



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

Heri Wijanarko¹, Sugihandoko², Sukahar³

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

heriwijanarko@nikmesinhan.akmil.ac.id¹

, sugihandoko@nikmesinhan.akmil.ac.id²

sukahar@nikmesinhan.akmil.ac.id³

ABSTRACT

Comfort in a vehicle usually uses an air conditioning system. AC is a type of machine that works following a 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. The compressor is a tool for pumping cooling material (refrigerant) so that it continues to circulate in the system. The performance of the car's AC compressor is controlled by the thermostat, where the thermostat signals whether it is active or not active depending on whether the temperature in the car has been reached or not. This research includes variations in cooling load with a fixed compressor rotation of 759 RPM, each variation of cooling load is tested with a fixed compressor rotation of 759 RPM using one R-134a refrigerant to determine the COP, then this research is continued by calculating the on-off time of the compressor. to save energy used. The results of the research carried out show that the greater the cooling load, the greater the compressor inlet pressure and compressor outlet pressure ($\Delta P = P_1 - P_2$).

Keywords: COP, Duty Cycle, Compressor Rotation

ABSTRAK

Kenyamanan dalam kendaraan biasanya dengan menggunakan sistem pengkondisian (*Air Conditioning Sistem*). AC merupakan jenis mesin yang bekerja yang mengikuti siklus termodinamika yaitu siklus kompresi uap. Suatu mesin refrigerasi tergantung pada kemampuan kompresor untuk memenuhi jumlah gas refrigeran yang perlu disirkulasikan. Kompresor adalah alat untuk memompa bahan pendingin (refrigeran) agar tetap bersirkulasi didalam sistem. Kinerja kompresor AC mobil dikontrol oleh thermostat, dimana thermostat ini memberi isyarat aktif atau tidak aktif disesuaikan dalam temperatur mobil sudah tercapai atau belum temperatur dalam mobil. Penelitian ini mencakup variasi beban pendinginan dengan putaran kompresor tetap yaitu 759 RPM, setiap variasi beban pendinginan dilakukan pengujian dengan putaran kompresor yang tetap 759 RPM dengan menggunakan satu refrigeran R-134a untuk mengetahui COP, kemudian penelitian ini dilanjutkan dengan menghitung waktu hidup-mati kerja kompresor untuk menghemat energi yang digunakan. Hasil dari penelitian yang dilakukan bahwa semakin besar beban pendinginan maka tekanan masuk kompresor dan tekanan keluar kompresor ($\Delta P = P_1 - P_2$) semakin besar pula.

Kata Kunci : COP, Siklus Kerja, Putaran Kompresor

PENDAHULUAN

Akademi militer merupakan lembaga pendidikan militer yang bertugas untuk mencetak perwira yang mempunyai kompetensi sesuai dengan visi dan misi Akmil. Taruna sebagai seorang calon perwira diwajibkan memiliki kemampuan militer yang kompeten di bidang militer dan berpengetahuan di bidang akademik yang cukup diantaranya menguasai bidang teknologi yang mendukung tugas pokok TNI-AD.

Di Akademi militer untuk memperlancar tugas pejabat militer biasanya diberikan kendaraan dinas, pada kendaraan dinas diperlukan keamanan dan kenyamanan. Pada penelitian tugas akhir ini mengambil salah satu mobil dinas yang biasanya digunakan oleh Katim gadik Departemen dan Dandenma yaitu Isuzu Panther. Pada kendaraan dinas ini belum ada sistem AC untuk kenyamanan berkendara, untuk itu penelitian ini diambil perencanaan sistem AC yang melanjutkan penelitian terdahulu.

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. Untuk itu pada penelitian ini, agar performa 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.

Dari permasalahan diatas diambil judul penelitian "PENGARUH PENGGUNAAN EXPANSION VALVE BERBAHAN DASAR MATERIAL DENGAN KONDUKTIVITAS RENDAH TERHADAP PERFORMA AC MOBIL DINAS TNI-AD JENIS ISUZU PANTHER DENGAN VARIASI BEBAN PENDINGINAN

Rumusan Masalah.

Permasalahan yang dibahas penulis dapat dijabarkan sebagai berikut :

- a. apakah penggunaan bahan material Expansion Valve dengan konduktivitas rendah dapat memperbaiki performa AC pada mobil ?
- b. bagaimana pengaruh perubahan variasi beban pendinginan terhadap kinerja AC mobil ?

LANDASAN TEORI

Pada penelitian tentang AC mobil pada isuzu panther ini merupakan lanjutan dari penelitian tugas akhir dari sernatutar Bisma Riski 2016, mobil isuzu panther adalah salah satu mobil keluarga berjenis *Multi Purpose Vehicle (MPV)* yang bermesin diesel. Yang cukup populer di Indonesia pada tahun 90an hingga awal 2000an, dan bersaing ketat dengan mobil sejuta umat yakni Toyota Kijang. Isuzu panther memiliki kelebihan yaitu mampu mengangkut banyak penumpang dan barang, untuk kapasitas penumpang saja mampu diisi 9 orang termasuk supir, jadi cukup cocok dengan karakter orang Indonesia yang suka bepergian dengan keluarganya. Dan mobil panther ini didesain cocok dengan iklim dan topografi Indonesia sehingga mobil ini cukup mampu bertahan hingga sekarang.

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. Siklus refrigerasi merupakan kebalikan dari siklus carnot yang membutuhkan kerja untuk memindahkan kalor dari memiliki temperatur lebih tinggi.

Sistem refrigerasi ini sering dimanfaatkan untuk mengkondisikan udara dalam suatu ruangan tertentu, seperti ruang kantor, atau ruang penyimpanan barang. Selain berfungsi sebagai pengkondisi udaramanfaat lain bisa dirasakan selama bertahan pada berbagai pengkondisi udara manfaat lain bisa dirasakan selama bertahan pada berbagai bidang industri seperti industri manufaktur, industri perminyakan, industri kimia, dan industri pangan.

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. (Cleland et al, 2009, 1403-1411)

Beberapa sifat-sifat termodinamik yang lain yang harus dimiliki oleh refrigeran antar lain yaitu :

- a. tekanan penguapan harus cukup tinggi;
- b. tekanan pengembunan yang tidak terlalu tinggi;
- c. kalor laten penguapan harus tinggi;
- d. volume spesifik (terutama pada fase gas) yang cukup kecil;
- e. konduktivitas termal yang tinggi;
- f. viskositas yang rendah pada fase cair maupun gas;
- g. 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.

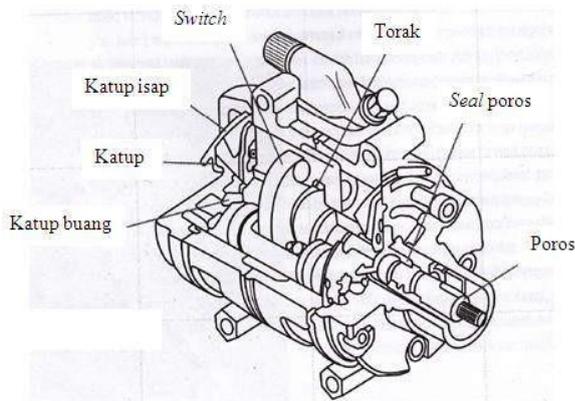
Selain berfungsi menyerap kalor yang berguna untuk memberikan kenyamanan, pengkondisian udara juga berguna untuk menjaga peralatan atau barang yang kondisi operasionalnya membutuhkan persyaratan temperatur dan kelembaban tertentu. (Marwan Effendy, 2005)

a. a. 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. Kontruksi dari

kompresor jenis ini menempatkan motor listrik

dengan komponen mekanik ada dalam satu rumah. Kompresor bekerja secara dinamis atau bergerak.

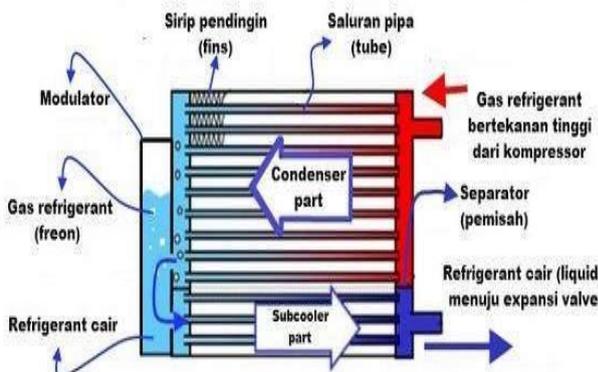


(Gambar 1. Kompresor AC mobil)

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.

b. 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 side*) sedangkan air sebagai pendingin mengalir di dalam pipa-pipa (*tube side*). Kondensor seperti ini disebut kondensor tipe surface (permukaan). Kebutuhan air untuk pendingin di kondensor sangat besar sehingga dalam perencanaan biasanya sudah diperhitungkan.



(Gambar 2. Kondensor AC mobil)

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

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

c.

c. 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 3. Refrigeran / Freon)

Persyaratan refrigeran yang baik untuk unit refrigerasi adalah sebagai berikut:

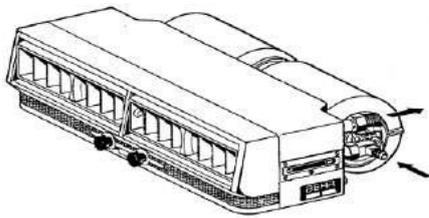
- 1) tidak beracun, berwarna dan berbau;
- 2) bukan termasuk bahan yang mudah terbakar;
- 3) tidak menyebabkan korosi pada material;
- 4) dapat bercampur dengan minyak pelumas kompresor;
- 5) memiliki struktur kimia yang stabil;
- 6) memiliki titik didih yang rendah;
- 7) memiliki tekanan kondensasi yang rendah;
- 8) memiliki tingkat penguapan yang rendah;
- 9) memiliki kalor laten yang rendah;
- 10) memiliki harga yang relatif murah dan mudah diperoleh;

Refrigerasi adalah metode pengkondisian temperatur ruangan agar tetap berada di bawah temperatur digunakan dalam proses pendinginan suatu fluida sehingga mencapai temperatur dan kelembabanyang diinginkan, dengan jalan menyerap panas dari suatu reservoir dingin dan diberikan ke suatu reservoir panas. Komponen utama dari sistem refrigerasi adalah kompresor, kondensor, alat ekspansi dan evaporator.

d. 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.

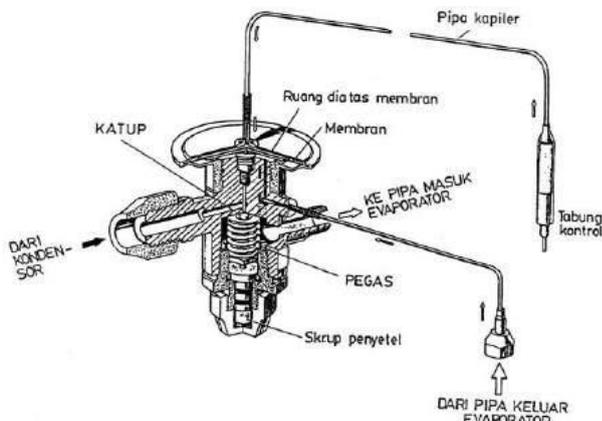


(Gambar 4. Evaporator AC mobil)

e. Katup Ekspansi

Pada evaporator cairan dari katup ekspansi mengalami evaporasi sehingga berubah menjadi uap jenuh 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 exspansi valve. Bentuk dari katup ekspansi seperti diperlihatkan pada gambar 5 berikut.



(Gambar 5. Ekspansi Valve AC mobil)

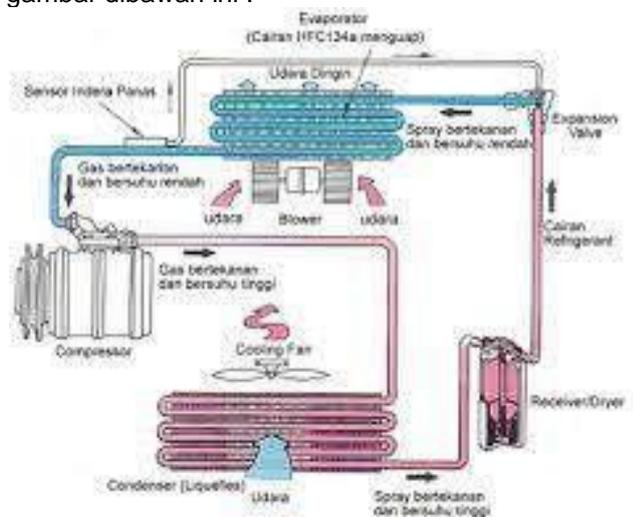
Koefisien Prestasi (COP).

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.

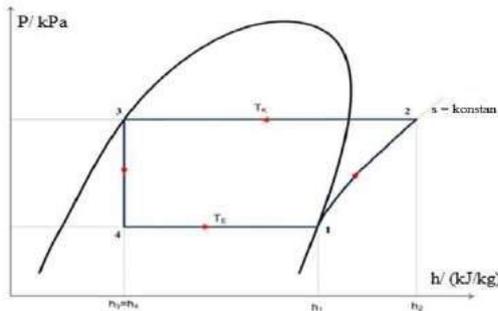
Sistem pengkondisian udara pada AC split yang umum dipakai terdiri dari kompresor, kondensor, evaporator, katup ekspansidan serta refrigeran sebagai fluida pendinginnya. Susunan atau rangkaian komponen untuk AC split diletakkan sedemikian rupa seperti terlihat pada gambar dibawah ini :



(Gambar 6. Instalasi Air Conditioner Split)



(Gambar 7. Siklus kompresi uap)



(Gambar 8. 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

$$\dot{W}_{in} = \dot{m}_{ref} \cdot (h_2 - h_1) \text{ (Marwan Effendy, 2005, 55-62)}$$

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

$$\dot{Q}_{out} = \dot{m}_{ref} \cdot (h_2 - h_3) \text{ (Marwan Effendy, 2005, 55-62)}$$

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

$$h_4 = h_3 \text{ (Marwan Effendy, 2005, 55-62)}$$

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

$$\dot{Q}_{in} = \dot{m}_{ref} \cdot (h_1 - h_4)$$

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

$$COP = \dot{Q}_{in} / \dot{W}_{in} = h_1 - h_4 / h_2 - h_1$$

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)

\dot{m}_{ref} = Laju aliran masa refrigeran (g/s)

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Metode Penelitian.

a. lokasi kegiatan pengambilan data dan penelitian dilaksanakan di laboratorium

Automotif Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Magelang.

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

Tekanan yang di catat adalah:

- 1) Tekanan masuk kompresor / keluar dari evaporator
- 2) Tekanan keluar kompresor / masuk ke kondensor
- 3) Tekanan keluar kondensor / masuk katub ekspansi
- 4) 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.

a. Kompresor AC mobil



Gambar 3.2 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 kondensor. sedangkan katup hisap berfungsi menarik lagi gas sisa pendinginan pada evaporator. pada compressor terdapat

juga *magnet clutch* yang berfungsi sebagai sistem kelistrikan dan pengontrol.

b. Kondensor AC mobil



Gambar 3.3 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*.

c. Katup Ekspansi



Gambar 3.4 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.

d. Evaporator AC mobil



Gambar 3.5 Evaporator AC mobil

Evaporator adalah alat yang digunakan untuk menukar kalor yang mana berperan penting di dalam siklus refrigerasi, yaitu mendinginkan media sekitarnya. Ada beberapa macam evaporator, sesuai dengan penggunaan dan bentuknya dapat berupa gas, cairan atau padatan. *Evaporator* yang mendidihkan refrigerant di dalam pipa disebut evaporator langsung (*direct evaporator*). Jadi Evaporator Berfungsi untuk menyerap panas atau untuk proses evaporasi.

Pada komponen ini dimana embun bertekanan rendah yang dihasilkan dari *expansi valve* tadi disalurkan melalui *cooling coil* melalui pipa-pipa kapiler yang terstruktur pada *cooling coil* dan telah menjadi dingin karena proses tersebut dan dihembuskan oleh blower yang keduanya terdapat dalam evaporator, sehingga anda dapat merasakan dingin dan sejuk pada kabin ruang kendaraan melalui kisi-kisi angin yang terdapat pada dasbor mobil.

e. 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.

f. Refrigeran (R134A)



Gambar 3.7 Tabung Refrigeran R-134a

Refrigeran adalah suatu media perpindahan panas (heat transfer) yang berfungsi menyerap panas di dalam alat penukar panas (heat exchange) yang bertemperatur rendah dan selanjutnya mengeluarkan panas ini pada kondensor yang mempunyai tekanan dan temperatur yang tinggi.

g. Receiver dryer



Gambar 3.8 Receiver dryer

Receiver adalah komponen yang digunakan untuk menyimpan atau menampung sementara cairan refrigerant *dryer* dan *filter* di dalam *receiver* akan menyerap air dan kotoran yang ada di dalam refrigerant.

h. Display Temperatur



Gambar 3.9 Display Temperatur

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

i. Motor Listrik



Gambar 3.10 Motor Listrik

Pada alat peraga AC mobil ini penerus gerak dari motor listrik ke kompresor adalah puli sabuk. Dengan tujuan untuk mendekatkan alat peraga ini sesuai dengan kondisi sebenarnya.

j. Tachometer



Gambar 3.11 Tachometer

Tachometer adalah alat untuk mengukur putaran motor penggerak. Agar putaran sesuai dengan yang diinginkan.

k. Pressure Gauge



Gambar 3.12 Pressure Gauge

Pressure Gauge adalah alat pengukur tekanan / analyzer pressure AC digunakan sebagai penunjuk tekanan pada titik siklus AC.

I. Thermocouple



Gambar 3.13 Thermocouple

Termokopel (Thermocouple) adalah alat untuk mengukur temperature yang menghubungkan titik yang diukur dengan display temperature.

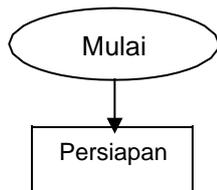
Langkah – langkah pengambilan data

Pengujian dilakukan pada sistem AC mobil statis, prosedur yang dilakukan dalam pengambilan data berdasarkan variasi beban pendinginan adalah ;

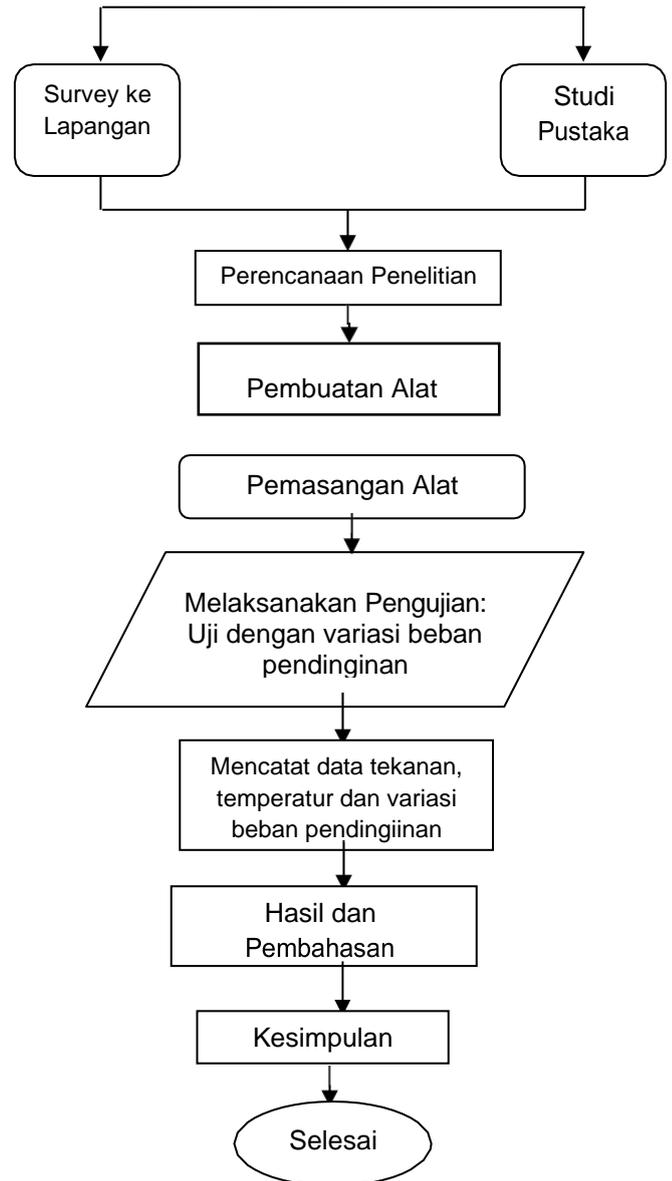
1. Persiapan alat yang akan diujikan,
2. Cek alat ukur temperatur (display temperature), (pressure gauge) pada keadaan normal,
3. Satu daya 220 volt untuk menggerakkan motor listrik,
4. Perhatikan temperatur pada *display temperature*,
5. Rekam percobaan menggunakan kamera,
6. Catat waktu hingga temperatur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

Diagram Alir.

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



RPM	Suhu ruang	Tekanan (psi)				Suhu (C)				
		P1	P2	P3	P4	T1	T2	T3	T4	T5
759	28	42	163	165	50	0	48,6	44,3	4,61	16
759	32	39	188	189	47	-2,22	55	49,5	2,48	19
759	35	36	205	205	45	-4,28	59	52,7	1,59	21



DATA PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan menganalisa mengenai pengaruh penggunaan katup ekspansi berbahan material dengan konduktifitas rendah terhadap performa sistem AC mobil dengan variasi beban pendinginan.

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 4.1 berikut ini .

Tabel 4 hasil percobaan

Dari table 4.1 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.

a. hasil penelitian beban pendinginan 28 ° C

- 1) titik 1 (*Refrigerant* masuk kompresor)
 - P1 = 42 psi = 289,57 kPa
 - T1 = 0 °C
 - h1 = 251 KJ/ kg s1 = 932 KJ /kg.K

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

- P2 = 163 psi =1123,84 kPa
- s2 = s1 = 932 KJ/kg.K
- T2 = 48,6 °C
- h2 = 279 KJ/ kg

- 2) titik 3 (*Refrigerant* keluar kompresor / masuk *expansion valve*)
 - P3 = 165 psi = 1137,63 kPa
 - T3 = 43,8 °C
 - h3 = 114 KJ/kg
 - s3 = 410 KJ/kg.K

- 3) titik 4(*Refrigerant* keluar *expansion valve*)
 - P4 = 50 psi = 334,73 kPa
 - h4 = 109 KJ/kg
 - S4 = 410 KJ/kg.K
 - T4 = 4,61 °C

b.h asil penelitian beban pendinginan 32° C

- 1) titik 1 (*Refrigerant* masuk kompresor)
 - P1 = 39 psi = 268,89kPa
 - T1 = -2,22 °C

h1 = 244 KJ/ kg s1 = 914 KJ /kg.K

- 2) titik 2 (*Refrigerant* keluar kompresor / masuk kondesor)
 - P2 = 188 psi = 1296,21 kPa
 - s2 = s1 = 914 KJ/kg.K
 - T2 = 49,9 °C
 - h2 = 280 KJ/ kg

- 3) titik 3 (*Refrigerant* keluar kompresor / masuk *expansion valve*)
 - P3 = 189 psi = 1303,10 kPa
 - T3 = 49,5 °C
 - h3 = 125 KJ/kg
 - s3 = 447 KJ/kg.K

- 4) titik 4(*Refrigerant* keluar *expansion valve*)
 - P4 = 47 psi = 324,05 kPa
 - h4 = 120 KJ/kg
 - s4 = 252 KJ/kg.K
 - T4 = 2,48 °C

c. hasil penelitian beban pendinginan 35° C

- 1) titik 1 (*Refrigerant* masuk kompresor)
 - P1 = 36 psi = 248,21 kPa
 - T1 = -4,28 °C
 - h1 = 245 KJ/ kg
 - s1 = 923 KJ /kg.K

- 2) titik 2 (*Refrigerant* keluar kompresor / masuk kondesor)
 - P2 = 205 psi = 1413,42 kPa
 - s2 = s1 = 923 KJ/kg.K
 - T2 = 56 °C
 - h2 = 280 KJ/ kg

- 3) titik 3 (*Refrigerant* keluar kompresor / masuk *expansion valve*)
 - P3 = 205 psi = 1413,42 kPa
 - T3 = 52,7 °C
 - h3 = 134 KJ/kg
 - s3 = 474 KJ/kg.K

- 4) titik 4(*Refrigerant* keluar *expansion valve*)
 - P4 =45 psi = 310,26 kPa
 - h4 = 130 KJ/kg
 - s4 = 489 KJ/kg.K

$T_4 = 1,59 \text{ }^\circ\text{C}$

d.keadaan ideal beban pendinginan 28°C

- 1) titik 1 (*Refrigerant* masuk kompresor)
 $P_1 = 42 \text{ psi} = 290 \text{ kPa}$
 $T_1 = -0,265 \text{ }^\circ\text{C}$
 $h_1 = 250 \text{ KJ/ kg s1}$
 $= 932 \text{ KJ/ kg.K}$
- 2) titik 2 (*Refrigerant* keluar kompresor / masuk kondesor)
 $P_2 = 162 \text{ psi} = 1120 \text{ kPa}$
 $s_2 = s_1 = 932 \text{ KJ/kg.K}$
 $T_2 = 48,6 \text{ }^\circ\text{C}$
 $h_2 = 279 \text{ KJ/ kg}$
- 3) titik 3 (*Refrigerant* keluar kompresor / masuk *expansion valve*)
 $P_3 = 165 \text{ psi} = 1138 \text{ kPa}$
 $T_3 = 44,3 \text{ }^\circ\text{C}$
 $h_3 = 115 \text{ KJ/kg}$
 $s_3 = 415 \text{ KJ/kg.K}$
- 4) titik 4(*Refrigerant* keluar *expansion valve*)
 $P_4 = 50 \text{ psi} = 345 \text{ kPa}$
 $h_4 = h_3 = 115 \text{ KJ/kg s4}$
 $= 432 \text{ KJ/kg.K}$
 $T_4 = 4,61 \text{ }^\circ\text{C}$

e.keadaan ideal beban pendinginan 32°C

- 1) titik 1 (*Refrigerant* masuk kompresor)
 $P_1 = 39 \text{ psi} = 270\text{kPa}$
 $T_1 = -2,22 \text{ }^\circ\text{C}$
 $h_1 = 249 \text{ KJ/ kg s1}$
 $= 933 \text{ KJ/ kg.K}$
- 2) titik 2 (*Refrigerant* keluar kompresor / masuk kondesor)
 $P_2 = 188 \text{ psi} = 1296 \text{ kPa}$
 $s_2 = s_1 = 933 \text{ KJ/kg.K}$
 $T_2 = 55 \text{ }^\circ\text{C}$
 $h_2 = 282 \text{ KJ/ kg}$
- 3) titik 3 (*Refrigerant* keluar kompresor / masuk *expansion valve*)
 $P_3 = 188 \text{ psi} = 1300 \text{ kPa}$
 $T_3 = 49,5 \text{ }^\circ\text{C}$
 $h_3 = 123 \text{ KJ/kg}$
 $s_3 = 439 \text{ KJ/kg.K}$
- 4) titik 4(*Refrigerant* keluar *expansion valve*)

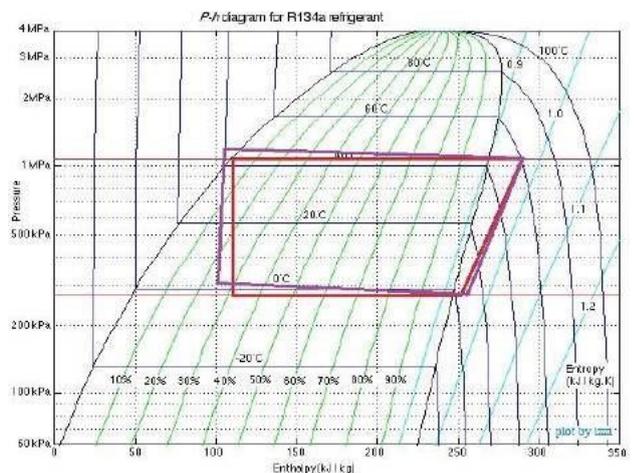
$P_4 = 46 \text{ psi} = 320 \text{ kPa}$
 $h_4 = h_3 = 123 \text{ KJ/kg s4}$
 $= 462 \text{ KJ/kg.K}$
 $T_4 = 2,48 \text{ }^\circ\text{C}$

f. keadaan ideal beban pendinginan 35°C

- 1) titik 1 (*Refrigerant* masuk kompresor)
 $P_1 = 36 \text{ psi} = 250 \text{ kPa}$
 $T_1 = -4,23 \text{ }^\circ\text{C}$
 $h_1 = 248 \text{ KJ/ kg s1}$
 $= 934 \text{ KJ/ kg.K}$
- 2) titik 2 (*Refrigerant* keluar kompresor / masuk kondesor)
 $P_2 = 204 \text{ psi} = 1410 \text{ kPa}$
 $s_2 = s_1 = 934 \text{ KJ/kg.K}$
 $T_2 = 59 \text{ }^\circ\text{C}$
 $h_2 = 282 \text{ KJ/ kg}$
- 3) titik 3 (*Refrigerant* keluar kompresor / masuk *expansion valve*)
 $P_3 = 204 \text{ psi} = 1410 \text{ kPa}$
 $T_3 = 53 \text{ }^\circ\text{C}$
 $h_3 = 128 \text{ KJ/kg}$
 $s_3 = 455 \text{ KJ/kg.K}$
- 4) titik 4(*Refrigerant* keluar *expansion valve*)
 $P_4 = 45 \text{ psi} = 310 \text{ kPa}$
 $h_4 = 128 \text{ KJ/kg}$
 $s_4 = 482 \text{ KJ/kg.K}$
 $T_4 = 1,59 \text{ }^\circ\text{C}$

P – h diagram hasil penelitian dan keadaan ideal .

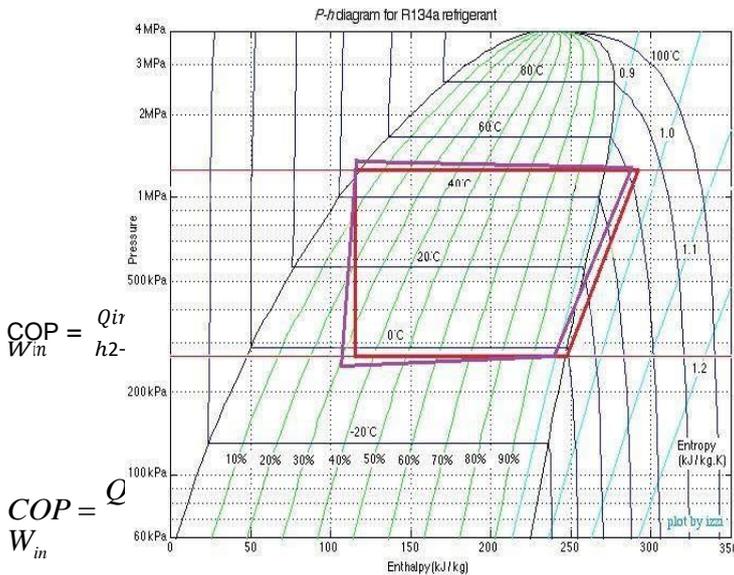
Dari perolehan data pada tabel 4.1 maka akan dilakukan pengeplotan pada diagram P-h untuk masing – masing putaran kompresor akan di bandingkan hasil percobaan dengan sistem yang ideal.



Keterangan gambar:

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

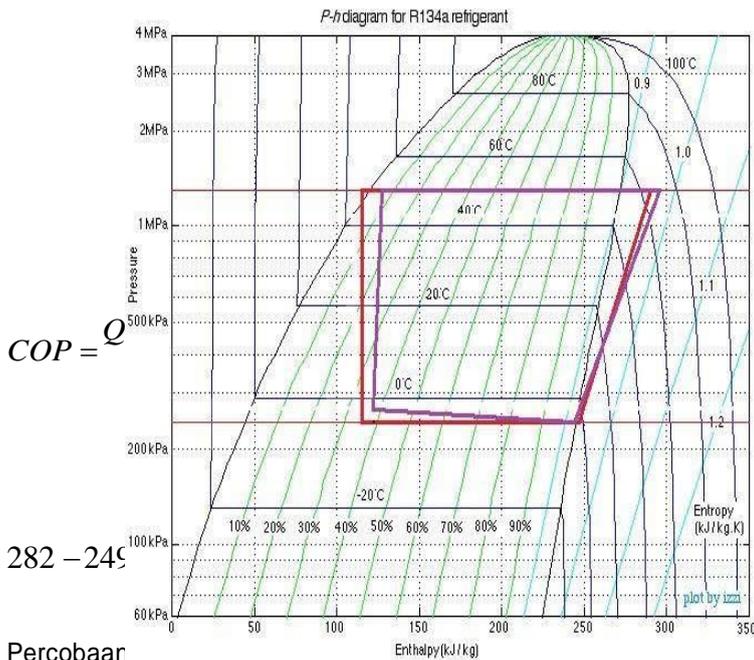
Gambar 4.1 Diagram P-h beban pendinginan 28° C



Keterangan gambar:

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

Gambar 4.2 Diagram P-h beban pendinginan 32° C



Percobaan:

Keterangan gambar:

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

Gambar 4.3 Diagram P-h beban pendinginan 35° C

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:

b. Beban pendinginan 28° C Ideal

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

Percobaan

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

c. Beban pendinginan 32° C Ideal

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

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

d. Beban pendinginan 35° C Ideal

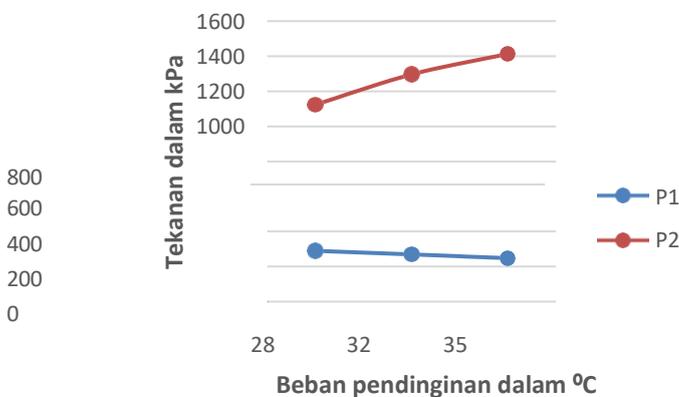
$$\begin{aligned}
 COP &= \frac{Q_{in}}{W_{in}} \\
 &= \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \\
 &= \frac{248 - 128}{284 - 248} \\
 &= 3,333
 \end{aligned}$$

Percobaan

$$\begin{aligned}
 COP &= \frac{Q_{in}}{W_{in}} \\
 &= \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \\
 &= \frac{245 - 130}{280 - 245} \\
 &= 3,285
 \end{aligned}$$

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

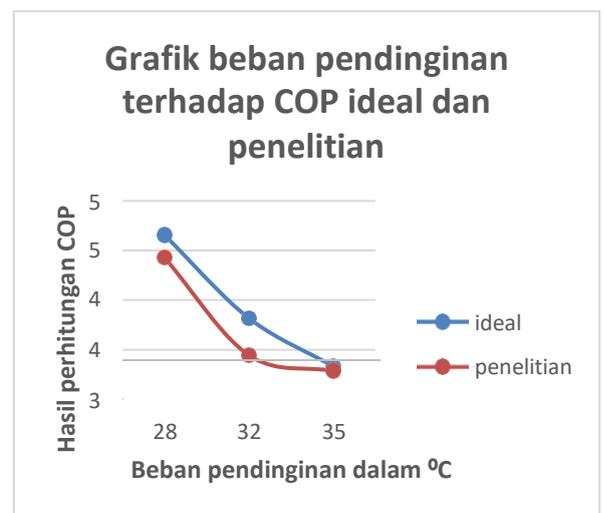
Grafik beban pendinginan terhadap P1 dan P2



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.

16. Pembahasan .

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.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan.

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

- a. 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.
- b. Semakin besar beban pendinginan maka tekanan masuk kompresor dan tekanan keluar kompresor ($\Delta P = P_1 - P_2$) semakin besar pula.
- c. Katup ekspansi berbahan teflon yang mempunyai konduktifitas rendah

memberikan hasil performa sistem AC yang lebih baik di banding bahan dari logam biasa.

- d. (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
- e. Semakin kecil beban pendinginan maka temperatur udara yang melewati evaporator akan semakin kecil pula.

18. Saran.

- a. Pada penelitian untuk mendapatkan data yang lebih baik diperlukan variasi putaran kompresor yang lebih banyak dengan menggunakan peralatan pengukur putaran elektronik.
- b. Alat ukur temperatur sebaiknya menggunakan termokopel yang lebih peka dan display temperatur menggunakan alat ukur yang lebih presisi.

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
- Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc