



PENGARUH PENGGUNAAN EXPANSION VALVE BERBAHAN DASAR MATERIAL KONDUKTIVITAS RENDAH TERHADAP PERFORMA AC MOBIL DINAS TNI-AD JENIS ISUZU PANTHER

Bambang HP¹, Taufan Tjandra Kusuma², Suhendro Oktosatrio³

Teknik Mesin Pertahanan Akademi Militer Magelang^{1, 2, 3}

bambanghadipriyanto@mesinhan.akmil.ac.id¹

taufantjandrakusuma@mesinhan.akmil.ac.id²

suparyana@mesinhan.akmil.ac.id³

Abstract

Comfort in vehicles is usually by using a conditioning system (Air Conditioning system). AC is a type of engine that works that follows the thermodynamic cycle, namely the vapor compression cycle. A refrigeration machine depends on the ability of the compressor to meet the amount of refrigerant gas that needs to be circulated. Compressor is a tool for pumping refrigerant (refrigerant) to keep circulating in the system. The performance of the car air conditioning compressor is controlled by a thermostat, where this thermostat gives an active or inactive signal adjusted in the car temperature has been reached or not the temperature in the car. This study includes variations in cooling load with a fixed compressor rotation is 759 RPM, each variation of the cooling load is tested with a fixed compressor rotation of 759 RPM by using one refrigerant R-134a to determine the COP, then this study continued by calculating the time of life and death of the compressor to save energy used. The results of the research conducted that the greater the cooling load, the pressure in the compressor and the pressure out of the compressor ($3P = P1 - P2$) the greater.

Keywords: Expansion Valve, compressor, cooling load.

Abstrak

Kenyamanan dalam kendaraan biasanya dengan menggunakan sistem pengkondisian (Air Conditioning system). AC adalah jenis mesin yang bekerja yang mengikuti siklus termodinamika, yaitu siklus kompresi uap. Mesin pendingin tergantung pada kemampuan kompresor untuk memenuhi jumlah gas pendingin yang perlu diedarkan. Kompresor adalah alat untuk memompa refrigeran (refrigerant) agar tetap beredar dalam sistem. Kinerja kompresor AC mobil dikendalikan oleh termostat, di mana termostat ini memberikan sinyal aktif atau tidak aktif yang disesuaikan dalam suhu mobil telah tercapai atau tidak suhu di dalam mobil. Penelitian ini meliputi variasi beban pendinginan dengan putaran kompresor tetap yaitu 759 RPM, masing-masing variasi beban pendinginan diuji dengan putaran kompresor tetap sebesar 759 RPM dengan menggunakan satu refrigeran R-134a untuk menentukan COP, kemudian penelitian ini dilanjutkan dengan menghitung waktu hidup dan mati kompresor untuk menghemat energi yang digunakan. Hasil penelitian yang dilakukan yaitu semakin besar beban pendinginan, maka tekanan dalam kompresor dan tekanan keluar dari kompresor ($3p = P1 - P2$) semakin besar.

Kata kunci: Katup Ekspansi, Kompresor, Beban pendinginan



PENDAHULUAN.

Kenyamanan dalam kendaraan biasanya dengan menggunakan sistem pengkondisian udara (Air Conditioning System). Udara dengan Humadity Factor tinggi dapat menimbulkan rasa tidak nyaman, hal ini karena pada kondisi tersebut orang menjadi mudah berkeringat. Untuk mengatasi kondisi tersebut, udara di dalam ruangan atau mobil harus dikondisikan sehingga mempunyai karakteristik yang cocok dengan kondisi tubuh orang yang menempati ruangan. Peralatan yang dapat dipakai untuk pengkondisian udara biasanya adalah air conditioner (AC), fan atau blower.

Pada penelitian terdahulu sudah diperoleh kondisi sistem AC untuk kendaraan Isuzu Panther akan tetapi performa sistem AC tersebut belum sesuai dengan yang diharapkan. menjadi lebih baik maka dipilih dengan mengganti peralatan AC yaitu expansion valve yang menggunakan bahan/material dengan konduktivitas rendah. Untuk pengujian perubahan performa akan dibandingkan dengan hasil penelitian terdahulu dengan variasi beban pendinginan.

Rumusan Masalah.

Permasalahan yang dibahas penulis dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Apakah penggunaan bahan material Expansion Valve dengan konduktivitas rendah dapat memperbaiki performa AC pada mobil ?
2. Bagaimana pengaruh perubahan variasi beban pendinginan terhadap kinerja AC mobil ?

Batasan Masalah.

Untuk mendapatkan hasil dari pembahasan, maka penulis perlu membatasi masalah yang akan dibahas, adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

Pada penelitian ini menggunakan AC dengan bahanrefrigeran(R-134A), ganti beban pendinginan dengan isian refrigeran sama, tetapi tidak menganalisa kerusakan komponen dari

sistem. pengujian unjuk kerja mesin AC mobil dilakukan dalam keadaan diam (Statik Eksperimen).

LANDASAN TEORI

Refrigeran adalah fluida kerja yang bersirkulasi dalam siklus refrigerasi. Refrigeran merupakan komponen terpenting siklus refrigerasi karena fluida tersebut yang menimbulkan efek pendinginan dan pemanasan pada mesin refrigerasi. ASHRAE, (2009) mendefinisikan refrigeran sebagai fluida kerja di dalam mesin refrigerasi, pengkondisian udara, dan sistem pompa kalor. Refrigeran menyerap panas dari satu lokasi dan membuangnya ke lokasi yang lain, biasanya melalui mekanisme evaporasi dan kondensasi.

Perkembangan refrigeran dibagi menjadi empat periode yaitu periode pertama, 1830-an hingga 1930-an, dengan kriteria refrigeran "apa pun yang bekerja di dalam mesin refrigerasi". Refrigeran yang digunakan dalam periode ini adalah ether, CO₂, NH₃, SO₂, hidrokarbon, H₂O, CCl₄, CHCs. Periode kedua, 1930-an hingga 1990-an menggunakan kriteria refrigeran aman dan tahan lama (safety and durability). Refrigeran pada periode ini adalah CFCs (Chloro Fluoro Carbons), HCFCs (Hydro Chloro Fluoro Carbons), HFCs (Hydro Fluoro Carbons), NH₃, H₂O. Periode ketiga, 1990-an hingga 2010-an, dengan kriteria refrigeran proteksi ozon (ozon protection). Refrigeran pada periode ini adalah HCFCs, NH₃, HFCs, H₂O, CO₂. Periode keempat, setelah 2010-an, dengan kriteria refrigeran yang rendah potensi pemanasan global (low GWP). Dilakukan penggantian (retrofit) sistem pendingin pada peternakan di Selandia Baru yang sebelumnya menggunakan HCFC-22. Investigasi dilakukan terhadap HCFC-22 dengan kapasitas sama terhadap campuran propana dan etana (Care-50), sehingga akan mengurangi penggunaan energi sebesar 6-8%, kemudian menggunakan propana (Care-40), mendapatkan penurunan energi sebesar 5% tetapi kapasitas pendinginan lebih



rendah yaitu 9%. Retrofit ini memiliki biaya murah, dapat meningkatkan efisiensi energi, serta dampak lingkungan yang rendah, minyak pelumas kompatibel dengan minyak mineral. Campuran propana - etana memiliki kapasitas pendinginan yang sama dan sifat mudah terbakar dapat terkendali. (Clelanda et al., 2009, 1403-1411) Beberapa sifat-sifat termodinamik yang lain yang harus dimiliki oleh refrigeran antar lain yaitu :

1. tekanan penguapan harus cukup tinggi;
2. tekanan pengembunan yang tidak terlalu tinggi;
3. kalor laten penguapan harus tinggi;
4. volume spesifik (terutama pada fase gas) yang cukup kecil;
5. konduktifitas termal yang tinggi;
6. viskositas yang rendah pada fase cair maupun gas;
7. tidak korosif, dan mempunyai sifat kimia yang stabil;

Rasti pada tahun 2012 melakukan penyelidikan eksperimental mengganti R134a dengan R436A (campuran R290 dan R600a dengan rasio massa 56/44) dalam 238 L evaporator tunggal refrigerator domestik tanpa modifikasi dalam siklus pendinginan. Serta dilanjutkan pada tahun 2013 melakukan studi kelayakan substitusi dari dua refrigeran hidrokarbon pengganti R134a dalam sistem pendingin domestik. Percobaan dirancang pada refrigerator yang diproduksi untuk pengisian 105g R134a. Parameter yang digunakan jenis refrigeran, pengisian refrigeran dan jenis kompresor. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan R436A (campuran 46% iso-butana dan propana 54%) dan R600a (murni iso-butana) sebagai refrigeran hidrokarbon. Kompresor jenis HFC (dirancang untuk R134a) dan tipe kompresor HC (dirancang untuk R600a). Hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk jenis kompresor HFC, isi refrigeran optimum pada 60g dan 55g untuk R436A dan R600a. Konsumsi energi R436A dan R600a pada pengisian optimum berkurang sekitar 14% dan 7%, dibandingkan dengan R134a. Di sisi lain, bila

menggunakan jenis kompresor HC, isi refrigeran R436A dan R600a optimal pada 50 g, dan konsumsi energi R436A dan R600a pada pengisian optimum berkurang sekitar 14,6% dan 18,7%. Margiono (2014) refrigerasi mulai muncul pada awal abad ke Mechanics Journal oleh penulis anonim. Paten pertama mesin refrigerasi tercatat nama Thomas Harris dan John Long yang dipublikasikan di Great Britain pada tahun 1790.

Air Conditioner (AC).

Pengkondisian udara suatu sistem yang digunakan untuk mengatur dan mempertahankan keadaan udara yang meliputi temperatur, kelembaban relatif, kecepatan sirkulasi udara maupun kualitas udara dalam suatu ruangan untuk mencapai kondisi yang sesuai dengan persyaratan keamanan.

Alat pengkondisian udara mempunyai fungsi memberikan kenyamanan bagi orang yang berada di dalam suatu ruangan dengan cara menyerap kalor yang dikeluarkan oleh manusia, lampu penerangan, peralatan listrik dan matahari.

Selain berfungsi menyerap kalor yang berguna untuk memberikan kenyamanan, pengkondisian udara juga berguna untuk menjaga peralatan atau barang yang kondisi operasionalnya membutuhkan persyaratan temperatur dan kelembaban tertentu. (Marwan Effendy, 2005)

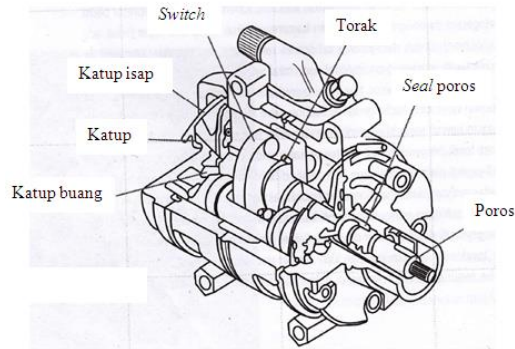
Kompresor.

Kompresor adalah suatu alat dalam mesin pendingin yang cara kerjanya dinamis atau bergerak. Kompresor berfungsi untuk menaikkan tekanan freon (dari tekanan rendah ke tekanan tinggi). Kompresor bekerja menghisap sekaligus memompa refrigeran sehingga terjadi sirkulasi (perputaran) refrigeran yang mengalir ke pipa-pipa mesin pendingin. Kompresor yang sering dipakai pada mesin pendingin adalah jenis hermetik. Konstruksi dari kompresor jenis ini menempatkan motor listrik dengan komponen mekanik ada dalam satu rumah. Kompresor bekerja secara dinamis atau bergerak.

turbin sehingga memudahkan aliran uap keluar turbin untuk masuk kondensor karena gravitasi.

Refrigeran.

Bahan pendingin ini disebut refrigeran. Refrigeran yaitu fluida atau zat pendingin yang memegang peranan penting dalam sistem pendingin. Refrigeran digunakan untuk menyerap panas melalui perubahan fase dari cair ke gas (evaporasi) dan membuang panas melalui perubahan fase dari gas ke cair (kondensasi). Refrigeran dapat dikatakan sebagai pemindah panas dalam sistem pendingin. Refrigeran mengalami beberapa proses atau perubahan fase (cair dan uap), yaitu refrigeran yang mula-mula pada keadaan awal (cair) setelah melalui beberapa proses akan kembali ke keadaan awalnya.

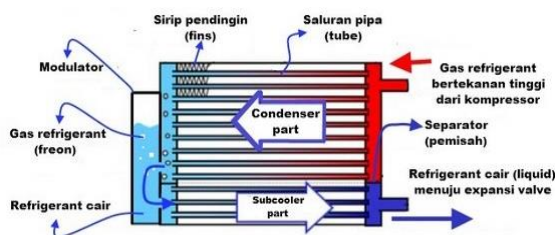


(Gambar Kompresor AC mobil)

Penggeraknya dengan menghisap sekaligus memompa udara sehingga terjadilah sirkulasi (perputaran) udara yang mengalir dari pipa-pipa mesin pendingin. Fase refrigeran ketika masuk dan keluar dari kompresor berupa gas. Kondisi gas keluar kompresor berupa uap panas lanjut. Suhu gas refrigeran keluar dari kompresor lebih tinggi dari suhu kerja kondensor, demikian pula dengan nilai tekanannya.

Kondensor.

Kondensor adalah peralatan yang berfungsi untuk mengubah uap menjadi air. Prinsip kerja kondensor proses perubahannya dilakukan dengan cara mengalirkan uap ke dalam suatu ruangan yang berisi pipa-pipa (tubes). Uap mengalir di luar pipa-pipa (shell slide) sedangkan air sebagai pendingin mengalir di dalam pipa.

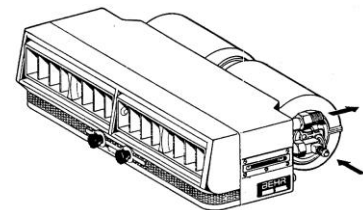


(Gambar Kondensor AC mobil)

Air pendingin diambil dari sumber yang cukup persediannya, yaitu danau, sungai atau laut. Posisi kondensor umumnya terletak di bawah

Evaporator

Pengkabutan yang terjadi saat Freon melewati ekspansi valve kemudian disalurkan menuju evaporator dalam bentuk udara dingin. Udara dingin dari kisi evaporator tersebut akan mulai dihembuskan oleh tiupan angin yang berasal dari blower yang kemudian dapat dirasakan di dalam kabin mobil.



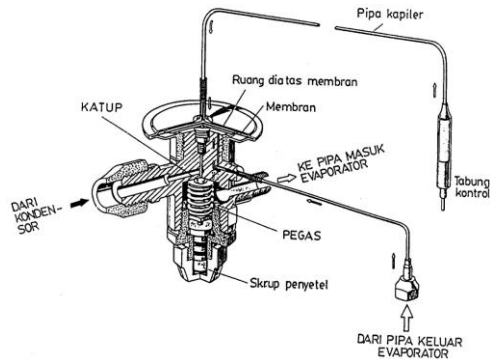
(Gambar 4. Evaporator AC mobil)

Katup Ekspansi

Pada evaporator cairan dari katup ekspansi mengalami evaporasi sehingga berubah menjadi uap jatuh dan masuk ke dalam kompresor untuk dikompresikan. Siklus berjalan terus menerus sehingga di dapat temperatur yang diinginkan.

Katup ekspansi adalah saluran sempit yang menjadi tempat mengalirnya Freon cair bertekanan tinggi dari receiver dryer menuju evaporator. Terjadi pengkabutan Freon cair pada

saat melewati ekspansi valve. Bentuk dari katup ekspansi seperti diperlihatkan pada gambar 5 berikut.



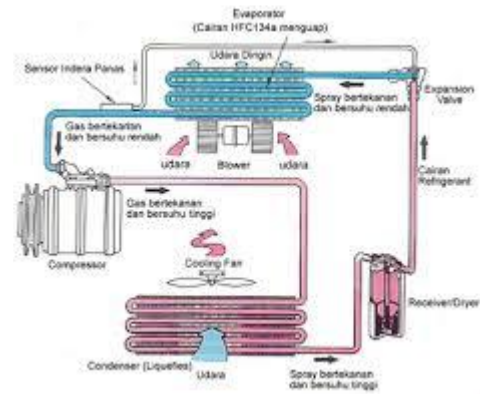
(Gambar Ekspansi Valve AC mobil)

Koefisien Prestasi (COP).

Efisiensi mesin pendingin dinyatakan dengan istilah COP (Coefficient Of Performance), biasanya disebut koefisien prestasi atau koefisien kinerja atau koefisien performa. COP merupakan koefisien unjuk kerja dari siklus pendingin yang menunjukkan kualitas unjuk kerja suatu sistem refrijerasi dan dinyatakan dengan suatu angka hasil perbandingan antara energi yang diserap dari udara ruang dan energi yang digunakan untuk mengkompresi gas di kompresor.

Prinsip kerja mesin pendingin merujuk pada siklus kompresi uap standar. Dalam sebuah mesin pendingin, refrigeran dialirkan dalam saluran pipa-pipa. Sebelum masuk kompresor, refrigeran dengan kondisi uap jenuh dikompresikan sehingga uap keluar dari kompresor menjadi uap panas lanjut. Uap tersebut mengalir pada bagian kondensor untuk melepaskan kalor ke lingkungan sehingga terjadi proses kondensasi. Uap berubah menjadi cair jenuh kemudian melewati dryer, selanjutnya menuju katup ekspansi dan mengalami penurunan sampai tekanan evaporator.

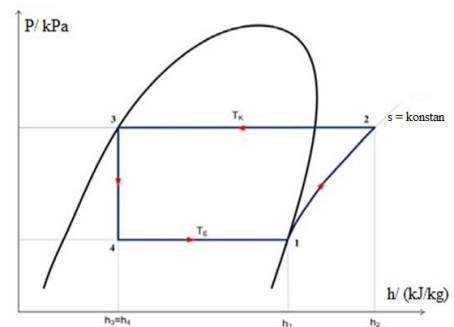
Sistem pengkondisian udara pada AC split yang umum dipakai terdiri dari kompresor, kondensor, evaporator, katup ekspansidan serta refrigeran sebagai fluida pendinginnya. Susunan atau rangkaian komponen untuk AC split diletakkan sedemikian rupa seperti terlihat pada gambar dibawah ini :



(Gambar 6. Instalasi Air Conditioner Split)



(Gambar Siklus kompresi uap)



(Gambar Diagram P-h siklus kompresi uap)

Proses-proses yang membentuk siklus kompresi uap standar adalah :

Proses 1-2, merupakan kompresi adiabatik dan reversibel dari uap jenuh menuju tekanan kondensor, apabila perubahan energi kinetik dan energi potensial diabaikan, maka kerja kompresor adalah

$$w_{in} = h_2 - h_1 \text{ (Marwan)}$$

Effendy,2005,55-62)

Proses 2-3 adalah proses pelepasan kalor reversibel pada tekanan konstan, menyebabkan penurunan panas lanjut (desuperheating) dan pengembunan refrigeran. Kapasitas laju aliran kalor kondensasi

$$q_{out} = \dot{m}_r (h_2 - h_3) \quad (1)$$

Proses 3-4 ialah proses ekspansi tidak reversibel pada entalpi konstan, dari cairan jenuh menuju tekanan evaporator. Proses pencekikan (throttling process) pada sistem pendingin terjadi di dalam pipa kapiler atau katup ekspansi. Proses disini berlangsung pada proses adiabatik, sehingga

$$h_4 = h_3 \quad (2)$$

Proses 4-1 merupakan penambahan kalor reversibel pada tekanan tetap, yang menyebabkan penguapan menuju uap jenuh. Kapasitas laju aliran kalor evaporasi dirumuskan :

$$q_{in} = \dot{m}_r (h_1 - h_4) \quad (3)$$

Istilah prestasi di dalam siklus refrigerasi disebut dengan koefisien prestasi atau COP yang didefinisikan sebagai :

$$COP = \frac{q_{in}}{q_{out}} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \quad (4)$$

Dimana :

h_1 = Entalpi keluar evaporator (kJ/kg)

h_2 = Entalpi masuk kompresor (kJ/kg)

h_3 = Entalpi keluar kondensor (kJ/kg)

h_4 = Entalpi masuk evaporator (kJ/kg)

ref = Laju aliran masa refrigeran (g/s)

METODOLOGI PENELITIAN

Metode dalam penelitian ini adalah eksperimen dengan variabel penelitian adalah tekanan, temperatur dan beban pendinginan.

Tekanan yang di catat adalah:

- Tekanan masuk kompresor / keluar dari evaporator
- Tekanan keluar kompresor / masuk ke kondensor
- Tekanan keluar kondensor / masuk katub ekspansi
- Tekanan keluar katub ekspansi / masuk ke evaporator.

Temperatur yang di amati adalah Temperatur masuk katup ekspansi, Temperatur keluar katup ekspansi / masuk evaporator Temperatur keluar evaporator Temperatur keluar kondensor Temperatur ruangan.

Alat dan Bahan.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah peralatan dari mesin refrigerasi untuk pendingin udara, tetapi peralatan ini mempunyai kapasitas yang lebih kecil bila di dibandingkan dengan ukuran sebenarnya.

- Kompresor AC mobil



Gambar Kompresor dan puli AC mobil

Kompresor unit terdiri dari motor penggerak dan kompresor. Kompresor bertugas untuk menghisap dan menekan refrigerant dari evaporator sehingga refrigerant beredar dalam unit mesin pendingin. Sedangkan motor penggerak bertugas untuk mengatur kompresor tersebut dan kompresor ini juga digunakan untuk mengkompresikan refrigeran. Kompresor memompa freon yang didalamnya terdapat piston atau sitem penggerak lainnya serta dua buah katup tiup dan hisap, yang mana katup tiup adalah berfungsi menyalurkan hasil proses pompa gas freon yang bertekanan tinggi kepada condensor.

sedangkan katup hisap berfungsi menarik lagi gas sisa pendinginan pada evaporator. pada compressor terdapat juga magnet clutch yang berfungsi sebagai sistem kelistrikan dan pengontrol.

Kondensor AC mobil



Gambar Kondensor AC mobil

Kondensor adalah suatu alay yang digunakan untuk mengubah fasa media pendingin (refrigerant) dari fasa uap menjadi fasa cair. Kondensor berfungsi untuk melepas kalor refrigeran ke lingkungan. Dan kondensor yang paling banyak digunakan adalah penukar kalor jenis tabung dan pipa di dalam kondensor tabung banyak terdapat pipa-pipa pendingin dimana fluida mengalir di dalam pipa tersebut.

Fluida pendingin masuk kondensor pada bagian bawah kemudian masuk dalam pipa pendingin dan keluar pada bagian bawah dalam fase zat cair menuju penampungan cairan refrigerant.

Keadaan yang ideal adalah jika tersedianya cukup air pendingin dengan temperatur rendah, udara sekitar sejuk dan memiliki kelembaban yang rendah, juga ada cukup angin mempercepat evaporasi dari titik pendingin. Ada dua tipe kondensor dalam mesin pendingin yaitu water cooled condensor dan air cooled condensor.

Katup Ekspansi



Gambar Katup ekspansi

Katup ekspansi digunakan untuk mengekspansi secara adiabatik cairan refrigerant yang bertekanan dan bertemperatur tinggi samapi mencapai tingkat keadaan tekanan dan temperatur rendah. Selain itu, katup ekspansi juga mengatur pemasukan refrigerant sesuai dengan kebutuhan yang harus dilayani oleh evaporator.

Katup ekspansi mengatur supaya evaporator selalu bekerja sehingga diperoleh efisiensi siklus refrigerasi yang maksimum. Pada percobaan saya kali ini menggunakan katub ekspansi berbahan dasar teflon guna mencapai nilai konduktifitas rendah.

Pompa Vakum



Gambar 3.6 Pompa Vakum

Pompa Vakum adalah sebuah alat untuk mengeluarkan molekul-molekul gas dari dalam sebuah ruangan tertutup untuk mencapai tekanan vakum. Dan pompa vakum berfungsi untuk mengisikan refrigeran ke dalam sistem mesin pendingin.

Receiver dryer



Gambar Receiver dryer

Receiver adalah komponen yang digunakan untuk menyimpan

ataumenampung sementara cairan refrigerant dryer dan filter di dalam receiver akan menyerap air dan kotoran yang ada di dalam refrigerant.

Display Temperatur



Gambar Display Temperatur

Display Temperatur digunakan untuk mengetahui temperature di tiap – tiap titik siklus AC.

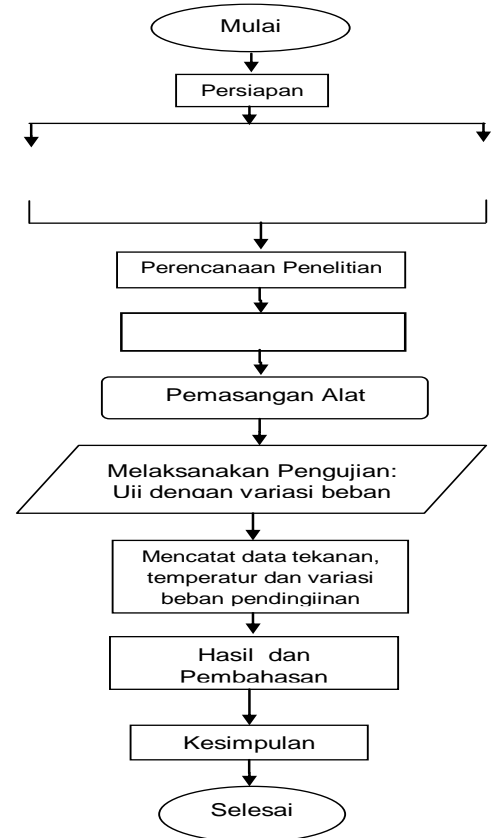
Langkah – langkah pengambilan data pengujian dilakukan pada sistem AC mobil statis, prosedur yang dilakukan dalam pengambilan data berdasarkan variasi beban pendinginan adalah ;

- 1) Persiapan alat yang akan diujikan,
- 2) Cek alat ukur temperatur (display temperature), (pressure gauge) pada keadaan normal,
- 3) Satu daya 220 volt untuk menggerakkan motor listrik,
- 4) Perhatikan temperatur pada display temperature,
- 5) Rekam percobaan menggunakan kamera,
- 6) Catat waktu hingga temperatur (T5) menjadi 19°C,
 - a. Ulangi langkah 1 s/d 7 untuk variasi beban pendinginan yang berbeda.

RPM	Suhu	Tekanan (psi)				Suhu (C)			
		P1	P2	P3	P4	T1	T2	T3	T4
759	28	42	163	165	50	0	48,6	44,3	4,61
759	32	39	188	189	47	-	55	49,5	2,48
759	35	36	205	205	45	-	59	52,7	1,59

Diagram Alir.

Prosedur penelitian merupakan tahapan-tahapan dalam proses penelitian, dapat dilihat gambar:



HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian. Pengambilan data dilakukan pada stand AC ISUZU PANTHER dengan cara mengukur nilai temperatur dan tekanan pada variasi beban pendinginan yang digunakan. Data diambil dengan variasi beban pendinginan yaitu dengan:

- a. Beban pendinginan dengan 28°C
- b. Beban pendinginan dengan 32°C
- c. Beban pendinginan dengan 35°C

Data hasil penelitian di sajikan pada table 4 berikut ini

Tabel 4 hasil percobaan

Dari table 4. terlihat bahwa semakin besar putaran kompresor tekanan masuk kompresor (P1) semakin kecil dan tekanan keluar kompresor (P2) semakin besar, kemudian perubahan temperature pada ruangan (T5) semakin kecil. T5 adalah temperature udara dari fan yang



dilewatkan ke evaporator.

Pengolahan data hasil penelitian.

Data hasil penelitian selanjutnya dicari sifat-sifat dari refrigerant dengan menggunakan software thermos fluid calculator sebagai pengganti penggunaan tabel. Disamping dari data hasil penelitian akan disajikan data keadaan ideal pada masing-masing titik.

1) hasil penelitian beban pendinginan 28 ° C

a) titik 1 (Refrigerant masuk kompresor)

$$P1 = 42 \text{ psi} = 289,57 \text{ kPa}$$

$$T1 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$h1 = 251 \text{ KJ/ kg}$$

$$s1 = 932 \text{ KJ /kg.K}$$

b) titik 2 (Refrigerant keluar kompresor / masuk kondesor)

$$P2 = 163 \text{ psi} = 1123,84 \text{ kPa}$$

$$s2 = s1 = 932 \text{ KJ/kg.K}$$

$$T2 = 48,6 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$h2 = 279 \text{ KJ/ kg}$$

c) titik 3 (Refrigerant keluar kompresor / masuk expansion valve)

$$P3 = 165 \text{ psi} = 1137,63 \text{ kPa}$$

$$T3 = 43,8 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$h3 = 114 \text{ KJ/kg}$$

$$s3 = 410 \text{ KJ/kg.K}$$

d) titik 4 (Refrigerant keluar expansion valve)

$$P4 = 50 \text{ psi} = 334,73 \text{ kPa}$$

$$h4 = 109 \text{ KJ/kg}$$

$$S4 = 410 \text{ KJ/kg.K}$$

$$T4 = 4,61 \text{ }^\circ\text{C}$$

2) hasil penelitian beban pendinginan 32° C

a) titik 1 (Refrigerant masuk kompresor)

$$P1 = 39 \text{ psi} = 268,89 \text{ kPa}$$

$$T1 = -2,22 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$h1 = 244 \text{ KJ/ kg}$$

$$s1 = 914 \text{ KJ /kg.K}$$

b) titik 2 (Refrigerant keluar kompresor / masuk kondesor)

$$P2 = 188 \text{ psi} = 1296,21 \text{ kPa}$$

$$s1 = 914 \text{ KJ/kg.K}$$

$$T2 = 49,9 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$h2 = 280 \text{ KJ/ kg}$$

c) titik 3 (Refrigerant keluar kompresor / masuk expansion valve)

$$P3 = 189 \text{ psi} = 1303,10 \text{ kPa}$$

$$T3 = 49,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$h3 = 125 \text{ KJ/kg}$$

$$s3 = 447 \text{ KJ/kg.K}$$

d) titik 4 (Refrigerant keluar expansion valve)

$$P4 = 47 \text{ psi} = 324,05 \text{ kPa}$$

$$h4 = 120 \text{ KJ/kg}$$

$$s4 = 252 \text{ KJ/kg.K}$$

$$T4 = 2,48 \text{ }^\circ\text{C}$$

3) hasil penelitian beban pendinginan 35° C

a) titik 1 (Refrigerant masuk kompresor)

$$P1 = 36 \text{ psi} = 248,21 \text{ kPa}$$

$$T1 = -4,28 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$h1 = 245 \text{ KJ/ kg}$$

$$s1 = 923 \text{ KJ /kg.K}$$

b) titik 2 (Refrigerant keluar kompresor / masuk kondesor)

$$P2 = 205 \text{ psi} = 1413,42 \text{ kPa}$$

$$s2 = s1 = 923 \text{ KJ/kg.K}$$

$$T2 = 56 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$h2 = 280 \text{ KJ/ kg}$$

c) titik 3 (Refrigerant keluar kompresor / masuk expansion valve)

$$P3 = 205 \text{ psi} = 1413,42 \text{ kPa}$$

$$T3 = 52,7 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$h3 = 134 \text{ KJ/kg}$$

$$s3 = 474 \text{ KJ/kg.K}$$

d) titik 4 (Refrigerant keluar expansion valve)

$$P4 = 45 \text{ psi} = 310,26 \text{ kPa}$$

$$h4 = 130 \text{ KJ/kg}$$

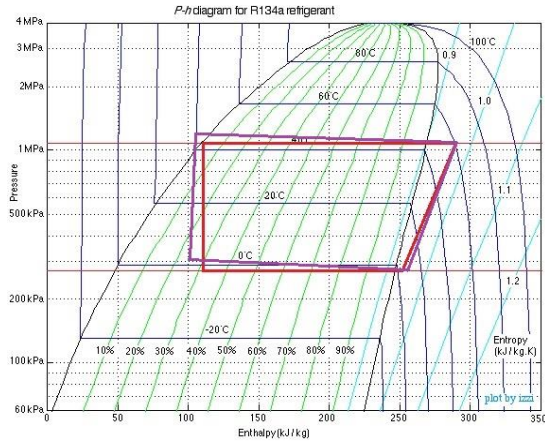
$$s4 = 489 \text{ KJ/kg.K}$$

$$T4 = 1,59 \text{ }^\circ\text{C}$$

4) keadaan ideal beban pendinginan 28° C



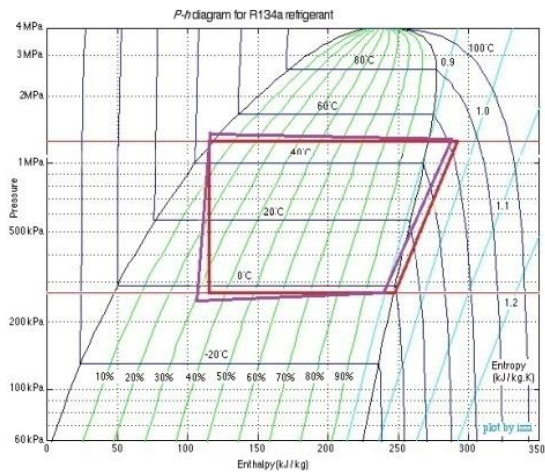
- a) titik 1 (Refrigerant masuk kompresor)
 $P1 = 42 \text{ psi} = 290 \text{ kPa}$
 $T1 = -0,265 \text{ }^\circ\text{C}$
 $h1 = 250 \text{ KJ/ kg}$
 $s1 = 932 \text{ KJ /kg.K}$
- b) titik 2 (Refrigerant keluar kompresor / masuk kondesor)
 $P2 = 162 \text{ psi} = 1120 \text{ kPa}$
 $s2 = s1 = 932 \text{ KJ/kg.K}$
 $T2 = 48,6 \text{ }^\circ\text{C}$
 $h2 = 279 \text{ KJ/ kg}$
- c) titik 3 (Refrigerant keluar kompresor / masuk expansion valve)
 $P3 = 165 \text{ psi} = 1138 \text{ kPa}$
 $T3 = 44,3 \text{ }^\circ\text{C}$
 $h3 = 115 \text{ KJ/kg}$
 $s3 = 415 \text{ KJ/kg.K}$
- d) titik 4(Refrigerant keluar expansion valve)
 $P4 = 50 \text{ psi} = 345 \text{ kPa}$
 $h4 = h3 = 115 \text{ KJ/kg}$
 $s4 = 432 \text{ KJ/kg.K}$
 $T4 = 4,61 \text{ }^\circ\text{C}$
- 5) keadaan ideal beban pendinginan 32°C
- a) titik 1 (Refrigerant masuk kompresor)
 $P1 = 39 \text{ psi} = 270\text{kPa}$
 $T1 = -2,22 \text{ }^\circ\text{C}$
 $h1 = 249 \text{ KJ/ kg}$
 $s1 = 933 \text{ KJ /kg.K}$
- b) titik 2 (Refrigerant keluar kompresor / masuk kondesor)
 $P2 = 188 \text{ psi} = 1296 \text{ kPa}$
 $s2 = s1 = 933 \text{ KJ/kg.K}$
 $T2 = 55 \text{ }^\circ\text{C}$
 $h2 = 282 \text{ KJ/ kg}$
- c) titik 3 (Refrigerant keluar kompresor / masuk expansion valve)
 $P3 = 188 \text{ psi} = 1300 \text{ kPa}$
 $T3 = 49,5 \text{ }^\circ\text{C}$
 $h3 = 123 \text{ KJ/kg}$
 $s3 = 439 \text{ KJ/kg.K}$
- d) titik 4(Refrigerant keluar expansion valve)
 $P4 = 46 \text{ psi} = 320 \text{ kPa}$
 $h4 = h3 = 123 \text{ KJ/kg}$
 $s4 = 462 \text{ KJ/kg.K}$
 $T4 = 2,48 \text{ }^\circ\text{C}$
- 6) keadaan ideal beban pendinginan 35°C
- a) titik 1 (Refrigerant masuk kompresor)
 $P1 = 36 \text{ psi} = 250 \text{ kPa}$
 $T1 = -4,23 \text{ }^\circ\text{C}$
 $h1 = 248 \text{ KJ/ kg}$
 $s1 = 934 \text{ KJ /kg.K}$
- b) titik 2 (Refrigerant keluar kompresor / masuk kondesor)
 $P2 = 204 \text{ psi} = 1410 \text{ kPa}$
 $s2 = s1 = 934 \text{ KJ/kg.K}$
 $T2 = 59 \text{ }^\circ\text{C}$
 $h2 = 282 \text{ KJ/ kg}$
- c) titik 3 (Refrigerant keluar kompresor / masuk expansion valve)
 $P3 = 204 \text{ psi} = 1410 \text{ kPa}$
 $T3 = 53 \text{ }^\circ\text{C}$
 $h3 = 128 \text{ KJ/kg}$
 $s3 = 455 \text{ KJ/kg.K}$
- d) titik 4 (Refrigerant keluar expansion valve)
 $P4 = 45 \text{ psi} = 310 \text{ kPa}$
 $h4 = 128 \text{ KJ/kg}$
 $s4 = 482 \text{ KJ/kg.K}$
 $T4 = 1,59 \text{ }^\circ\text{C}$
- 7) P – h diagram hasil penelitian dan keadaan ideal . Dari perolehan data pada tabel 4.1 maka akan dilakukan pengeplotan pada diagram P-h untuk masing – masing putaran kompresor akan di dibandingkan hasil percobaan dengan sistem yang ideal.



Keterangan gambar:

- a. Garis ungu hasil penelitian —
- b. Garis merah keadaan ideal —

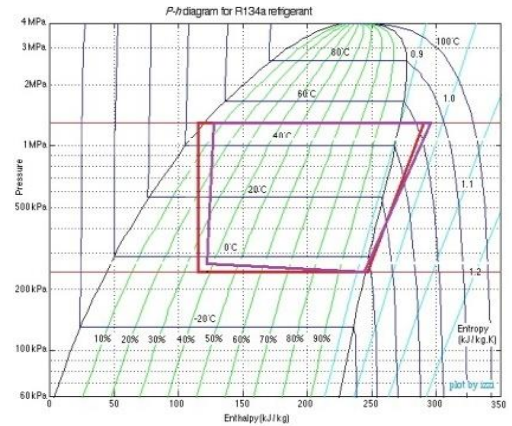
Gambar 4.1 Diagram P-h beban pendinginan 28° C



Keterangan gambar:

- a. Garis ungu hasil penelitian —
- b. Garis merah keadaan ideal —

Gambar 4.2 Diagram P-h beban pendinginan 32° C



Keterangan gambar:

- a. Garis ungu hasil penelitian —
- b. Garis merah keadaan ideal —

Gambar 4.3 Diagram P-h beban pendinginan 35° C

8) Dari diagram P-h diatas dapat dilihat hasil enthalpy masing – masing variasi putaran kompresor. Dari enthalpy masing – masing variasi akan di bandingkan dengan menggunakan COP (coefficient of performance) Antara sistem percobaan dengan sistem ideal. Dengan perhitungan:

$$COP = \frac{Q_{in}}{W_{in}} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$$

- a) Beban pendinginan 28° C
 - i. Ideal

$$\begin{aligned}
 COP &= \frac{Q_{in}}{W_{in}} \\
 &= \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \\
 &= \frac{250 - 115}{279 - 250} \\
 &= 4,655
 \end{aligned}$$

Percobaan

$$COP = \frac{Q_{in}}{W_{in}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \\
 &= \frac{251 - 109}{279 - 251} \\
 &= 4,428
 \end{aligned}$$

- b) Beban pendinginan 32° C
Ideal

$$\begin{aligned}
 COP &= \frac{Q_{in}}{W_{in}} \\
 &= \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \\
 &= \frac{249 - 123}{282 - 249} \\
 &= 3,818
 \end{aligned}$$

Percobaan

$$\begin{aligned}
 COP &= \frac{Q_{in}}{W_{in}} \\
 &= \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \\
 &= \frac{244 - 120}{280 - 244} \\
 &= 3,444
 \end{aligned}$$

- c) Beban pendinginan 35° C
Ideal

$$\begin{aligned}
 COP &= \frac{Q_{in}}{W_{in}} \\
 &= \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \\
 &= \frac{248 - 128}{284 - 248} \\
 &= 3,333
 \end{aligned}$$

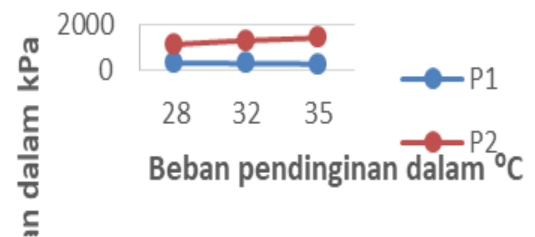
Percobaan

$$\begin{aligned}
 COP &= \frac{Q_{in}}{W_{in}} \\
 &= \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \\
 &= \frac{245 - 130}{280 - 245}
 \end{aligned}$$

3,285

9) Dari hasil penelitian akan dibandingkan dengan grafik antara putaran pada P1 dan P2 akan terlihat pada grafik dibawah :

Grafik beban pendinginan terhadap P1 dan P2



Gambar 4.4 grafik beban pendinginan terhadap P1 dan P2

Dapat dilihat pada grafik diatas menunjukkan perbandingan tekanan pada P1 dan P2 dalam satuan kPa berdasarkan variasi beban pendinginan. Dinyatakan diatas bahwa pada variasi beban pendinginan 28 °C tekanan yang terjadi pada P1 sebesar 289,57 kPa dan tekanan yang terjadi pada P2 sebesar 1123,84 kPa , kemudian pada variasi beban pendinginan 32 °C tekanan yang terjadi pada P1 sebesar 268,89 kPa dan tekanan yang terjadi pada P2 sebesar 1296,21 kPa, serta pada variasi beban pendinginan 35 °C tekanan yang terjadi pada P1 sebesar 248,21 kPa sedangkan tekanan yang terjadi pada P2 adalah sebesar 1413,42 kPa.



Gambar 4.5 grafik beban pendinginan terhadap COP ideal dan penelitian

Dapat dilihat pada grafik diatas menunjukkan perbandingan hasil COP pada keadaan ideal dan penelitian yang di lakukan berdasarkan variasi beban pendinginan.

Dinyatakan diatas bahwa pada variasi beban pendinginan 28 °C nilai COP yang dihasilkan pada penelitian sebesar 4,428 dan nilai COP yang dihasilkan pada keadaan ideal sebesar 4,655 , kemudian pada variasi beban pendinginan 32 °C nilai COP yang dihasilkan pada penelitian sebesar 3,444 dan nilai COP yang dihasilkan pada keadaan ideal sebesar 3,818 , serta pada variasi beban pendinginan 35 °C nilai COP yang dihasilkan pada penelitian sebesar 3,285 dan nilai COP yang dihasilkan pada keadaan ideal adalah sebesar 3,333.

Dari data hasil penelitian pada tabel 4.1 telah disebutkan bahwa perubahan variasi beban pendinginan akan mempengaruhi tekanan masuk kompresor dan tekanan keluar kompresor disamping itu juga mempengaruhi temperature udara yang melewati evaporator untuk mengkondisikan temperature ruangan. Semakin kecil beban pendinginan maka temperature udara yang melewati evaporator akan semakin kecil.

Dari data hasil penelitian setelah dicari sifat – sifat refrigerant dan digambarkan pada P – h diagram bila dibandingkan dengan sifat – sifat refrigerant pada keadaan ideal yang berpatokan pada tekanan masuk dan tekanan keluar kompresor seperti di perlihatkan pada gambar 4.1, gambar 4.2, dan gambar 4.3 terlihat bahwa titik – titik yang dihasilkan dari data penelitian dekat dengan keadaan ideal. Sehingga dapat

dikatakan bahwa katup ekspansi berbahan teflon yang mempunyai konduktifitas rendah memberikan hasil performa sistem AC yang lebih baik di banding bahan dari logam biasa.

Dari gambar 4.5 terlihat bahwa performa sistem AC. (COP) pada variasi beban pendinginan antara 28 °C sampai dengan 35 °C semakin berdekatan dengan (COP) keadaan ideal. Sehingga bentuk (COP) optimal pada penelitian beban pendinginan yang mempunyai kedekatan dengan keadaan ideal adalah pada 35 °C.

SIMPULAN

Berdasarkan analisa data hasil penelitian maka dapat ditarik kesimpulan antara lain :

- Perubahan variasi beban pendinginan akan mempengaruhi tekanan masuk kompresor dan tekanan kompresor disamping itu juga mempengaruhi temperatur udara yang melewati evaporator untuk mengkondisikan temperatur ruangan.
- Semakin besar beban pendinginan maka tekanan masuk kompresor dan tekanan keluar kompresor ($\Delta P = P1 - P2$) semakin besar pula.
- Katup ekspansi berbahan teflon yang mempunyai konduktifitas rendah memberikan hasil performa sistem AC yang lebih baik di banding bahan dari logam biasa.
- (COP) pada variasi beban pendinginan antara 28 °C sampai dengan 35 °C semakin berdekatan dengan (COP) keadaan ideal. Sehingga bentuk (COP) optimal pada penelitian beban pendinginan yang mempunyai kedekatan dengan keadaan ideal adalah pada 35°C.
- Semakin kecil beban pendinginan maka temperatur udara yang melewati evaporator akan semakin kecil pula.



DAFTAR PUSTAKA

ASHRAE. (2009). Fundamentals (SI). Atlanta, GA 30329: American

ASHRAE. (2006). REFRIGERATION. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Inc

Effendy Marwan, 2005, Pengaruh kecepatan putar poros kompresor terhadap prestasi kerja mesin pendingin AC. Tugas Akhir S-1 Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta

. Stoecker, W.F. dan Jerold, W.J., 1996, Refrigerasi dan penyegaran udara. Supratman Hara. Penerbit Erlangga. Jakarta