

**PERBANDINGAN PENGGUNAAN *REFRIGERANT* R-134a DENGAN  
*REFRIGERANT* KLEA 134a TERHADAP *PERFORMANCE* SISTEM  
*AIR CONDITIONER* PADA MOBIL TOYOTA AVANZA**

**SKRIPSI**

*untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Pendidikan*



**Oleh**

**MOHAMAD SAROJI**

**14073028/2014**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK OTOMOTIF**

**JURUSAN TEKNIK OTOMOTIF**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS NEGERI PADANG**

**2016**

**PERSETUJUAN SKRIPSI**

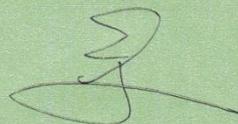
**PERBANDINGAN PENGGUNAAN *REFRIGERANT* R-134a DENGAN  
*REFRIGERANT* KLEA 134a TERHADAP *PERFORMANCE* SISTEM  
*AIR CONDITIONER* PADA MOBIL TOYOTA AVANZA**

Nama : Mohamad Saroji  
NIM/BP : 14073028/2014  
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif  
Jurusan : Teknik Otomotif  
Fakultas : Teknik

Padang, 03 Februari 2016

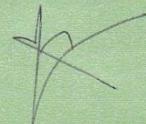
Disetujui Oleh

Pembimbing I



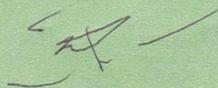
**Drs. Andrizal, M. Pd**  
NIP. 19650725 199203 1 003

Pembimbing II



**Donny Fernandez, S.Pd, M.Sc**  
NIP. 19790118 200312 1 003

Ketua Jurusan



**Drs. Martias, M.Pd**  
NIP. 19640801 199203 1 003

PENGESAHAN TIM PENGUJI

Nama : Mohamad Saroji

NIM : 14073028/2014

Dinyatakan lulus setelah mempertahankan skripsi di depan Tim Penguji

Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif

Jurusan Teknik Otomotif

Fakultas Teknik

Universitas Negeri Padang

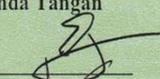
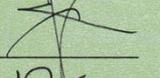
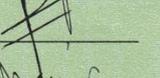
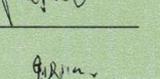
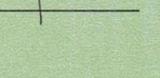
dengan judul

Perbandingan Penggunaan *Refrigerant* R-134a Dengan *Refrigerant* Klea 134a

Terhadap *Performance* Sistem *Air Conditioner*

Pada Mobil Toyota Avanza

Padang, 03 Februari 2016

	Tim Penguji	Tanda Tangan
Ketua	: Drs.Andrizal, M.Pd	1. 
Sekretaris	: Donny Fernandez, S.Pd, M.Sc	2. 
Anggota	: Drs. Bahrul Amin, ST, M.Pd	3. 
Anggota	: Drs. M.Nasir, M.Pd	4. 
Anggota	: Irma Yulia Basri, S.Pd, M.Eng	5. 

## SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis saya berupa skripsi dengan judul “Perbandingan Penggunaan Refrigerant R-134a Dengan Refrigerant Klea 134a Terhadap Performance Sistem Air Conditioner Pada Mobil Toyota Avanza” adalah hasil karya saya sendiri.
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak lain kecuali dari pembimbing.
3. Di dalam karya tulis ini, tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain kecuali tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan di dalam naskah dengan menyebutkan pengarang dan dicantumkan pada kepustakaan.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila terdapat penyimpangan di dalam pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini serta sanksi lainnya sesuai norma dan ketentuan hukum yang berlaku.

Padang, 03 Februari 2016

Yang membuat pernyataan



Mohamad Saroji  
NIM. 14073028/2014

## ABSTRAK

**Mohamad Saroji. 2016:** Perbandingan Penggunaan *Refrigerant* R-134a Dengan *Refrigerant* Klea 134a Terhadap *Performance* Sistem *Air Conditioner* Pada Mobil Toyota Avanza

*Air Conditioner* (AC) adalah proses perlakuan terhadap udara untuk mengatur temperatur dan kelembaban udara serta mengatur kebersihan udara sekaligus pendistribusiannya dengan tujuan menciptakan kondisi nyaman pada ruangan. Sistem refrigerasi bekerja melibatkan perpindahan kalor dari daerah bertemperatur rendah ke daerah bertemperatur tinggi dengan membutuhkan fluida yaitu *refrigerant* yang digunakan untuk menyerap panas melalui perubahan fase cair ke gas (evaporasi) dan membuang panas melalui perubahan fase gas ke cair (kondensasi). *Refrigerant R-134* merupakan *refrigerant* sintetik yang paling banyak digunakan pada sistem *air conditioner* pada mobil. Selain itu ada juga *refrigerant sintetik* yaitu *Klea 134a* yang diindikasikan ramah lingkungan, tidak merusak lapisan ozon, dan relative stabil. Untuk mengetahui kerja dari sistem refrigerasi, dapat dilihat dari nilai *Coefficient of Performance (COP)* pada sistem refrigerasi tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah menghitung dan membandingkan *Coefficient of Performance (COP)* sistem AC pada mobil Toyota Avanza yang menggunakan *refrigerant R-134a* dengan yang menggunakan *refrigerant Klea 134a*.

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimen. Penelitian dilakukan pada tanggal 27 November 2015 s/d 27 Desember 2015 di Bengkel Satria AC di jalan Ujung Gurun No.77 Kecamatan Padang Barat-Kota Padang dengan menggunakan sistem AC mobil Toyota Avanza *type single blower*. Untuk nilai *COP* AC perlu diketahui *enthalpy refrigerant* sebelum masuk kompresor ( $h_1$ ), *enthalpy refrigerant* sebelum masuk kondensor ( $h_2$ ), *enthalpy refrigerant* sesudah kondensor ( $h_3$ ), dan *enthalpy refrigerant* sebelum masuk *evaporator* ( $h_4$ ). *Enthalpy refrigerant* diketahui berdasarkan temperatur dan tekanan melalui tabel apendik. Pengujian dilakukan tiga kali pengambilan data di setiap putaran kompresor 1000 RPM, 1500 RPM, 2000 RPM, 2500 RPM dan 3000 RPM kemudian diambil rata-rata temperatur dan tekanan tersebut.

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis data yang telah dilakukan, maka *COP air conditioner* mobil yang menggunakan *refrigerant R-134a* dengan *COP air conditioner* mobil yang menggunakan *refrigerant Klea-134a* dapat ditarik kesimpulan bahwa data tersebut signifikan, karena  $t_{hitung}$  lebih besar dari  $t_{tabel} = 2,776$  pada taraf signifikansi 5% dengan  $t_{hitung}$  pada *COP* adalah = 6,26 (  $H_0$  ditolak). Artinya terdapat perbedaan *Coefficient Of Performance (COP)* antara sistem *air conditioner* mobil Toyota Avanza yang menggunakan *refrigerant R-134a* dengan yang menggunakan *refrigerant Klea-134a*.

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil'alamin, puji syukur peneliti ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, nikmat dan hidayah-Nya serta kekuatan. Shalawat dan salam semoga tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“Perbandingan Penggunaan Refrigerant R-134a Dengan Refrigerant Klea 134a Terhadap Performance Sistem Air Conditioner Pada Mobil Toyota Avanza”**. Skripsi ini dibuat untuk memenuhi persyaratan untuk menyelesaikan program pendidikan pada jenjang program Strata Satu (S1), Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.

Dalam penulisan skripsi ini, penulis banyak mendapat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, untuk itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Drs. Syahril, ST, MSCE, Ph.D, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
2. Bapak Drs. Martias, M. Pd, selaku Ketua Jurusan Teknik Otomotif Universitas Negeri Padang.
3. Bapak Drs. Andrizal, M. Pd, selaku dosen pembimbing I.
4. Bapak Donny Fernandez, S. Pd, M. Sc, selaku dosen pembimbing II.
5. Bapak/ibu dosen dan staf pengajar Jurusan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

6. Keluarga yang telah memberikan dorongan dan motivasi secara moril maupun materil dalam mengikuti perkuliahan dan penyelesaian skripsi ini.
7. Rekan-rekan yang telah memberikan dukungan, kritik dan sarannya kepada penulis yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Semoga bantuan, bimbingan dan petunjuk yang bapak/ibu, saudara berikan menjadi amal baik dan mendapatkan balasan yang berlipat dari Allah SWT. Dengan segala kerendahan hati, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan skripsi di masa mendatang. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan rahmat, nikmat dan hidayah-Nya. Amin.

Padang, 03 Februari 2016

Penulis

## DAFTAR ISI

Halaman

<b>HALAMAN JUDUL</b>	
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b>	
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	
<b>SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT</b>	
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>i</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>x</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang.....	1
B. Identifikasi Masalah .....	4
C. Batasan Masalah .....	4
D. Rumusan Masalah .....	4
E. Tujuan Penelitian.....	4
F. Manfaat Penelitian.....	5
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA</b>	
A. Deskripsi Teori .....	6
1. Definisi <i>Air Conditioner</i> .....	6
2. Konsep Dasar <i>Air Conditioner</i> .....	9

3. Siklus-Siklus Refrigerasi .....	11
4. Kelebihan sistem AC pada mobil Toyota Avanza.....	18
5. <i>Refrigerant</i> .....	20
a. <i>R-13a</i> .....	20
b. <i>Klea 134a</i> .....	25
5. <i>Performa Air Conditioner</i> .....	29
a. <i>COP Siklus Standar</i> .....	31
b. <i>COP Siklus Aktual</i> .....	32
c. <i>COP Siklus Carnot</i> .....	33
B. Penelitian Yang Relevan .....	33
C. Kerangka Berfikir .....	34
D. Hipotesis Penelitian .....	35

### **BAB III METODE PENELITIAN**

A. Desain Penelitian .....	36
B. Definisi Operasional dan Variabel Penelitian .....	39
1. Definisi Operasional .....	39
2. Variabel Penelitian.....	40
C. Objek Penelitian .....	40
D. Instrumen Penelitian dan Teknik Pengumpulan Data .....	40
E. Teknik Analisa Data .....	44

### **BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

A. Deskripsi Data.....	46
B. Analisa Data .....	51

C. Pembahasan.....	56
--------------------	----

**BAB V PENUTUP**

A. Kesimpulan .....	60
---------------------	----

B. Saran.....	60
---------------	----

<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>62</b>
-----------------------------	-----------

**LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
1. Sifat R-134a .....	23
2. Sifat Klea-134a.....	28
3. Pola Penelitian.....	37
4. Format Pengumpulan Data Dengan <i>Refrigerant R-134a</i> .....	41
5. Format Pengumpulan Data Dengan <i>Refrigerant Klea-134</i> .....	42
6. Hasil Pengujian <i>Air Conditioner</i> Mobil Toyota Avanza yang Menggunakan <i>R-134a</i> .....	46
7. <i>Enthalpy R-134a</i> .....	47
8. Efek refrigerasi dan <i>COP R-134a</i> . ....	48
9. Hasil Pengujian <i>Air Conditioner</i> Mobil Toyota Avanza yang Menggunakan <i>Klea 134a</i> .....	48
10. <i>Enthalpy Klea-134a</i> . ....	49
11. Efek refrigerasi dan <i>COP Klea-134a</i> .....	50
12. Hasil Uji <i>t</i> Putaran Kompresor (Rpm) 1000 .....	53
13. Hasil Uji <i>t</i> Putaran Kompresor (Rpm) 1500 .....	54
14. Hasil Uji <i>t</i> Putaran Kompresor (Rpm) 2000 .....	54
15. Hasil Uji <i>t</i> Putaran Kompresor (Rpm) 2500 .....	54
16. Hasil Uji <i>t</i> Putaran Kompresor (Rpm) 3000 .....	54

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Susunan Komponen <i>Air Conditioner</i> Mobil .....	9
2. Prinsip Pemindahan dan Penyerapan Panas .....	10
3. Diagram Aliran Siklus Kompresi Uap Standar .....	12
4. Siklus Kompresi Uap Standar .....	13
5. Siklus Kompresi Uap Standar dalam Diagram Tekanan <i>Enthalpy</i> .....	13
6. Siklus Kompresi Uap Aktual dibandingkan dengan Siklus Kompresi Uap Standar .....	16
7. Siklus Refrigerasi Kompresi Uap <i>Carnot</i> .....	17
8. Diagram Suhu Entropi Siklus Refrigerasi <i>Carnot</i> .....	17
9. Tabung <i>R-134a</i> .....	21
10. Sifat <i>R-134a</i> .....	22
11. Perbandingan Tekanan dan Temperatur <i>R-134a</i> dengan <i>R-12</i> .....	24
12. Perbandingan Kurva Kapasitas <i>R-134a</i> dengan <i>R-12</i> .....	24
13. <i>Refrigerant Klea 134a</i> .....	28
14. Proses Pengujian <i>Performance</i> AC Mobil Toyota Avanza .....	35
15. Pengujian Tekanan dan Temperatur <i>Air Conditioner</i> Mobil Toyota Avanza Menggunakan R-134a dan <i>Air Conditioner</i> Menggunakan Klea-134a .....	38

16. Grafik Perbandingan Rata-Rata COP R-134a dengan COP Klea-134a Semua Putaran Kompresor.....	55
17. Grafik Perbandingan Rata-Rata Efek Refrigerasi R-134a dengan Klea-134a Semua Putaran Kompresor.....	56

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Surat Izin Penelitian .....	63
2. Surat Bukti Penelitian.....	64
3. Data Hasil Penelitian <i>Air Conditioner</i> Mobil Toyota Avanza yang Menggunakan R-134a .....	65
4. Data Hasil Penelitian <i>Air Conditioner</i> Mobil Toyota Avanza yang Menggunakan Klea-134a .....	66
5. Properti-properti Termodinamika <i>R-134a</i> .....	67
6. Properti-properti Termodinamika <i>Klea-134a</i> .....	77
7. <i>Enthalpy</i> , Efek Refrigerasi dan <i>COP Air Conditioner</i> Mobil Toyota Avanza yang Menggunakan <i>R-134a</i> .....	83
8. <i>Enthalpy</i> , Efek refrigerasi dan <i>COP Air Conditioner</i> Mobil Toyota Avanza yang Menggunakan <i>Klea-134a</i> .....	106
9. Standar Deviasi.....	121
10. Uji <i>t</i> .....	125
11. <i>T<sub>tabel</sub></i> .....	131
12. Foto Dokumentasi Penelitian .....	132

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Perkembangan ilmu dan teknologi pada era sekarang sangatlah pesat dari peningkatan kemampuan, keterampilan dan profesionalisme sumber daya manusia. Berbagai usaha peningkatan telah dilakukan pada semua bidang termasuk dalam bidang otomotif. Perkembangan teknologi pada bidang otomotif berperan cukup besar terhadap kemajuan bidang-bidang lainnya. Untuk itu perlu adanya tenaga-tenaga ahli dalam bidang ini, apalagi menghadapi serbuan negara-negara produsen otomotif dengan pemasaran produk mereka memasuki era pasar bebas.

Pada masa era globalisasi ini kenyamanan pada mobil sangatlah diperlukan, industri berlomba-lomba menciptakan inovasi baru untuk menambah kenyamanan mobil yang mereka produksi salah satunya dengan pengaturan suhu, kelembaban udara, dan kebersihan di dalam ruangan. Pengguna teknologi AC mobil sering tidak mengetahui berbagai hal yang berkaitan dengan proses dan komponen pendukungnya. Padahal hal tersebut menjadi sesuatu yang penting agar pihak pengguna dapat mengetahui cara meminimalisasi kerusakan dan cara perawatannya. Terlebih lagi untuk insan pendidikan yang berkaitan dengan bidang refrigerant yang secara langsung berhubungan dengan AC mobil ini. Perlu mengetahui secara mendetail sistem kerja AC mobil sehingga dapat memberikan perawatan dan perbaikan apabila terjadi kerusakan. Sesuai dengan tujuan pendidikan kejuruan, bahwa

pendidikan kejuruan pendidikan yang diarahkan untuk mempelajari bidang khusus, agar para lulusan memiliki keahlian tertentu seperti bisnis, pabrikasi, pertanian, kerumahtenagaan, otomotif, telekomunikasi, listrik, bangunan, dan sebagainya (Snedden, 1917:8)

Fluida pendingin (*refrigerant*) yang digunakan secara luas pada *air conditioner* mobil adalah (*Chloro Fluoro Carbons*) *CFC 12* dikenal dengan *R-12*. *R-12* merupakan *refrigerant* yang tidak berwarna, hampir tidak berbau dan titik didih pada tekanan atmosfer (*Normal Boiling Point*)  $-29^{\circ}\text{C}$ . *R-12* bersifat tidak beracun, tidak korosif, tidak menyebabkan iritasi, dan tidak mudah terbakar. Ditinjau dari aspek lingkungan *R-12* ternyata berdampak pada terjadinya penipisan lapisan ozon, sehingga industri refrigerasi beralih menggunakan *refrigerant* yang ramah lingkungan. Salah satu fluida pengganti alternatif *R-12* adalah (*Hydro Fluoro Carbons*) *HFC- 134a* atau dikenal dengan *R-134a*. Telah banyak diketahui bahwa properti kimia *R-134a* lebih unggul bila ditinjau dari aspek lingkungan, dimana tidak beresiko menimbulkan efek penipisan ozon.

Sulitnya perlakuan *R-134a* sebagai pengganti *R-12* dikarenakan perlu adanya penyesuaian perangkat keras, pelumas, serta perlakuan khusus dalam operasional penggunaannya, ternyata *R-134a* masih memiliki dampak *Global Warming Potential (GWP)*. Setelah diketahui bahwa dari kedua jenis gas tersebut di atas mempunyai kelemahan baik secara teknik, lingkungan, ekonomi, dan yang paling penting dari semua itu, *refrigerant sintetik (R-12 dan R-134a)* sangat membahayakan makhluk hidup baik dalam jangka pendek

maupun jangka panjang. Pemerintah Indonesia telah melarang dan membatasi penggunaan kedua jenis *refrigerant* sintetik yang secara prektek dimulai dari tahun 2007. Hal ini sesuai dengan Kep. Menperindag No: 110-111/MPP/Kep/1/1998, “Tentang pelarangan memproduksi barang yang menggunakan *ODS (Ozon Depleting Substant)* dan pelarangan import *ODS*”. Akibat adanya peraturan baru ini, harus ada alternatif pengganti *refrigerant* yang ramah lingkungan, maka dibuatlah *refrigerant* alami yang ramah lingkungan, yaitu *Hydrocarbon Refrigerant*.

Klea 134a merupakan *Hydrocarbon Refrigerant* yang diindikasikan tidak merusak lapisan ozon dan lebih ramah lingkungan. Untuk mengetahui kerja dari suatu sistem refrigerasi apakah sistem bekerja sebagaimana mestinya atau tidak, dapat dilihat dari nilai *COP (Coefficient of Performance)* sistem tersebut. *Klea 134a* sebagai salah satu alternatif memiliki beberapa properti yang baik, tidak beracun, tidak mudah terbakar dan relatif stabil. *Klea 134a* juga memiliki kelemahan di antaranya, tidak bisa dijadikan pengganti R-12 secara langsung tanpa melakukan modifikasi sistem refrigerasi (*drop in substitute*), relatif mahal, dan masih memiliki potensi sebagai zat yang dapat menyebabkan efek pemanasan global (*Global Warming Potential*). Penggunaan *refrigerant Klea 134a* sudah mulai banyak digunakan pada beberapa kendaraan sehingga penulis tertarik melakukan penelitian dengan judul “Perbandingan Penggunaan Refrigerant R-134a Dengan Refrigerant Klea 134a Terhadap *Performance* Sistem Air Conditioner Pada Mobil Toyota Avanza”

## **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat diidentifikasi beberapa permasalahan:

1. Semakin meningkatnya pemanasan global yang salah satunya disebabkan oleh penggunaan refrigerant pada mobil.
2. Belum adanya penelitian yang membandingkan penggunaan R134a dengan *refrigerant* alternative *Klea 134a* pada mobil Toyota Avanza.

## **C. Batasan Masalah**

Agar penelitian dapat dilakukan lebih fokus dan karena keterbatasan biaya, pengetahuan, maka penelitian dibatasi pada “Perbandingan Penggunaan Refrigerant R-134a Dengan Refrigerant *Klea 134a* Terhadap *Performance* Sistem *Air Conditioner* Pada Mobil Toyota Avanza”

## **D. Rumusan Masalah**

Perumusan masalah dalam penelitian ini yaitu “Bagaimanakah perbandingan penggunaan refrigerant R-134a dengan refrigerant *Klea 134a* terhadap *performance* sistem *Air Conditioner* pada mobil Toyota Avanza?”.

## **E. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah “Menghitung dan membandingkan *Performance air conditioner* mobil Toyota Avanza yang menggunakan *R-134a* dengan *air conditioner* mobil yang menggunakan *Klea 134a*”.

## **F. Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian yang diperoleh diharapkan dapat memberikan manfaat berupa:

1. Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif Jurusan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
2. Memberikan informasi kepada masyarakat luas tentang perbandingan *Performance air conditioner* mobil yang menggunakan *R-134a* dengan *air conditioner* mobil yang menggunakan *Klea-134a*.
3. Sebagai tambahan referensi dalam pengembangan sistem *air conditioner* dalam bidang otomotif.
4. Sebagai referensi penelitian lanjutan teknologi otomotif khususnya dibidang sistem *air conditioner*.

## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **A. Deskripsi Teori**

##### **1. Definisi *Air Conditioner***

Menurut Stoecker dan Jones (1996: 1) “Pengkondisian udara adalah proses perlakuan terhadap udara untuk mengatur suhu kelembaban, kebersihan dan pendistribusiannya secara serentak guna mencapai kondisi nyaman yang dibutuhkan oleh penghuni yang berada di dalamnya”. Menurut Wahyu Triono dan Djoko Surmayanoto (2010: 5) mengungkapkan “*air conditioner* adalah rangkaian peralatan yang berfungsi untuk mengatur pendinginan di dalam ruangan/kabin agar penumpang dan pengemudi dapat merasakan segar dan nyaman”.

Menurut E. Karyanto Dipl, dkk (2009: 1) mengatakan prinsip kerja mesin pendingin/AC (*air conditioner*) adalah memindahkan panas dari tempat temperatur rendah ke tempat temperatur yang lebih tinggi. AC (*air conditioner*) pada mobil mempunyai fungsi utama sebagaimana dikatakan Wahyu Triono & Djoko Sumaryanto ( 2010: 9) sebagai berikut.

Untuk mengatur temperatur dan kelembaban udara serta membersihkan udara dalam kabin mobil. Ketika dalam cuaca dingin atau pada saat turun hujan, kondensasi dapat muncul pada kaca mobil sehingga pandangan pengemudi pun menjadi terhalang. Dengan adanya AC yang dapat menghasilkan udara yang cukup kering, sehingga udara yang lembab di dalam mobil dapat dihilangkan.

Menurut E. G Pita dalam Andrizal (2012: 3)

“Sebuah pengkondisian udara yang modern harus mencakup hal-hal sebagai berikut: mengontrol suhu udara pada nilai yang diinginkan untuk setiap waktu dengan cara pemanasan atau pendinginan, mengontrol gerakan udara pada kecepatan yang diinginkan, mengontrol kelembaban udara (kandungan uap air) dengan cara humidifikasi atau dehumidifikasi, mengantarkan udara luar yang diperlukan, mengontrol kualitas udara dengan membersihkan atau menghilangkan partikel yang kotor atau bau gas yang ada, mengontrol suara yang dihasilkan oleh sistem tersebut”.

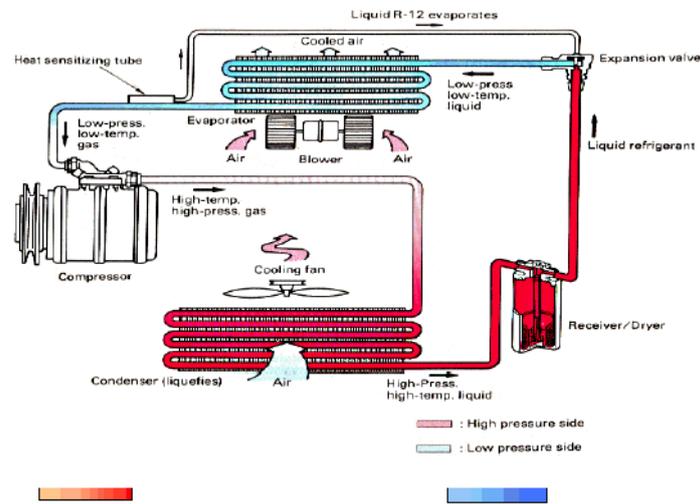
*Air conditioner* digunakan untuk mengatur suhu udara, mengatur sirkulasi udara, mengatur kelembaban (*humidity*) udara dan mengatur kebersihan udara. *Air Conditioner* mempertahankan kondisi udara baik suhu dan kelembabannya agar nyaman dengan cara mengambil panas dari udara ruangan saat suhu ruangan tinggi dan membuang panas tersebut keluar ruangan sehingga suhu udara di ruangan turun. Bersamaan dengan itu kelembaban udara juga dikurangi sehingga kelembaban udara dipertahankan pada tingkat yang nyaman. Untuk menunjang kerja *air conditioner* umumnya dilengkapi dengan *cooler* (evaporator), sistem ventilasi udara seperti *blower*, *air purifier* (pembersih udara) dan saluran udaranya. (Sumber: Buku Pedoman AC Mobil (*HFC 134a*), Nippon Denso).

Menurut Andrizal (2012: 4) menyatakan “Ada dua kegunaan dari *air conditioner*, yaitu untuk kenyamanan (*comfort*) dan pengendali proses (*proses control*)”. Kenyamanan (*comfort*) mengacu kepada penyediaan kondisi udara yang menghasilkan atau menciptakan kepuasan orang. Pengendalian proses (*process control*), mengacu kepada penyediaan kondisi

udara untuk pengendalian proses, bahan, peralatan, atau barang yang ada di dalamnya.

Kompresor yang ada pada *Air Conditioner System* dipergunakan sebagai alat untuk memampatkan fluida kerja (*refrigerant*), jadi *refrigerant* yang masuk ke dalam kompresor dialirkan ke kondensor yang kemudian dimampatkan di kondensor. Di bagian kondensor ini *refrigerant* yang dimampatkan akan berubah fase dari *refrigerant* fase uap menjadi *refrigerant* fase cair, maka *refrigerant* mengeluarkan kalor yaitu kalor penguapan yang terkandung di dalam *refrigerant*. Setelah *refrigerant* melewati kondensor dan melepaskan kalor penguapan dari fase uap ke fase cair maka *refrigerant* dilewatkan melalui katup ekspansi, pada katup ekspansi ini *refrigerant* tekanannya diturunkan sehingga *refrigerant* berubah kondisi dari fase cair ke fase uap yang kemudian dialirkan ke *evaporator*, di dalam *evaporator* ini *refrigerant* akan berubah keadaannya dari fase cair ke fase uap, perubahan fase ini disebabkan karena tekanan *refrigerant* dibuat sedemikian rupa sehingga *refrigerant* setelah melewati katup ekspansi dan melalui *evaporator* tekanannya menjadi sangat turun.

Susunan komponen *Air Conditioner* mobil dapat dilihat pada gambar 1 di bawah ini:



Sisi yang bertekanan tinggi      Sisi yang bertekanan rendah

**Gambar 1.** Susunan Komponen *Air Conditioner* Mobil

(Sumber : Modul Praktek Sistem AC dan Accesoris Kendaraan: Universitas Muhammadiyah Magelang).

## 2. Konsep Dasar *Air Conditioner*

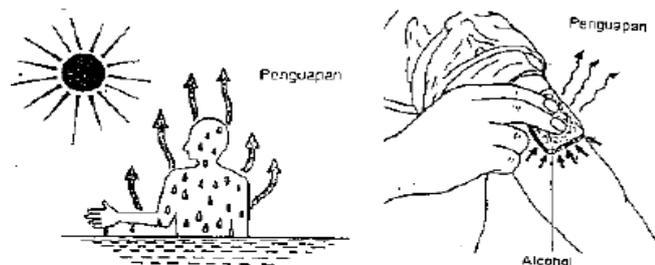
*Air Conditioner* (AC) merupakan suatu perlengkapan yang memelihara dan mengkondisikan kualitas udara di dalam kendaraan agar temperatur/suhu, kebersihan dan kelembabannya menyenangkan serta nyaman. Apabila di dalam ruangan temperaturnya tinggi, maka panas yang diambil agar temperatur turun disebut pendinginan. Sebaliknya, ketika temperatur di dalam ruangan rendah, maka panas yang diberikan agar temperatur naik disebut pemanasan. Kebanyakan bangunan berukuran sedang dan besar, energi panas dipindahkan dengan menggunakan udara, air

dan kadang-kadang *refrigerant*. Perpindahan energi panas ini seringkali dengan membawa energi tersebut dari suatu ruangan ke suatu penyerap kalor sentral (unit refrigerasi) atau membawa kalor dari sumber kalor (pemanas atau ketel) ke ruangan. AC pada mobil pada umumnya terdiri dari *cooler* dengan pembersih embun (*moisture remover*) dan pengatur aliran udara.

Pendingin (*cooler*) akan mendinginkan dan mengurangi kelembaban udara di dalam kendaraan sehingga dihasilkan kondisi udara yang nyaman. Prinsip dasar pendinginan adalah proses penyerapan dan pelepasan panas suatu media dengan menggunakan zat yang mudah menguap (*refrigerant*). Kondisi *refrigerant* dipengaruhi oleh temperatur dan tekanan yang diberikan kepadanya.

Prinsip pemindahan dan penyerapan panas tersebut secara sederhana dapat dicontohkan pada hal seperti berikut:

1. Seseorang akan merasa dingin saat mengoleskan alkohol, alkohol tersebut menyerap panas dan terjadi penguapan.
2. Seseorang akan merasa dingin setelah berenang meskipun saat siang hari. Hal ini disebabkan air di badan menyerap panas dan menguap.



**Gambar 2.** Prinsip Pemindahan dan Penyerapan Panas (Sumber: Buku Pedoman AC Mobil (*HFC 134a*), Nippon Denso).

Kedua peristiwa di atas menjadi dasar dalam pengkondisian pendinginan udara. Untuk membuat udara menjadi sejuk dan bersuhu rendah dengan menghilangkan panas laten yang masih tersembunyi di antara molekul-molekul udara.

### **3. Siklus-Siklus Refrigerasi**

Menurut Ilyas ( 1993 ) refrigerasi adalah produksi atau pengusahaan dan pemeliharaan tingkat suhu dari suatu bahan atau ruangan pada tingkat yang lebih rendah dari pada suhu lingkungan atau atmosfer sekitarnya dengan cara penarikan atau penyerapan panas dari bahan atau ruangan tersebut. Refrigerasi dapat dikatakan juga sebagai proses pemindahan panas dari suatu bahan atau ruangan ke bahan atau ruangan lain.

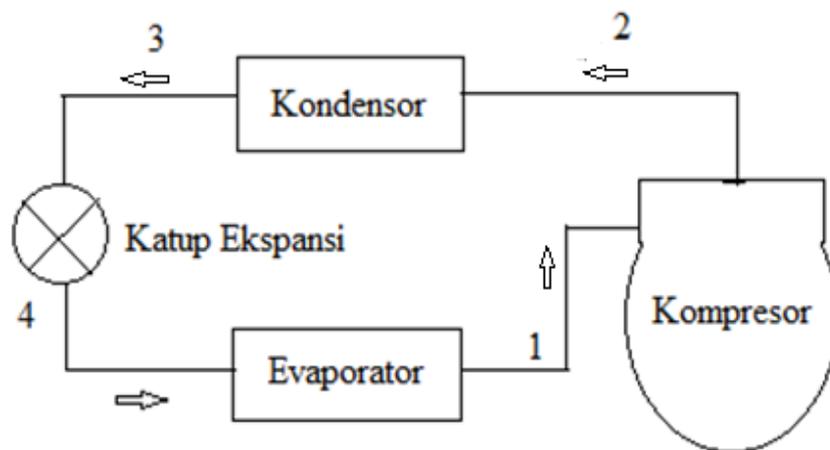
Menurut Hartanto (1985) pendinginan atau refrigerasi adalah suatu proses penyerapan panas pada suatu benda dimana proses ini terjadi karena proses penguapan bahan pendingin (*refrigerant*). Arismunandar dan Saito (2005) refrigerasi adalah usaha untuk mempertahankan suhu rendah yaitu suatu proses mendinginkan udara sehingga dapat mencapai temperatur dan kelembaban yang sesuai dengan kondisi yang dipersyaratkan terhadap kondisi udara dari suatu ruangan tertentu, faktor suhu dan temperatur sangat berperan dalam memelihara dan mempertahankan nilai kesegaran ikan.

Menurut Merle C. Potter dan Craig W. Somerton (2011: 208) mengatakan “Refrigerasi melibatkan perpindahan kalor dari daerah bertemperatur rendah ke daerah bertemperatur tinggi”. Jika tujuan dari alat yang melaksanakan perpindahan kalor tersebut adalah untuk mendinginkan

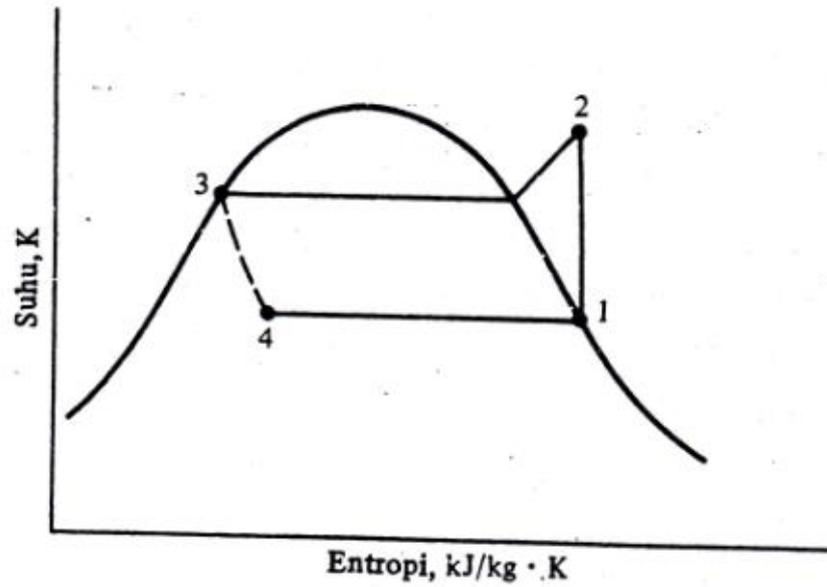
daerah yang bertemperatur rendah, alat tersebut disebut *refrigerator*. Jika tujuannya adalah untuk memanaskan daerah bertemperatur tinggi, alat tersebut disebut pompa kalor. Alat-alat refrigerasi paling sering beroperasi berdasarkan siklus yang menggunakan *refrigerant* yang diuapkan di dalam siklus. Berikut ini adalah siklus-siklus dalam refrigerasi.

**a. Siklus Refrigerasi Kompresi Uap Standar**

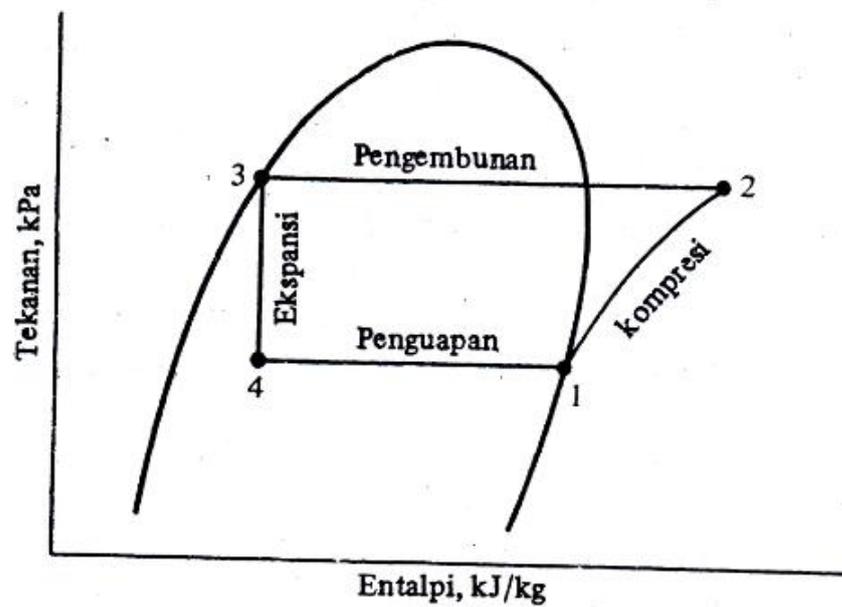
Di dalam siklus kompresi uap standar ini, *refrigerant* mengalami empat proses ideal, sesuai dengan gambar berikut ini:



**Gambar 3.** Diagram Aliran Siklus Kompresi Uap Standar (Sumber: W. F. Stoecker & J. W. Jones, 1996: 187).



**Gambar 4.** Siklus Kompresi Uap Standar (Sumber: W. F. Stoecker & J. W. Jones, 1996: 185).



**Gambar 5.** Siklus Kompresi Uap Standar dalam Diagram Tekanan *Enthalpy* (Sumber: W. F. Stoecker & J. W. Jones, 1996: 187).

### 1) Deskripsi proses

- a) Proses 1-2: *refrigerant* meninggalkan evaporator dalam wujud uap jenuh dengan temperatur dan tekanan rendah, kemudian oleh kompresor uap tersebut dinaikkan tekanannya menjadi uap dengan tekanan yang lebih tinggi (tekanan kondensor). Proses kompresi ini berlangsung secara *isentropik* (*adiabatik* dan *reversibel*).
- b) Proses 2-3: setelah mengalami proses kompresi, *refrigerant* berada dalam fasa panas lanjut dengan tekanan dan temperatur tinggi. Untuk mengubah wujudnya menjadi cair, kalor harus dilepaskan ke lingkungan. Hal ini dilakukan pada penukar kalor yang disebut kondensor. Proses ini berlangsung secara reversibel pada tekanan konstan.
- c) Proses 3-4: *refrigerant* dalam wujud cair jenuh (tingkat keadaan 3, gambar 5) mengalir melalui alat ekspansi. *Refrigerant* mengalami ekspansi pada *enthalpy* konstan dan berlangsung secara tak-reversibel. Selanjutnya *refrigerant* keluar dari katup ekspansi berwujud campuran uap-cair pada tekanan dan temperatur sama dengan tekanan serta temperatur *evaporator*.
- d) Proses 4-1: *refrigerant* dalam fasa campuran uap-cair, mengalir melalui evaporator. Kemudian *refrigerant* yang masih berwujud cair menguap di dalam *evaporator* dan selanjutnya *refrigerant* meninggalkan evaporator dalam fasa uap jenuh. Proses

penguapan tersebut berlangsung secara *reversibel* pada tekanan konstan.

### **b. Siklus Refrigerasi Kompresi Uap Aktual**

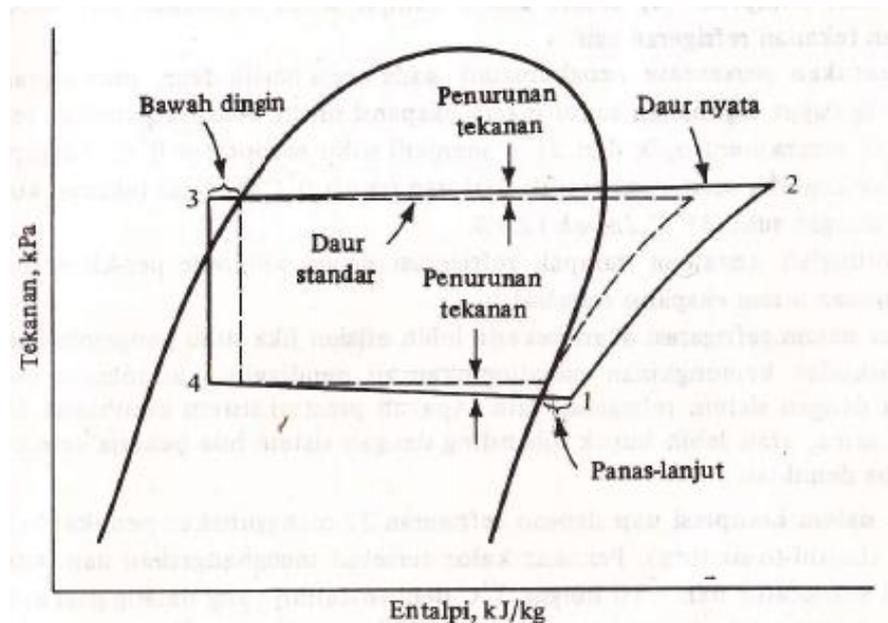
Pada kenyataannya siklus kompresi uap aktual mengalami penyimpangan dari kompresi uap standar, sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 6. Merle C. Potter dan Craig W. Somerton (2011: 210) mengemukakan penyimpangan siklus aktual dari siklus standar adalah sebagai berikut:

- 1) Penurunan tekanan karena gesekan di dalam pipa-pipa penghubung.
- 2) Perpindahan kalor terjadi karena dari atau ke *refrigerant* melalui pipa-pipa yang menghubungkan berbagai komponen.
- 3) Penurunan tekanan terjadi melalui tabung-tabung kondensor dan *evaporator*.
- 4) Perpindahan kalor terjadi dari kompresor.
- 5) Efek-efek gesekan dan separasi aliran terjadi pada bilah-bilah kompresor.
- 6) Uap yang masuk ke kompresor mungkin sedikit lebih *super-heat*.
- 7) Temperatur cairan yang keluar dari kondensor mungkin lebih rendah daripada temperatur jenuh.

Hal ini sejalan dengan pendapat W. F. Stoecker & J. W. Jones (1996: 191) yang mengungkapkan perbedaan penting siklus kompresi uap aktual dari siklus standar adalah:

- 1) Terjadinya penurunan tekanan di sepanjang pipa kondensor dan evaporator.
- 2) Adanya proses pembawa dingin (*Sub-Cooling*) cairan yang meninggalkan kondensor sebelum memasuki alat ekspansi.
- 3) Pemanasan lanjut uap yang meninggalkan *evaporator* sebelum memasuki kompresor.
- 4) Terjadinya kenaikan entropi pada saat proses kompresi (kompresi tak *isentropik*).
- 5) Proses ekspansi berlangsung *non-adiabatik*.

Walaupun siklus aktual tidak sama dengan siklus standar, tetapi proses ideal dalam siklus standar sangat bermanfaat dan diperlukan untuk mempermudah analisis siklus secara teoritik.

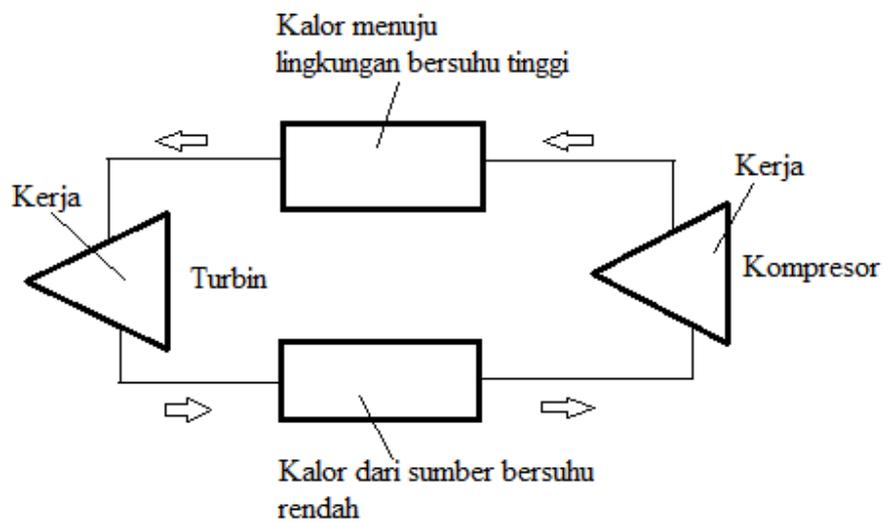


**Gambar 6.** Siklus Kompresi Uap Aktual dibandingkan dengan Siklus Kompresi Uap Standar (Sumber: W. F. Stoecker & J. W. Jones, 1996: 191).

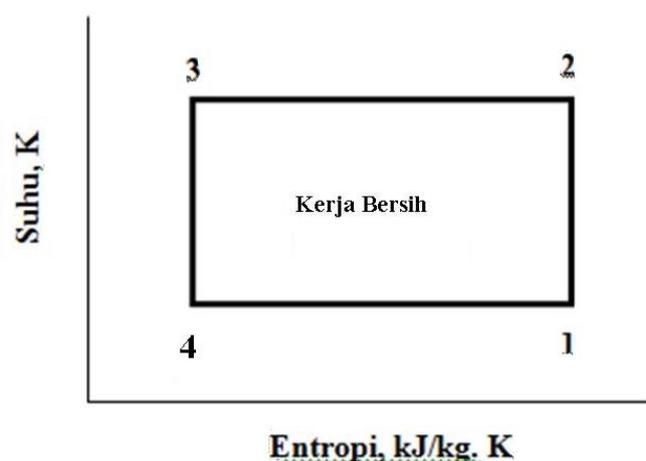
### c. Siklus Refrigerasi Kompresi Uap *Carnot*.

Menurut W. F. Stoecker & J. W. Jones (1996: 177) mengungkapkan “Siklus refrigerasi kompresi uap *carnot* merupakan suatu pembatas yang tidak dapat dilebihi jika melakukan kerja di antara dua suhu tertentu”. Dari kajian termodinamika, siklus kompresi uap *carnot* dikenal terjadi pada mesin-mesin kalor. Mesin *Carnot* menerima energi kalor pada suhu tinggi, merubah sebagian menjadi kerja, dan kemudian mengeluarkan sisanya sebagai kalor pada suhu yang lebih rendah.

Siklus kompresi uap *carnot* merupakan kebalikan dari mesin kalor tersebut, karena menyalurkan energi dari suhu rendah menuju suhu yang lebih tinggi. Siklus refrigerasi membutuhkan kerja dari luar untuk dapat kerja. Diagram peralatan dan diagram entropi-suhu dari siklus refrigerasi diperlihatkan dalam gambar di bawah ini:



**Gambar 7.** Siklus Refrigerasi Kompresi Uap *Carnot* (Sumber: W. F. Stoecker & J. W. Jones, 1996: 179).



**Gambar 8.** Diagram Suhu Entropi Siklus Refrigerasi *Carnot* (Sumber: W. F. Stoecker & J. W. Jones, 1996: 179).

Penyerapan kalor dari sumber bersuhu rendah pada proses 4-1 merupakan tujuan utama dari siklus ini. Seluruh proses lainnya pada siklus berfungsi sedemikian rupa sehingga energi bersuhu rendah dapat dikeluarkan ke lingkungan yang bersuhu tinggi. Siklus kompresi uap *carnot* terdiri dari proses-proses *reversibel* (berulang) yang menjadikan efisiensinya lebih tinggi dari yang dapat dicapai oleh siklus standar.

#### **4. Kelebihan sistem AC pada mobil Toyota Avanza.**

Sistem pendingin pada sebuah mobil merupakan salah satu kebutuhan pokok pada setiap mobil. Salah satu komponen yang cukup penting dalam sistem AC mobil adalah *receyver dryer* atau yang lebih dikenal dengan *filter*. *Receyver dryer* berfungsi untuk penampung sementara dan pengering kotoran uap air yang mungkin terserap saat terjadi sirkulasi *refrigerant* pada AC mobil. *Receiver dryer* pada mobil Toyota Avanza sudah dilengkapi dengan *silica gel*. *Silica gel* berfungsi untuk menyerap uap air pada zat *refrigerant* dan mencegah terjadinya pembekuan kotoran sebelum masuk ke katup ekspansi. *Receiver dryer* pada mobil Toyota Avanza dipasang langsung dengan kondensor. Untuk mobil buatan tahun 2000 rata-rata masih dilengkapi dengan kaca pengontrol atau *sight glass* pada bagian atas *dryer*. *Sight glass* tersebut berfungsi untuk mengontrol sirkulasi *refrigerant* pada sistem AC mobil namun pada mobil keluaran tahun 2003 ke atas seperti mobil Toyota Avanza sudah tidak menggunakan *sight glass* pada bagian atas *dryer* melainkan letaknya terpisah pada pipa dengan ukuran  $3/8$  inchi.

Berikutnya kelebihan sistem AC pada mobil Toyota Avanza terletak pada *expansion valve* atau katup ekspansi. Fungsi katup ekspansi adalah menurunkan suhu dan tekanan *refrigerant* pada sirkulasi ac mobil. Selain itu katup ekspansi juga berfungsi untuk merubah bentuk *refrigerant* cair bertekanan tinggi menjadi gas bertekanan rendah dengan cara dikabutkan setelah melewati saluran sempit pada *expansion valve* dan pengkabutan *refrigerant* cair bertekanan tinggi terjadi di dalam evaporator. Katup ekspansi pada mobil Toyota Avanza terletak di saluran masuk sebelum evaporator karena tugas katup ekspansi adalah untuk mengkabutkan *refrigerant* bertekanan tinggi yang datang dari kompresor, kondensor dan *receiver dryer*. Katup ekspansi yang terdapat pada sistem AC mobil terdiri dari bermacam-macam bentuk. Jenis katup ekspansi yang terdapat pada AC mobil ada dua macam yaitu dengan tipe sensor panas dan tipe *orifice tube*. Katup ekspansi dengan sensor suhu jenis terbaru adalah katup ekspansi tipe *box* yang banyak diterapkan pada mobil-mobil salah satunya adalah Toyota Avanza.

Perbedaan mendasar antara penelitian ini dengan penelitian terdahulu adalah pada penelitian sebelumnya, peneliti menggunakan *engine stand* yang sudah dipasang dengan sistem AC mobil selain itu antara kondensor dengan *receiver dryer* juga terpisah dan juga katup ekspansi yang digunakan pada sistem AC terdahulu adalah katup ekspansi model lama. Sementara untuk penelitian yang dilakukan saat ini adalah peneliti menggunakan objek yang berbeda yaitu sistem *air conditioner* pada mobil Toyota Avanza

dengan *type single blower*. Sistem ac pada mobil Toyota Avanza memiliki perbedaan pada sistem ac penelitian sebelumnya. Perbedaan tersebut terletak pada kondensor dan katup ekspansi. Pada kondensor pada sistem AC Toyota Avanza sudah dipasang langsung dengan *receiver dryer* sementara untuk katup ekspansi yang digunakan pada Toyota Avanza adalah katup ekspansi jenis terbaru yaitu katup ekspansi *type box*.

## **5. Refrigerant**

Menurut Wahyu Triono & Djoko Sumaryanto (2010: 28) mengatakan bahwa *refrigerant* adalah media berbentuk senyawa yang bersikulasi dalam siklus panas dan mengalami perubahan fase dari berbentuk gas ke bentuk cair dan sebaliknya. *Refrigerant* adalah media untuk pemindah panas yaitu senyawa yang bersikulasi pada sistem AC berbentuk tekanan tinggi ke tekanan rendah dan sebaliknya dari tekanan rendah ke tekanan tinggi dan seterusnya itu dilakukan untuk menghasilkan efek pendinginan. *Refrigerant* yang dipergunakan pada kendaraan sekarang ini adalah *refrigerant HFC134a/R134a* yang tidak mempunyai sifat sebagai perusak lapisan Ozon, karena sifat *refrigerant HFC134a* tidak mengandung *Chlor*.

### **a. R- 134a**

Dalam industri HVAC *refrigerant* diberi nama dagang dikenal sebagai " nama R". Contoh nama-nama ini adalah R22, R134a, dan R502. Nama-nama ini membantu untuk menggambarkan berbagai jenis *refrigerant*. *Refrigerant* memiliki berbagai susunan kimia dengan sifat-sifat yang berbeda. Beberapa *refrigerant* hanya mampu bekerja dalam

tekanan yang tinggi sementara yang lain menggunakan tekanan rendah untuk berfungsi dengan baik.

Sejak tahun 1993 industri otomotif dari negara-negara maju sudah mulai menggunakan *refrigerant HFC 134a (hydrofluorocarbon)*, nama kimianya adalah *Tetra Fluoroethane*, biasa kita sebut ini dengan *R134a*. *R134a* terpilih sebagai *refrigerant* pengganti *R12 (chlorofluorocarbon)* karena *R12* mengandung *klorin* yang memiliki pengaruh besar terhadap penipisan lapisan ozon.

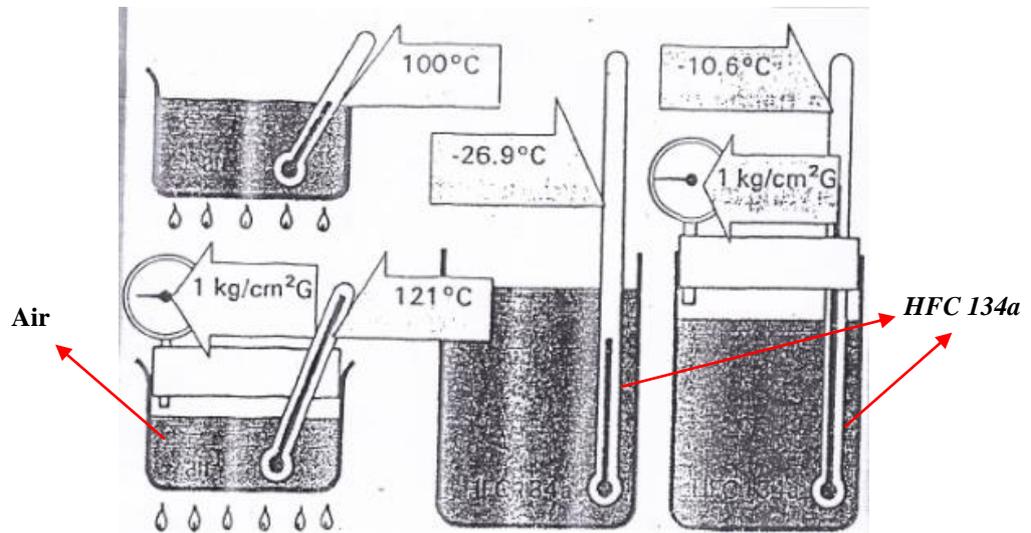


**Gambar 9.** Tabung *R-134a*

( Sumber : Dokumentasi )

Pada tekanan *atmosphere* air mendidih pada suhu  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $212\text{ }^{\circ}\text{F}$ ), tetapi *R-134a* mendidih pada suhu  $-26,9\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $-16,4\text{ }^{\circ}\text{F}$ ). Pada tekanan  $1\text{ kg/Cm}^2\text{.G}$  ( $98\text{ kPa}$ ) air mendidih pada suhu  $121\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $250\text{ }^{\circ}\text{F}$ ) tetapi *R-134a* mendidih pada suhu  $-10,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $-12,6\text{ }^{\circ}\text{F}$ ). Jika *R-134a* dilepaskan ke udara maka secara cepat akan menguap dengan mengambil panas dari udara di sekitarnya. *R-134a* juga akan secara mudah mengembun kembali menjadi cairan, pada kondisi tekanan tertentu dengan

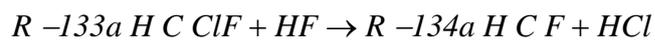
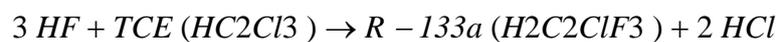
melepaskan panas di sekelilingnya. (Sumber: Buku Pedoman Dasar Pengetahuan Air Conditioner Mobil (*HFC 134a*), Nippon Denso).



**Gambar 10:** Sifat *R-134a*

(Sumber : Buku Pedoman Dasar Pengetahuan Air Conditioner Mobil (*HFC 134a*), Nippon Denso)

Reaksi terbentuknya *R-134a* sebagai berikut:



Reaksi ini didasarkan pada data yang terbatas yang ditemukan di *US Patent 5.243.105*. Ditetapkan bahwa energi aktivasi untuk dua reaksi utama adalah sebagai berikut:

167 kJ/mol untuk *TCE* menjadi *R-133a*

237 kJ/mol untuk *R-133a* menjadi *R-134a*.

1) Sifat *R-134a*

Sifat fisika dan kimia *R-134a* dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

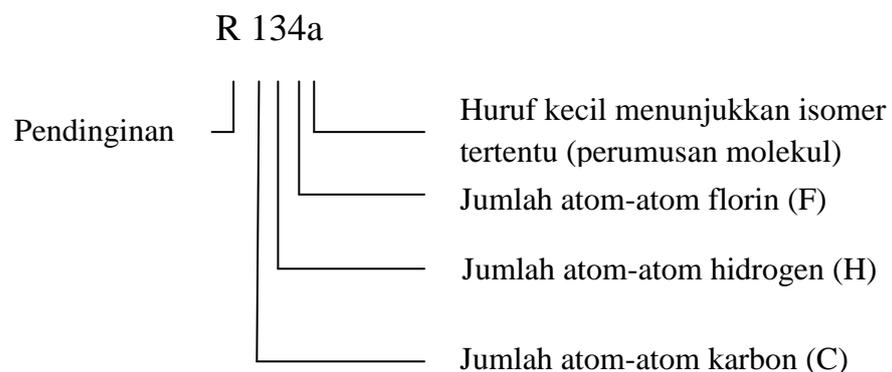
**Tabel 1.** Sifat *R-134a*.

Rumus kimia	<i>CH<sub>2</sub>-F-CF<sub>3</sub></i>
Nama kimia	1,1,1,2 <i>tetrafluoroethane</i>
Kelompok kimia	<i>Halocarbons</i>
Berat molekul	102, 03
Titik didih @ 101,325 kPa	-26,18°C
Kerapatan (uap jenuh) pada titik didih	5,26 kg/m <sup>3</sup>
Potensi penipisan ozon	0
Potensi dampak global warming	0,28
Warna	Tanpa warna
Rasa	Tidak berlaku
Bau	Sedikit halus

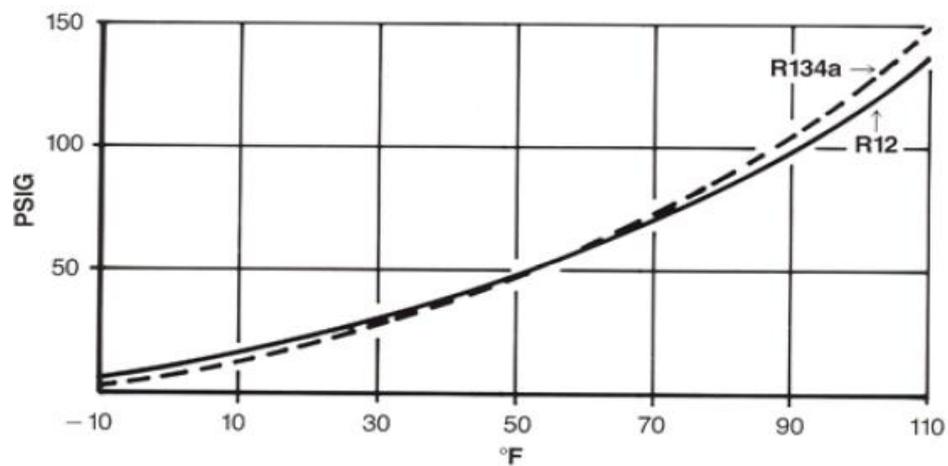
(Sumber: *AFROX, Material Safety Data Sheet (MSDS) R-134a*, Juli 2011).

2) Tata Nama *R-134a*

*Refrigerant* diklasifikasikan oleh *ASHRAE*, dan mereka lebih dikenal ‘R’ nomor ditugaskan sesuai dengan aturan tertentu. Seperti tata nama *R-134a* di bawah ini:

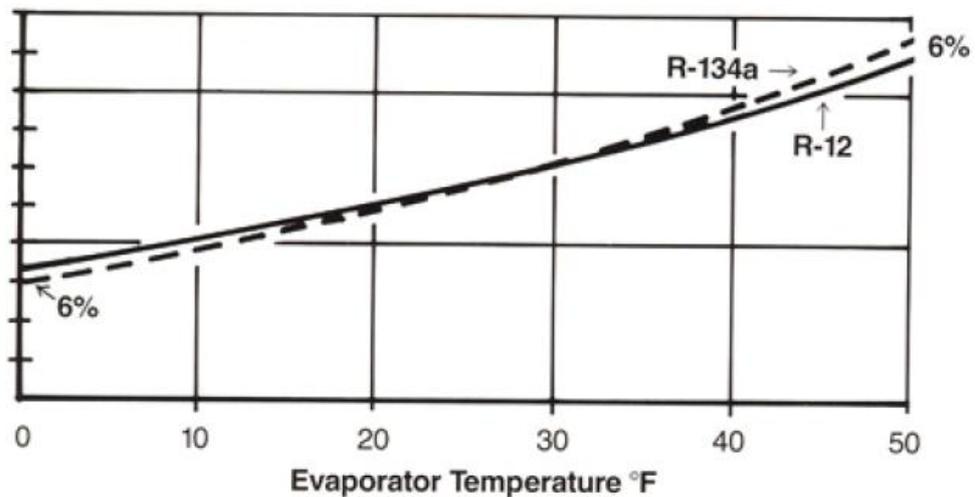


Perbandingan tekanan dan temperatur *R-134a* dengan *R-12* ditunjukkan pada gambar 11 di bawah ini. Titik temu sekitar temperatur  $64^{\circ}\text{F}$ . Di atas suhu  $64^{\circ}\text{F}$ , tekanan saturasi *R-134a* lebih tinggi dari tekanan saturasi *R-12*. di bawah suhu  $64^{\circ}\text{F}$  lebih rendah.



**Gambar 11.** Perbandingan Tekanan dan Temperatur *R-134a* dengan *R-12*

(Sumber: *Tecumseh Products Company, Guidelines For Utilization of R-134a* (Pedoman Pemanfaatan *R-134 Michigan 49286*).



**Gambar 12.** Perbandingan Kurva Kapasitas *R-134a* dengan *R-12*

(Sumber: *Tecumseh Products Company, Guidelines For Utilization of R-134a* (Pedoman Pemanfaatan *R-134a*), Michigan 49286.

Gambar 12 menunjukkan kurva kapasitas *R-134a* dengan *R-12*, kapasitas *R134a* dengan *R12* relatif menguap dari suhu 0°F sampai 50°F. Kurva ini berdasarkan suhu kondensasi 120°F. Titik temu akan bergerak tergantung pada suhu kondensasi. Semakin tinggi suhu kondensasi, semakin tinggi titik titik temu.

*R-134a* sebagai salah satu alternatif pengganti *R-12* memiliki beberapa properti yang baik, tidak beracun, tidak mudah terbakar, dan relatif stabil. Tetapi *R-134a* juga memiliki kelemahan diantaranya tidak bisa dijadikan pengganti *R-12* secara langsung tanpa melakukan modifikasi sistem refrigerasi (*drop in substitute*), relatif mahal, dan masih memiliki potensi sebagai zat yang dapat menyebabkan efek pemanasan global karena memiliki *Global Warming Potential (GWP)* yang signifikan. Selain itu *R-134a* sangat bergantung kepada pelumas *sintetik* yang sering menyebabkan masalah dengan sifatnya yang *higroskopis*.

Kelebihan *R-134a*:

- a) Merupakan senyawa kimia yang utama yang stabil untuk membawa panas dan tidak mudah terbakar.
- b) Memiliki karakteristik tidak berbau, tidak berwarna, dan tidak bersifat korosif.

Kekurangan *R-134a*:

- a) Menimbulkan pemanasan global.

## **b. Klea 134a**

*Klea 134a* merupakan *refrigerant* dari *Ineos Fluor* yang mampu menggantikan *refrigerant* yang mengandung CFC. *Refrigerant* ini diproduksi secara komersial pada tahun 1990 dan dipasarkan di seluruh dunia di bawah nama dagang *Klea 134a*.

*Refrigerant HFC 134a (hydro fluoro carbon)*, nama kimianya adalah *Tetra Fluoroethane*, biasa kita sebut ini dengan *Klea 134a*. *Klea 134a* adalah *refrigerant* yang menggantikan *Freon (R12)* yang dapat merusak lapisan ozon pada atmosfer melalui kandungan *Chloro- Fluoro Carbons (CFC)* bila bahan ini dilepaskan pada udara terbuka. *CFC* dapat merusak lapisan ozon. Tanpa adanya filter dari lapisan ozon, akan lebih banyak radiasi sinar ultraviolet yang menembus atmosfer dan akan mencapai ke permukaan bumi. Beberapa studi eksperimen terhadap tumbuhan, binatang, dan uji klinis terhadap manusia menunjukkan adanya efek yang berbahaya bila terpapar radiasi sinar ultraviolet secara berlebihan. Di permukaan bumi atau di lapisan troposfer ozon merupakan gas polutan yang keberadaannya harus diusahakan minimum.

*Refrigerant Klea* sudah banyak dipasarkan di masyarakat. Untuk kendaraan tahun 2003 ke atas dianjurkan untuk menggunakan *refrigerant* merk ini. *Refrigerant* ini memiliki keunggulan yakni adalah *refrigerant* 100% murni R134 A serta memiliki efek dingin yang bagus, dipasaran harga untuk pengisian *refrigerant* ini lebih mahal sedikit dibanding tipe *refrigerant* merk lainnya.

Beberapa studi pustaka adanya efek yang berbahaya dari ozon terhadap produksi panen, pertumbuhan, hutan dan kesehatan manusia. Efek ini kontras dengan efek ozon stratosfer yang menguntungkan. Oleh sebab itu, keberadaan ozon di atmosfer mempunyai arti yang sangat penting bagi kehidupan di bumi ini. Mengingat hal tersebut maka keberadaan ozon di atmosfer harus selalu dipantau agar dapat diupayakan tindakan-tindakan antisipasi yang diperlukan.

Beberapa aplikasi telah mengganti *CFC* dengan *HCFC*, yang merupakan campuran dari hidrogen, fluorin klorin dan karbon. Ini memiliki kehidupan yang lebih pendek bila terkena atmosfer, sehingga potensi kerusakan ozon lebih banyak. Berbeda dengan *refrigerant* seperti *HFC*, yang tidak mengandung klorin dan dianggap sama sekali tidak berpengaruh negatif terhadap ozon. Pendinginan memiliki dampak positif yang signifikan pada kehidupan dan masyarakat di bidang gizi, kedokteran, dan kenyamanan fisik. Gas beracun dari hari-hari awal telah digantikan dengan gas *refrigerant* yang bekerja secara efektif dan tidak menimbulkan bahaya kesehatan.



**Gambar 13 . Refrigerant Klea 134a**

( Sumber : Dokumentasi )

1) Sifat fisika dan kimia *Klea-134a*

Sifat *Klea-134a* dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

**Tabel 2.** Sifat Klea 134-a

Warna	Jernih, tidak berwarna
Bau	Tidak Berbau
Batas Bau Ambang	Tidak Tersedia
pH	Tidak Berlaku
Titik lebur / titik beku	-108°C (-162.4°F)
Titik Didih	-26.2°C (-15.2°F)
Laju Penguapan	Tidak Tersedia
Mudah Terbakar	Tidak Tersedia
Batas Ledakan	Tidak Berlaku
Tekanan Uap	4,270 mm Hg at 20°C
Uap Air	3.6 (air = 1)
Berat Jenis	1.22 at 20°C
Kelarutan	Sangat rendah dalam air

Partisi	1.06
Temperatur Pengapian	$> 743^{\circ}\text{C}$ ( $> 1369^{\circ}\text{F}$ )
Suhu Penguraian	Tidak Tersedia

(Sumber: *Mexichem Fluor, Safety Data Sheet (SDS) Klea-134a*, Januari 2015 ).

## 5. Performa Air Conditioner

Performa *air conditioning system* biasanya disebut juga dengan *Coefficient of Performance (COP)* atau disebut juga dengan koefisien prestasi. Menurut Stoecker dan Jones (1996: 178) mengungkapkan “Koefisien prestasi adalah perbandingan antara kalor yang diserap *evaporator* dari lingkungan (efek refrigerasi) dengan kerja isentropik kompresor”. Hal ini sejalan dengan pendapat Ricky Gunawan (1988: 86) yang mengatakan bahwa “Koefisien kerja (*COP*) adalah perbandingan efek pendinginan dengan kerja kompresi”. Laju aliran *refrigerant* pada *air conditioner* mempengaruhi efek pendinginannya dan *Coefficient of Performance (COP)* dipengaruhi oleh efek pendinginan dan kerja isentropik kompresor. Untuk mencari nilai dari COP terlebih dahulu mencari nilai dari *enthalpy*, temperatur dan tekanan.

### a. *Enthalpy*

*Enthalpy* adalah kalor total dari panas-bebas dan panas-laten yang terdapat pada suatu benda (Buku Pedoman *Service Air Conditioner Mobil*, Nippon Denso). Andrizal (2012: 12) mengemukakan “*Enthalpy (h)* yaitu banyaknya kalor (energi) yang ada dalam udara setiap satu satuan massa”. Aris Munandar (1991: 12) juga mengungkapkan

“*Enthalpy* adalah energi kalor yang dimiliki oleh suatu zat pada temperatur tertentu”. Untuk mencari *enthalpy refrigerant* terlebih dahulu diketahui temperatur dan tekanannya, setelah diketahui temperatur dan tekanan *refrigerant*, maka *enthalpy* dapat diketahui berdasarkan tabel *apendiks* dari *refrigerant* tersebut. Harga *enthalpy* dinyatakan dengan satuan kJ/kg.

b. Temperatur

Temperatur adalah ukuran panas atau dinginnya sebuah benda (Buku Pedoman *Service Air Conditioner* mobil, Nippon Denso). Menurut M. J. Moran dan Shapiro (2000: 18) mengungkapkan “Konsep temperatur berasal dari perasaan panas atau dingin yang dihasilkan indera manusia”. Namun demikian, indera manusia tidak mampu mengukur perbedaan panas ini secara akurat. Untuk itu telah dikembangkan metode pengukuran temperatur dengan skala temperatur dan *thermometer*. Derajat *temperatur* yang biasa digunakan di Indonesia derajat *Celcius* ( $^{\circ}\text{C}$ ).

c. Tekanan

W. F. Stoecker & J. W. Jones (1996: 14) mengemukakan “Tekanan ( $p$ ) adalah gaya normal (tegak lurus) yang diberikan oleh suatu fluida per-satuan luas benda yang terkena gaya tersebut”. Merle C. Potter dan Craig W. Somerton (2011: 7) mengungkapkan “Untuk gas dan zat cair biasanya efek dari suatu gaya normal yang beraksi pada suatu luas

disebut dengan tekanan”. Ricky Gunawan (1988: 33) juga mengemukakan “Tekanan adalah gaya yang bekerja per satuan luas”.

Satuan yang dipakai untuk tekanan adalah Newton per meter kuadrat ( $N/m^2$ ), juga disebut dengan Pascal (Pa) dan Pascal digunakan untuk satuan tekanan pada Standar International (SI), satuan Inggrisnya adalah  $lbf/ft^2$  (psf) walaupun yang sering digunakan adalah  $lbf/in^2$  sama dengan *pound per square inch* (psi).

*Coefficient of Performance (COP) air conditioner* terbagi tiga, yaitu *COP* standar, *COP* aktual dan *COP carnot*. *COP* yang tinggi sangat diharapkan karena hal itu menunjukkan bahwa sejumlah kerja tertentu refrigerasi hanya memerlukan sejumlah kecil kerja.

#### a. *COP* Siklus Standar

Dalam perhitungan *COP* Standar tekanan *refrigerant* saat pengembunan adalah sama, begitu juga dengan tekanan *refrigerant* pada saat penguapan. Pengukuran tekanan hanya pada kompresor, yaitu pada tekanan tinggi (*high pressure*) dan tekanan rendah (*low pressure*) dan tekanan tersebut digunakan untuk mencari *enthalpy refrigerant*. *COP* standar dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$COP_{\text{standar}} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \text{ (W.F. Stoecker \& J.W. Jones, 1996: 187)}$$

Keterangan:

$h_1$ : *Enthalpy gas refrigerant pada tekanan evaporator (kJ/kg)*

$h_2$ : *Enthalpy gas refrigerant pada tekanan kondensor (kJ/kg)*

$h_4$ : *Enthalpy cairan refrigerant pada tekanan kondensor (kJ/kg)*

### b. COP Siklus Aktual

Siklus refrigerasi aktual terjadi karena terdapat penyimpangan yang terjadi pada siklus refrigerasi standar. *COP* yang tinggi sangat diharapkan karena hal itu menunjukkan bahwa sejumlah kerja tertentu refrigerasi hanya memerlukan sejumlah kerja kecil. Sebelum menghitung *COP* aktual terlebih dahulu diketahui efek refrigerasi atau dampak refrigerasi *air conditioner* tersebut. Efek refrigerasi (*refrigerating effect*) adalah selisih antara *enthalpy* keluaran evaporator dengan *enthalpy* masuk evaporator. Efek refrigerasi dinyatakan dalam persamaan berikut:

Efek refrigerasi:

$$Re = (h_1 - h_4) \text{ (W.F. Stoecker \& J.W. Jones, 1996: 189)}$$

Keterangan:

$Re$  : Efek refrigerasi (kJ/kg)

$h_1$  : *Enthalpy refrigerant* keluar evaporator (kJ/kg)

$h_4$  : *Enthalpy refrigerant* masuk evaporator (kJ/kg)

*Coefficient of Performance (COP)*

$$Q_E = m. (h_1 - h_4) \quad W_c = m. (h_2 - h_1)$$

$$COP = \frac{Q_E}{W_C} \text{ (Merle C. Potter dan Craig W. Somerton, 2011: 211)}$$

Keterangan:

$Q_E$  : Laju refrigerasi (KJ/Kg)

$W_C$  : Daya kompresor (kW)

$h_1$  : *Enthalpy refrigerant* keluar evaporator (kJ/kg)

$h_2$  : *Enthalpy refrigerant* keluar kompresor (kJ/kg)

$h_4$  : *Enthalpy refrigerant* masuk *evaporator* (kJ/kg)

### c. *COP* Siklus *Carnot*

*COP Carnot* menghitung temperatur *refrigerant* saat menyerap kalor (temperatur *evaporator*) dan temperatur *refrigerant* saat melepas kalor (temperatur kondensor) dengan persamaan sebagai berikut:

$$COP_{Carnot} = \frac{T_1}{T_2 - T_1} \text{ (W.F. Stoecker \& J.W. Jones, 1996: 179)}$$

Keterangan:

$T_1$ : Temperatur *refrigerant* saat menyerap kalor (temperatur *evaporator*)

$T_2$ : Temperatur *refrigerant* saat melepas kalor (temperatur kondensor)

## B. Penelitian yang Relevan

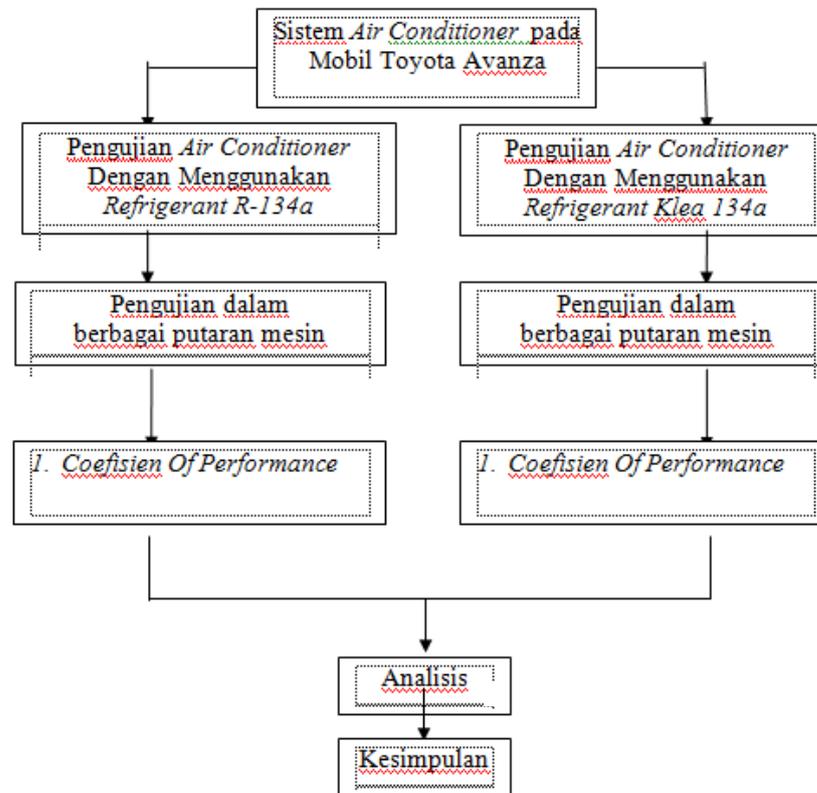
Penelitian yang relavan dengan penelitian ini diantaranya:

1. Aziz Yuswandi (2007), “Pengujian unjuk kerja sistem AC mobil statik eksperimen menggunakan *refrigerant* CFC-12 dan HFC-134a dengan variasi putaran (Rpm) kompresor”. Hasil penelitian menunjukkan semakin tinggi putaran kompresor maka *COP* akan mengalami penurunan.
2. Lucki Setyawan Candela dan A. Grummy. W, “Peningkatan *COP* (*Coefficient of Performance*) sistem AC mobil menggunakan air kondensasi”. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan nilai *COP* *refrigerant* jenis R-134a setelah menggunakan air kondensasi yang disemprotkan alat injektor plastik pada kondensor mengalami peningkatan sebesar 2,118 dari yang sebelumnya nilai *COP* tanpa dipengaruhi oleh alat injektor plastik pada kondensor sebesar 1,714.

3. Efri Saski (2014), “Perbandingan efek pendinginan dan performa *air conditioner* mobil yang menggunakan *accumulator* dengan *air conditioner* mobil yang menggunakan *Receiver dryer*”. Hasil penelitian menunjukkan efek pendinginan *air conditioner* mobil yang menggunakan *accumulator* mobil lebih tinggi dari efek pendinginan *air conditioner* mobil yang menggunakan *receiver dryer*. Performa *air conditioner* mobil yang menggunakan *accumulator* lebih rendah dari performa *air conditioner* mobil yang menggunakan *receiver dryer*.
4. Roni Irawan (2015),”Analisis Perbandingan Penggunaan *Refrigerant R-134a* Dengan *Refrigerant MC-134* Terhadap Unjuk Kerja *Sistem Air Conditioner Mobil*”. Hasil penelitian menunjukkan *COP air conditioner* mobil yang menggunakan *MC-134* lebih rendah dari *COP air conditioner* mobil yang menggunakan *R-134a*, efek *refrigerasi air conditioner* mobil yang menggunakan *MC-134* lebih tinggi dari efek *refrigerasi air conditioner* mobil yang menggunakan *R-134a*.

### **C. Kerangka Berfikir**

Pada penelitian ini akan dicari perbandingan *performance air conditioner* pada mobil Toyota Avanza yang menggunakan *R-134a* dengan *Klea 134a*. Masing-masing *R-134a* dan *Klea 134a* diuji untuk mendapatkan hasil pengujian yaitu: *Coefficient of Performance*. Setelah diketahui hasil pengujian dari masing-masing *refrigerant*, kemudian dapat diambil kesimpulan. Kerangka berfikir dapat dilihat pada gambar di bawah.



**Gambar 14** : Proses Pengujian *Performance* AC Mobil Toyota Avanza

#### D. Hipotesis Penelitian

Berdasarkan kajian teori dan kerangka berfikir di atas, maka peneliti dapat mengajukan hipotesis penelitian yaitu terdapat perbedaan perbandingan penggunaan *refrigerant R-134a* dengan *refrigerant Klea 134a* terhadap *performance air conditioner* mobil Toyota Avanza.

## BAB V

### PENUTUP

#### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis data yang telah dilakukan, maka *COP air conditioner* mobil Toyota Avanza yang menggunakan *refrigerant R-134a* dengan *COP air conditioner* mobil yang menggunakan *refrigerant Klea-134a*. dapat ditarik kesimpulan bahwa data tersebut signifikan, karena  $t_{hitung}$  lebih besar dari  $t_{tabel} = 2,776$  pada taraf signifikansi 5% dengan  $t_{hitung}$  adalah = 6,26 ( $H_0$  ditolak). Artinya terdapat perbedaan *Coefficient Of Performance (COP)* antara sistem *air conditioner* mobil Toyota Avanza yang menggunakan *refrigerant R-134a* dengan yang menggunakan *refrigerant Klea-134a*.

#### B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dengan melihat hasil penelitian yang diperoleh, pada prinsipnya masih terdapat kekurangan. Untuk itu perlu beberapa hal yang Peneliti sarankan akan penelitian yang lebih baik lagi, Peneliti menyarankan hal-hal sebagai berikut :

1. Penelitian selanjutnya diharapkan dilakukan langsung pada mobil dengan sistem *air conditioner type double blower*, karena pada umumnya kendaraan saat ini sudah menggunakan sistem *air conditioner type double blower*.

2. Penelitian ini masih terbatas karena pada putaran tinggi terjadi hanya pada putaran kompresor 3000 RPM, sehingga pada penelitian lanjutan agar bisa dilakukan pada putaran yang lebih tinggi.
3. Bagi para pengguna *refrigerant* khususnya *refrigerant R-134a* diharapkan kedepannya menggunakan *refrigerant Klea-134a* pada saat pengisian *refrigerant* sistem *air conditioner* karena kualitas *refrigerant Klea-134a* lebih bagus dari pada *refrigerant R-134a* biasa
4. Penelitian selanjutnya diharapkan tidak hanya membandingkan *COP* sistem *air conditioner* saja, tetapi juga diharapkan menghitung efisiensi refrigerasi sistem *air conditioner*, laju perpindahan kalor kondensasi, laju aliran udara dalam evaporator dan beban pendinginan pada sistem *air conditioner* mobil.

## DAFTAR PUSTAKA

*AFROX, Material Safety Data Sheet (MSDS) R-134a*, Juli 2011.

Andrizal. 2012. *Teknik Pengkondisian Udara*.

*Buku Panduan Penulisan Tugas Akhir/Skripsi Universitas Negeri Padang*. 2014. Kementerian Pendidikan Nasional Universitas Negeri Padang.  
*Buku Pedoman Dasar Pengetahuan A/C Mobil (HFC 134a)* PT. Nippon denso Indonesia.

Gunawan, Ricky 1998. *Pengantar Teori Teknik Pendinginan (Refrigerasi)*.

Jakarta: DEPDIKBUD DIKTI Proyek Pengembangan Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan.

*Mexichem Fluor, Safety Data Sheet (SDS) Klea-134a*, Januari 2015

Moran, Michael J dan Shapiro, Howard N. 2000. *Termodinamika Teknik*. Jakarta: Erlangga.

Potter, Merle C. dan Somerton, Craig W. 2011. *Termodinamika Teknik*. (Terjemahan: Thombi Layukallo Edisi ke-2). Jakarta: Erlangga.

Stoecker, W. F. dan Jones, J. W. 1996. *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*. (Terjemahan: Supratman Hara Edisi ke-2). Jakarta: Erlangga.

Sugiyono. 2009. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.

*Tecumseh Products Company, Guidelines For Utilization of R-134a* (Pedoman Pemanfaatan R-134a), Michigan.

Wiranto, Arismunandar dan Saito, Heizo. 1991. *Penyegaran Udara*. Jakarta: Pradnya Paramita.