

TUGAS AKHIR

PENGARUH PERUBAHAN PUTARAN MESIN

TERHADAP NILAI COP (*Coefficient of Performance*)

AC MOBIL



Disusun Oleh

NAMA : YOHAN ADWIOKO HIRNAWAN

NIM : 0130212-068

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

UNIVERSITAS MERCU BUANA

JAKARTA

2007

LEMBAR PENGESAHAN 1

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Judul : Pengaruh Putaran Mesin Terhadap Nilai COP (*Coefficient Of Performance*) AC Mobil

Nama : Yohan Adwioko Hirnawan

Nim : 0130212-068

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Mesin

Tugas ini telah diperiksa dan disetujui:

Jakarta, November 2007

Pembimbing Tugas Akhir

Dr. Mardani Alisera MEng

LEMBAR PENGESAHAN 2

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Judul : Pengaruh Putaran Mesin Terhadap Nilai COP (*Coefficient Of Performance*) AC Mobil

Nama : Yohan Adwioko Hirnawan

Nim : 0130212-068

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Mesin

Tugas ini telah diperiksa dan disetujui:

Jakarta, November 2007

Koordinator Tugas Akhir

Nanang Ruhyat ST.MT

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya ucapkan kehadirat Tuhan YME, yang telah memberikan, berkat rahmat dan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir. Penulisan Tugas Akhir merupakan bagian dari kurikulum yang harus dipenuhi oleh setiap mahasiswa dalam menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) di Universitas Mercu Buana Jakarta

Penulis sangat menyadari bahwa masih banyak kekurangan yang harus diperbaiki baik dalam susunan penulisan, tata bahasa, hingga penyajian materi didalamnya. Tanpa adanya bimbingan dan dorongan dari semua pihak, penulisan Tugas Akhir ini mungkin tidak akan terlaksana dengan baik. Oleh sebab itu izinkanlah penulis untuk menyampaikan ucapan terima kasih yang dalam kepada :

1. Bapak Dr. Mardani Alisera MEng, yang telah memberikan bimbingan, saran dan dorongan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. Ruly Nutrantra MEng, sebagai Ketua Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana Jakarta.
3. Bapak Nanang Ruhyat ST.MT, sebagai Koordinator Tugas Akhir Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana Jakarta.
4. Seluruh staff pengajar Fakultas Teknik yang selama ini telah memberikan sumbangsuhnya dalam pendidikan dan bimbingan dengan tulus dan sepenuh hati.
5. Kedua orang tuaku yang telah mendukungku sehingga saya dapat menyelesaikan pendidikan Strata Satu di Universitas Mercu Buana Jakarta.

6. Kepada Yesus Kristus yang telah memberikan kekuatan sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Kepada kakakku Anton Hirmawan dan keluarganya yang telah mendukungku sehingga aku dapat menyelesaikan pendidikan Strata Satu di Universitas Mercu Buana Jakarta.
8. Kepada Wiwit Agus Supriyanto, Heri Tri Widodo, Dadang Sukmawan, Widodo (Whowor) dan keluarganya, mendukungku sehingga aku dapat menyelesaikan pendidikan Strata Satu di Universitas Mercu Buana Jakarta.
9. Dan semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu sehingga penulis dapat menyelesaikan pendidikan Strata Satu di Universitas Mercu Buana Jakarta.

Penulis menyadari bahwa penulisan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Karena keterbatasan pengetahuan dan kemampuan kami. Namun demikian penulis berharap penulisan tugas akhir ini bermanfaat bagi pembaca dan penulis khususnya.

Jakarta, Oktober 2007

Penulis

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|--|-----------|
| Judul | i |
| Lembar Pengesahan | ii |
| Kata Pengantar | iv |
| Daftar Isi | vi |
| Notasi | viii |
| Daftar Gambar | ix |
| Daftar Tabel | x |
| Lampiran | xi |
| Abstrak | xii |
| | |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang Masalah | 1 |
| 1.2 Identifikasi Masalah | 3 |
| 1.3 Pembatasan Masalah | 3 |
| 1.4 Rumusan Masalah | 3 |
| 1.5 Tujuan Penelitian | 4 |
| 1.6 Manfaat Penelitian | 4 |
| 1.7 Sistematika Penulisan | 4 |
| | |
| BAB II LANDASAN TEORI | 6 |
| 2.1. Prinsip Dasar Refrigerant | 6 |
| 2.2 Sifat-sifat Thermal | 7 |
| 2.2.1 Istilah-istilah dalam Pengkondisian Udara | 7 |
| 2.2.2 Beban Pendinginan dan Kapasitas Pendinginan | 8 |
| 2.3 Mesin Refrigerasi | 8 |
| 2.3.1 Mesin Refrigerasi Daur Kompresi Uap | 10 |
| 2.3.2 Mesin Refrigerasi Absorsi | 13 |
| 2.4 Teori Perhitungan COP (<i>Coefficient of Performance</i>) | 14 |
| 2.5 Pengkondisian Udara Pada Mobil | 15 |
| 2.6 Sistem Refrigerasi AC Mobil | 18 |
| 2.6.1 Kompresor | 18 |
| 2.6.2 Kondensor | 20 |
| 2.6.3 <i>Receiver</i> | 21 |
| 2.6.4 <i>Expansion Valve</i> | 22 |
| 2.6.5 <i>Evaporator</i> | 23 |
| 2.6.6 <i>Magnetic Clutch</i> | 25 |
| 2.6.7 <i>Refrigerant</i> | 25 |
| | |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | 27 |
| 3.1 Metode Penelitian | 27 |
| 3.2 Populasi dan Sampel | 27 |
| 3.2.1 Populasi | 27 |
| 3.2.2 Sampel | 27 |
| 3.3 Teknik Pengumpulan Data | 28 |

| | | |
|---------------|---|-----------|
| 3.3.1 | Identifikasi Variabel..... | 28 |
| 3.3.2 | Desain Ekperimen..... | 39 |
| 3.4 | Teknik Analisa Data..... | 30 |
| 3.4.1 | Uji Pra Syarat Analisis..... | 30 |
| 3.4.2 | Uji Analisa Data..... | 33 |
| BAB IV | HASIL PENELITIAN..... | 36 |
| 4.1 | Deskripsi Data..... | 36 |
| 4.2 | Pengujian Persyaratan Analisis..... | 39 |
| 4.3 | Pengujian Hipotesis..... | 41 |
| 4.3.1 | Hasil Pengujian Hipotesis Dengan Anova Satu Arah... | 41 |
| 4.3.2 | Hasil Komparasi antar Kolom Pasca Anova Satu Arah..... | 42 |
| 4.4 | Pembahasan Hasil Analisa Data..... | 43 |
| BAB V | KESIMPULAN DAN SARAN..... | 45 |
| 5.1 | Kesimpulan..... | 45 |
| 5.2 | Saran..... | 45 |

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

NOTASI

| | |
|----------|--|
| A_y | = variasi antar kelompok |
| d_k | = derajat kebebasan |
| F_n | = percobaan ke-n (1,2,3,...) |
| F_{zi} | = distribusi normal baku |
| H_0 | = hipotesis nol |
| H_1 | = hipotesis yang tidak sama, lebih besar atau lebih kecil dari H_0 |
| h_1 | = Entalpi uap <i>refrigerant</i> jenis pada P_1 . |
| h_2 | = Entalpi uap pada titik 2, uap adalah <i>superheated</i> . |
| h_3 | = Entalpi cairan jenuh <i>refrigerant</i> pada P_2 . |
| h_4 | = Entalpi pada titik 4 (uap basah) pada P_1 . |
| J_K | = jumlah kuadrat |
| L_0 | = selisih dari nilai distribusi normal baku dengan simpangan baku |
| n | = sample acak untuk ukura ke-n |
| N_i | = ukuran sample ke-i(1,2,3,...) |
| N_j | = ukuran sample ke-j(1,2,3,...) |
| P_1 | = Tekanan awal pada <i>refrigerator</i> |
| P_2 | = Tekanan pada <i>evaporator</i> |
| P_3 | = Tekanan pada kompresor |
| P_4 | = Tekanan pada kondensor |
| R_{KG} | = Rataan kuadrat galat, yang diperoleh dari perhitungan analisa variannya. |
| R_y | = varian rata-rata |
| s | = simpangan baku sample |

| | |
|------------|--|
| s^2 | = varians sample |
| T_1 | = Temperatur pada kondisi awal (<i>refrigerator</i>) |
| T_2 | = Temperatur pada <i>evaporator</i> |
| T_3 | = Temperatur pada kompresor |
| T_4 | = Temperatur pada kondensor |
| x_i | = sample percobaan ke-i (1,2,3....) |
| X^2 | = daftar distribusi chi kuadrat |
| Y_{ij} | = data ke-j dalam sample ke-i ($i= 1,2,\dots,k$) dan ($j = 1,2, \dots,ni$) |
| z | = distribusi normal baku |
| z_i | = simpangan baku |
| α | = taraf signifikan |
| $\sum Y^2$ | = variasi dalam kelompok |
| μ | = rata-rata |
| σ^2 | = varians |
| σ | = simpangan baku |

DAFTAR GAMBAR

| | | Hal |
|---------------|---|-----|
| Gambar 2.3 | Daur Refrigerasi Carnot..... | 9 |
| Gambar 2.3.1a | Diagram Tekanan <i>Entalphy</i> | 10 |
| Gambar 2.3.1b | Diagram Aliran Daur Kompresi Uap..... | 12 |
| Gambar 2.3.2 | Metode Pengubahan Uap Tekanan Rendah Menjadi Uap Tekanan Tinggi dalam Suatu Sistim Refrigerasi | 13 |
| Gambar 2.5a | Sistim AC Mobil | 16 |
| Gambar 2.5.b | <i>Refrigeration Cycle</i> AC Mobil | 17 |
| Gambar 2.6.1 | Kontruksi Kompresor | 19 |
| Gambar 2.6.1a | Langkah Hisap | 20 |
| Gambar 2.6.1b | Langkah Kompresi | 20 |
| Gambar 2.6.3 | <i>Receiver</i> | 21 |
| Gambar 2.6.4 | <i>Expansion Valve</i> | 23 |
| Gambar 2.6.5 | <i>Evaporator</i> | 24 |
| Gambar 2.6.6 | <i>Magnetic Clucth</i> | 25 |
| Gambar 3.4.1 | Grafik Penerimaan Atau Penolakan Distribusi Normal..... | 32 |
| Gambar 4.1a | Grafik Hasil Nilai Rata-rata COP AC Mobil | 38 |
| Gambar 4.1b | Histogram Kecepatan Putaran Mesin..... | 38 |

DAFTAR TABEL

| | | Hal |
|---------|---|-----|
| Tabel 1 | Desain Eksperimen Faktorial | 30 |
| Tabel 2 | Harga-harga untuk Uji Bartlett | 33 |
| Tabel 3 | Rumus Uji Analisa Varian Satu Arah (ANOVA) | 34 |
| Tabel 4 | Hasil Penelitian Nilai COP AC Mobil | 35 |
| Tabel 5 | Data Nilai COP AC Mobil Berbagai Tingkat Kecepatan..... | 37 |
| Tabel 6 | Hasil Perhitungan Uji Lilliefors | 39 |
| Tabel 7 | Hasil Perhitungan Uji Bartlett | 40 |
| Tabel 8 | Ringkasan ANOVA Satu Arah | 42 |
| Tabel 9 | Hasil Komparasi Antar Kelompok Dengan Metode Scheffe . | 43 |

LAMPIRAN

- Lampiran 1 Data Pengukuran Tekanan dan Suhu
- Lampiran 2 Data Perhitungan Temperatur dan Entalphy
- Lampiran 3 Data Perhitungan Dampak Pendinginan
- Lampiran 4 Data Perhitungan Kerja Kompresi
- Lampiran 5 Data Pengukuran Entalphy dan COP
- Lampiran 6 Data Perhitungan COP AC Mobil
- Lampiran 7 Hasil Uji ANOVA Satu Arah
- Lampiran 8 Hasil Pengujian Rata-rata Sesudah Eksperimen dengan Uji Scheffe
- Lampiran 9 Peluang Normal Baku
- Lampiran 10 Nilai Kritik Uji Lilliefors
- Lampiran 11 Nilai Presentil Untuk Distribusi X
- Lampiran 12 Nilai Presentil Untuk Distribusi F

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui adanya pengaruh perubahan putaran mesin pada kecepatan putaran 1000 rpm, 1500 rpm, 2000 rpm, 2500 rpm dan 3000 rpm, terhadap nilai COP (*Coefficient of Performance*) atau nilai unjuk kerja dari AC mobil.

Benda uji yang digunakan motor bensin 4 langkah merk Toyota tahun keluaran 2003. Metode penelitian yang digunakan adalah metode ekperimental kualitatif. Eksperimen dilakukan dengan merubah kecepatan putaran mesin pada kecepatan putaran 1000 rpm, 1500 rpm, 2000 rpm, 2500 rpm dan 3000 rpm. Setiap perlakuan dilakukan replikasi sebanyak lima kali, sehingga akan diperoleh 25 sample.

Uji persyaratan analisis data dilakukan dua tahap, yaitu Uji Normalitas dan Uji Homogenitas. Untuk uji normalitas Lilliefors dan untuk Uji Homogenitas menggunakan Uji Homogenitas Bartlett. Analisis data menggunakan Analisis Varian (ANOVA) satu jalan, kemudian dilanjutkan dengan Uji komparasi antar kolom dengan Uji Scheffe.

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa: (1) Perubahan putaran mesin pada kecepatan 1000 rpm, 1500 rpm, 2000 rpm, 2500 rpm dan 3000 rpm berpengaruh terhadap nilai *Coefficient Of Performance* (COP) atau nilai unjuk kerja pada AC mobil. (2) Nilai *Coefficient Of Performance* (COP) atau nilai unjuk kerja dari AC mobil akan optimal pada kecepatan putaran mesin 2000 rpm, ini ditunjukkan dengan hasil perhitungan rata-rata pada kecepatan 2000 rpm.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Perkembangan teknologi khususnya otomotif terus berkembang pesat. Hal ini berdasarkan tingkat kebutuhan masyarakat yang naik dari tahun ke tahun karena mobil bukan merupakan barang mahal. Untuk meningkatkan kenyamanan dalam pemakaian produk otomotif khususnya mobil, usaha yang dilakukan adalah pemanfaatan teknologi pengkondisian udara pada mobil yang didukung oleh teknologi penunjang sistem ini adalah AC (*Air Condition*). Pada umumnya sistem pengkondisian udara pada interior mobil ini menggunakan *refrigerant* daur kompresi uap.

Dalam pemakaiannya, sistem pengkondisian udara pada interior mobil ini harus mampu memberikan kenyamanan, mengingat kondisi lalu lintas yang padat sehingga akan menyebabkan tingkat polusi yang semakin tinggi. Selain itu kondisi cuaca pada siang hari yang panas dan mendorong semakin tingginya tuntutan agar sistem pendingin ini memberikan kinerja yang maksimal.

Namun dalam pemakaiannya, kemampuan dari sistem ini tak jarang kurang memberikan kondisi yang diinginkan. Banyak faktor yang menyebabkannya, diantaranya adalah sistem penyekatan interior mobil yang

kurang sempurna maupun masalah dari sistem AC itu sendiri. Sistem penyekatan interior mobil yang kurang sempurna menyebabkan beban pendinginan dari luar meningkat. Beban pendinginan dari luar ini dapat dibedakan menjadi dua yaitu beban karena saluran panas, yaitu panas yang masuk melalui atap, pintu, lantai, dashboard, serta melalui kaca jendela, dan beban karena sinar matahari yaitu sinar yang masuk melalui kaca jendela. Sedangkan masalah dari sistem AC itu sendiri adalah adanya komponen AC yang mengalami kerusakan, seperti kerusakan pada kompresor, kondensor, *receiver*, *evaporator* dan komponen yang lainnya.

Selain itu yang tak kalah pentingnya adalah jenis bahan pendingin yang digunakan harus sesuai. Untuk mesin refrigerasi daur kompresi uap bahan pendingin yang cocok digunakan adalah Freon 12 dan 134a.

Terlepas dari itu kita harus mengetahui bahwa kinerja AC pada mobil berbeda dengan kinerja AC pada ruangan bangunan (gedung, rumah). Perbedaannya terletak pada putaran komponen kompresor, pada AC mobil putaran kompresor selalu berubah-ubah sesuai dengan perubahan putaran mesin dan tingkat kecepatan mobil itu sendiri. Hal ini yang paling mempengaruhi kinerja dari sistem pendingin itu sendiri.

Berdasarkan hal tersebut di atas maka dibuat judul: “PENGARUH PERUBAHAN PUTARAN MESIN TERHADAP NILAI COP AC MOBIL”. Penulis memilih COP (*Coefficient Of Performance*) atau koefisien unjuk kerja karena nilai dari koefisien ini dapat dijadikan indikator dari unjuk kerja AC yang pada akhirnya berpengaruh pada efisiensi sistem pengkondisian udara yang diinginkan.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian dari latar belakang di atas, maka dapat diidentifikasi bahwa hal-hal yang dapat memengaruhi kinerja AC mobil antara lain:

- a) Kecepatan putaran mesin mobil.
- b) Sistem penyekatan interior mobil
- c) Jenis *refrigerant* (bahan pendingin) yang digunakan
- d) Komponen/jenis AC yang digunakan

1.3 Pembatasan Masalah

Agar penelitian ini tidak menyimpang dari permasalahan yang diteliti, maka peneliti membatasi permasalahan pada pengaruh perubahan putaran mesin terhadap nilai COP (*Coefficient of Performance*) AC mobil dengan menggunakan mesin refrigerant daur kompresi uap, merk Sanden, type *Crankshaft* 6 P.

1.4 Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang, indentifikasi masalah dan pembatasan masalah, maka dapat dibuat suatu rumusan sebagai berikut :

- a) Adakah pengaruh perubahan putaran mesin mobil terhadap nilai COP AC mobil?
- b) Pada kecepatan putaran keberapakah dihasilkan nilai COP AC yang optimal?

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

- a) Untuk mengetahui pengaruh perubahan kecepatan putaran mesin mesin terhadap nilai COP AC mobil.
- b) Untuk mengetahui pada putaran berapa nilai COP AC maksimal sesuai dengan batasan pada penelitian.

1.6 Manfaat Penelitian

- a) Dapat memberikan masukan bagi pemakai AC mobil agar dapat mengoperasikannya dengan baik dan efisien.
- b) Memberikan informasi yang bermanfaat tentang perawatan AC mobil.
- c) Memberikan pengetahuan yang baru bagi penulis mengenai perkembangan teknologi AC pada khususnya.

1.7 Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan pemahaman dan pengertian yang kita bahas, maka penulisan tugas akhir ini dibagi menjadi beberapa bab, yaitu:

BAB I PENDAHULUAN

Menjelaskan latar belakang masalah, indentifikasi masalah, pembatasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Menjelaskan tentang prinsip dasar *refrigerant*, sifat-sifat thermal, mesin refrigerasi, teori perhitungan *Coefficient of Performance*

(COP) AC Mobil (nilai unjuk kerja AC mobil), sistim pengkondisian udara pada mobil dan sistim refrigerasi AC mobil.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini akan di bahas mengenai metode penelitian yang akan digunakan, pengambilan data, kerangka pemecahan masalah, teknik pengolahan data dan analisa permasalahan.

BAB IV ANALISA DAN HASIL PENELITIAN

Dalam bab ini akan dibahas mengenai analisa untuk menyelesaikan permasalahan yang dihadapi.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam bab ini berisikan mengenai kesimpulan dari pengolahan data dan analisa penelitian serta saran-saran yang diusulkan terhadap hasil penelitian.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Prinsip Dasar Refrigerant

System refrigerasi merupakan bagian dari pengkondisian dimana menjaga suatu sistem pada temperatur yang lebih rendah ke temperatur lingkungan sekelilingnya menjadi ideal sesuai yang kita harapkan. Pada sistem refrigerasi ini terjadi pemindahan kalor secara terus menerus dari ruangan ke lingkungan, sedangkan media yang digunakan untuk memindahkan kalor digunakan refrigerant yang bersirkulasi secara terus menerus dan tertutup dalam suatu sistem refrigerasi tersebut. Jadi fungsi utama dari pengkondisian udara adalah untuk mengatur sistem sehingga dapat mempertahankan kondisi yang nyaman di ruangan yang ditempati (Stoecker, 1996:153). Sistem pengkondisian udara berfungsi untuk mempertahankan udara di dalam ruangan pada kondisi yang konstan melalui pengaturan suhu, kelembaban, pembersihan udara dan aliran udara. Sistem pengondisian udara juga merupakan kombinasi suatu fungsi-fungsi atau hanya salah satu fungsi untuk mengatur kondisi udara secara buatan. Proses fungsi tersebut diklasifikasikan sebagai berikut:

- a. Mendinginkan/memanaskan udara

- b. Menambah/mengurangi kelembaban
- c. Mengatur aliran udara
- d. Membersihkan udara.

2.2 Sifat-sifat Thermal

Fungsi utama dari sistem pengkondisian udara adalah untuk mengatur kondisi udara dalam keadaan konstan, melalui pengaturan suhu dan kelembaban itu sendiri. Dalam hal ini dijelaskan beberapa istilah penting yang terdapat dalam system pengkondisian udara.

2.2.1 Istilah-istilah dalam Pengkondisian Udara

- Tekanan.

Tekanan didefinisikan sebagai tekanan tegak lurus pada bidang datar oleh benda padat, cair dan gas dan mempunyai satuan Kg/cm^2 .

- Temperatur/suhu

Temperatur adalah derajat panas atau tingkat kedinginan dari suatu benda dan mempunyai satuan Celcius ($^{\circ}\text{C}$) atau derajat Fahrenheit.

- Panas

Panas adalah adalah satu bentuk energi. Ada dua satuan panas yaitu Kcal dan BTU (*British Thermal Units*). Selain itu ada juga panas spesifik yaitu jumlah panas yang diperlukan untuk merubah temperature suatu benda sebesar 1° . Satuan panas yang spesifik adalah $\text{Kcal/Kg}^{\circ}\text{C}$ atau $\text{BTU/lb}^{\circ}\text{F}$.

- Kelembaban

Kelembaban adalah uap air yang terkandung di dalam udara. Ada dua jenis kelembaban yaitu kelembaban relatif dan kelembaban mutlak.

Kelembaban relatif adalah jumlah uap air yang terkandung di dalam udara di banding dengan jumlah udara yang dapat menahannya pada temperatur tertentu. Kelembaban mutlak adalah jumlah air yang terkandung didalam udara dibanding dengan udara kering.

2.2.2 Beban Pendinginan dan Kapasitas Pendinginan

- Beban pendinginan

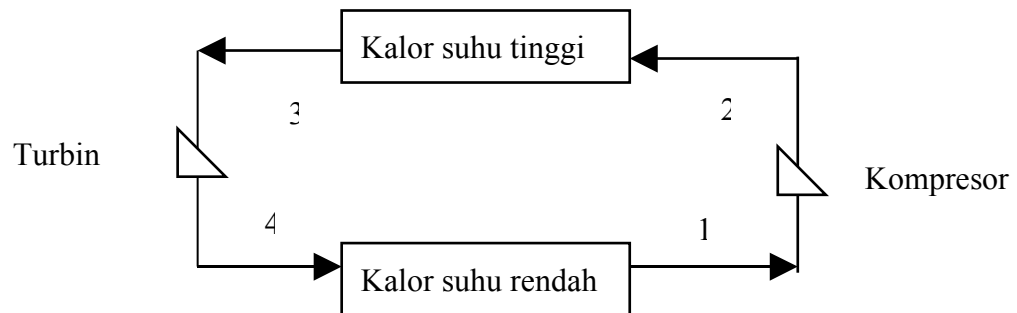
Beban pendinginan adalah perbedaan jumlah panas pada temperatur tinggi dan temperatur rendah dan dipengaruhi oleh faktor-faktor yaitu temperatur dan kelembaban udara di luar (kecepatan kendaraan).

- Kapasitas pendinginan

Kapasitas pendinginan adalah kapasitas alat pendingin untuk menyerap perbedaan jumlah panas pada temperatur tinggi ke temperatur rendah dengan satuan Kcal/Jam.

2.3 Mesin Refrigerasi

Mesin refrigerasi merupakan mesin yang digunakan dalam pengkondisian udara untuk kenyamanan (*Comfort Air Conditioning*). Siklus refrigerant ini menggunakan siklus yang merupakan kebalikan dari siklus kerja Mesin Carnot dimana pada siklus ini terjadi penyerapan kalor dari *reservoir* rendah dan pelepasan kalor pada *reservoir* suhu tinggi.



Gambar 2.3. Daur refrigerasi Carnot (W.F Stocecker, 1996, 175)

Proses-proses yang membentuk daur tersebut:

1 – 2 : kompresi adiabatik

2 – 3 : pelepasan kalor isothermal

3 – 4 : ekspansi adiabatik

4 – 1 : pemasukan kalor isothermal

Seluruh proses daur Carnot secara termodinamika bersifat *reversible* (dapat balik). Oleh karena itu proses 1 – 2 dan 3 – 4 bersifat *isentropic*.

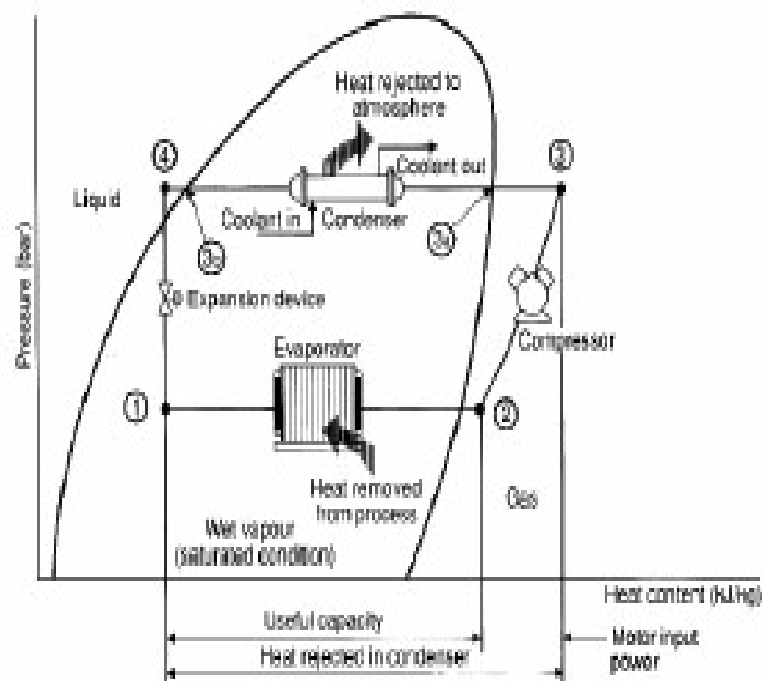
Untuk menjaga agar proses ini berjalan maka diperlukan kerja untuk memindahkan kalor ke *reservoir* suhu tinggi. Dari Hukum Termodinamika I untuk sistem tertutup diperoleh hubungan bahwa kerja tidak dapat dihasilkan dari suatu siklus tanpa adanya kalor yang diberikan oleh sistem. Dengan siklus tersebut juga diperoleh hubungan bahwa jumlah kalor yang diserap *reservoir* suhu rendah ditambah jumlah kerja yang dibutuhkan oleh suatu sistem merupakan kerja dari sistem.

Siklus yang digambarkan tersebut merupakan siklus kompresi mekanik atau sering disebut sebagai mesin refrigerasi daur kompresi uap. Rasio dari unjuk

kerja mesin refrigerasi pada sistim ini ditunjukkan oleh nilai koefisien prestasi atau COP (*Coefficient of Performance*) dimana nilai ini merupakan definisi dari perbandingan jumlah kalor yang diserap dengan selisih antara kalor yang dilepaskan, atau hasil bersihnya. Nilai COP ini dapat dijadikan suatu indikator dari kerja efektif sistem AC (*Air Condition*).

2.3.1 Mesin Refrigerasi Daur Kompresi Uap

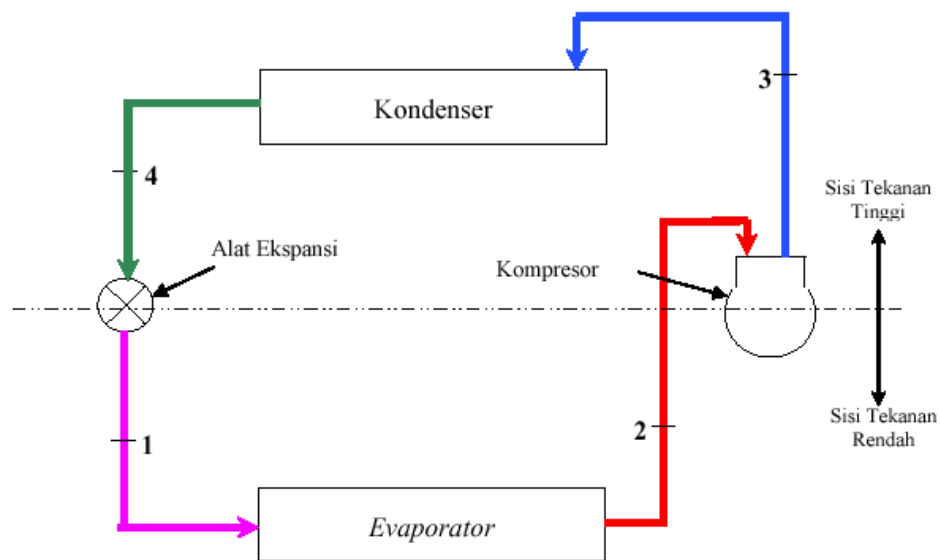
Mesin refrigerasi kompresi uap merupakan daur yang terbanyak digunakan dalam daur refrigerasi. Pada daur kompresi uap ini prosesnya uap ditekan kemudian diuapkan menjadi cairan lalu tekanannya diturunkan agar cairan tersebut dapat menguap kembali. Daur ini merupakan daur yang dioperasikan dengan kerja karena kenaikan tekanan refrigerant dan oleh kompresor yang memerlukan kerja dari luar.



Gambar 2.3.1a Diagram Tekanan – Entalphy

Keterangan gambar:

- 1 – 2 Cairan refrigeran dalam *evaporator* menyerap panas dari sekitarnya, biasanya udara, air atau cairan proses lain. Selama proses ini cairan merubah bentuknya dari cair menjadi gas, dan pada keluaran *evaporator* gas ini diberi pemanasan berlebih/*superheated gas*.
- 2 – 3 Uap yang diberi panas berlebih masuk menuju kompresor dimana tekanannya dinaikkan. Suhu juga akan meningkat, sebab bagian energi yang menuju proses kompresi dipindahkan ke refrigeran.
- 3 – 4 *Superheated gas* bertekanan tinggi lewat dari kompresor menuju kondenser. Bagian awal proses refrigerasi (3-3a) menurunkan panas *superheated gas* sebelum gas ini dikembalikan menjadi bentuk cairan (3a-3b). Refrigerasi untuk proses ini biasanya dicapai dengan menggunakan udara atau air. Penurunan suhu lebih lanjut terjadi pada pekerjaan pipa dan penerima cairan (3b - 4), sehingga cairan refrigeran didinginkan ke tingkat lebih rendah ketika cairan ini menuju alat ekspansi.
- 4 - 1 Cairan yang sudah didinginkan dan bertekanan tinggi melintas melalui peralatan ekspansi, yang mana akan mengurangi tekanan dan mengendalikan aliran menuju ke kondenser dan membuang panas gabungan yang masuk *evaporator* dan kondenser. Dengan kata lain: (1 - 2) + (2 - 3) harus sama dengan (3 - 4).



Gambar 2.3.1b Diagram Aliran Daur Kompresi Uap

Kerja kompresi (KJ/Kg) merupakan perubahan *enthalpy* pada proses 1 – 2. Hubungan ini diturunkan dari persamaan aliran energi mantap (*Steady flow of energi*). $h_1 + g = h_2 + W$ (Stoecker W.F 1996:186). Proses 1 – 2 menyatakan kerja kompresor dengan perubahan energi kinetik dan energi potensial diabaikan sehingga prosesnya merupakan proses *adiabatic*.

Pelepasan kalor (KJ/Kg) merupakan perpindahan kalor dari refrigeran pada proses 2 – 3 yaitu h_3-h_2 . Hubungan ini juga diturunkan dari persamaan energi mantap, dimana energi kinetik, energi potensial dan kerja dikeluarkan. Harga h_3-h_2 negatif menunjukkan bahwa kalor dikeluarkan dari refrigeran. Nilai pelepasan kalor diperlukan untuk menghitung besarnya aliran cairan pendingin kondensor.

Dampak refrigerasi (KJ/Kg) merupakan kalor yang dipindahkan pada proses 4–1 atau h_1-h_4 . Besarnya nilai bagian ini sangat penting karena proses ini merupakan tujuan utama dari seluruh system.

Koefisien prestasi (COP) dari daur kompresi uap standar adalah dampak refrigerasi dibagi dengan kerja kompresi.

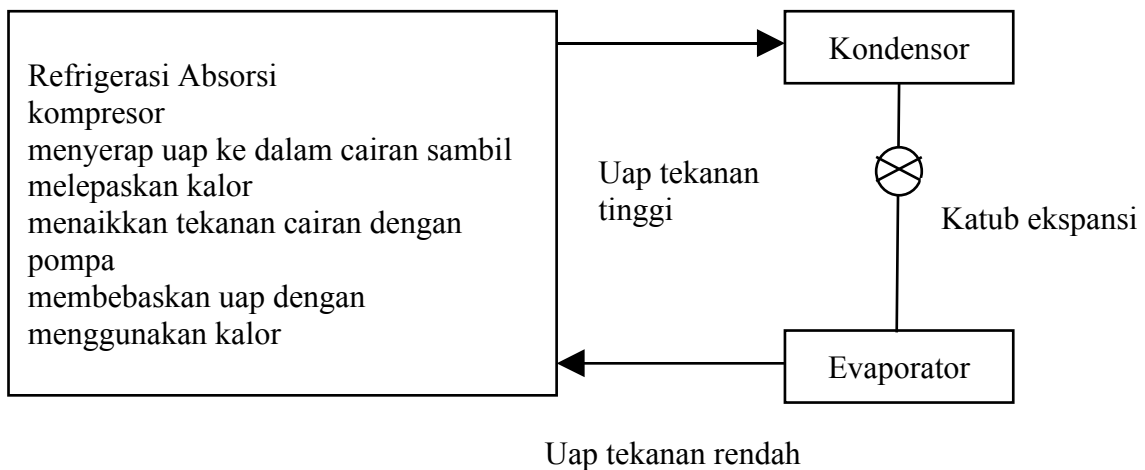
Koefisien prestasi (COP)= $(h_1-h_4)/(h_2-h_3)$ (Stoecker W.F,1996;186)

Laju aliran volume merupakan petunjuk kasar dari ukuran fisik kompresor. Semakin besar laju tersebut, semakin besar volume langkah kompresor (m^3/s). kadang kala laju aliran volume dihitung pada saat masuk kompresor.

Daya untuk setiap kilowatt refrigerasi merupakan kebalikan dari koefisien prestasi dan suatu system refrigerasi yang efisien akan memiliki nilai daya per kilowatt refrigerasi yang rendah, tetapi mempunyai koefisien prestasi yang tinggi.

2.3.2 Mesin Refrigerasi Absorsi

Refrigerasi absorsi pertama kali ditemukan oleh Ferdinand Carre (1860), dengan proses yang hampir sama dengan proses daur kompresi uap.



Gambar 2.3.2 Metode Pengubah Uap Tekanan Rendah Menjadi Uap Tekanan

Tinggi dalam Sebuah Sistem Refrigerasi (Stoecker W.F 1996:308)

Daur absorsi disebut sebagai daur yang dioperasikan oleh kalor (*heat operator cycle*) karena sebagian besar biaya operasi berkaitan dengan pemberian kalor yang diperlukan untuk melepaskan uap (refrigeran) dari zat cair bertekanan tinggi. Sebenarnya dalam daur absorsi dibutuhkan juga kerja untuk menggerakkan pompa tetapi jumlah kerja tersebut cukup kecil dibandingkan dengan yang diperlukan pada daur kompresi uap.

Pada daur absorsi, uap tekanan rendah dari evaporator diserap oleh larutan cairan (*liquid solution*) dalam *absorber*. Jika proses absorsi ini dilakukan secara *adiabatic* suhu larutan naik dan akhirnya *absorsi* uap akan berhenti. Untuk mendapatkan proses *absorsi*, *absorber* didinginkan oleh udara atau air yang kemudian kalor dilepaskan ke udara bebas. Pompa menerima zat cair ke generator dan didalam generator kalor dari suatu sumber suhu tinggi mendorong lepas uap yang telah diserap oleh larutan. Larutan cairan dikembalikan ke *absorber* melalui katup *trotle* yang berfungsi untuk menurunkan tekanan agar tekanan pada generator dan *absorber* konstan.

Pada aliran kalor dari keempat komponen penukar kalor pada daur *absorsi* yaitu kalor suhu tinggi masuk ke generator, sedangkan kalor suhu rendah masuk ke *evaporator*. Pelepasan kalor dari daur yang terjadi pada *absorber* dan *condenser* pada suhu-suhu tertentu sehingga kalor dapat dibuang ke atmosfer.

Koefisien prestasi (COP) pada daur *absorsi* kurang menguntungkan karena harganya lebih rendah dari koefisien prestasi dari daur kompresi uap.

2.4 Teori Perhitungan *Coefficient of Performance (COP)*

Sebelum melakukan penilaian atas prestasi suatu mesin refrigerasi, terlebih dahulu kita harus tetapkan keefektifitas nya. Indeks prestasi ini tidak sama dengan efisiensi, karena ukuran tersebut hanya membandingkan hasil keluaran dan masukan. Perbandingan antara hasil keluaran dan masukan ini justru menghasilkan perhitungan yang salah jika dipergunakan pada proses refrigerasi. Meskipun demikian, konsep indeks prestasi pada siklus refrigerasi pada prinsipnya sama dengan efisiensi yang menyatakan perbandingan sebagai berikut:

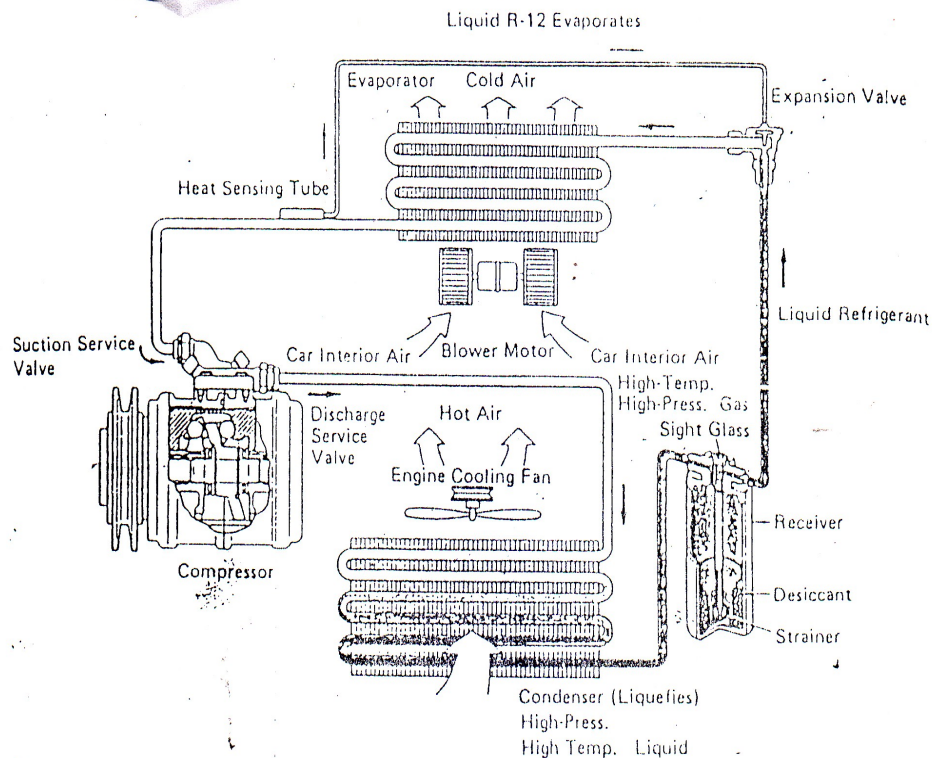
$$\begin{aligned} \text{COP} &= \frac{\text{Efek Refrigerasi}}{W_{\text{aktual}}} \\ &= \frac{Q_2}{W_{\text{aktual}}} = \frac{T_2}{(T_1 - T_2)} \end{aligned}$$

$T_1 > T_2$

$$\text{COP} = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$

2.5 Pengkondisian Udara Pada Mobil

Pengkondisian udara pada mobil pada dasarnya tidak berbeda dengan sistem pengkondisian udara lainnya, komponen utama seperti kompresor, kondensor, katup ekspansi dan *evaporator* digunakan sebagaimana pada sistem pengkondisian udara pada umumnya. Perbedaanya hanya terdapat pada sumber tenaga penggerak kompresor, metode pengontrolan dan desain komponennya.



Gambar 2.5.a Sistem AC Mobil

Pada gambar diatas nampak salah satu bentuk instalasi system pengkondisian udara pada mobil. Tenaga penggerak yang diberikan langsung pada kompresor dari daya putaran pada poros *crankshaft* mesin mobil yang perpindahan dayanya menggunakan perantara V-belt yang terpasang bersama pada susunan puli.

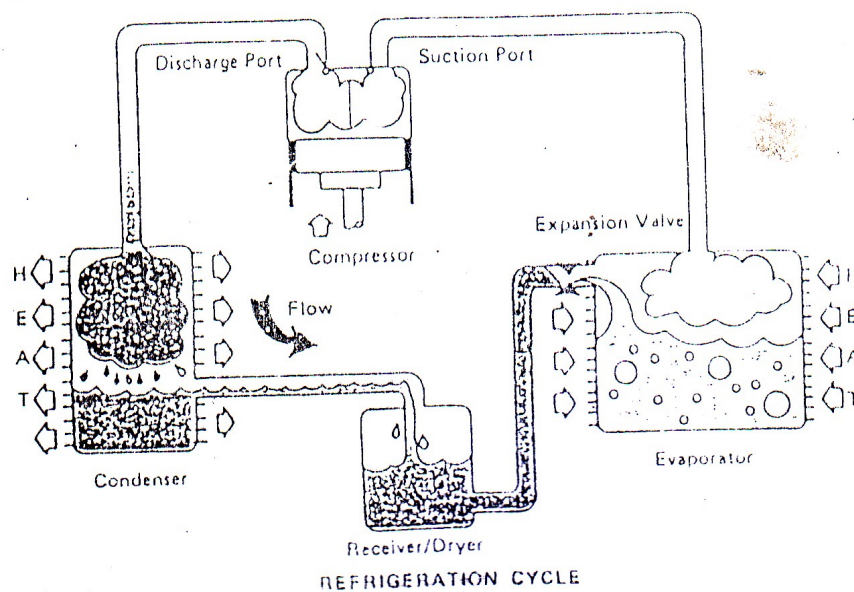
Pada kecepatan putaran 800 rpm – 1000 rpm sistem pengkondisian udara pada mobil baru bisa bekerja, tetapi kinerja dari system tersebut belum optimal. Dengan bertambahnya kecepatan putaran mesin maka kemampuan kompresor dalam mengkompresikan refrigerant semakin baik. Jika putaran mesin terlalu cepat melebihi kerja kompresor maka *magnetic clutch* sebagai kopling otomatis

akan mati dan akan mengakibatkan sistim pengkondisian ini tidak bekerja sebagai mestinya. Ada dua metode kontrol suhu pada pengkondisian udara pada mobil yaitu:

- Sistim kontrol yang berhubungan dengan kopling magnet kompresor.
- Sistim kontrol yang berhubungan dengan kontrol aliran refrigerant dalam sistim pengkondisian udara. Refrigeran yang dipakai adalah refrigeran 12 (R-12) dan kini dikembangkan refrigeran jenis hidrokarbon dan jenis baru yaitu HCF 134a.

Prinsip kerja siklus pendinginan:

Prinsip kerja siklus pendinginan :



Gambar 2.5b Refrigeration Cycle AC Mobil

Pada gambar diatas tanda panah menunjukkan arah aliran yang berlawanan dengan arah jarum jam. Kompresor menghisap gas Freon melalui *suction port*, menekan gas tersebut dan mengeluarkan dalam bentuk gas yang panas yang bertekanan tinggi. Gas tersebut menjadi dingin dan berubah menjadi

cairan dan mengalir ke dalam *condenser*, dan kemudian disimpan dalam *receiver/dryer* hingga saatnya diperlukan. *Expansion valve* menyembrotkan cairan yang panas melalui katupnya ke dalam *evaporator*. Freon yang terbentuk kabut segera menguap dan menyerap panas. Panas tersebut diambil dari udara meniup *evaporator* melalui *fins* dan kemudian menghasilkan udara dingin, untuk mendinginkan ruangan mobil.

2.6 Sistim Refrigerasi AC Mobil

2.6.1 Kompresor

Fungsi dari kompresor adalah untuk mengubah uap tekanan rendah dari evaporator menjadi uap tekanan tinggi pada kondensor dengan sistim kompresi.

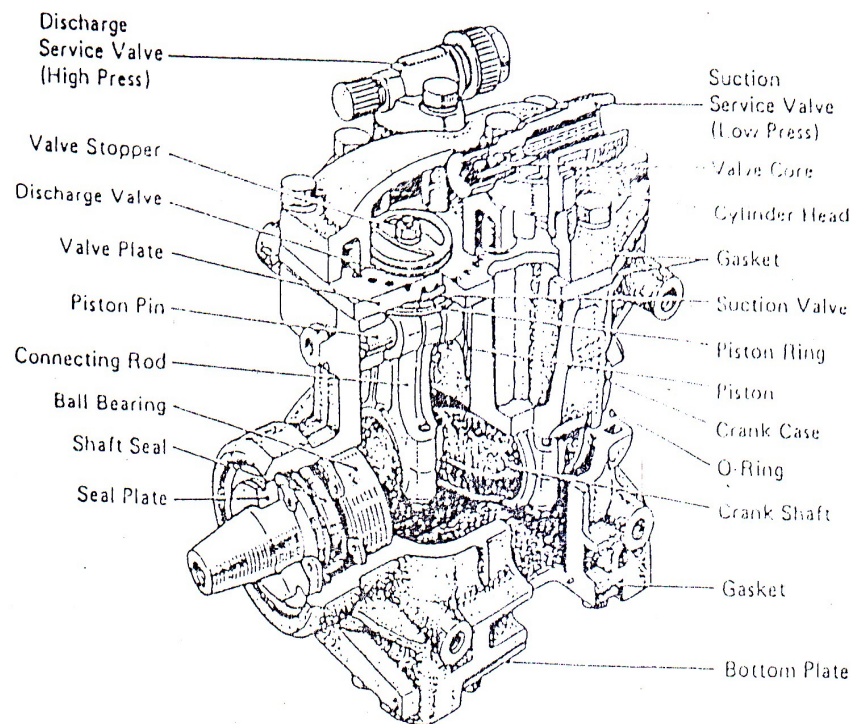
Kompresor dibedakan menjadi dua tipe yaitu:

- *Type crankshaft*

Pada kompresor type *recipocating*, putaran *crankshaft* dirubah menjadi gerak bolak-balik piston.

- *Type Swash Plate*

Pada type *swash plate* gerakan *rotary* dirubah menjadi gerakan bolak-balik melalui *swash plate* dan *shaftnya*. Jumlah pasangan-pasangan piston merupakan set pada *swash plate* dalam interval 120° untuk 6 silinder dan interval 72° untuk 10 silinder. Bila salah satu dari sisi yang sedang melakukan langkah kompresi, sisi lain sedang melakukan langkah hisap. Kompresor bersilinder 10 lebih ringan dan lebih kecil dibanding dengan kompresor bersilinder 6.



CONSTRUCTION OF COMPRESSOR (2M TYPE)

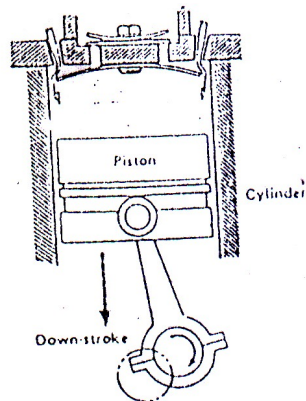
Gambar. 2.6.1 Kontruksi Kompresor

a) Mekanisme kompresi

Ada dua macam katup yang terpasang pada *valve plat*, yaitu *suction valve* dan *discharge valve*.

- Langkah hisap

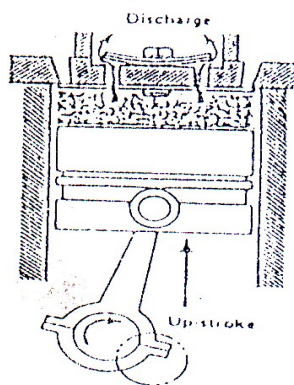
Sementara piston melakukan langkah hisap, *discharge valve* menutup karena tekanan refrigeran didalam *discharge hose* melebihi tekanan di dalam silinder. Pada saat yang sama *suction valve* membuka karena gerakan piston. Pada saat itu memungkinkan refrigeran masuk.



Gambar 2.6.1a Langkah hisap

- Langkah kompresi

Sementara piston melakukan langkah kompresi, refrigeran tertekan keluar melalui *discharge reed valve* dan dikirim ke kondensor dalam bentuk gas bertekanan tinggi. Pada saat yang sama *suction reed valve* tertutup oleh tekanan yang tinggi.



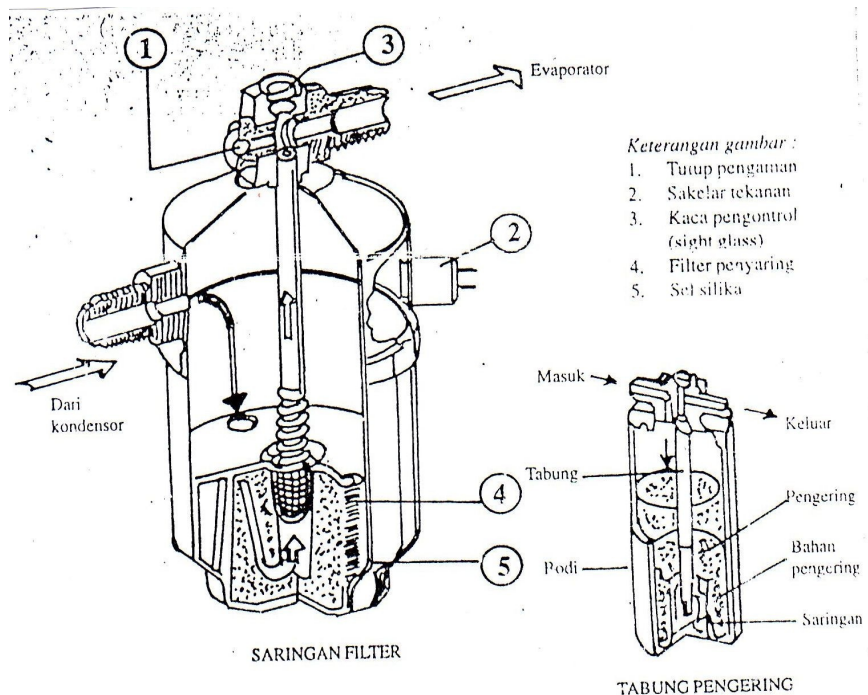
Gambar 2.6.1b Langkah kompresi

2.6.2 Kondensor

Yaitu komponen refrigerasi yang dapat menyerap kalor yang dikandung oleh bahan pendingin (refrigeran) sehingga bahan yang mula-mula berbentuk uap menjadi cair. Cairan refrigeran kemudian dialirkan ke *receiver*. Semakin besar panas yang dilepaskan oleh refrigeran, semakin besar efek pendinginan yang dihasilkan. Untuk meningkatkan jumlah kalor yang akan dilepaskan dengan bantuan kipas atau blower.

2.6.3 Receiver

Fungsi dari receiver adalah untuk menyimpan sementara refrigeran cair sebelum disalurkan ke evaporator sekaligus untuk memisahkan kadar air atau kotoran yang terbawa masuk ke dalam siklus refrigeran. Pada *receiver* dilengkapi dengan kaca pengintai yang berfungsi untuk melihat aliran refrigeran dan dilengkapi dengan *fusible plug* sebagai alat pengaman yang terbuat dari *special solder* yang dapat meleleh apabila tekanan dan suhu kondensor dan *receiver* tidak normal.



Gambar 2.6.3 Receiver

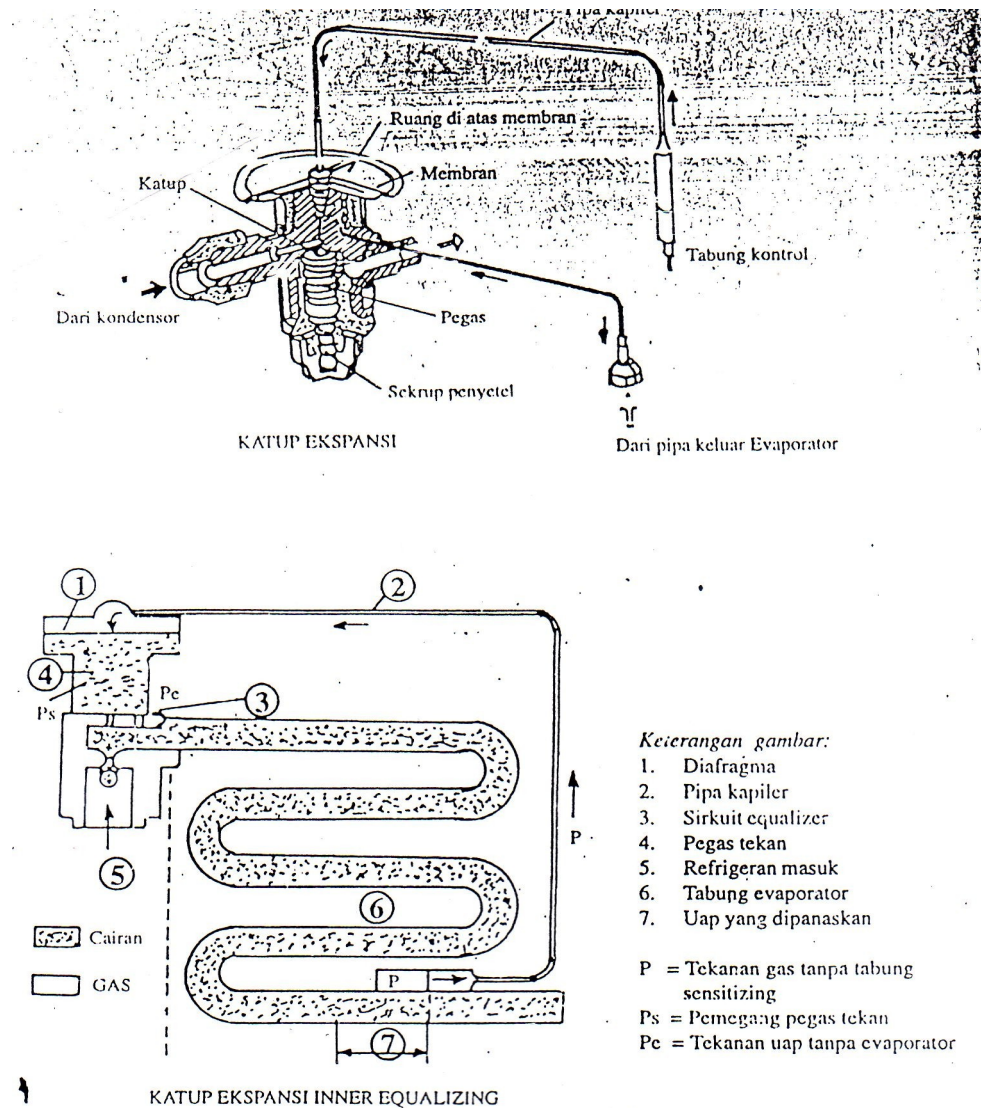
2.6.4 Expansion Valve

Fungsi dari *expansion valve* adalah untuk mengontrol aliran refrigeran. Alat control refrigeran ini dapat mengontrol tekanan dan jumlah refrigeran yang mengalir didalam system refrigerasi dan *air condition*. Alat control tersebut merupakan suatu hambatan, seperti katup yang ditempatkan pada salah satu bagian dari pendingin.

Kompresor menempatkan refrigerasi tekanan rendah menjadi tekanan tinggi. Refrigeran mengalir kembali dari tekanan tinggi ke tekanan rendah melalui alat control aliran refrigeran. Alat control tersebut dapat mengontrol jumlah aliran dan tekanan refrigeran dari sisi tekanan tinggi ke sisi tekanan rendah. Refrigeran cair tekanan tinggi diturunkan menjadi tekanan rendah dalam jumlah yang tepat, agar mudah menguap di evaporator pada efisiensi yang maksimum, tetapi tidak membuat kerja kompresor kelebihan beban. Alat control refrigeran bekerja atas

dasar perubahan tekanan, perubahan temperature, perubahan volume atau jumlah dan kombinasi antara perubahan tekanan, perubahan temperature dan perubahan volume.

Alat kontrol refrigeran dapat bekerja secara manual atau otomatis, dikarenakan adanya perbedaan tekanan atau pengaruh dari luar. Alat control refrigeran dapat dipakai untuk mengontrol *fluida* (cairan dan gas). Alat control tersebut banyak sekali macamnya dan fungsinya yang berlainan. Pada umumnya alat control tersebut ditempatkan pada saluran pencairan (*liquid line*) di dekat *evaporator*, tetapi ada juga yang ditempatkan pada saluran hisap (*suction line*) atau saluran buang (*discharge line*).

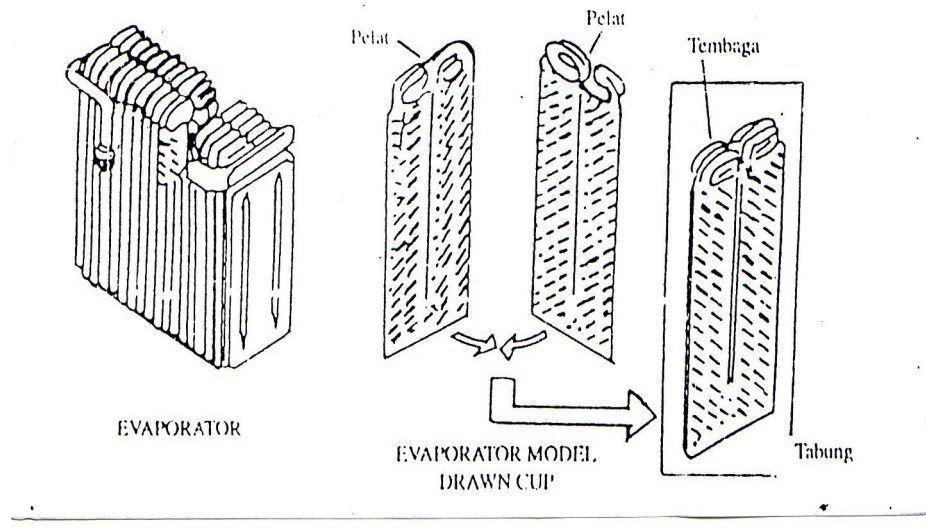


Gambar 2.6.4 Expansion Valve

2.6.5 Evaporator

Yaitu komponen refrigerasi yang berfungsi untuk menguapkan bahan pendingin atau refrigeran dimana terjadi penyerapan panas dari media yang didinginkan melalui *evaporator fins*. Pada saat udara hangat terhambat di *evaporator fins* dan didinginkan sampai dibawah titik pengembunan, uap air dalam udara mengembun dan menempel pada *evaporator* dalam bentuk tetesan

air. Bila pada saat ini fins terus didinginkan sampai di bawah 0° tetesan air yang menempel berubah menjadi es. Bila gejala ini terus berjalan, efisiensi perpindahan panas akan turun, aliran udara yang melalui *evaporator* berkurang sehingga kemampuan AC pun turun.



Gambar 2.6.5 Evaporator

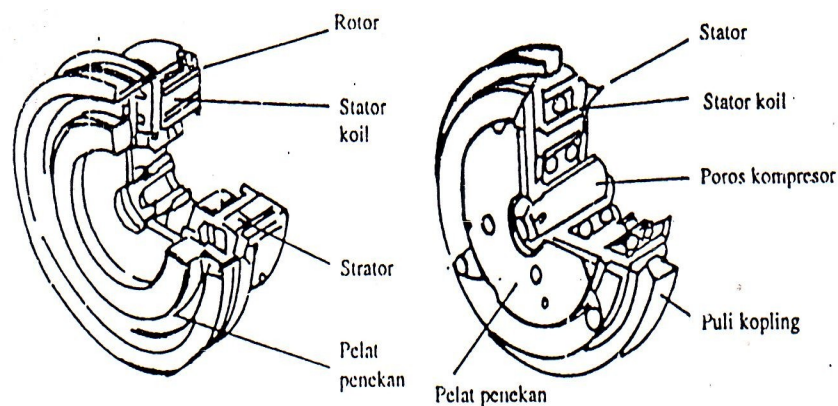
Jika terlalu banyak refrigeran yang ada di *evaporator*, ruangan tidak akan dingin karena tekanan refrigeran menjadi tinggi sehingga sukar menguap dan *evaporator* penuh dengan cairan refrigeran. Dalam keadaan seperti ini refrigeran pada saat meninggalkan *evaporator* masih mungkin dalam keadaan cair sehingga dapat merusak kompresor. Jika terlalu sedikit refrigeran yang masuk, system akan kekurangan refrigeran sehingga *evaporator* tidak akan dingin.

2.6.6 Magnetic Clutch

Magnetic clutch dipakai untuk menghubungkan dan melepaskan kompresor dari mesin. Komponen utamanya terdiri dari *stator*, motor dan *pressure plate*.

Cara kerja:

Bila mesin berputar, *pulley* berputar karena dihubungkan ke *crankshaft* oleh V-belt, tetapi kompresor tidak akan bekerja kalau tidak digerakan oleh *magnetic clutch*. Bila system AC ON, amplifier memberi arus ke kumparan *stator*. Kemudian gaya elektromagnetik menarik *pressure plate* ke bidang gesek *pulley*. Gesekan antara bidang gesek dengan *pulley* menyebabkan *clutch assy* berputar dan menggerakkan kompresor.



Gambar 2.6.6 *Magnetic Clutch*

2.6.7 Refrigerant

Refrigerant merupakan *fluida* benda kerja yang mempunyai sifat-sifat termodinamika yang digunakan dalam system pendinginan. Pada pemakaian *refrigerant* harus memenuhi persyaratan sesuai dengan jenis kompresor dan

karakteristik termodinamika yang meliputi temperature, tekanan, penguapan dan pengembunan.

Syarat-syarat refrigeran sebagai berikut:

- a. Mempunyai tekanan pengupan yang tinggi.
Hal ini untuk menghindari kemungkinan vakum pada *evaporator* dan turunnya efisiensi volumetric akibat naiknya perbandingan kompresi.
- b. Mempunyai tekanan pengembunan yang rendah.
Agar perbandingan kompresi menjadi lebih rendah sehingga penurunan koefisien kompresor dapat dihindarkan. Dengan tekanan kerja rendah, kemungkinan terjadinya kebocoran, ledakan dll.
- c. Mempunyai kalor laten penguapan yang tinggi.
Dengan kalor laten penguapan yang tinggi akan lebih menguntungkan, karena untuk kapasitas pendinginan yang sama jumlah refrigeran yang bersirkulasi lebih kecil.
- d. Bila terjadi kebocoran mudah diketahui dari baunya.
- e. Tidak terjadi perubahan kimia pada unsur-unsurnya meskipun dipakai berulang-ulang.
- f. Tidak memberi pengaruh yang merugikan pada logam, karet dan bahan lainnya yang digunakan pada alat pendingin.
- g. Mempunyai nilai koefisien yang tinggi (COP) tinggi.
- h. Refrigeran tidak mengandung racun, tidak berbau, dan tidak mudah terbakar.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Untuk mengetahui perubahan putaran mesin terhadap nilai COP AC mobil, maka metode penelitian yang dipakai dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dengan metode analisis kualitatif. “Penelitian eksperimen adalah suatu penelitian yang berusaha mencari pengaruh variabel tertentu terhadap variabel yang lain dalam kondisi yang terkontrol secara tepat” (Sugiyono, 1999:4). Sedangkan yang dimaksud analisa kualitatif adalah suatu metode analisis yang memberikan gambaran dan memaparkan secara jelas hasil eksperimen dalam bentuk angka-angka.

3.2 Populasi dan Sampel

3.2.1 Populasi

Pada penelitian ini populasi yang digunakan hanya dibatasi pada motor bensin 4 langkah merk Toyota tahun keluaran 2003.

3.2.2 Sampel

Sampel penelitian ini menggunakan motor bensin 4 silinder, segaris, DOHC, 16 katup dengan masing- masing perlakuan pada kecepatan putaran mesin

1000 rpm, 1500 rpm, 2000 rpm, 2500 rpm dan 3000 rpm, dan masing-masing perlakuan dilakukan replikasi sebanyak lima kali sehingga diperoleh sample sebanyak 25 sampel.

3.3 Teknik Pengumpulan Data

Teknik sampel pada penelitian ini adalah menggunakan teknik *purposive sampling*, yaitu pengambilan sampel yang dilakukan berdasarkan pertimbangan-pertimbangan tertentu sesuai dengan tujuan dari penelitian (Masri Singaribun dan Sofian Effendi, 1995:169)

Teknik dan Metode Pengumpulan Data

Metode ini pengumpulan data yang digunakan adalah metode data pengumpulan sekunder, antara lain:

- Internet
- Literatur
- Kajian dokumen
- Brosur dan buku-buku yang ada di perpustakaan

3.3.1 Identifikasi Variabel

a. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah merupakan variabel yang menjadi sebab berubahnya atau timbulnya variabel terikat (Sugiyono, 1997: 21). Dalam penelitian ini variabel bebasnya adalah variasi kecepatan putaran mesin bensin 4 langkah pada kecepatan putaran mesin 1000 rpm, 1500 rpm, 2000 rpm, 2500 rpm dan 3000 rpm.

b. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat karena adanya variabel bebas (Sugiyono, 1997: 21). Variabel terikat dalam penelitian ini adalah nilai *COP* (*Coefficient of Performance*).

c. Variabel Kontrol

Variabel control adalah variabel yang dikendalikan dan dibuat konstan sehingga peneliti dapat melakukan penelitian yang bersifat membandingkan (Sugiyono, 1997:21).

Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah:

- Suhu ruangan yang konstan
- Mesin refrigerant daur kompresi uap yang bekerja normal dan konstan
- Mobil Toyota tahun keluaran 2003
- Menggunakan refrigerant – 12 (R – 12)

3.3.2 Desain Eksperimen

“Desain Eksperimen adalah langkah-langkah lengkap yang perlu diambil jauh sebelum eksperimen dilakukan agar data yang semestinya diperlukan dapat diperoleh sehingga akan membawa kepada analisis obyektif dan kesimpulan yang berlaku untuk persoalan-persoalan yang dibahas”. (Sudjana, 1995: 7)

Pada penelitian ini terdapat satu variabel bebas, yang pada desain eksperimen disebut factor. Factor pada penelitian ini adalah perubahan putaran mesin pada kecepatan 1000 rpm, 1500 rpm, 2000 rpm, 2500 rpm dan 3000 rpm dan masing-masing perlakuan dilakukan replikasi sebanyak lima kali sehingga diperoleh sample sebanyak 25 sampel. .

Dengan demikian desain eksperimen yang digunakan dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel. 1 Desain Ekperimen Faktorial

| Sumber Varian | Perlakuan | | | | |
|----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 1000rpm | 1500rpm | 2000rpm | 2500rpm | 3000rpm |
| | Y_{11} | Y_{21} | Y_{31} | Y_{41} | Y_{51} |
| | Y_{12} | Y_{22} | Y_{32} | Y_{42} | Y_{52} |
| Nilai COP AC Mobil | Y_{13} | Y_{23} | Y_{33} | Y_{43} | Y_{53} |
| | Y_{14} | Y_{24} | Y_{34} | Y_{44} | Y_{54} |
| | Y_{15} | Y_{25} | Y_{35} | Y_{45} | Y_{55} |
| Jumlah | J_1 | J_2 | J_3 | J_4 | J_5 |
| Banyaknya Pengamatan | n_1 | n_2 | n_3 | n_4 | n_5 |
| Rata-rata | \bar{Y}_1 | \bar{Y}_2 | \bar{Y}_3 | \bar{Y}_4 | \bar{Y}_5 |

Sumber: Sudjana, 1996:303

3.4 Teknik Analisa Data

Dalam penelitian ini analisa data yang digunakan adalah analisa varian satu arah. Namun sebelumnya terlebih dahulu dilakukan uji persyaratan analisis yaitu uji normalitas dan uji homogenitas. Pola yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

3.4.1 Uji Pra Syarat Analisis

a. Uji Normalitas

Uji ini bertujuan untuk mengetahui apakah data pada variabel-variabel penelitian berasal dari populasi yang berdistribusi normal atau tidak. Uji normalitas yang digunakan dalam penelitian ini adalah uji normalitas liliefors. Adapun prosedur yang ditempuh dalam pengujian ini, sebagai berikut:

- Tentukan hipotesis

H_0 = Sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal

H_i = Sampel berasal dari populasi yang tidak berdistribusi normal

- Tentukan taraf nyata = 0,01
- Pengamatan X_1 (data pengamatan dari yang terbesar sampai yang terkecil) di ubah menjadi bilangan baku Z_1 dengan transformasi:

$$Z_1 = \frac{x_1 - \mu}{S}$$

$$\mu = \frac{\sum x_i}{n}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{(n - 1)}}$$

- Untuk setiap bilangan baku ini dan menggunakan daftar distribusi normal baku, kemudian di hitung peluang $F(Z_1) = P(Z \leq Z_1)$
- Selanjutnya dihitung proporsi Z_1, Z_2, \dots, Z_n yang lebih kecil atau sama dengan Z_1 . jika proporsi ini dinyatakan oleh $S(Z_1)$, dimana:

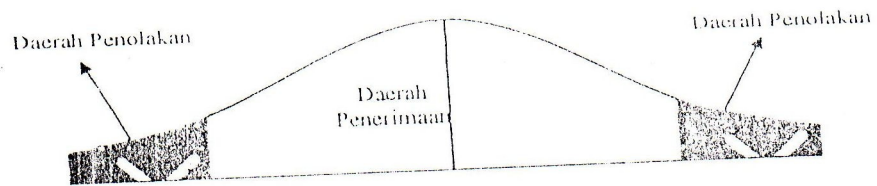
$$S(z_1) = \frac{\text{banyaknya } Z_1, Z_2, \dots, Z_n}{n}$$

- a) Statistik penguji $L_o = \max [F(Z_1) - S(Z_1)]$, dan
- b) Daerah kritik (daerah penolakan H_0):

H_0 diterima apabila $L_o < L(\alpha, n)$

H_0 ditolak apabila $L_o > L(\alpha, n)$

Gambar 3.4.1 Grafik Distribusi Penolakan atau Penerimaan



Sumber : Budiyono, 2000 : 170

b. Uji Homogenitas

Untuk menguji kesamaan beberapa buah rata-rata, maka digunakan uji bartlett. Adapun prosedur yang digunakan sebagai berikut:

- Tentukan hipotesis

$$H_0 = \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_k^2 \text{ (varian homogen)}$$

$$H_1 = \text{tidak semua varian sama (varian tidak homogen)}$$

- Tentukan taraf nyata = 0,01
- Untuk uji Bartlett digunakan rumus :

$$X^2 = (\ln 10) \{B - \sum (n_i - n) \log S^2\}$$

Dimana:

$$B = \text{Koefisien Bartlett (} B = \log S^2 - \sum (n_{i-1})$$

n_i = banyaknya anggota sampel

S^2 = variabel gabungan dari semua sample

S = simpangan baku tiap variabel

Tabel 2 Harga-harga untuk Uji Bartlett

| Sampel | d_k | $1/d_k$ | S_i^2 | $\text{Log}S_i^2$ | $(d_k \cdot \text{log}S_i^2)$ |
|--------|-----------------|--------------------|---------|-------------------|----------------------------------|
| 1 | n_{1-1} | $(1/n_{1-1})$ | S_1^2 | $\text{Log}S_1^2$ | $(n_{1-1}) \text{log}S_1^2$ |
| 2 | n_{2-2} | $(1/n_{2-1})$ | S_2^2 | $\text{Log}S_2^2$ | $(n_{2-1}) \text{log}S_2^2$ |
| | | | | | |
| k | n_{k-1} | $(1/n_{k-1})$ | S_k^2 | $\text{Log}S_k^2$ | $(n_{k-1}) \text{log}S_k^2$ |
| Jumlah | $\sum(n_{i-1})$ | $\sum (1/n_{i-1})$ | | | $\sum (n_{i-1}) \text{log}S_i^2$ |

- Daerah kritik (daerah penolakan H_0)

H_0 diterima jika $X > X_{(1-\alpha)(k-1)}$

H_0 ditolak jika $X < X_{(1-\alpha)(k-1)}$

(Sumber : Sudjana, 1996:263)

3.4.2 Uji Analisis Data

a. Uji Analisa Satu Arah

Uji yang digunakan untuk mengetahui apakah ada pengaruh perubahan kecepatan putaran mesin mobil terhadap nilai COP AC mobil adalah Uji Analisa Varian Satu Arah. Rumusnya sebagai berikut:

Tabel 3 Rumus Uji Analisis Varian Satu Arah

| Variasi | D_k | J_k | K_T | F |
|----------------|-----------------|------------|-----------------------|-------|
| Rata-rata | 1 | R_y | $R=R_y/1$ | A/D |
| Antar kelompok | $K-1$ | A_y | $A=A_y/(K-1)$ | A/D |
| Dalam kelompok | $\sum(n_{i-1})$ | D_y | $D=D_y/\sum(n_{i-1})$ | A/D |
| Jumlah | $\sum n_i$ | $\sum y^2$ | | |

$$R_y = j^2 / \sum n_i, \text{ dengan } J_1, J_2, J_3, \dots, J_n$$

$$A_y = \sum (J^2 / n_i) - R_y$$

$\sum Y^2$ = jumlah kuadrat-kuadrat dari semua nilai pengamatan

$$D_y = \sum Y^2 - R_y - A_y$$

Dari F_{hitung} yang diperoleh dan dihubungkan dengan F_{tabel} yang mempunyai d_k pembilang $V_1 = k - 1$, dan d_k penyebut $V_2 = (n_1 + n_2 + \dots + n_{k-k})$ serta dengan $\alpha = 0,01$. Tolak H_0 jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ dimana $F_{(1-\alpha)(V_1, V_2)}$ didapat dari daftar distribusi F dengan peluang $(1-\alpha)$ dan $d_k (V_1, V_2)$. (Sumber Sudjana, 1996:304)

b. Uji rata-rata Sesudah Eksperimen

Uji ini digunakan untuk mengetahui apakah perbedaan ini bisa dikatakan signifikan atau tidak. Pengujian ini menggunakan Uji Scheffe. Adapun prosedur yang harus dilakukan sebagai berikut:

- Identifikasikan semua pasangan komparasi rata-rata yang ada. Jika terdapat k , maka ada $\{k(k-1)/2\}$ pasangan rata-rata dan rumus hipotesa yang sesuai dengan komparasi tersebut.
- Tentukan tingkat signifikansi α (pada umumnya α yang di pilih sama dengan uji analisa variannya).
- Carilah nilai statistik uji F dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$F_{i-j} = \frac{(x_i - x_j)^2}{RKG \left[\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j} \right]}$$

Dengan:

F_{i-j} = Nilai F_{obyek} pada perbandingan ke- i dan perlakuan ke- j

X_i = Rataan sample ke - i

X_j = rata-rata sample ke - j

R_{KG} = rata-rata kuadrat galat, yang diperoleh dari hasil perhitungan analisa variannya

N_i = ukuran sample ke – i

N_j = ukuran sample ke – j

- Tentukan daerah kritik dengan formula berikut:

$$D_k = \{ F/F > (F-1)F\alpha, k-1, n-k \}$$

- Tentukan keputusan uji untuk masing-masing komparasi
- Tentukan kesimpulan dari keputusan uji yang ada

(Sumber Budiyono, 2000;1998)

Tabel 4 Data Hasil Transformasi Nilai COP AC Mobil

| Sumber Variasi | Perubahan Putaran Mesin | | | | |
|--------------------|-------------------------|----------|----------|----------|----------|
| | 1000 rpm | 1500 rpm | 2000 rpm | 2500 rpm | 3000 rpm |
| | 4,47 | 4,73 | 5,47 | 5,28 | 3,85 |
| | 4,48 | 4,77 | 5,52 | 5,3 | 3,85 |
| Nilai COP AC Mobil | 4,53 | 4,78 | 5,58 | 5,33 | 3,88 |
| | 4,74 | 4,8 | 5,6 | 5,37 | 4 |
| | 4,78 | 4,82 | 5,65 | 5,4 | 4,04 |

BAB IV

HASIL PENELITIAN

4.1 Deskripsi Data

Seperti yang dijelaskan pada BAB III bahwa data yang diperoleh dari hasil penelitian ini berupa angka-angka (nilai) dari *Coefficient of Performance (COP)* atau nilai unjuk kerja dari AC Mobil. Data tersebut diperoleh dari pengukuran temperatur yang keluar dari kondensor dan evaporator yang digunakan untuk mencari entalphy dari masing-masing temperatur, nilai *Coefficient of Performance (COP)* tersebut diukur dari harga rata-rata lima buah titik sampel (spesimen). Jumlah sampel dalam penelitian ini adalah lima buah sample uji dengan replika sebanyak lima kali. Hasil pengujian dari tiap-tiap kelompok variasi perubahan kecepatan putaran mesin dapat dilihat dalam tabel di bawah ini:

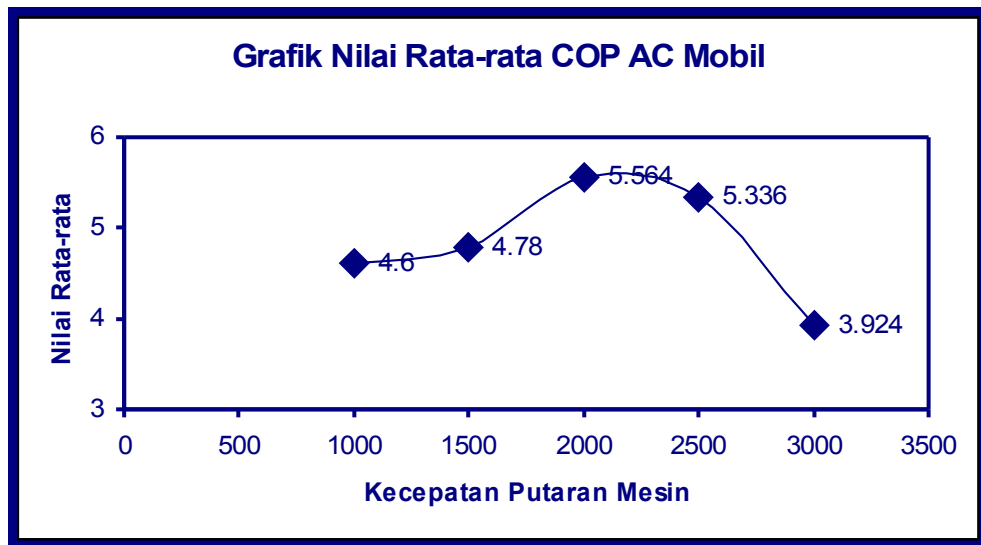
Tabel 5. Data Nilai COP AC Mobil Berbagai Tingkat Kecepatan

| Sumber Varian | Kecepatan Putaran Mesin (rpm) | | | | |
|-----------------------|-------------------------------|-------------|-------------|-------------|----------|
| | 1000 rpm | 1500 rpm | 2000 rpm | 2500 rpm | 3000 rpm |
| Nilai COP AC Mobil | 4.47 | 4.73 | 5.47 | 5.28 | 3.85 |
| | 4.48 | 4.77 | 5.52 | 5.3 | 3.85 |
| | 4.53 | 4.78 | 5.58 | 5.33 | 3.88 |
| | 4.74 | 4.8 | 5.6 | 5.37 | 4 |
| | 4.78 | 4.82 | 5.65 | 5.4 | 4.04 |
| Jumlah | 23 | 23.9 | 27.82 | 26.68 | 19.62 |
| Rata-rata | 4.6 | 4.78 | 5.564 | 5.336 | 3.924 |

Dengan adanya perubahan kecepatan putaran mesin diperoleh rata-rata nilai COP AC mobil yaitu pada kecepatan putaran mesin 1000 rpm sebesar 4,6; pada kecepatan putaran mesin 1500 rpm sebesar 4,76; pada kecepatan putaran mesin 2000 rpm sebesar 5,564; pada kecepatan putaran mesin 2500 rpm sebesar 5,336; pada kecepatan putaran mesin 3000 rpm sebesar 3,924.

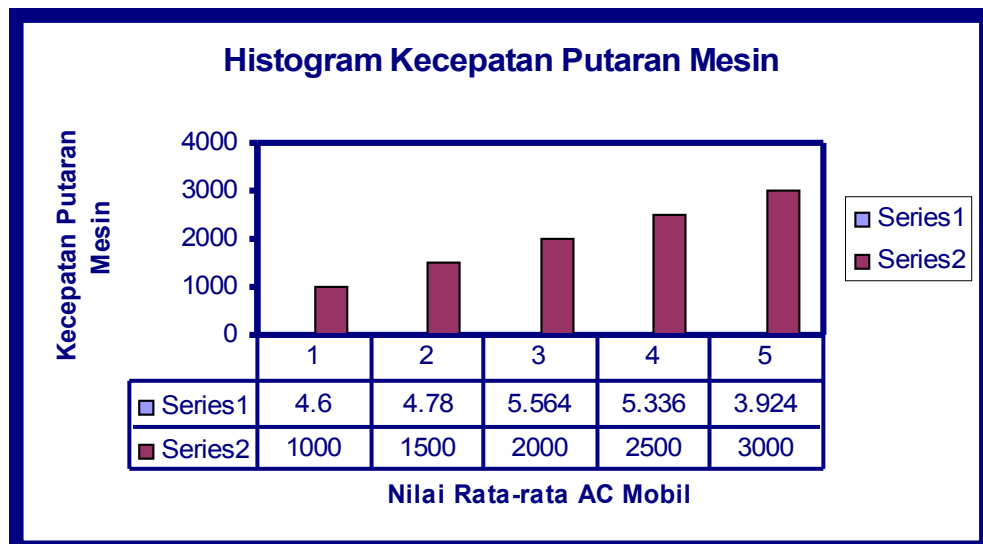
Bila dilihat dari rata-rata hitung (*mean*) nilai *Coefficient of Performance (COP)* AC Mobil kelima eksperimen pada perubahan kecepatan putaran mesin di dapat perbedaan yang relative kecil, harga mean cenderung meningkat seiring dengan semakin tingginya kecepatan putaran mesin. Harga *Coefficient of Performance (COP)* akan maksimal pada putaran 2000 rpm dan akan turun pada putaran mesin 3000 rpm. Hal tersebut dapat dilihat pada grafik di bawah ini:

Gambar 4.1a Grafik Nilai Rata-rata COP AC Mobil



Setelah melihat grafik hasil perhitungan nilai COP AC mobil dengan perubahan kecepatan putaran diatas, maka dapat digambarkan perbandingan nilai COP AC mobil pada masing-masing perubahan putaran mesin.

Gambar 4.1b Histogram Kecepatan Putaran Mesin



Berdasarkan deskripsi data perhitungan nilai COP AC mobil dapat disimpulkan bahwa perubahan kecepatan putaran mesin mobil menghasilkan nilai *Coefficient of Performance (COP)* atau unjuk kerja AC mobil yang berbeda-beda. Pada kecepatan putaran mesin 2000 rpm nilai unjuk kerja COP AC mobil pada

keadaan optimal karena didapat nilai *Coefficient of Performance (COP)* sebesar 5,564.

4.2 Pengujian Persyaratan Analisis

Penelitian ini termasuk dalam kategori penelitian eksperimen, maka pengujian persyaratan analisisnya dengan menggunakan uji normalitas dan uji homogenitas.

- Uji normalitas

Pengujian normalitas populasi dalam penelitian ini menggunakan uji Lilliefors. Penelitian ini menggunakan beberapa sampel yang akan di uji apakah berasal dari populasi yang berdistribusi normal atau tidak.

Hipotesa dapat ditolak atau diterima dengan membandingkan L_0 ini dengan nilai kritis yang di ambil dari daftar nilai kritis uji Lilliefors sesuai taraf yang dipilih. Jika $L_0 < L$ dan dalam daftar pada taraf nyata $\alpha = 0,01$ dengan ukuran sample $n = 5$, maka hipotesis nol diterima dan populasinya homogen.

Hasil perhitungan setelah dilakukan uji normalitas dengan metode Lilliefors didapatkan harga mutlak L_0 terbesar dari tiap populasi adalah sebagai berikut:

Tabel 6. Hasil Perhitungan Uji Lilliefors

| | Perubahan Kecepatan Putaran Mesin | | | | |
|-----------|-----------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| | 1000 rpm | 1500 rpm | 2000 rpm | 2500 rpm | 3000 rpm |
| Lo Hitung | 0.2808 | 0.1292 | 0.1357 | 0.1673 | 0.2879 |

Hasil perhitungan uji normalitas dengan metode Lilliefors yang telah di dapat harganya didalam tabel diatas.

Harga-harga mutlak L_0 ternyata $<$ harga kritis L dengan $\alpha = 0,01$ dan $n = 5$ adalah $0,405$. Sedangkan populasi tersebut dinyatakan mempunyai data yang berdistribusi normal. Hasil perhitungan yang lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran uji normalitas.

- Uji Homogenitas

Uji homogenitas digunakan untuk menguji kesamaan beberapa buah rata-rata. Misalnya populasi yang mempunyai varian homogen $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \sigma_4^2 = \sigma_5^2$.

Hipotesis uji homogenitas adalah:

$$H_0 = \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \sigma_4^2 = \sigma_5^2 \text{ (populasi-populasi homogen)}$$

$$H_1 = \text{Tidak semua varian sama (populasi-populasi tidak homogen)}$$

Perhitungan uji Bartlett untuk kelima sample didapat harga-harga sebagai berikut:

Tabel 7 Ringkasan Hasil Perhitungan Uji Bartlett

| Sampel ke | d_k | $1/d_k$ | S_i^2 | $\text{Log } S_i^2$ | $d_k \text{ Log } S_i^2$ |
|-----------|-------|---------|---------|---------------------|--------------------------|
| 1 | 4 | 0.25 | 0.02205 | -1.657 | -6.626 |
| 2 | 4 | 0.25 | 0.00115 | -2.939 | -11.757 |
| 3 | 4 | 0.25 | 0.00493 | -2.307 | -9.228 |
| 4 | 4 | 0.25 | 0.00243 | -2.614 | -10.457 |
| 5 | 4 | 0.25 | 0.00803 | -2.095 | -8.381 |

$$S^2 = \frac{(\sum dk \cdot S_i^2)}{\sum dk}$$

$$S^2 = 0,007718$$

$$\text{Log } S_i^2 = -2.1124295226$$

$$\text{Koef B} = \sum d_k \cdot \text{Log } S_i^2 = 20 \times -2.1124295226 = 42.24990452$$

$$x_{hitung}^2 = \ln 10(B - \sum dk \cdot \log S_i^2)$$

$$\ln 10 = 2,302585093$$

$$B - \sum dk \cdot \log S_i^2 = -42,24990452 - (-46,4508993)$$

$$= 4,2000994795$$

Ternyata harga X^2 hitung = 9,673147992 lebih kecil dari X^2 tabel = 13,3 dengan taraf nyata $\alpha = 0,01$ dan $d_k = 4$, sehingga sample-sampel tersebut mempunyai data yang berasal dari populasi homogen dengan taraf nyata $\alpha = 0,01$.

4.3 Pengujian Hipotesis

4.3.1 Hasil Pengujian Hipotesis dengan Anova Satu Arah

Untuk menguji apakah pernyataan yang dikemukakan dalam perumusan hipotesis diterima atau ditolak dilakukan perhitungan hipotesis. Dalam penelitian ini pengujian hipotesis yang digunakan untuk menguji apakah ada pengaruh perubahan kecepatan putaran mesin terhadap nilai *Coefficient Of Performance* (COP) atau nilai unjuk kerja AC mobil.

Pengujian hipotesis yang digunakan adalah dengan menggunakan uji analisis varian satu arah. Uji analisis varian satu arah ini menggunakan data-data sebagai berikut:

Table 8 Ringkasan Anova Satu arah

| Sumber Varian | d_k | J_K | K_T | F_o |
|----------------|-------|----------|----------|----------|
| Rata-rata | 1 | 585.8336 | 585.336 | |
| Antar kelompok | 4 | 8.352224 | 2.088056 | 270.5437 |
| Dalam kelompok | 20 | 0.15436 | 0.007718 | |
| Jumlah | 25 | 594.3402 | | |

Sumber : Hasil Analisis Data

Dimana : $J_K =$ Jumlah Kuadrat

K_T = Kuadrat Tengah

d_k = Derajat kebebasan

Hasil perhitungan anova satu arah memperlihatkan bahwa harga $F_o = 270,5437$. sedangkan F_t dengan d_k pembilang 4 dan penyebut 20 dengan taraf nyata $\alpha = 0,01$ didapat F table (F_t) = 4,43, jadi $F_o > F_t$, sehingga hipotesa kerja (H_A) yang menyatakan “Ada pengaruh perubahan putaran mesin terhadap nilai *Coefficient of Performance (COP)* AC mobil” diterima. Dengan demikian ada pengaruh perubahan kecepatan putaran mesin pada kecepatan 1000 rpm, 1500 rpm, 2000 rpm, 2500 rpm dan 3000 rpm terhadap nilai *Coefficient of Performance (COP)* AC mobil atau unjuk kerja AC mobil.

4.3.2 Hasil Komparasi antar Kolom Pasca Anova Satu Arah

Setelah dilakukan analisis data dengan menggunakan analisa varian satu arah yang berfungsi untuk melihat perbedaan rata-rata tiap kecepatan putaran mesin dan dilanjutkan dengan komparasi antar kolom. Komparasi antar kolom setelah anova yang dilakukan adalah dengan menggunakan uji scheffe untuk analisis varian satu arah.

Hasil perhitungan uji scheffe untuk masing-masing komparasi dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Table 9 Hasil Komparasi Antar Kelompok dengan Metode Scheffe

| No | Komparasi | F_{abs} | $F_{\alpha; k-1; n-k}$ | Kesimpulan |
|----|---------------------|-----------|------------------------|---------------------|
| 1 | 1000 rpm : 1500 rpm | 10,49495 | 17.72 | Tidak ada perbedaan |
| 2 | 1000 rpm : 2000 rpm | 301.0158 | 17.72 | Ada perbedaan |
| 3 | 1000 rpm : 2500 rpm | 175.4651 | 17.72 | Ada perbedaan |
| 4 | 1000 rpm : 3000 rpm | 148.0228 | 17.72 | Ada perbedaan |
| 5 | 1500 rpm : 3000 rpm | 199.0982 | 17.72 | Ada perbedaan |
| 6 | 1500 rpm : 2000 rpm | 100.1347 | 17.72 | Ada perbedaan |
| 7 | 1500 rpm : 2500 rpm | 237.3465 | 17.72 | Ada perbedaan |
| 8 | 2000 rpm : 2500 rpm | 16.83856 | 17.72 | Ada perbedaan |
| 9 | 2000 rpm : 3000 rpm | 871.2102 | 17.72 | Ada perbedaan |
| 10 | 2500 rpm : 3000 rpm | 645.8089 | 17.72 | Ada perbedaan |

4.4 Pembahasan Hasil Analisis Data

Berdasarkan pengujian hasil analisis data yang bertujuan untuk melihat apakah ada pengaruh perubahan putaran mesin terhadap *Coefficient of Performance* (COP) atau nilai unjuk kerja AC mobil telah diterima, yaitu dari hasil perhitungan uji statistik anova satu arah didapat harga dari $F_{hitung} = 270,5437$ dan $F_{hitung} = 4,43$ pada taraf nyata $\alpha = 0,01$ dengan demikian harga dari F_{hitung} lebih besar dibandingkan F_{hitung} , maka hipotesis nihil (H_0) ditolak, sedangkan hipotesis kerja (H_a) diterima. Dengan demikian dapat diketahui bahwa ada pengaruh perubahan kecepatan putaran mesin 1000 rpm, 1500 rpm, 2000 rpm, 2500 rpm dan 3000 rpm terhadap nilai *Coefficient of Performance* (COP) atau nilai unjuk kerja AC mobil.

Dengan perubahan kecepatan putaran mesin yang berbeda-beda, memberikan pengaruh yang berbeda-beda pula. Pada kecepatan putaran mesin 2000 rpm nampak mempunyai pengaruh yang optimal, AC mobil dapat bekerja baik pada awal putaran yaitu pada kecepatan putaran 1000 rpm (mesin AC mobil

mulai bekerja. Kompresor AC bekerja tapi belum optimal karena sebagai tenaga penggerak, mesin mobil memerlukan tenaga yang besar untuk dapat mengoperasikan kompresor. Sehingga dapat diartikan bahwa beban dari mesin mobil terlalu besar pada kecepatan ini. Pada kecepatan putaran 2000 rpm kerja dari komponen-komponen AC mobil optimal karena kecepatan kompresor dalam mengalirkan refrigerant sesuai dengan yang dibutuhkan oleh komponen-komponen AC yang lainnya, dan apabila kecepatan putaran ditambah kinerja AC akan menurun.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan teori dan analisa data yang telah diuraikan di atas, maka dapat ditarik suatu kesimpulan sebagai berikut;

1. Perubahan putaran mesin pada kecepatan 1000 rpm, 1500 rpm, 2000 rpm, 2500 rpm dan 3000 rpm berpengaruh terhadap nilai *Coefficient Of Performance* (COP) atau nilai unjuk kerja pada AC mobil, ini ditunjukkan dengan harga $F_0 = 270,54$ sedangkan $F_t=4,43$ pada taraf signifikansi 0,01 sehingga $F_0 > F_t$. Berarti H_A diterima.
2. Nilai *Coefficient Of Performance* (COP) atau nilai unjuk kerja dari AC mobil akan optimal pada kecepatan putaran mesin 2000 rpm, ini ditunjukkan dengan hasil perhitungan rata-rata pada kecepatan 2000 rpm

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan maka dapat disampaikan saran-saran sebagai berikut:

- .a Penelitian selanjutnya sangat baik, apabila nilai *Coefficient Of Performance (COP)* atau nilai unjuk kerja dari AC mobil dengan menggunakan perbandingan refrigeran R – 11, R – 12 dan R – 143a.
- .b Untuk mendapatkan efek pendinginan yang optimal dari komponen-komponen AC mobil dapat dicoba ditambahkan alat untuk mengatur kecepatan blower yang dikenal dengan istilah resistor blower.

DAFTAR PUSTAKA

1. Aris Munandar, Wiranto dan Sito, Heizo. Penyegaran Udara. PT. Pradnya
Paramita : Jakarta 1981
2. Holman, J.P. Perpindahan Kalor (*Heat Transfer*). Terjemahan E. Jasfe
Erlangga : Jakarta. 1984
3. Handoko, K. Alat Kontrol Mesin Pendingin. PT. Ichtiar Baru : Jakarta 1987
4. Nippodenso. Buku Pedoman Dasar Pengetahuan AC Mobil. 2000.
5. Sanden. Petunjuk Teknis AC Mobil. Sanden 1996.
6. Stoecker, W.F dan Jones, J.W. Refrigerasi dan Pengkondisian Udara.
Terjemahan Supratman Hara. Erlangga : Jakarta. 1992.
7. Sudjana, Metode Penelitian. Tarsito : Bandung. 1996.
8. Sudjana, Metoda Statistik Edisi 6. Tarsito : Bandung. 2006.
9. Toyota. Dasar-dasar Air Condition. PT. Toyota Astra Motor : Jakarta. 1986.
10. William C Reynolds dan Henry C Perkin terjemahan Filino Harahap
Termodinamika Teknik. Erlangga : Jakarta.

LAMPIRAN 1

DATA PENGUKURAN TEKANAN DAN SUHU

| No | Kecepatan(rpm) | n | TEKANAN (MPa) | | | | Temperatur(F) | |
|----|----------------|---|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|------------|
| | | | Kondensor | | Evaporator | | Kondensor | Evaporator |
| | | | P ₂ | P ₃ | P ₄ | P ₁ | | |
| 1 | 1000 | 1 | 1,02 | 1,03 | 0,38 | 0,37 | 95 | 18,75 |
| | | 2 | 1,02 | 1,03 | 0,38 | 0,37 | 95 | 18,78 |
| | | 3 | 1,03 | 1,03 | 0,38 | 0,37 | 95,3 | 18,45 |
| | | 4 | 1,02 | 1,03 | 0,38 | 0,38 | 95,4 | 18,5 |
| | | 5 | 1,03 | 1,03 | 0,38 | 0,38 | 95,5 | 18,55 |
| 2 | 1500 | 1 | 1,03 | 1,03 | 0,35 | 0,34 | 95,35 | 18,5 |
| | | 2 | 1,03 | 1,03 | 0,35 | 0,35 | 95,45 | 18,5 |
| | | 3 | 1,08 | 1,07 | 0,35 | 0,35 | 95,5 | 18,55 |
| | | 4 | 1,03 | 1,03 | 0,35 | 0,34 | 95,55 | 18,6 |
| | | 5 | 1,03 | 1,03 | 0,35 | 0,34 | 95,6 | 18,65 |
| 3 | 2000 | 1 | 1,09 | 1,09 | 0,31 | 0,31 | 96 | 19,5 |
| | | 2 | 1,09 | 1,09 | 0,31 | 0,30 | 96 | 20 |
| | | 3 | 1,05 | 1,04 | 0,31 | 0,30 | 95,7 | 20 |
| | | 4 | 1,09 | 1,09 | 0,31 | 0,31 | 96,2 | 19,7 |
| | | 5 | 1,09 | 1,09 | 0,31 | 0,31 | 95,5 | 20 |
| 4 | 2500 | 1 | 1,20 | 1,19 | 0,30 | 0,30 | 96,2 | 20 |
| | | 2 | 1,18 | 1,19 | 0,30 | 0,30 | 96,19 | 20 |
| | | 3 | 1,21 | 1,20 | 0,30 | 0,30 | 96,2 | 20,2 |
| | | 4 | 1,20 | 1,19 | 0,28 | 0,28 | 96,2 | 20,1 |
| | | 5 | 1,20 | 1,19 | 0,28 | 0,28 | 96,22 | 20,2 |
| 5 | 3000 | 1 | 1,28 | 1,27 | 0,29 | 0,28 | 98 | 18,5 |
| | | 2 | 1,28 | 1,27 | 0,28 | 0,28 | 98 | 18,5 |
| | | 3 | 1,31 | 1,30 | 0,28 | 0,27 | 98 | 18,55 |
| | | 4 | 1,30 | 1,30 | 0,28 | 0,27 | 98 | 18,60 |
| | | 5 | 1,28 | 1,27 | 0,28 | 0,27 | 98 | 18,65 |

LAMPIRAN 2

DATA PERHITUNGAN TEMPERATUR DAN ENTHALPHY

| No | Kecepatan(rpm) | n | Temperatur(F) | | Enthalphy (Btu/lb) | | | |
|----|----------------|---|---------------|------------|--------------------|----------------|----------------|----------------|
| | | | Kondensor | Evaporator | Kondensor | | Evaporator | |
| | | | | | h ₁ | h ₂ | h ₃ | h ₄ |
| 1 | 1000 | 1 | 95 | 18,75 | 87,88 | 28 | 28 | 76,93 |
| | | 2 | 95 | 18,78 | 87,88 | 28 | 28 | 76,95 |
| | | 3 | 95,3 | 18,45 | 87,84 | 28,5 | 28,5 | 77,1 |
| | | 4 | 95,4 | 18,5 | 87,85 | 28,5 | 28,5 | 77,46 |
| | | 5 | 95,5 | 18,55 | 87,79 | 28,55 | 28,55 | 77,54 |
| 2 | 1500 | 1 | 95,35 | 18,5 | 87,78 | 28,5 | 28,5 | 77,43 |
| | | 2 | 95,45 | 18,5 | 87,76 | 28,55 | 28,55 | 77,49 |
| | | 3 | 95,5 | 18,55 | 87,79 | 28,55 | 28,55 | 77,54 |
| | | 4 | 95,55 | 18,6 | 87,82 | 28,65 | 28,65 | 77,62 |
| | | 5 | 95,6 | 18,65 | 87,88 | 28,7 | 28,7 | 77,71 |
| 3 | 2000 | 1 | 96 | 19,5 | 88,88 | 29,92 | 29,92 | 79,7 |
| | | 2 | 96 | 20 | 88,8 | 29,9 | 29,9 | 79,77 |
| | | 3 | 95,7 | 20 | 88,78 | 29,49 | 29,49 | 79,77 |
| | | 4 | 96,2 | 19,7 | 88,79 | 29,93 | 29,93 | 79,72 |
| | | 5 | 95,5 | 20 | 88,76 | 29,98 | 29,98 | 79,77 |
| 4 | 2500 | 1 | 96,2 | 20 | 88,8 | 32,09 | 32,09 | 79,77 |
| | | 2 | 96,19 | 20 | 88,79 | 31,96 | 31,96 | 79,77 |
| | | 3 | 96,2 | 20,2 | 88,8 | 31,83 | 31,83 | 79,8 |
| | | 4 | 96,2 | 20,1 | 88,8 | 31,41 | 31,41 | 79,79 |
| | | 5 | 96,22 | 20,2 | 88,82 | 31,09 | 31,09 | 79,8 |
| 5 | 3000 | 1 | 98 | 18,5 | 89 | 32,55 | 32,55 | 77,36 |
| | | 2 | 98 | 18,5 | 89 | 32,55 | 32,55 | 77,36 |
| | | 3 | 98 | 18,55 | 89 | 332,5 | 332,5 | 77,42 |
| | | 4 | 98 | 18,60 | 88,9 | 32,45 | 32,45 | 77,61 |
| | | 5 | 98 | 18,65 | 88,9 | 32,4 | 32,4 | 77,68 |

LAMPIRAN 3

DATA PERHITUNGAN DAMPAK PENDINGINAN

| No | Kecepatan(rpm) | n | TEKANAN (MPa) | | Dampak Pendinginan |
|----|----------------|---|----------------|----------------|--------------------|
| | | | Kondensor | Evaporator | Btu/lb |
| | | | h ₄ | h ₁ | |
| 1 | 1000 | 1 | 28 | 76,96 | 48,93 |
| | | 2 | 28 | 76,95 | 48,95 |
| | | 3 | 28,5 | 77,1 | 48,6 |
| | | 4 | 28,5 | 77,46 | 48,96 |
| | | 5 | 28,55 | 77,54 | 48,99 |
| 2 | 1500 | 1 | 28,5 | 77,43 | 48,93 |
| | | 2 | 28,55 | 77,49 | 48,94 |
| | | 3 | 28,55 | 77,54 | 48,99 |
| | | 4 | 28,65 | 77,62 | 48,97 |
| | | 5 | 28,7 | 77,71 | 49,02 |
| 3 | 2000 | 1 | 29,92 | 79,7 | 49,78 |
| | | 2 | 29,9 | 79,77 | 49,87 |
| | | 3 | 29,49 | 79,77 | 49,28 |
| | | 4 | 29,93 | 79,72 | 49,79 |
| | | 5 | 29,98 | 79,77 | 49,79 |
| 4 | 2500 | 1 | 32,09 | 79,77 | 47,68 |
| | | 2 | 31,96 | 79,77 | 47,81 |
| | | 3 | 31,83 | 79,8 | 47,97 |
| | | 4 | 31,41 | 79,79 | 48,38 |
| | | 5 | 31,09 | 79,8 | 48,71 |
| 5 | 3000 | 1 | 32,55 | 77,36 | 44,81 |
| | | 2 | 32,55 | 77,36 | 44,81 |
| | | 3 | 332,5 | 77,42 | 44,92 |
| | | 4 | 32,45 | 77,61 | 44,16 |
| | | 5 | 32,4 | 77,68 | 44,28 |

Dampak pendinginan (Dp)

$$D_p = (h_1 - h_4) \text{ Btu/lb}$$

LAMPIRAN 4

DATA PERHITUNGAN KERJA KOMPRESI

| No | Kecepatan(rpm) | n | Entalphy Kompresor | | Dampak Pendinginan |
|----|----------------|---|--------------------|----------------|--------------------|
| | | | h ₁ | h ₂ | Btu/lb |
| 1 | 1000 | 1 | 76,93 | 87,88 | 48,93 |
| | | 2 | 76,95 | 87,88 | 48,95 |
| | | 3 | 77,1 | 87,84 | 48,6 |
| | | 4 | 77,46 | 87,85 | 48,96 |
| | | 5 | 77,54 | 87,79 | 48,99 |
| 2 | 1500 | 1 | 77,43 | 87,78 | 48,93 |
| | | 2 | 77,49 | 87,76 | 48,94 |
| | | 3 | 77,54 | 87,79 | 48,99 |
| | | 4 | 77,62 | 87,82 | 48,97 |
| | | 5 | 77,71 | 87,88 | 49,02 |
| 3 | 2000 | 1 | 79,7 | 88,88 | 49,78 |
| | | 2 | 79,77 | 88,8 | 49,87 |
| | | 3 | 79,77 | 88,78 | 49,28 |
| | | 4 | 79,72 | 88,79 | 49,79 |
| | | 5 | 79,77 | 88,76 | 49,79 |
| 4 | 2500 | 1 | 79,77 | 88,8 | 47,68 |
| | | 2 | 79,77 | 88,79 | 47,81 |
| | | 3 | 79,8 | 88,8 | 47,97 |
| | | 4 | 79,79 | 88,8 | 48,38 |
| | | 5 | 79,8 | 88,82 | 48,71 |
| 5 | 3000 | 1 | 77,36 | 89 | 44,81 |
| | | 2 | 77,36 | 89 | 44,81 |
| | | 3 | 77,42 | 89 | 44,92 |
| | | 4 | 77,61 | 88,9 | 44,16 |
| | | 5 | 77,68 | 88,9 | 44,28 |

Perhitungan kerja kompresi adalah selisih refrigerant yang masuk dan yang keluar dari kompresor.

$$\text{Kerja kompresi} = (h_2 - h_1) \text{ Btu /lb}$$

LAMPIRAN 5

DATA PENGUKURAN ENTHALPHY DAN COP

| No | Kecepatan(rpm) | n | Enthalphy (Btu/lb) | | | | COP |
|----|----------------|---|--------------------|----------------|----------------|----------------|------|
| | | | Kondensor | | Evaporator | | |
| | | | h ₁ | h ₂ | h ₃ | h ₄ | |
| 1 | 1000 | 1 | 87,88 | 28 | 28 | 76,93 | 4,47 |
| | | 2 | 87,88 | 28 | 28 | 76,95 | 4,48 |
| | | 3 | 87,84 | 28,5 | 28,5 | 77,1 | 4,53 |
| | | 4 | 87,85 | 28,5 | 28,5 | 77,46 | 4,74 |
| | | 5 | 87,79 | 28,55 | 28,55 | 77,54 | 4,78 |
| 2 | 1500 | 1 | 87,78 | 28,5 | 28,5 | 77,43 | 4,73 |
| | | 2 | 87,76 | 28,55 | 28,55 | 77,49 | 4,77 |
| | | 3 | 87,79 | 28,55 | 28,55 | 77,54 | 4,78 |
| | | 4 | 87,82 | 28,65 | 28,65 | 77,62 | 4,8 |
| | | 5 | 87,88 | 28,7 | 28,7 | 77,71 | 4,82 |
| 3 | 2000 | 1 | 88,88 | 29,92 | 29,92 | 79,7 | 5,47 |
| | | 2 | 88,8 | 29,9 | 29,9 | 79,77 | 5,52 |
| | | 3 | 88,78 | 29,49 | 29,49 | 79,77 | 5,58 |
| | | 4 | 88,79 | 29,93 | 29,93 | 79,72 | 5,6 |
| | | 5 | 88,76 | 29,98 | 29,98 | 79,77 | 5,65 |
| 4 | 2500 | 1 | 88,8 | 32,09 | 32,09 | 79,77 | 5,28 |
| | | 2 | 88,79 | 31,96 | 31,96 | 79,77 | 5,3 |
| | | 3 | 88,8 | 31,83 | 31,83 | 79,8 | 5,33 |
| | | 4 | 88,8 | 31,41 | 31,41 | 79,79 | 5,37 |
| | | 5 | 88,82 | 31,09 | 31,09 | 79,8 | 5,4 |
| 5 | 3000 | 1 | 89 | 32,55 | 32,55 | 77,36 | 3,85 |
| | | 2 | 89 | 32,55 | 32,55 | 77,36 | 3,85 |
| | | 3 | 89 | 332,5 | 332,5 | 77,42 | 3,88 |
| | | 4 | 88,9 | 32,45 | 32,45 | 77,61 | 4 |
| | | 5 | 88,9 | 32,4 | 32,4 | 77,68 | 4,04 |

Perhitungan Nilai COP

$$\text{COP} = \{ (h_1 - h_4) / (h_2 - h_3) \}$$

LAMPIRAN 6

DATA PERHITUNGAN NILAI COP AC MOBIL

| Sumber Variasi | Perubahan Putaran Mesin | | | | |
|--------------------|-------------------------|----------|----------|----------|----------|
| | 1000 rpm | 1500 rpm | 2000 rpm | 2500 rpm | 3000 rpm |
| Nilai COP AC Mobil | 4,47 | 4,73 | 5,47 | 5,28 | 3,85 |
| | 4,48 | 4,77 | 5,52 | 5,3 | 3,85 |
| | 4,53 | 4,78 | 5,58 | 5,33 | 3,88 |
| | 4,74 | 4,8 | 5,6 | 5,37 | 4 |
| | 4,78 | 4,82 | 5,65 | 5,4 | 4,04 |
| Jumlah | 23 | 23,9 | 27,82 | 26,68 | 19,62 |
| n | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Rata-rata | 4,6 | 4,78 | 5,564 | 5,336 | 3,924 |

tan 14 Peluang Normal Baku

| .05 | .01 | .02 | .03 | .04 | .05 | .06 | .07 | .08 | .09 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| .0002 | .0002 | .0002 | .0002 | .0002 | .0002 | .0002 | .0002 | .0002 | .0002 |
| .0003 | .0003 | .0003 | .0003 | .0003 | .0003 | .0003 | .0003 | .0003 | .0003 |
| .0005 | .0005 | .0005 | .0004 | .0004 | .0004 | .0004 | .0004 | .0004 | .0003 |
| .0007 | .0007 | .0006 | .0006 | .0005 | .0005 | .0005 | .0005 | .0005 | .0005 |
| .0010 | .0009 | .0009 | .0009 | .0008 | .0008 | .0008 | .0008 | .0007 | .0007 |
| .0013 | .0013 | .0013 | .0012 | .0012 | .0011 | .0011 | .0011 | .0010 | .0010 |
| .0019 | .0018 | .0018 | .0017 | .0016 | .0016 | .0015 | .0015 | .0014 | .0014 |
| .0026 | .0025 | .0024 | .0023 | .0023 | .0022 | .0021 | .0021 | .0020 | .0019 |
| .0033 | .0034 | .0033 | .0032 | .0031 | .0030 | .0029 | .0029 | .0027 | .0026 |
| .0047 | .0045 | .0044 | .0043 | .0043 | .0042 | .0040 | .0040 | .0037 | .0036 |
| .0052 | .0050 | .0049 | .0047 | .0046 | .0045 | .0043 | .0043 | .0040 | .0039 |
| .0062 | .0060 | .0059 | .0057 | .0056 | .0054 | .0053 | .0051 | .0049 | .0048 |
| .0072 | .0070 | .0069 | .0067 | .0066 | .0064 | .0063 | .0061 | .0059 | .0058 |
| .0107 | .0104 | .0102 | .0099 | .0098 | .0096 | .0095 | .0093 | .0091 | .0090 |
| .0129 | .0126 | .0122 | .0120 | .0118 | .0117 | .0115 | .0114 | .0112 | .0110 |
| .0179 | .0174 | .0170 | .0166 | .0164 | .0163 | .0161 | .0159 | .0156 | .0154 |
| .0228 | .0222 | .0217 | .0212 | .0207 | .0203 | .0197 | .0192 | .0187 | .0183 |
| .0237 | .0241 | .0274 | .0254 | .0242 | .0236 | .0229 | .0224 | .0217 | .0213 |
| .0359 | .0351 | .0344 | .0336 | .0329 | .0322 | .0314 | .0307 | .0299 | .0294 |
| .0446 | .0433 | .0427 | .0419 | .0410 | .0401 | .0393 | .0384 | .0375 | .0367 |
| .0540 | .0537 | .0525 | .0516 | .0505 | .0495 | .0485 | .0475 | .0465 | .0455 |
| .0568 | .0665 | .0643 | .0630 | .0618 | .0606 | .0594 | .0581 | .0571 | .0559 |
| .0808 | .0793 | .0778 | .0764 | .0749 | .0735 | .0721 | .0708 | .0694 | .0681 |
| .0968 | .0951 | .0934 | .0918 | .0901 | .0885 | .0869 | .0853 | .0835 | .0823 |
| .1151 | .1131 | .1112 | .1093 | .1075 | .1056 | .1038 | .1020 | .1003 | .0985 |
| .1357 | .1335 | .1314 | .1292 | .1271 | .1251 | .1230 | .1210 | .1190 | .1170 |
| .1587 | .1562 | .1539 | .1515 | .1492 | .1469 | .1446 | .1423 | .1401 | .1379 |
| .1641 | .1614 | .1588 | .1562 | .1536 | .1511 | .1485 | .1460 | .1435 | .1411 |
| .2119 | .2090 | .2051 | .2033 | .2005 | .1977 | .1949 | .1922 | .1894 | .1867 |
| .2420 | .2389 | .2358 | .2327 | .2297 | .2266 | .2236 | .2205 | .2177 | .2148 |
| .2743 | .2709 | .2675 | .2643 | .2611 | .2578 | .2546 | .2514 | .2483 | .2451 |
| .3085 | .3050 | .3015 | .2981 | .2946 | .2911 | .2877 | .2843 | .2810 | .2778 |
| .3446 | .3409 | .3372 | .3336 | .3300 | .3264 | .3228 | .3192 | .3156 | .3121 |
| .3821 | .3783 | .3745 | .3707 | .3669 | .3632 | .3594 | .3557 | .3520 | .3483 |
| .4207 | .4168 | .4129 | .4090 | .4052 | .4013 | .3974 | .3936 | .3897 | .3859 |
| .4602 | .4562 | .4522 | .4481 | .4441 | .4401 | .4361 | .4321 | .4280 | .4240 |
| .5000 | .4960 | .4920 | .4880 | .4840 | .4801 | .4761 | .4721 | .4681 | .4641 |

(Lanjutan)

| Z | .00 | .01 | .02 | .03 | .04 | .05 | .06 | .07 | .08 | .09 |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| .0 | .5000 | .5040 | .5080 | .5120 | .5160 | .5199 | .5239 | .5279 | .5319 | .5359 |
| .1 | .5398 | .5438 | .5478 | .5517 | .5557 | .5596 | .5636 | .5675 | .5714 | .5753 |
| .2 | .5793 | .5832 | .5871 | .5910 | .5948 | .5987 | .6026 | .6064 | .6103 | .6141 |
| .3 | .6179 | .6217 | .6255 | .6293 | .6331 | .6368 | .6406 | .6443 | .6480 | .6517 |
| .4 | .6554 | .6591 | .6628 | .6664 | .6700 | .6736 | .6772 | .6808 | .6844 | .6879 |
| .5 | .6915 | .6950 | .6985 | .7019 | .7054 | .7088 | .7123 | .7157 | .7190 | .7224 |
| .6 | .7257 | .7291 | .7324 | .7357 | .7389 | .7422 | .7454 | .7486 | .7517 | .7549 |
| .7 | .7580 | .7611 | .7642 | .7673 | .7704 | .7734 | .7764 | .7794 | .7823 | .7852 |
| .8 | .7881 | .7910 | .7939 | .7967 | .7995 | .8023 | .8051 | .8078 | .8105 | .8133 |
| .9 | .8159 | .8186 | .8212 | .8238 | .8264 | .8289 | .8315 | .8340 | .8365 | .8390 |
| 1.0 | .8413 | .8438 | .8461 | .8485 | .8508 | .8531 | .8554 | .8577 | .8599 | .8621 |
| 1.1 | .8643 | .8665 | .8687 | .8709 | .8729 | .8749 | .8770 | .8790 | .8810 | .8830 |
| 1.2 | .8849 | .8869 | .8888 | .8907 | .8925 | .8944 | .8962 | .8980 | .8997 | .9015 |
| 1.3 | .9032 | .9049 | .9066 | .9082 | .9099 | .9115 | .9131 | .9147 | .9162 | .9177 |
| 1.4 | .9192 | .9207 | .9222 | .9236 | .9251 | .9265 | .9279 | .9292 | .9306 | .9319 |
| 1.5 | .9332 | .9345 | .9357 | .9370 | .9382 | .9394 | .9405 | .9418 | .9429 | .9441 |
| 1.6 | .9452 | .9463 | .9474 | .9484 | .9495 | .9505 | .9515 | .9525 | .9535 | .9545 |
| 1.7 | .9554 | .9564 | .9573 | .9582 | .9591 | .9599 | .9608 | .9616 | .9625 | .9633 |
| 1.8 | .9641 | .9649 | .9656 | .9664 | .9671 | .9678 | .9685 | .9693 | .9699 | .9706 |
| 1.9 | .9713 | .9719 | .9725 | .9732 | .9738 | .9744 | .9750 | .9756 | .9761 | .9767 |
| 2.0 | .9772 | .9778 | .9783 | .9788 | .9793 | .9798 | .9803 | .9808 | .9812 | .9817 |
| 2.1 | .9821 | .9825 | .9830 | .9834 | .9838 | .9842 | .9846 | .9850 | .9854 | .9857 |
| 2.2 | .9861 | .9864 | .9868 | .9871 | .9875 | .9878 | .9881 | .9884 | .9887 | .9890 |
| 2.3 | .9893 | .9896 | .9898 | .9901 | .9904 | .9906 | .9909 | .9911 | .9913 | .9916 |
| 2.4 | .9918 | .9920 | .9922 | .9925 | .9927 | .9929 | .9931 | .9932 | .9934 | .9935 |
| 2.5 | .9938 | .9940 | .9941 | .9943 | .9945 | .9946 | .9948 | .9949 | .9951 | .9952 |
| 2.6 | .9953 | .9955 | .9956 | .9957 | .9959 | .9960 | .9961 | .9962 | .9963 | .9964 |
| 2.7 | .9965 | .9966 | .9967 | .9968 | .9969 | .9970 | .9971 | .9972 | .9973 | .9974 |
| 2.8 | .9974 | .9975 | .9976 | .9977 | .9977 | .9978 | .9978 | .9979 | .9980 | .9981 |
| 2.9 | .9981 | .9982 | .9982 | .9983 | .9984 | .9984 | .9985 | .9985 | .9985 | .9985 |
| 3.0 | .9987 | .9987 | .9987 | .9987 | .9988 | .9988 | .9988 | .9989 | .9989 | .9989 |
| 3.1 | .9990 | .9991 | .9991 | .9991 | .9992 | .9992 | .9992 | .9992 | .9993 | .9993 |
| 3.2 | .9993 | .9993 | .9994 | .9994 | .9994 | .9994 | .9994 | .9995 | .9995 | .9995 |
| 3.3 | .9995 | .9995 | .9995 | .9995 | .9995 | .9995 | .9995 | .9995 | .9995 | .9995 |
| 3.4 | .9997 | .9997 | .9997 | .9997 | .9997 | .9997 | .9997 | .9997 | .9997 | .9997 |
| 3.5 | .9998 | .9998 | .9998 | .9998 | .9998 | .9998 | .9998 | .9998 | .9998 | .9998 |

Sumber : Conover, W.J., *Practical Nonparametric Statistics*, John Wiley & Sons, Inc., 1973.

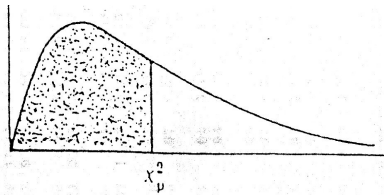
NILAI KRITIS L UNTUK UJI LILLIEFORS

| Ukuran Sampel | Tingkat Nyata (α) | | | | |
|---------------|----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 0,01 | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,20 |
| n = 4 | 0,417 | 0,381 | 0,352 | 0,319 | 0,300 |
| 5 | 0,405 | 0,337 | 0,315 | 0,299 | 0,285 |
| 6 | 0,364 | 0,319 | 0,294 | 0,277 | 0,265 |
| 7 | 0,348 | 0,300 | 0,276 | 0,258 | 0,247 |
| 8 | 0,331 | 0,285 | 0,261 | 0,244 | 0,233 |
| 9 | 0,311 | 0,271 | 0,249 | 0,233 | 0,223 |
| 10 | 0,294 | 0,258 | 0,239 | 0,224 | 0,215 |
| 11 | 0,284 | 0,249 | 0,230 | 0,217 | 0,206 |
| 12 | 0,275 | 0,242 | 0,223 | 0,212 | 0,199 |
| 13 | 0,268 | 0,234 | 0,214 | 0,202 | 0,190 |
| 14 | 0,261 | 0,227 | 0,207 | 0,194 | 0,183 |
| 15 | 0,257 | 0,220 | 0,201 | 0,187 | 0,177 |
| 16 | 0,250 | 0,213 | 0,195 | 0,182 | 0,173 |
| 17 | 0,245 | 0,206 | 0,189 | 0,177 | 0,169 |
| 18 | 0,239 | 0,200 | 0,184 | 0,173 | 0,166 |
| 19 | 0,235 | 0,195 | 0,179 | 0,169 | 0,163 |
| 20 | 0,231 | 0,190 | 0,174 | 0,166 | 0,160 |
| 25 | 0,200 | 0,173 | 0,158 | 0,147 | 0,142 |
| 30 | 0,187 | 0,161 | 0,144 | 0,136 | 0,131 |
| n > 30 | <u>1,031</u> | <u>0,886</u> | <u>0,805</u> | <u>0,768</u> | <u>0,736</u> |
| | \sqrt{n} | \sqrt{n} | \sqrt{n} | \sqrt{n} | \sqrt{n} |

ri: Conover W.J., Practical Nonparametric Statistics, John Wiley & Sons, Inc 1973.

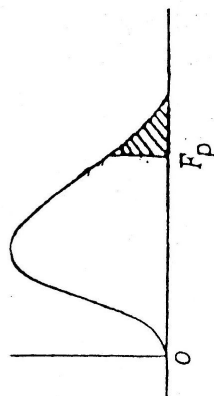
DAFTAR II

Nilai Persentil
Untuk Distribusi χ^2
 $V = dk$
(Bilangan Dalam Badan Daftar
Menyatakan χ^2_p)



| V | $\chi^2_{0.995}$ | $\chi^2_{0.99}$ | $\chi^2_{0.975}$ | $\chi^2_{0.95}$ | $\chi^2_{0.90}$ | $\chi^2_{0.75}$ | $\chi^2_{0.50}$ | $\chi^2_{0.25}$ | $\chi^2_{0.10}$ | $\chi^2_{0.05}$ | $\chi^2_{0.025}$ | $\chi^2_{0.01}$ | $\chi^2_{0.005}$ |
|-----|------------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|
| 1 | 7.88 | 6.63 | 5.02 | 3.84 | 2.71 | 1.32 | 0.455 | 0.102 | 0.016 | 0.004 | 0.001 | 0.0002 | 0.000 |
| 2 | 10.6 | 9.21 | 7.38 | 5.99 | 4.61 | 2.77 | 1.39 | 0.575 | 0.211 | 0.103 | 0.051 | 0.0201 | 0.010 |
| 3 | 12.8 | 11.3 | 9.35 | 7.81 | 6.25 | 4.11 | 2.37 | 1.21 | 0.584 | 0.352 | 0.216 | 0.115 | 0.072 |
| 4 | 14.9 | 13.3 | 11.1 | 9.49 | 7.78 | 5.39 | 3.36 | 1.92 | 1.06 | 0.711 | 0.484 | 0.297 | 0.207 |
| 5 | 16.7 | 15.1 | 12.8 | 11.1 | 9.24 | 6.63 | 4.35 | 2.67 | 1.61 | 1.15 | 0.831 | 0.554 | 0.412 |
| 6 | 18.5 | 16.8 | 14.4 | 12.6 | 10.6 | 7.84 | 5.35 | 3.45 | 2.20 | 1.64 | 1.24 | 0.872 | 0.676 |
| 7 | 20.3 | 18.5 | 16.0 | 14.1 | 12.0 | 9.01 | 6.35 | 4.25 | 2.83 | 2.17 | 1.69 | 1.24 | 0.989 |
| 8 | 22.0 | 20.1 | 17.5 | 15.5 | 13.4 | 10.2 | 7.31 | 5.07 | 3.49 | 2.73 | 2.18 | 1.65 | 1.34 |
| 9 | 23.6 | 21.7 | 19.0 | 16.9 | 14.7 | 11.4 | 8.31 | 5.90 | 4.17 | 3.33 | 2.70 | 2.09 | 1.73 |
| 10 | 25.2 | 23.2 | 20.5 | 18.3 | 16.0 | 12.5 | 9.34 | 6.74 | 4.87 | 3.94 | 3.25 | 2.56 | 2.16 |
| 11 | 26.8 | 24.7 | 21.9 | 19.7 | 17.3 | 13.7 | 10.3 | 7.58 | 5.58 | 4.57 | 3.82 | 3.05 | 2.60 |
| 12 | 28.3 | 26.2 | 23.3 | 21.0 | 18.5 | 14.8 | 11.3 | 8.41 | 6.30 | 5.23 | 4.40 | 3.57 | 3.07 |
| 13 | 29.8 | 27.7 | 24.7 | 22.4 | 19.8 | 16.0 | 12.3 | 9.30 | 7.01 | 5.89 | 5.01 | 4.11 | 3.57 |
| 14 | 31.3 | 29.1 | 26.1 | 23.7 | 21.1 | 17.1 | 13.3 | 10.2 | 7.79 | 6.57 | 5.63 | 4.66 | 4.07 |
| 15 | 32.8 | 30.6 | 27.5 | 25.0 | 22.3 | 18.2 | 14.3 | 11.0 | 8.55 | 7.26 | 6.26 | 5.23 | 4.60 |
| 16 | 34.3 | 32.0 | 28.8 | 26.3 | 23.5 | 19.4 | 15.3 | 11.9 | 9.31 | 7.96 | 6.91 | 5.81 | 5.11 |
| 17 | 35.7 | 33.1 | 30.2 | 27.6 | 24.8 | 20.5 | 16.3 | 12.8 | 10.1 | 8.67 | 7.56 | 6.41 | 5.70 |
| 18 | 37.2 | 34.8 | 31.5 | 28.9 | 26.0 | 21.6 | 17.3 | 13.7 | 10.9 | 9.39 | 8.23 | 7.01 | 6.26 |
| 19 | 38.6 | 36.2 | 32.9 | 30.1 | 27.2 | 22.7 | 18.3 | 14.6 | 11.7 | 10.1 | 8.91 | 7.63 | 6.81 |
| 20 | 40.0 | 37.6 | 34.2 | 31.4 | 28.4 | 23.8 | 19.3 | 15.5 | 12.4 | 10.9 | 9.59 | 8.26 | 7.43 |
| 21 | 41.4 | 38.9 | 35.5 | 32.7 | 29.6 | 24.9 | 20.3 | 16.3 | 13.2 | 11.6 | 10.3 | 8.90 | 8.03 |
| 22 | 42.8 | 40.3 | 36.8 | 33.9 | 30.8 | 26.0 | 21.3 | 17.2 | 14.0 | 12.3 | 11.0 | 9.51 | 8.61 |
| 23 | 44.2 | 41.6 | 38.1 | 35.2 | 32.0 | 27.1 | 22.3 | 18.1 | 14.8 | 13.1 | 11.7 | 10.2 | 9.26 |
| 24 | 45.6 | 43.0 | 39.4 | 36.4 | 33.2 | 28.2 | 23.3 | 19.0 | 15.7 | 13.8 | 12.4 | 10.9 | 9.80 |
| 25 | 46.9 | 44.3 | 40.6 | 37.7 | 34.4 | 29.3 | 24.3 | 19.9 | 16.5 | 14.6 | 13.1 | 11.5 | 10.5 |
| 26 | 48.3 | 45.6 | 41.9 | 38.9 | 35.6 | 30.4 | 25.3 | 20.8 | 17.3 | 15.4 | 13.8 | 12.2 | 11.2 |
| 27 | 49.6 | 47.0 | 43.2 | 40.1 | 36.7 | 31.5 | 26.3 | 21.7 | 18.1 | 16.2 | 14.6 | 12.9 | 11.8 |
| 28 | 51.0 | 48.3 | 44.5 | 41.3 | 37.9 | 32.6 | 27.3 | 22.7 | 18.9 | 16.9 | 15.3 | 13.6 | 12.5 |
| 29 | 52.3 | 49.6 | 45.7 | 42.6 | 39.1 | 33.7 | 28.3 | 23.6 | 19.8 | 17.7 | 16.0 | 14.3 | 13.1 |
| 30 | 53.7 | 50.9 | 47.0 | 43.8 | 40.3 | 34.8 | 29.3 | 24.5 | 20.6 | 18.5 | 16.8 | 15.0 | 13.8 |
| 40 | 66.8 | 63.7 | 59.3 | 55.8 | 51.8 | 45.6 | 39.3 | 33.7 | 29.1 | 26.5 | 24.1 | 22.2 | 20.7 |
| 50 | 79.5 | 76.2 | 71.4 | 67.5 | 63.2 | 56.3 | 49.3 | 42.9 | 37.7 | 34.8 | 32.1 | 29.7 | 28.0 |
| 60 | 92.0 | 88.4 | 83.3 | 79.1 | 74.1 | 67.0 | 59.3 | 52.3 | 46.5 | 43.2 | 40.5 | 37.5 | 35.5 |
| 70 | 104.2 | 100.4 | 95.0 | 90.5 | 85.5 | 77.6 | 69.3 | 61.7 | 55.3 | 51.7 | 48.8 | 45.1 | 43.3 |
| 80 | 116.3 | 112.3 | 106.6 | 101.9 | 96.6 | 88.1 | 79.3 | 71.1 | 64.3 | 60.4 | 57.2 | 53.5 | 51.2 |
| 90 | 128.3 | 124.1 | 118.1 | 113.1 | 107.6 | 98.6 | 89.3 | 80.6 | 73.3 | 69.1 | 65.6 | 61.8 | 59.2 |
| 100 | 140.2 | 135.8 | 129.6 | 124.3 | 118.5 | 109.1 | 99.3 | 90.1 | 82.4 | 77.9 | 74.2 | 70.1 | 67.3 |

umber: Table of Percentage Points of the χ^2 Distribution, Thompson, C.M., Biometrika, Vol.32 (1941).



DAFTAR I

Nilai Persentil
Untuk Distribusi F
(Bilangan Dalam Badan Daftar
Menyatakan F_p : Basis Atas Untuk
 $p = 0,05$ dan Basis Bawah Untuk $p = 0,01$)

| $V_2 = dk$ penyebut | $V_1 = dk$ pembilang | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 14 | 16 | 20 | 24 | 30 | 40 | 50 | 75 | 100 | 200 | 500 | ∞ |
| 1 | 161 | 200 | 216 | 226 | 230 | 234 | 237 | 239 | 241 | 242 | 243 | 244 | 245 | 246 | 248 | 249 | 250 | 251 | 252 | 253 | 253 | 254 | 254 | 254 |
| 2 | 18,51 | 19,00 | 19,16 | 19,25 | 19,30 | 19,33 | 19,36 | 19,37 | 19,38 | 19,39 | 19,40 | 19,41 | 19,42 | 19,43 | 19,44 | 19,45 | 19,46 | 19,47 | 19,47 | 19,48 | 19,49 | 19,49 | 19,50 | 19,50 |
| 3 | 10,13 | 9,65 | 9,29 | 9,12 | 9,01 | 8,94 | 8,88 | 8,84 | 8,81 | 8,78 | 8,76 | 8,74 | 8,71 | 8,69 | 8,66 | 8,64 | 8,62 | 8,60 | 8,59 | 8,57 | 8,56 | 8,54 | 8,54 | 8,53 |
| 4 | 7,71 | 6,94 | 6,59 | 6,38 | 6,26 | 6,16 | 6,09 | 6,04 | 6,00 | 5,96 | 5,93 | 5,91 | 5,87 | 5,84 | 5,80 | 5,77 | 5,74 | 5,71 | 5,70 | 5,68 | 5,66 | 5,65 | 5,64 | 5,63 |
| 5 | 6,61 | 5,79 | 5,41 | 5,19 | 5,05 | 4,93 | 4,85 | 4,82 | 4,78 | 4,74 | 4,70 | 4,68 | 4,64 | 4,60 | 4,56 | 4,53 | 4,50 | 4,46 | 4,44 | 4,42 | 4,40 | 4,38 | 4,37 | 4,36 |
| 6 | 5,99 | 5,14 | 4,76 | 4,53 | 4,39 | 4,28 | 4,21 | 4,15 | 4,10 | 4,06 | 4,03 | 4,00 | 3,98 | 3,92 | 3,87 | 3,84 | 3,81 | 3,77 | 3,75 | 3,72 | 3,71 | 3,69 | 3,68 | 3,67 |
| 7 | 5,59 | 4,74 | 4,35 | 4,12 | 3,97 | 3,87 | 3,79 | 3,73 | 3,68 | 3,63 | 3,60 | 3,57 | 3,52 | 3,49 | 3,44 | 3,41 | 3,38 | 3,34 | 3,32 | 3,29 | 3,28 | 3,25 | 3,24 | 3,23 |
| 8 | 5,32 | 4,46 | 4,07 | 3,84 | 3,69 | 3,58 | 3,50 | 3,44 | 3,39 | 3,34 | 3,31 | 3,28 | 3,23 | 3,20 | 3,15 | 3,12 | 3,08 | 3,05 | 3,03 | 3,00 | 2,98 | 2,96 | 2,94 | 2,93 |
| 9 | 5,12 | 4,26 | 3,86 | 3,63 | 3,48 | 3,37 | 3,29 | 3,23 | 3,18 | 3,13 | 3,10 | 3,07 | 3,02 | 2,98 | 2,93 | 2,90 | 2,86 | 2,82 | 2,80 | 2,77 | 2,75 | 2,72 | 2,71 | 2,70 |
| 10 | 5,06 | 4,20 | 3,80 | 3,57 | 3,42 | 3,31 | 3,23 | 3,17 | 3,12 | 3,07 | 3,03 | 3,00 | 2,95 | 2,91 | 2,86 | 2,82 | 2,78 | 2,74 | 2,72 | 2,69 | 2,67 | 2,65 | 2,64 | 2,63 |

| Year | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 14 | 16 | 20 | 24 | 30 | 40 | 50 | 75 | 100 | 200 | 500 | ∞ | |
|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 10 | 4.96 | 4.10 | 3.71 | 3.18 | 3.03 | 3.22 | 3.11 | 3.07 | 3.02 | 2.97 | 2.91 | 2.91 | 2.86 | 2.82 | 2.77 | 2.74 | 2.70 | 2.67 | 2.64 | 2.61 | 2.59 | 2.66 | 2.66 | 2.65 | 2.54 |
| | 10.04 | 7.96 | 6.56 | 5.99 | 5.61 | 5.29 | 5.21 | 5.06 | 4.96 | 4.85 | 4.78 | 4.71 | 4.60 | 4.52 | 4.41 | 4.33 | 4.25 | 4.17 | 4.12 | 4.05 | 4.01 | 3.96 | 3.83 | 3.91 | |
| 11 | 4.81 | 3.98 | 3.59 | 3.06 | 3.20 | 3.09 | 3.01 | 2.95 | 2.90 | 2.86 | 2.82 | 2.79 | 2.74 | 2.70 | 2.65 | 2.61 | 2.57 | 2.53 | 2.50 | 2.47 | 2.45 | 2.42 | 2.41 | 2.40 | 2.40 |
| | 9.65 | 7.20 | 6.22 | 5.67 | 5.32 | 5.07 | 4.88 | 4.71 | 4.63 | 4.54 | 4.46 | 4.40 | 4.29 | 4.21 | 4.10 | 4.02 | 3.94 | 3.86 | 3.80 | 3.74 | 3.70 | 3.66 | 3.62 | 3.60 | |
| 12 | 4.75 | 3.88 | 3.49 | 3.26 | 3.11 | 3.00 | 2.92 | 2.85 | 2.80 | 2.76 | 2.72 | 2.69 | 2.64 | 2.60 | 2.54 | 2.50 | 2.46 | 2.42 | 2.40 | 2.36 | 2.35 | 2.32 | 2.31 | 2.30 | 2.30 |
| | 9.33 | 6.93 | 5.92 | 5.11 | 5.06 | 4.82 | 4.65 | 4.50 | 4.39 | 4.30 | 4.22 | 4.16 | 4.05 | 3.98 | 3.86 | 3.78 | 3.70 | 3.61 | 3.56 | 3.49 | 3.46 | 3.41 | 3.38 | 3.36 | |
| 13 | 4.67 | 3.80 | 3.41 | 3.18 | 3.02 | 2.92 | 2.84 | 2.77 | 2.72 | 2.67 | 2.63 | 2.60 | 2.55 | 2.51 | 2.46 | 2.42 | 2.38 | 2.34 | 2.32 | 2.28 | 2.26 | 2.24 | 2.22 | 2.21 | 2.21 |
| | 9.07 | 6.70 | 5.73 | 5.20 | 4.86 | 4.62 | 4.44 | 4.30 | 4.19 | 4.10 | 4.02 | 3.96 | 3.85 | 3.78 | 3.67 | 3.59 | 3.51 | 3.42 | 3.37 | 3.30 | 3.27 | 3.21 | 3.18 | 3.18 | |
| 14 | 4.60 | 3.71 | 3.31 | 3.11 | 2.96 | 2.85 | 2.77 | 2.70 | 2.65 | 2.60 | 2.56 | 2.53 | 2.48 | 2.44 | 2.39 | 2.35 | 2.31 | 2.27 | 2.24 | 2.21 | 2.19 | 2.16 | 2.14 | 2.13 | 2.13 |
| | 8.86 | 6.51 | 5.56 | 5.03 | 4.69 | 4.46 | 4.28 | 4.14 | 4.03 | 3.94 | 3.86 | 3.80 | 3.70 | 3.62 | 3.51 | 3.43 | 3.34 | 3.26 | 3.21 | 3.14 | 3.11 | 3.06 | 3.02 | 3.00 | 3.00 |
| 15 | 4.54 | 3.68 | 3.29 | 3.06 | 2.90 | 2.79 | 2.70 | 2.61 | 2.59 | 2.55 | 2.51 | 2.48 | 2.43 | 2.39 | 2.33 | 2.29 | 2.25 | 2.21 | 2.18 | 2.15 | 2.12 | 2.10 | 2.08 | 2.07 | 2.07 |
| | 8.68 | 6.36 | 5.42 | 4.89 | 4.56 | 4.32 | 4.14 | 4.00 | 3.89 | 3.80 | 3.73 | 3.67 | 3.56 | 3.48 | 3.36 | 3.29 | 3.20 | 3.12 | 3.07 | 3.00 | 2.97 | 2.92 | 2.89 | 2.87 | |
| 16 | 4.49 | 3.63 | 3.24 | 3.01 | 2.85 | 2.74 | 2.66 | 2.59 | 2.54 | 2.49 | 2.45 | 2.42 | 2.37 | 2.33 | 2.28 | 2.24 | 2.20 | 2.16 | 2.13 | 2.09 | 2.07 | 2.04 | 2.02 | 2.01 | 2.01 |
| | 8.53 | 6.23 | 5.29 | 4.77 | 4.44 | 4.20 | 4.02 | 3.89 | 3.78 | 3.69 | 3.61 | 3.55 | 3.45 | 3.37 | 3.25 | 3.18 | 3.10 | 3.01 | 2.96 | 2.89 | 2.86 | 2.80 | 2.77 | 2.75 | |
| 17 | 4.45 | 3.59 | 3.20 | 2.96 | 2.81 | 2.70 | 2.62 | 2.55 | 2.50 | 2.45 | 2.41 | 2.38 | 2.33 | 2.29 | 2.23 | 2.19 | 2.15 | 2.11 | 2.08 | 2.04 | 2.02 | 1.99 | 1.97 | 1.96 | 1.96 |
| | 8.40 | 6.11 | 5.18 | 4.67 | 4.34 | 4.10 | 3.93 | 3.79 | 3.68 | 3.59 | 3.52 | 3.45 | 3.35 | 3.27 | 3.16 | 3.08 | 3.00 | 2.92 | 2.86 | 2.79 | 2.76 | 2.70 | 2.67 | 2.65 | |
| 18 | 4.41 | 3.55 | 3.16 | 2.92 | 2.77 | 2.66 | 2.58 | 2.51 | 2.46 | 2.41 | 2.37 | 2.34 | 2.29 | 2.25 | 2.19 | 2.15 | 2.11 | 2.07 | 2.04 | 2.00 | 1.98 | 1.95 | 1.93 | 1.92 | 1.92 |
| | 8.28 | 6.01 | 5.08 | 4.58 | 4.25 | 4.01 | 3.85 | 3.71 | 3.60 | 3.51 | 3.44 | 3.37 | 3.27 | 3.19 | 3.07 | 3.00 | 2.91 | 2.83 | 2.78 | 2.71 | 2.68 | 2.62 | 2.59 | 2.57 | |
| 19 | 4.38 | 3.52 | 3.13 | 2.90 | 2.71 | 2.63 | 2.55 | 2.48 | 2.43 | 2.38 | 2.34 | 2.31 | 2.26 | 2.21 | 2.15 | 2.11 | 2.07 | 2.02 | 2.00 | 1.96 | 1.94 | 1.91 | 1.90 | 1.88 | 1.88 |
| | 8.18 | 5.95 | 5.01 | 4.50 | 4.17 | 3.94 | 3.77 | 3.63 | 3.52 | 3.43 | 3.36 | 3.30 | 3.19 | 3.12 | 3.00 | 2.92 | 2.84 | 2.76 | 2.70 | 2.63 | 2.60 | 2.54 | 2.51 | 2.49 | |
| 20 | 4.35 | 3.49 | 3.10 | 2.87 | 2.71 | 2.60 | 2.52 | 2.45 | 2.40 | 2.35 | 2.31 | 2.28 | 2.23 | 2.18 | 2.12 | 2.08 | 2.04 | 1.99 | 1.96 | 1.92 | 1.90 | 1.87 | 1.85 | 1.84 | 1.84 |
| | 8.10 | 5.85 | 4.91 | 4.40 | 4.07 | 3.84 | 3.67 | 3.53 | 3.45 | 3.37 | 3.30 | 3.25 | 3.13 | 3.05 | 2.94 | 2.86 | 2.77 | 2.69 | 2.63 | 2.56 | 2.53 | 2.47 | 2.44 | 2.42 | |
| 21 | 4.32 | 3.47 | 3.07 | 2.84 | 2.68 | 2.57 | 2.49 | 2.42 | 2.37 | 2.32 | 2.28 | 2.25 | 2.20 | 2.15 | 2.09 | 2.05 | 2.00 | 1.95 | 1.93 | 1.89 | 1.87 | 1.84 | 1.82 | 1.81 | 1.81 |
| | 8.02 | 5.78 | 4.84 | 4.33 | 4.00 | 3.76 | 3.60 | 3.46 | 3.38 | 3.31 | 3.24 | 3.17 | 3.07 | 2.99 | 2.88 | 2.80 | 2.72 | 2.63 | 2.58 | 2.51 | 2.47 | 2.42 | 2.38 | 2.36 | |
| 22 | 4.30 | 3.41 | 3.02 | 2.79 | 2.66 | 2.55 | 2.47 | 2.40 | 2.35 | 2.30 | 2.26 | 2.23 | 2.18 | 2.13 | 2.07 | 2.03 | 1.96 | 1.93 | 1.91 | 1.87 | 1.84 | 1.81 | 1.80 | 1.78 | 1.78 |
| | 7.91 | 5.72 | 4.82 | 4.31 | 3.99 | 3.76 | 3.59 | 3.45 | 3.36 | 3.29 | 3.21 | 3.14 | 3.02 | 2.94 | 2.83 | 2.75 | 2.67 | 2.58 | 2.53 | 2.46 | 2.42 | 2.37 | 2.33 | 2.31 | |
| 23 | 4.28 | 3.42 | 3.03 | 2.80 | 2.64 | 2.53 | 2.45 | 2.38 | 2.32 | 2.27 | 2.23 | 2.20 | 2.14 | 2.10 | 2.04 | 2.00 | 1.95 | 1.91 | 1.88 | 1.84 | 1.82 | 1.79 | 1.77 | 1.76 | 1.76 |
| | 7.86 | 5.68 | 4.78 | 4.27 | 3.94 | 3.71 | 3.54 | 3.41 | 3.30 | 3.21 | 3.14 | 3.07 | 2.97 | 2.89 | 2.78 | 2.70 | 2.62 | 2.53 | 2.48 | 2.41 | 2.37 | 2.32 | 2.28 | 2.26 | |

DAFTAR I (lanjutan)

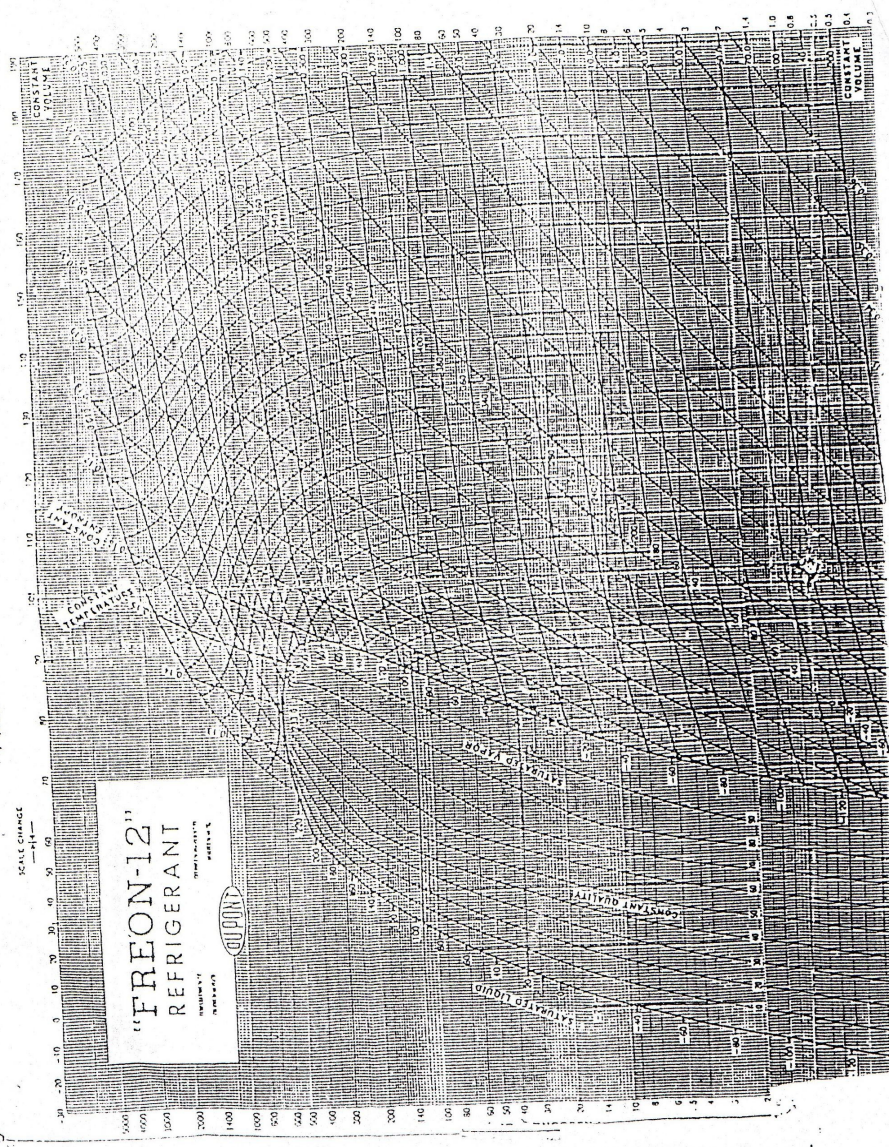
| No | V ₂ - dx penyebut | M ^o - dk Pembilang | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|---------------------------------|-------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--|--|--|--|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 14 | 16 | 20 | 24 | 30 | 40 | 60 | 75 | 100 | 200 | 500 | ∞ | | | | |
| 24 | 4.26 7.82 | 3.40 5.61 | 3.01 4.72 | 2.78 4.22 | 2.62 3.90 | 2.51 3.67 | 2.43 3.50 | 2.36 3.36 | 2.30 3.25 | 2.26 3.17 | 2.22 3.09 | 2.18 3.03 | 2.13 2.93 | 2.09 2.85 | 2.02 2.74 | 1.98 2.66 | 1.94 2.58 | 1.89 2.49 | 1.86 2.44 | 1.82 2.36 | 1.80 2.33 | 1.76 2.27 | 1.74 2.23 | 1.74 2.23 | 1.73 2.21 | | | | |
| 25 | 4.24 7.77 | 3.38 5.57 | 2.95 4.68 | 2.76 4.18 | 2.60 3.86 | 2.49 3.63 | 2.41 3.46 | 2.34 3.32 | 2.28 3.21 | 2.24 3.13 | 2.20 3.08 | 2.16 3.03 | 2.11 2.99 | 2.06 2.89 | 2.00 2.81 | 1.96 2.70 | 1.92 2.62 | 1.88 2.54 | 1.84 2.45 | 1.82 2.40 | 1.77 2.32 | 1.74 2.29 | 1.72 2.23 | 1.71 2.23 | 1.69 2.19 | | | | |
| 26 | 4.22 7.72 | 3.37 5.53 | 2.89 4.64 | 2.74 4.14 | 2.59 3.82 | 2.47 3.59 | 2.39 3.42 | 2.32 3.29 | 2.27 3.17 | 2.22 3.09 | 2.18 3.02 | 2.15 2.96 | 2.10 2.86 | 2.05 2.77 | 1.99 2.65 | 1.95 2.58 | 1.90 2.41 | 1.85 2.36 | 1.82 2.31 | 1.78 2.25 | 1.76 2.22 | 1.72 2.19 | 1.71 2.15 | 1.69 2.15 | 1.69 2.15 | | | | |
| 27 | 4.21 7.65 | 3.35 5.49 | 2.96 4.60 | 2.73 4.11 | 2.57 3.79 | 2.46 3.56 | 2.37 3.39 | 2.30 3.26 | 2.25 3.14 | 2.20 3.06 | 2.16 2.98 | 2.13 2.93 | 2.08 2.83 | 2.03 2.74 | 1.97 2.63 | 1.93 2.55 | 1.88 2.47 | 1.85 2.42 | 1.81 2.37 | 1.78 2.32 | 1.75 2.28 | 1.74 2.25 | 1.71 2.16 | 1.71 2.12 | 1.68 2.10 | | | | |
| 28 | 4.20 7.64 | 3.34 5.45 | 2.95 4.57 | 2.71 4.07 | 2.56 3.76 | 2.44 3.53 | 2.36 3.36 | 2.29 3.23 | 2.24 3.11 | 2.19 3.03 | 2.15 2.95 | 2.12 2.80 | 2.06 2.80 | 2.02 2.71 | 1.96 2.60 | 1.91 2.52 | 1.87 2.44 | 1.84 2.35 | 1.81 2.30 | 1.78 2.27 | 1.75 2.22 | 1.72 2.18 | 1.69 2.13 | 1.69 2.09 | 1.65 2.06 | | | | |
| 20 | 4.18 7.60 | 3.33 5.32 | 2.93 4.54 | 2.70 4.04 | 2.54 3.73 | 2.43 3.50 | 2.35 3.33 | 2.28 3.20 | 2.22 3.08 | 2.18 3.00 | 2.14 2.92 | 2.10 2.87 | 2.05 2.77 | 2.00 2.68 | 1.94 2.57 | 1.90 2.49 | 1.85 2.41 | 1.82 2.32 | 1.79 2.29 | 1.76 2.24 | 1.73 2.19 | 1.71 2.15 | 1.68 2.10 | 1.68 2.06 | 1.63 2.04 | | | | |
| 30 | 4.17 7.56 | 3.32 5.39 | 2.92 4.51 | 2.69 4.02 | 2.53 3.70 | 2.42 3.47 | 2.34 3.30 | 2.27 3.17 | 2.21 3.06 | 2.16 2.98 | 2.12 2.90 | 2.09 2.84 | 2.04 2.74 | 1.99 2.66 | 1.93 2.53 | 1.89 2.47 | 1.84 2.38 | 1.81 2.32 | 1.78 2.29 | 1.76 2.24 | 1.72 2.19 | 1.69 2.13 | 1.69 2.07 | 1.64 2.03 | 1.62 2.01 | | | | |
| 32 | 4.15 7.50 | 3.30 5.34 | 2.90 4.46 | 2.67 3.97 | 2.51 3.66 | 2.40 3.42 | 2.32 3.23 | 2.25 3.12 | 2.19 3.01 | 2.14 2.94 | 2.10 2.86 | 2.07 2.80 | 2.02 2.72 | 1.97 2.62 | 1.91 2.51 | 1.86 2.42 | 1.82 2.34 | 1.79 2.25 | 1.76 2.20 | 1.74 2.15 | 1.71 2.08 | 1.67 2.02 | 1.67 1.98 | 1.61 1.94 | 1.58 1.91 | | | | |
| 34 | 4.13 7.44 | 3.28 5.29 | 2.88 4.42 | 2.65 3.93 | 2.49 3.61 | 2.38 3.32 | 2.30 3.21 | 2.23 3.08 | 2.17 2.97 | 2.12 2.88 | 2.08 2.82 | 2.03 2.76 | 1.98 2.68 | 1.93 2.52 | 1.88 2.43 | 1.83 2.35 | 1.78 2.28 | 1.75 2.22 | 1.72 2.17 | 1.70 2.12 | 1.67 2.06 | 1.65 2.00 | 1.62 1.94 | 1.59 1.90 | 1.55 1.87 | | | | |
| 36 | 4.11 7.38 | 3.26 5.25 | 2.80 4.38 | 2.63 3.89 | 2.45 3.58 | 2.35 3.35 | 2.26 3.18 | 2.21 3.04 | 2.15 2.94 | 2.10 2.86 | 2.06 2.78 | 2.02 2.62 | 1.96 2.52 | 1.92 2.43 | 1.85 2.33 | 1.80 2.22 | 1.76 2.14 | 1.72 2.08 | 1.69 2.04 | 1.67 2.00 | 1.63 1.97 | 1.60 1.90 | 1.57 1.85 | 1.54 1.84 | 1.53 1.84 | | | | |
| 38 | 4.08 7.35 | 3.23 5.21 | 2.83 4.34 | 2.61 3.85 | 2.43 3.54 | 2.34 3.32 | 2.25 3.15 | 2.19 2.92 | 2.12 2.81 | 2.07 2.75 | 2.04 2.69 | 1.99 2.59 | 1.94 2.46 | 1.89 2.35 | 1.84 2.24 | 1.79 2.14 | 1.74 2.06 | 1.71 1.99 | 1.68 1.94 | 1.66 1.91 | 1.62 1.88 | 1.59 1.82 | 1.56 1.78 | 1.53 1.80 | 1.51 1.78 | | | | |
| 40 | 4.04 7.31 | 3.23 5.18 | 2.83 4.31 | 2.61 3.83 | 2.43 3.51 | 2.34 3.29 | 2.25 3.12 | 2.19 2.95 | 2.12 2.82 | 2.07 2.76 | 2.04 2.66 | 1.99 2.56 | 1.94 2.46 | 1.89 2.35 | 1.84 2.26 | 1.79 2.19 | 1.74 2.05 | 1.71 1.94 | 1.68 1.88 | 1.66 1.91 | 1.62 1.85 | 1.59 1.82 | 1.56 1.75 | 1.53 1.80 | 1.51 1.78 | | | | |
| 42 | 4.07 7.27 | 3.22 5.15 | 2.83 4.29 | 2.60 3.80 | 2.44 3.49 | 2.32 3.26 | 2.24 3.10 | 2.17 2.96 | 2.11 2.86 | 2.06 2.77 | 2.02 2.64 | 1.95 2.54 | 1.89 2.46 | 1.84 2.35 | 1.79 2.26 | 1.74 2.17 | 1.71 2.08 | 1.68 1.91 | 1.66 1.85 | 1.62 1.82 | 1.59 1.82 | 1.56 1.75 | 1.53 1.78 | 1.51 1.75 | 1.49 1.73 | | | | |
| 44 | 4.05 7.24 | 3.21 5.12 | 2.82 4.26 | 2.58 3.75 | 2.43 3.46 | 2.33 3.24 | 2.23 3.07 | 2.16 2.94 | 2.10 2.84 | 2.05 2.75 | 2.01 2.68 | 1.94 2.52 | 1.88 2.44 | 1.82 2.32 | 1.76 2.24 | 1.71 2.16 | 1.66 2.06 | 1.63 1.88 | 1.60 1.82 | 1.57 1.82 | 1.54 1.78 | 1.51 1.75 | 1.48 1.72 | 1.46 1.72 | 1.45 1.71 | | | | |
| 46 | 4.05 7.21 | 3.20 5.10 | 2.81 4.24 | 2.57 3.76 | 2.42 3.44 | 2.32 3.22 | 2.23 3.05 | 2.15 2.92 | 2.09 2.82 | 2.04 2.73 | 1.99 2.60 | 1.94 2.50 | 1.89 2.42 | 1.84 2.30 | 1.79 2.22 | 1.74 2.13 | 1.69 1.96 | 1.66 1.86 | 1.63 1.81 | 1.60 1.80 | 1.57 1.78 | 1.54 1.75 | 1.51 1.72 | 1.48 1.72 | 1.46 1.72 | | | | |
| 48 | 4.04 7.19 | 3.19 5.08 | 2.80 4.22 | 2.56 3.74 | 2.41 3.42 | 2.30 3.20 | 2.21 3.04 | 2.14 2.90 | 2.08 2.80 | 2.03 2.71 | 1.98 2.64 | 1.93 2.58 | 1.88 2.43 | 1.82 2.32 | 1.76 2.20 | 1.71 2.11 | 1.66 1.95 | 1.63 1.84 | 1.60 1.81 | 1.57 1.78 | 1.54 1.75 | 1.51 1.73 | 1.48 1.73 | 1.45 1.73 | 1.44 1.73 | | | | |

| $V_n = dk$ percent | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 50 | 7.17 | 5.06 | 3.29 | 2.32 | 1.76 | 1.40 | 1.14 | 0.95 | 0.82 | 0.72 | 0.65 | 0.59 | 0.54 | 0.50 | 0.46 | 0.43 | 0.40 | 0.38 | 0.36 | 0.34 | 0.32 | 0.31 | 0.30 | 0.29 | 0.28 |
| 55 | 7.12 | 5.01 | 3.16 | 2.28 | 1.71 | 1.35 | 1.09 | 0.91 | 0.78 | 0.68 | 0.60 | 0.54 | 0.49 | 0.45 | 0.42 | 0.39 | 0.37 | 0.35 | 0.34 | 0.33 | 0.32 | 0.31 | 0.30 | 0.29 | 0.28 |
| 60 | 7.08 | 4.98 | 3.13 | 2.25 | 1.68 | 1.32 | 1.06 | 0.88 | 0.75 | 0.65 | 0.58 | 0.53 | 0.48 | 0.45 | 0.42 | 0.39 | 0.37 | 0.35 | 0.34 | 0.33 | 0.32 | 0.31 | 0.30 | 0.29 | 0.28 |
| 65 | 7.04 | 4.95 | 3.10 | 2.22 | 1.65 | 1.29 | 1.03 | 0.85 | 0.72 | 0.62 | 0.55 | 0.50 | 0.46 | 0.43 | 0.40 | 0.37 | 0.35 | 0.34 | 0.33 | 0.32 | 0.31 | 0.30 | 0.29 | 0.28 | 0.27 |
| 70 | 7.01 | 4.92 | 3.08 | 2.20 | 1.63 | 1.27 | 1.01 | 0.83 | 0.70 | 0.60 | 0.53 | 0.48 | 0.44 | 0.41 | 0.38 | 0.35 | 0.33 | 0.32 | 0.31 | 0.30 | 0.29 | 0.28 | 0.27 | 0.26 | 0.25 |
| 80 | 6.96 | 4.88 | 3.04 | 2.16 | 1.59 | 1.23 | 0.97 | 0.79 | 0.66 | 0.56 | 0.49 | 0.44 | 0.40 | 0.37 | 0.34 | 0.31 | 0.29 | 0.28 | 0.27 | 0.26 | 0.25 | 0.24 | 0.23 | 0.22 | 0.21 |
| 100 | 6.90 | 4.82 | 3.00 | 2.12 | 1.55 | 1.19 | 0.93 | 0.75 | 0.62 | 0.52 | 0.45 | 0.40 | 0.36 | 0.33 | 0.30 | 0.27 | 0.25 | 0.24 | 0.23 | 0.22 | 0.21 | 0.20 | 0.19 | 0.18 | 0.17 |
| 125 | 6.84 | 4.78 | 2.97 | 2.10 | 1.53 | 1.17 | 0.91 | 0.73 | 0.60 | 0.50 | 0.43 | 0.38 | 0.34 | 0.31 | 0.28 | 0.25 | 0.23 | 0.22 | 0.21 | 0.20 | 0.19 | 0.18 | 0.17 | 0.16 | 0.15 |
| 150 | 6.81 | 4.75 | 2.96 | 2.09 | 1.52 | 1.16 | 0.90 | 0.72 | 0.59 | 0.49 | 0.42 | 0.37 | 0.33 | 0.30 | 0.27 | 0.24 | 0.22 | 0.21 | 0.20 | 0.19 | 0.18 | 0.17 | 0.16 | 0.15 | 0.14 |
| 200 | 6.76 | 4.71 | 2.95 | 2.08 | 1.51 | 1.15 | 0.89 | 0.71 | 0.58 | 0.48 | 0.41 | 0.36 | 0.32 | 0.29 | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.20 | 0.19 | 0.18 | 0.17 | 0.16 | 0.15 | 0.14 | 0.13 |
| 400 | 6.86 | 4.82 | 3.02 | 2.12 | 1.55 | 1.19 | 0.93 | 0.75 | 0.62 | 0.52 | 0.45 | 0.40 | 0.36 | 0.33 | 0.30 | 0.27 | 0.25 | 0.24 | 0.23 | 0.22 | 0.21 | 0.20 | 0.19 | 0.18 | 0.17 |
| 1000 | 6.88 | 4.82 | 3.00 | 2.10 | 1.53 | 1.17 | 0.91 | 0.73 | 0.60 | 0.50 | 0.43 | 0.38 | 0.34 | 0.31 | 0.28 | 0.25 | 0.23 | 0.22 | 0.21 | 0.20 | 0.19 | 0.18 | 0.17 | 0.16 | 0.15 |
| ∞ | 6.61 | 4.60 | 2.95 | 2.07 | 1.51 | 1.15 | 0.89 | 0.71 | 0.58 | 0.48 | 0.41 | 0.36 | 0.32 | 0.29 | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.20 | 0.19 | 0.18 | 0.17 | 0.16 | 0.15 | 0.14 | 0.13 |

Number: Elementary Statistics, Hord, E.G., John Wiley & Sons, Inc., New York, 1962.

Iran Khavast, Tehran

PRESSURE-ENTHALPY DIAGRAM



martani@mercubuana.ac.id

072.423.4.07.00



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

KARTU ASISTENSI

NAMA : Yohan Adwioko Hirnawan

MATA KULIAH : TA

NIM : 030212-068

SEM / THN AKAD : _____

FAK. / JURUSAN : T.I / T. Merin

DOSEN : _____

| NO. | TGL. | KETERANGAN. | PARAF | NO. | TGL. | KETERANGAN. | PARAF |
|-----|-------|--|-------|-----|------|-------------|-------|
| 1 | 26/5 | Bab I perbaikan dan Bab II | AB | 7 | 9/10 | Selesai! | AB |
| 2 | 03/08 | Bab I rhe. Bab II perbaikan; sb dan menentukan konipaditngan COP | AB | | | | |
| 3 | 09/09 | Bab III hasil transformasi dan daya di TA sudah ada sb ab 4 dan Bab IV | AB | | | | |
| 4 | 20/09 | Bab IV perbaikan. grafik, penjelasan bab dan Bab V | AB | | | | |
| 5 | 25/09 | Bab V bgn saran di perbaikan. dan Bab VI dll | AB | | | | |
| 6 | 7/10 | Bab VI perbaikan cara & internet Bab VII dan VIII, rhe. dan Masalah, kepinin dg | AB | | | | |