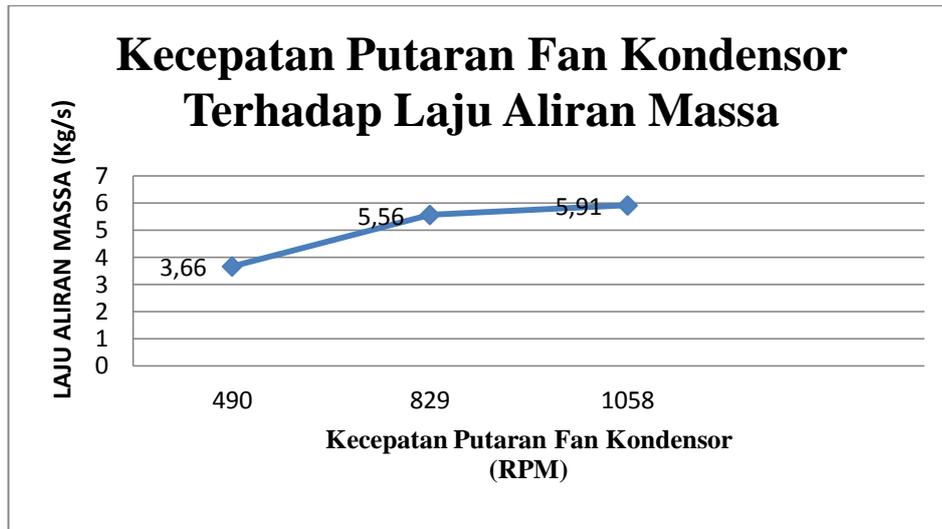


Gambar 4.3 Hubungan Kecepatan Putaran *Fan* Kondensor Terhadap Kalor Yang Dilepas Kondensor

Dari gambar 4.3 dapat dilihat ketika kecepatan aliran udara melintasi kondensor ditingkatkan, mekanisme perpindahan kalor bergeser dari perpindahan kalor secara konveksi bebas ke konveksi paksa. Hal ini berarti adanya aliran udara yang diperbesar menyebabkan meningkatnya laju aliran kalor yang dibuang kondensor. Jika suhu permukaan kondensor tetap, maka kenaikan kecepatan udara melintasi kondensor secara langsung akan menaikkan nilai koefisien perpindahan kalor konveksi yang akan memperbesar laju aliran kalor yang dipindahakan. Hal ini sesuai dengan persamaan dasar dari proses perpindahan kalor konveksi.

Dengan bertambahnya kecepatan fan kondensor maka kalor yang dibuang kondensor semakin besar dapat dilihat pada putaran fan kondensor 490 rpm kalor yang dibuang kondensor sebesar 45,18 kJ/kg, sedangkan pada putaran fan kondensor tertinggi yaitu pada putaran 1058 rpm kalor yang dibuang kondensor sebesar 57,03 kJ/kg. Terjadi peningkatan.

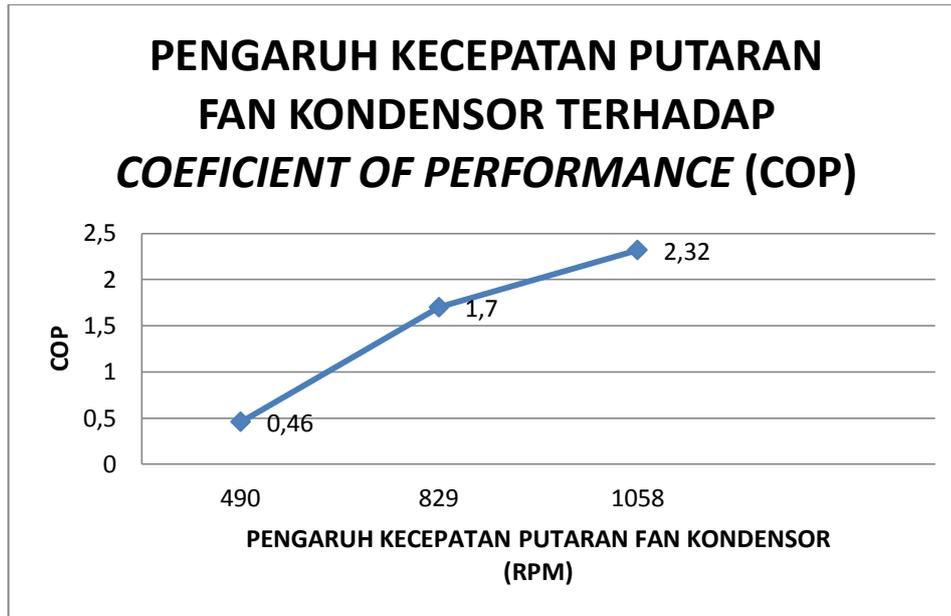
4.2.4 Grafik Putaran Fan Kondensor Terhadap Laju Aliran Massa Refrigeran R-134a



Gambar 4.4 Hubungan kecepatan putaran *fan* kondensor terhadap laju aliran massa

Dari gambar grafik 4.4 Pada grafik diatas terlihat bahwa grafik memiliki tren yang relatif menurun dari putaran fan 1058 rpm menuju 490 rpm. Hal ini disebabkan semakin bertambahnya kecepatan putaran kipas dari pendingin di kondensor akan mempengaruhi laju aliran massa refrigeran R-134a. laju aliran massa refrigeran menurun dengan meningkatnya putaran fan kondensor. Hal ini berhubungan dengan meningkatnya efek refrigerasi diatas memperlihatkan bahwa hubungan kecepatan putaran *fan* kondensor terhadap laju aliran massa pada putaran 490 rpm adalah 3,66 g/s merupakan nilai yang paling rendah diantara putaran yang lain yaitu pada putaran 829 rpm nilai yang dapat yaitu 5,56 g/s dan 1058 rpm nilai yang di dapat adalah 5,91 g/s.

4.2.5 Grafik Putaran Fan Kondensor Terhadap Coefisien Of Performance (COP)

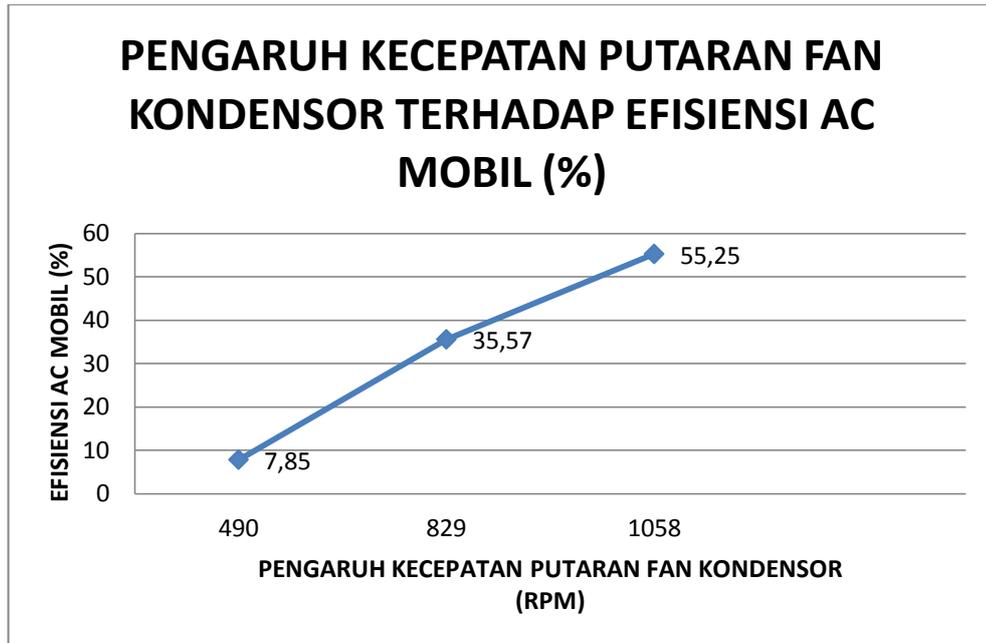


Gambar 4.5 Hubungan kecepatan putaran *fan* kondensor terhadap nilai COP

Dari gambar 4.5 grafik diatas terlihat bahwa grafik memiliki tren yang relatif naik, nilai COP naik seiring dengan naiknya putaran kipas pendingin di kondensor. Koefisien prestasi adalah bentuk penilaian dari suatu mesin refrigerasi. Sehingga koefisien prestasi ditentukan oleh kapasitas refrigerasi dan daya kompresor total. Nilai koefisien prestasi yang semakin besar menunjukkan bahwa kerja mesin tersebut semakin baik. Besarnya COP dipengaruhi oleh efek refrigerasi dan kerja kompresi kenaikan kecepatan kipas pendingin kondensor menyebabkan efek refrigerasi meningkat, sedangkan kerja kompresi mengalami penurunan sehingga COP akan menjadi semakin baik. menambah putaran *fan* kondensor akan meningkatkan *koefisien prestasi* (COP) sistem pendingin, pada putaran *fan* terendah 490 rpm koefisien prestasi yang dihasilkan sebesar 0,46 dan pada putaran *fan* tertinggi 1058 rpm koefisien prestasi yang dihasilkan sebesar 2,32. Peningkatan harga COP ini sesuai dengan meningkatnya efek pendingin dan turunnya kerja kompresi dengan meningkatnya putaran *fan* kondensor seperti yang ditunjukkan oleh gambar.

Terdapat berbagai penelitian yang dilakukan ilmuan untuk menentukan nilai COP. Terkadang terdapat perbedaan hasil COP antar metode. Hal ini dapat dimaklumi dikarenakan beberapa faktor semisal : alat ukur yang kurang akurat, asumsi para peneliti, ketelitian peneliti dalam melakukan titik ukur.

4.2.6 Grafik Putaran Fan Kondensor Terhadap Efisiensi AC Mobil



Gambar 4.6 Hubungan Putaran Fan Kondensor Terhadap Efisiensi AC Mobil

Pada gambar 4.6 efisiensi AC mobil tergantung pada sisi entalpy dari kerja aktual kompresor dan kerja *isentropic* kondensor jika selisih entalpy pada kerja kompresor aktual kecil, maka koefisien dari kompresor tersebut semakin baik karena semakin kecilnya selisih antara entalpy aktual dari masukan dan keluaran kompresor mengakibatkan kerja aktual semakin kecil nilainya. pada grafik juga menunjukkan terjadi peningkatan disetiap putaran kecepatan putaran fan kondensor yaitu dapat dilihat pada putaran fan kondensor 490 rpm efisiensi AC mobil yang dihasilkan adalah sebesar 7,85% dan pada putaran 829 rpm efisiensi AC mobil yang dihasilkan adalah 35,57% sedangkan putaran 1058 rpm efisiensi AC mobil yang dihasilkan adalah 55,25%. Sehingga semakin tinggi putaran fan kondensor maka efisiensi AC mobil yang dihasilkan semakin besar.

4.3 Analisa Data

Berdasarkan pengukuran dan pengambilan data pada tahap ini dilakukan proses analisa data dengan menggunakan refrigeran R134A dengan jeda waktu setiap 10 menit. Dari pengukuran didapatkan data rata-rata sebagai berikut :

4.3.1 Dari Variasi Putaran *Fan* Kondensor 490 Rpm Didapatkan Data Rata-Rata Sebagai Berikut :

putaran *fan* kondensor 490 rpm

$$\begin{aligned} T_1 &= 24 & P_1 &= 20 \text{ psi} = 1,379 \text{ bar} \\ T_2 &= 56 & P_2 &= 230 \text{ psi} = 15,85 \text{ bar} \\ T_3 &= 26 & A &= 0,8 \text{ Amp} \\ T_4 &= 8 & V &= 220 \text{ Volt} \end{aligned}$$

- a. Pada titik 1 (keluar kompresor dan masuk ke kondensor) dengan menggunakan parameter tekanan P1 dan temperatur T1 di ketahui enthalpi (h_1) sebesar 82,90 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 (h_2) sebesar 130,93 kJ/kg dengan kondisi refrigeran *superheated*.
- c. Pada titik 3 (keluar kondensor) dengan menggunakan parameter tekanan P3 dan temperatur T3 di ketahui enthalpi (h_3) sebesar 85,75 kJ/kg .
- d. Pada titik 4 (keluar evaporator) dengan menggunakan parameter tekanan P4 dan temperatur T4 di ketahui enthalpi (h_4) sebesar 60,73 kJ/kg.

1. Kerja Kompresor

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

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

$$W_{in} = 130,93 \text{ kJ/kg} - 82,90 \text{ kJ/kg}$$

$$W_{in} = 48,03 \text{ kJ/kg}$$

Maka kerja kompresor persatuan massa refrigeran adalah 48,03 kJ/kg pada variasi 490 rpm

2. Kalor Yang Dilepas Kondensor (Q_{out})

Untuk mendapatkan nilai kalor yang dilepas kondensor oleh AC mobil dapat menggunakan persamaan (2.3)

$$\begin{aligned} Q_{out} &= h_2 - h_3 \\ &= 130,93 \text{ kJ/kg} - 85,75 \text{ kJ/kg} \\ &= 45,18 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Maka kalor yang dilepas kondensor adalah 45,18 kJ/kg

3. Kapasitas Pendingin (Q_{in})

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

$$\begin{aligned} Q_{in} &= h_1 - h_4 \\ &= 82,90 \text{ kJ/kg} - 60,73 \text{ kJ/kg} \\ &= 22,17 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Maka kapasitas pendingin kalor yang diserap evaporator adalah 22,17 kJ/kg

4. COP_{Aktual}

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

$$COP_{Aktual} = \frac{Q_{in}}{W_K} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} = \frac{22,17}{48,03} = 0,46$$

5. COP_{Ideal}

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

$$\begin{aligned} COP_{Ideal} &= \frac{T_e}{T_c - T_e} \\ &= \frac{8 + 273,15}{(56 + 273,15) - (8 + 273,15)} \\ &= 5,857 \end{aligned}$$

Maka COP_{Ideal} AC mobil sebesar 5,857 pada variasi putaran 490 rpm.

6. Efisiensi (η)

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

$$\begin{aligned}\eta &= \frac{COP_{Aktual} \times 100 \%}{COP_{Ideal}} \\ &= \frac{0,46 \times 100 \%}{5,857} \\ &= 7,85 \%\end{aligned}$$

7. Laju Aliran Massa

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

$$\begin{aligned}m &= \frac{(V \cdot A) / 1000}{W_{in}} \\ &= \frac{(220 \cdot 0,8) / 1000}{48,03} \\ &= 0,003664376 \text{ kg/s} = 3,66 \text{ g/s}\end{aligned}$$

Maka laju aliran massa refrigeran pada AC mobil sebesar 0,00366 kg/s = 3,66 g/s pada variasi putaran fan kondensor 490 rpm.

4.3.2 Dari pengukuran pada menit 10 dengan variasi massa putaran *fan* kondensor 800 rpm didapatkan data rata-rata sebagai berikut :

putaran *fan* kondensor 829 rpm

T₁= 42 P₁ = 21 psi= 1.448 bar

T₂= 62 P₂ = 221 psi = 15,23 bar

T₃= 32 A = 0,8 Amp

T₄= 4 V = 220 Volt

- a. Pada titik 1 (keluar kompresor dan masuk ke kondensor) dengan menggunakan parameter tekanan P1 dan temperatur T1 di ketahui enthalpi (h1) sebesar 109,19 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 140,80 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 94,39 kJ/kg .
- d. Pada titik 4 (keluar evaporator) dengan menggunakan parameter tekanan P4 dan temperatur T4 di ketahui enthalpi (h4) sebesar 55,35 kJ/kg.

1. Kerja Kompresor

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

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

$$W_{in} = 140,80 \text{ kJ/kg} - 109,19 \text{ kJ/kg}$$

$$W_{in} = 31,61 \text{ kJ/kg}$$

Maka kerja kompresor persatuan massa refrigeran adalah 48,03 kJ/kg pada variasi 490 rpm

2. Kalor Yang Dilepas Kondensor (Qout)

Untuk mendapatkan nilai kalor yang dilepas kondensor oleh AC mobil dapat menggunakan persamaan (2.3)

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

$$= 140,80 \text{ kJ/kg} - 94,39 \text{ kJ/kg}$$

$$= 46,41 \text{ kJ/kg}$$

Maka kalor yang dilepas kondensor adalah 46,41 kJ/kg

3. Kapasitas Pendingin (Q_{in})

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

$$\begin{aligned} Q_{in} &= h_1 - h_4 \\ &= 140,80 \text{ kJ/kg} - 109,19 \text{ kJ/kg} \\ &= 53,84 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Maka kapasitas pendingin kalor yang diserap evaporator adalah 53,84 kJ/kg

4. COP_{Aktual}

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

$$COP_{Aktual} = \frac{Q_{in}}{WK} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} = \frac{53,84}{31,61} = 1,70$$

5. COP_{Ideal}

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

$$\begin{aligned} COP_{Ideal} &= \frac{T_e}{T_c - T_e} \\ &= \frac{4 + 273,15}{(62 + 273,15) - (4 + 273,15)} \\ &= 4,778 \end{aligned}$$

Maka COP_{Ideal} AC mobil sebesar 4,778 pada variasi putaran 829 rpm.

6. Efisiensi (η)

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

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

$$= \frac{1,70 \times 100 \%}{4,778}$$

$$= 35,57 \%$$

7. Laju Aliran Massa

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

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

$$= \frac{(220.0,8)/1000}{31,61}$$

$$= 0,005567858 \text{ kg/s} = 5,56 \text{ g/s}$$

Maka laju aliran massa refrigeran pada AC mobil sebesar $0,00556 \text{ kg/s} = 5,56 \text{ g/s}$ pada variasi putaran fan kondenso 829 rpm.

4.3.3 Putaran fan kondensor Pada 10 Menit dengan variasi massa refrigeran 1058 rpm

$$T_1 = 52 \quad P_1 = 22 \text{ psi} = 1,517 \text{ bar}$$

$$T_2 = 70 \quad P_2 = 228 \text{ psi} = 15,72 \text{ bar}$$

$$T_3 = 34 \quad A = 0,8 \text{ Amp}$$

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

- 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 $124,58 \text{ kJ/kg}$ 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 (h_2) sebesar 154,34 kJ/kg dengan kondisi refrigeran *superheated*.
- c. Pada titik 3 (keluar kondensor) dengan menggunakan parameter tekanan P3 dan temperatur T3 di ketahui enthalpi (h_3) sebesar 97,31 kJ/kg .
- d. Pada titik 4 (keluar evaporator) dengan menggunakan parameter tekanan P4 dan temperatur T4 di ketahui enthalpi (h_4) sebesar 55,35 kJ/kg.

1. Kerja Kompresor

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

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

$$W_{in} = 154,34 \text{ kJ/kg} - 124,58 \text{ kJ/kg}$$

$$W_{in} = 29,76 \text{ kJ/kg}$$

Maka kerja kompresor persatuan massa refrigeran adalah 29,76 kJ/kg pada variasi 1058 rpm

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

2. Kalor Yang Dilepas Kondensor (Q_{out})

Untuk mendapatkan nilai kalor yang dilepas kondensor oleh AC mobil dapat menggunakan persamaan (2.3)

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

$$= 154,34 \text{ kJ/kg} - 97,31 \text{ kJ/kg}$$

$$= 57,03 \text{ kJ/kg}$$

Maka kalor yang dilepas kondensor adalah 57,03 kJ/kg

3. Kapasitas Pendingin (Q_{in})

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

$$\begin{aligned} Q_{In} &= h_1 - h_4 \\ &= 154,34 \text{ kJ/kg} - 124,58 \text{ kJ/kg} \\ &= 69,23 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Maka kapasitas pendingin kalor yang diserap evaporator adalah 69,23 kJ/kg

4. COP_{Aktual}

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

$$COP_{Aktual} = \frac{Q_{in}}{WK} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} = \frac{69,23}{29,76} = 2,32$$

5. COP_{Ideal}

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

$$\begin{aligned} COP_{Ideal} &= \frac{T_e}{T_c - T_e} \\ &= \frac{4 + 273,15}{(70 + 273,15) - (4 + 273,15)} \\ &= 4,199 \end{aligned}$$

Maka COP_{Ideal} AC mobil sebesar 4,199 pada variasi putaran 1000 rpm.

6. Efisiensi (η)

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

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{COP_{Aktual} \times 100 \%}{COP_{Ideal}} \\ &= \frac{2,32 \times 100 \%}{4,199} \\ &= 55,25 \% \end{aligned}$$

7. Laju aliran massa

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

$$\begin{aligned} \dot{m} &= \frac{(V.A)/1000}{W_{in}} \\ &= \frac{(220 \cdot 0,8)/1000}{29,76} \\ &= 0,005913978 \text{ kg/s} = 5,91 \text{ g/s} \end{aligned}$$

Maka laju aliran massa refrigeran pada AC mobil sebesar $0,00591 \text{ kg/s} = 5,91 \text{ g/s}$ pada variasi putaran fan kondenso 1058 rpm.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Modifikasi *fan* dengan merubah kecepatan putaran *fan* kondensor pada sistem pendingin akan mempengaruhi performansi sistem.

pada putaran *fan* kondensor 490 rpm. nilai COP yang dihasilkan = 0,46

Pada putaran *fan* kondensor 829 rpm nilai COP yang dihasilkan = 1,70

pada putaran *fan* kondensor 1058 rpm COP yang dihasilkan= 2,32

Jadi Semakin tinggi putaran *fan* kondensor maka semakin tinggi nilai COP (*coeficient of performance*) yang terjadi, besarnya nilai COP dipengaruhi oleh meningkatnya kapasitas pendingin dan menurunnya kerja kompresor.

2. Kapasitas pendingin yang terjadi akibat variasi kecepatan putaran fan kondensor yaitu:

Pada putaran *fan* kondensor 490 rpm .kapasitas pendingin yang dihasilkan = 22,17 kj/kg

Pada putaran *fan* kondensor 829 rpm kapasitas pendingin yang dihasilkan = 53,84 kj/kg

Pada putaran *fan* kondensor 1058 rpm kapasitas pendingin yang dihasilkan = 69,23 kj/kg.

Maka semakin kencang putaran fan kondensor kapasitas pendingin yang diperoleh semakin meningkat.

3. Besarnya energi kalor yang dilepas kondensor persatuan massa *refrigerants* sebanding dengan meningkatnya kecepatan putar fan kondensor yaitu

Pada putaran fan kondensor 490 rpm kalor yang dilepas kondensor = 45,18 kj/kg

Pada putaran fan kondensor 829 rpm kalor yang dilepas kondensor = 46,41 kj/kg

Pada putaran fan kondensor 1058 rpm kalor yang dilepas kondensor = 57,03 kj/kg.

Maka semakin kencang putaran fan kondensor kalor yang dilepas kondensor semakin besar.

4. Kerja kompresor yang dihasilkan akibat variasi putaran fan kondensor adalah

Pada putaran fan kondensor 490 rpm kerja kompresor yang dihasilkan
= 48,03 kJ/kg

Pada putaran fan kondensor 829 rpm kerja kompresor yang dihasilkan
= 31,61 kJ/kg

Pada putaran fan kondensor 1058 rpm kerja kompresor yang dihasilkan
= 29,76 kJ/kg.

Maka semakin kencang putaran fan kondensor, kerja kompresor yang dihasilkan akan semakin menurun, hal ini sesuai dengan meningkatnya nilai COP yang telah diperoleh.

5.2 Saran

Beberapa saran yang bisa disampaikan terkait penelitian ini:

1. Perhatikan situasi dan kondisi lingkungan sekitar pada saat pengambilan data, diusahakan kondisi dalam keadaan tenang karena sensor arduino yang digunakan untuk mengambil data sangat sensitif.
2. Penempatan posisi thermostat sangat berpengaruh untuk kerja otomatis dari kopling magnet, hindari perubahan posisi thermostat saat pengambilan data.
3. Pastikan mesin sudah dipanaskan terlebih dahulu kurang lebih 60 menit agar saat pengambilan data sudah dalam kondisi stabil.

DAFTAR PUSTAKA

- Azis Yuswandi.(2007) *pengujian unjuk kerja sistem AC mobil statik eksperimen menggunakan refrigerant cfc-12 dan hfc-134a dengan variasi putaran (rpm) kompresor*.Laporan tugas akhir , Surakarta: program studi teknik mesin. Univ Sebelas Maret
- Kusbandono, W dan P.K Purwadi.(2016) *pengaruh adanya kipas yang mengalirkan udara melintasi kondensor terhadap COP dan efisiensi mesin pendingin showcase*.
- Kusnanto, S. (2004) *optimasi pengaruh kecepatan udara pendingin pada AC Mobil*.Laporan tugas akhir, Surakarta: program studi teknik mesin. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Latar Muhammad Arif,Ir,Msc.(2013) *penggunaan fan pada sistim ventilasi lokal*. Jakarta barat: program studi Teknik Mesin. Univ Esa Unggul
- Marwan EfFendy.(2012) *Pengaruh kecepatan putaran poros kompresor terhadap prestasi kerja mesin pendingin AC*. Laporan tugas akhir, Surakarta: program studi teknik mesin. Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Marwani.(2010) *pengaruh perubahan putaran fan kondensor terhadap performansi mesin pengkondisian udara*.Seminar nasional tahunan Teknik Mesin. Palembang
- Puji Saksono.(2012) *Analisis pengaruh gangguan heat transfer kondensor terhadap performansi air conditioner*. Laporan tugas akhir, Balikpapan: program studi teknik mesin UNIBA
- Stoecker W.F., Jerold W.jones.dan Hara S.(1996) *refrigerasi dan pengkondisian udara*,edisi 2,Erlangga,Jakarta

Pengaruh Variasi Putaran Fan Kondensor Terhadap COP Pada Ruang Pendingin AC Mobil

Nama : Fika Ronal Febrian
 NPM : 1507230179

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

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
	Senin / 15 - 04 - 2019	- Pembacaan proposal tugas	6
	Sabtu / 21 - 05 - 2019	- Pembacaan pendahuluan	4
	Puhas / 17 - 07 - 2019	- Perbaiki tugas dan metode	4
	Jumat / 23 - 08 - 2019	- Pembacaan Metode penelitian	6
	Senin / 9 - 09 - 2019 13/9 - 2019	- Berangkat ke pendahuluan 2 - perbaiki	6 7
	20/9 - 2019	- Aca Seminar	7

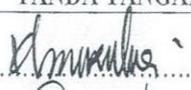
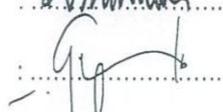
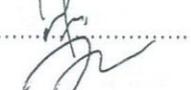
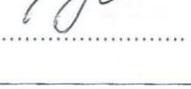
Senin
9 - 09 - 2019

- Aca, Seminar 6.

**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2018 – 2019**

Peserta seminar

Nama : FikaRonal Febrian
 NPM : 1507230179
 Judul Tugas Akhir : Pengaruh Variasi Putaran Dan Kondensor Terhadap Cop Pada Ruang Pendingin Ac Mobil.

DAFTAR HADIR			TANDA TANGAN
Pembimbing – I	:	Khairul Umurai.S.T.MT	: 
Pembimbing – II	:	Chandra A Siregar.S.T.M.T	: 
Pembanding – I	:	H.Muharnif.S.T.M.Sc	: 
Pembanding – II	:	Bekti Suroso.S.T.M.Eng	: 
No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1507230014	JERRY RAMADANI SYAHPUTRA	
2	1507230116	BAYU PARMAWAN	
3	1507230146	MURONI NAWDI NIST	
4	1507230146	AJI MAULANA	
5	1507230001	MHO SYAHIDANA AMIN	
6	1507230026	ARIF MUHAMMAD	
7	1507230021	BOYU PRATAMA	
8	1507230290	Rion Sumo Pratomo	
9			
10			

Medan, 12 Shafar 1441 H
11 Oktober 2019 M

KaProdi Teknik Mesin


Affandi.S.T.M.T

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

NAMA : Fika Ronal Febrian
NPM : 1507230179
Judul T.Akhir : Pengaruh Variasi Putaran Fan Kondensor Terhadap Cop Pada Ruang Pendingin 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 skripsi
.....
.....

- 3 Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

.....
.....
.....
.....

Medan 12 Shafar 1441 H
11 Oktober 2019 M

Diketahui
Ketua Jurusan T. Mesin

Affandi S.T.M.T

Dosen Pembanding - I

H.Muharnif.S.T.M.Sc

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Fika Ronal Febrian
NPM : 1507230179
Judul T.Akhir : Pengaruh Variasi Putaran Fan Kondensor Terhadap Cop Pada Ruang Pendingin Ac Mobil.

Dosen Pembimbing - I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembimbing - II : Chandra A Siregar.S.T.M.T
Dosen pembeding - I : H.Muharnif.S.T.M.Sc
Dosen Pembeding - 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 :
Muat pada Nasibak... Juges... akhir!
.....
.....
- 3 Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....
.....

Medan 12 Shafar 1441 H
11 Oktober 2019 M

Diketahui,
Ketua Jurusan T.Mesin

Affandi S.T.M.T

Dosen Pembeding - II

Bekti Suroso.S.T.M.T

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA PRIBADI

Nama : Fika Ronal Febrian
NPM : 1507230179
Tempat/Tanggal Lahir : Silaping Koto Pinang / 03 - Februari - 1996
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Status Perkawinan : Belum kawin
Alamat : Sayur Maincat Jorong Koto Pinanag
 Kecamatan : Lembah Melintang
 Kabupaten : Pasaman Barat
 Provinsi : Sumatera Barat
Nomor Hp : 0812-6364-1649
E-mail : ronalpebrian@gmail.com
Nama Orang Tua
 Ayah : Sapral Nst
 Ibu : Yernida Suheppy.

PENDIDIKAN FORMAL

2002-2003 : TKA/TPA UJUNG GADING
2003-2009 : SD NEGERI 005 TUALANG
2009-2012 : SMP NEGERI 21 SIAK
2012-2015 : SMK NEGERI 1 LEMBAH MELINTANG
2015-2019 : S1 Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

