



ANALISA PENGARUH VARIASI DIAMETER DAN LAJU ALIRAN AIR PIPA DISCHARGE KOMPRESSOR TERHADAP KINERJA MESIN PENDINGIN 1PK

Priadi 421204237

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya 60118, Telp. 031-5931800, Indonesia
email: priadiuntagsby@gmail.com

ABSTRACT

In modern life is not escaping the fact people needs a comfortable life. Especially in domestic life. This provides the researchers to build a machine, water heater and air conditioning hopefully with a save energy it could increase the effectiveness of electricity and cooling of machine work . Of several components machine, air conditioning one who are convertible is a discharge pipe, compressor and this is what will be the main focus will be an analysis by giving the flow of water on the outside with variations discharge the flow of water and diameter pipe discharges compressor so that the results best performance. Data from the testing, analysis and performed calculations every data than the effect of the decrease in whereby heat is used for household needs (take a bath, Cook). Having acquired, data sought value cop and effects of freezing temperatures and therefore the testing complete and valid. The COP affected from, compressor work in refrigeration effect the higher the refrigeration effect COP will increase and water flowed on the surface of a pipe getting hotter. This affected from size in diameter and high low discharge of water during testing . From the data and analysis conducted at, testing it can be concluded that the compressor of large diameter pipe discharges the water discharge and the higher the increased, COP and the smaller diameter and low discharge of water down the COP. This is because during high of large diameter and discharge, resulting in temperature in a condenser (T_2) fell so that pressure also fell in accordance with law so that if gay lussac seen in table and charts refrigerant r22 value approaching the theoretical. And the best cop in testing compressor 0,953 cm diameter pipe discharges in the water discharge 1,5 m³ /, hours with a value of {COP=13,6}.

Keyword: energy, the effectiveness of, a discharge compressor, cop, valid refrigeration, discharge; temperature, pressure, gay lussac, law refrigerant, theoretic.

PENDAHULUAN

Sistem pengkondisian udara (airconditioner / AC) sudah menjadi perabotan umum pada rumah tangga di perkotaan. Pengkondisian udara diperlukan karena Indonesia termasuk negara yang beriklim tropis dengan kondisi udara yang cenderung lembab, apalagi di wilayah perkotaan yang kurang akan penghasil oksigen (dalam hal ini minimnya pohon) sehingga kurang nyaman untuk aktifitas sehari-hari misalnya dalam bekerja dan

belajar. Secara singkat sistem refrigerasi itu sendiri adalah proses pengambilan kalor atau panas pada ruangan yang dikondisikan dan melepaskannya keudara bebas/lingkungan luar.

Secara umum mesin pengkondisi udara yang digunakan pada rumah tangga adalah model AC split, sistem model dari mesin pengkondisi udara ini adalah dengan alat penukar kalor Kondensor dengan alat pendinginannya evaporator. Sistem kerja mesin pendingin ini salah satu factor yang

berpengaruh adalah kondisi udara/lingkungan, jika kondisi udara/lingkungan luar terlalu panas, maka pelepasan kalor/panas kurang maksimal dan tentu akan mempengaruhi kerja evaporator dan kerja kondensor sehingga tentu akan mempengaruhi juga konsumsi listrik yang digunakan.

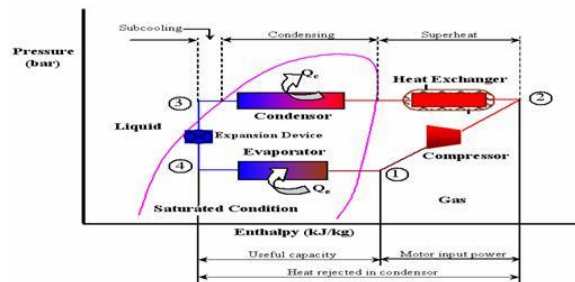
Pada saat mesin pengkondisi udara bekerja mendinginkan ruangan, mesin menyerap udara panas dan mengkompresikan dengan compressor dan mengkondensasikan dengan kondensor. Mesin ini tidak dilengkapi dengan peralatan tambahan untuk pelepas kalor pada kondensornya sehingga sangat tergantung pada suhu lingkungan luar, dengan penambahan penukar kalor tambahan yaitu dengan media pendingin air pada pipa discharge compressor, penyerapan kalor akan lebih baik, dan panas hasil pembuangan yang diserap air bisa untuk keperluan lain. Dengan melakukan sedikit modifikasi ini kita dapat memperoleh dua keuntungan, pemanas air secara gratis dan mesin pengkondisi udara lebih efisien karena pembuangan panas lebih optimal.

Dalam penelitian sebelumnya variasi yang diteliti adalah perbedaan panjang pipa discharge satu ukuran diameter saja, dan didapat data koefisien perpindahan panas (*heat transfer coefficient*) pipa penukar panas model helical memiliki unjuk kerja/ COP lebih tinggi dibandingkan bentuk lurus 10% lebih baik. Berdasar penelitian hasil inilah, peneliti mencoba memvariasikan diameter pipa discharge compressor dengan ditambahkan media pendingin debit aliran air kemudian akan dibandingkan unjuk kerjanya. Dengan analisa dan pembuatan, kedepannya mesin yang dibuat dipergunakan untuk kegiatan praktikum di lab mesin pendingin Untag Surabaya.

Pengertian Air Conditioning Water Heater

Air Conditioning Water Heater (ACWH) adalah serangkaian alat yang memanfaatkan panas buang dari system pendingin untuk memanaskan air.

Refrigerant panas yang dikompresi oleh compressor digunakan untuk memanaskan air dengan bantuan alat penukar kalor. Alat penukar kalor inilah yang dapat menentukan kinerja dari mesin pendingin. Alat penukar kalor digunakan semaksimal mungkin untuk memindahkan kalor refrigerant tanao menyebabkan berkurangnya kinerja mesin pendingin.



Gambar 1.1 Siklus Mesin Pengkondisi Udara Pemanas Air

Prinsip kerja :

-Proses 1-2: Uap refrigerant dari evaporator dihisap compressor kemudian ditekan sehingga refrigerant bertekanan dan bertemperatur tinggi.

-Proses 2-2': Panas refrigerant didisipasikan melalui ketebalan plat pipa discharge ke air pada penukar kalor tanpa menagalammi kenaikan temperature sedangkan refrigerant mengalami penurunan temeperatur dan sebagian berubah fasa dari gas menjadi cair.

-Proses 2'-3: Proses ini refrigerant yang sebagian beruabah fasa bertemperatur rendah didinginkan lagi dengan dialiri udara pada permukaan luar pipa.

-Proses 3-4: Refrigerant panas keluar kondensor diekspansi sehingga mangalami penurunan tekanan dan temperature.

-Proses 4-1: Refrigerant masuk di evaporator dalam kondisi temperature dan pressure rendah sehingga dapat menyerap kalor ruangan. Cairan refrigerant menguap karena menerima kalor Selama proses vaporasi di dalam pipa terdapat perubahan campuran refrigerant dari fasa cair menjadi uap atau gas, proses ini berlangsung pada tekana tetap sampai mencapai derajat superheated.

Secara teoritis, dengan menambah alat penukar kalor dapat meningkatkan jumlah kalor yang dibuang yang dapat diartikan menambah beban pendinginan (cooling load) yang dapat dipindahkan dengan kerja compressor yang sama.

1. Komponen Utama Sistem Pendingin

1.1. Kompresor

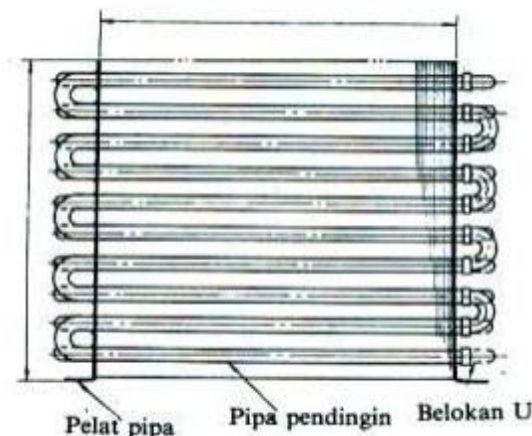
Komponen ini bekerja digerakkan oleh electromotor dengan menaikkan tekanan diikuti temperature yang bertujuan untuk memudahkan perpindahan fasa refrigerant dari uap panas menjadi uap air panas



Gambar 2.2 kompresor hermatik
(heizo sato 1986:133)

1.2. Kondensor

Adalah suatu jaringan pipa yang mengembunkan refrigerant dari pompa bertemperatur tinggi menjadi embun dan uap air jenuh. Selanjutnya refrigerant berupa uap aair jenuh mengalir ke evaporator melalui katup ekspansi



Gambar 2.3 Kondensor pendingin udara jenis koil bersirip (heizo saito 1986 : 153)

1.3. Alat ekspansi



Gambar 2.4 katup ekspansi dengan pipa tembaga bentuk helikal

Alat ini berbentuk pipa kapiler tembaga berdiameter kecil bekerja menurunkan tekanan fluida bertekanan dan temperatur tinggi menjadi fluida bertekanan rendah dan sebagian fluida refrigerant menguap (flash gas).

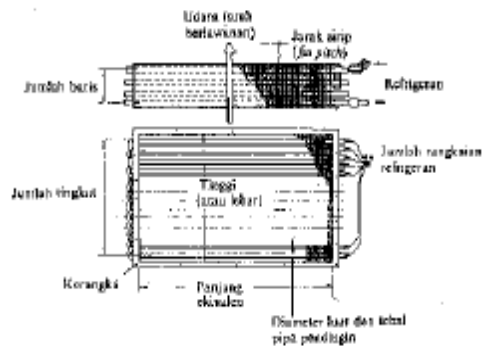
Fungsi utama pipa kapiler katup ekspansi:

- Menurunkan tekanan fluida refrigerant
- Mengatur volume fluida refrigerant masuk evaporator
- Membangkitkan pressure fluida di kondensor

Alat ekspansi yang umum digunakan adalah katup ekspansi termostatik yang merupakan katup berkendali panas lanjut yang tujuannya agar fluida refrigerant yang masuk ke evaporator sesuai dengan beban pendinginan yang harus dilayani.

1.4. Evaporator

Alat ini berbentuk pipa dikonstruksikan sedemikian rupa berfungsi menguapkan refrigerant dengan mengeluarkan temperature dingin dan dihembuskan dengan kipas. Terbuat dari bahan besi, tembaga, aluminium, atau nikel, namun secara umum dipasaran sering digunakan bahan dari aluminium dan besi.



Gbr 2.5 Evaporator pendingin udara jenis koil bersirip (heizo saito 1986 : 153)

Prinsip kerja alat ini adalah menguapkan refrigerant keluar kondensor yang melewati alat ekspansi. Fluida bertemperatur rendah keluar alat ekspansi mengalir masuk ke evaporator yang kemudian dihembuskan udara dengan fan menghasilkan udara dingin kedalam ruangan. Fluida yang mengalir melalui evaporator yang diambil dinginnya ini mengalami kenaikan temperatur dan diiringi naiknya pressure yang kemudian masuk ke kompresor. Siklus ini bersirkulasi terus menerus untuk menghasilkan efek pendinginan stabil sesuai dengan temperatur yang diinginkan diruangan.

1.5.Refrigeant

Adalah suatu media pemindah panas yang menyerap panas dengan penguapan pada temperature rendah (pada evaporator) dan mengembunkan pada temperature dan tekanan tinggi (pada kondensor).

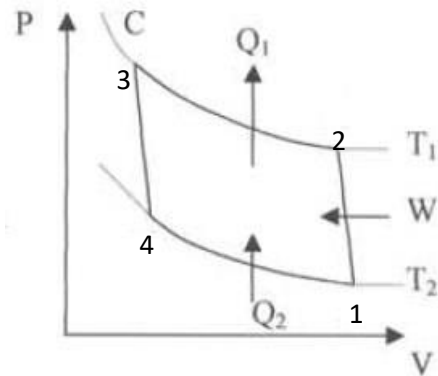
Umumnya dalam perdagangan sudah diklasifikasikan oleh ASRE (American Society of Refrigerating Engineers) pada kelompok senyawa Aezotop, Anorganik, Hidrokarbon, Halokarbon

2. Termodunamika Sistem Refrigerant

2.1. Siklus Refrigerasi Carnot

Adalah siklus perputaran refrigerant yang menerima energy pada temperatur rendah dan mengeluarkan energy pada temperatur tinggi. Mesin carnot merupakan kebalikan dari siklus refrigerasi carnot yaitu menerima energy kalor dari temperatur tinggi, energy kemudian diubah menjadi kerja dan sisa

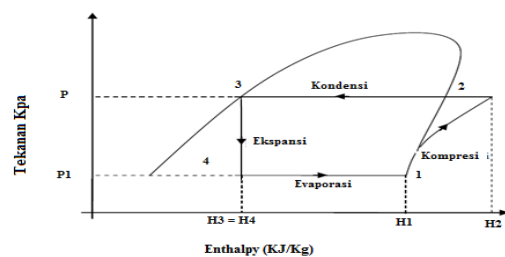
energy tersebut dibuang ke sumber panas pada temperatur rendah. Daur refrigerasi carnot dapat dilihat pada gambar dibawah



Gambar 2.6 Daur refrigerasi carnot
Proses daur refrigerasi carnot:

- Proses kompresi adiabatik (1-2)
 - Proses pelepasan kalor isothermal (2-3)
 - Proses ekspansi adiabatik (3-4)
 - Proses penyerapan kalor isothermal (4-1)
- Tujuan utama pada daur ini adalah untuk menyerap kalor dari sumber temperatur rendah pada proses 4-1 yaitu penyerapan kalor isothermal.

2.2. Siklus Kompresi Uap Standart (Teoritis)



gambar 2.7 proses siklus kompresi uap standart (Stoecker, Wilbert F.1987. Refrigerasi dan Pengkondisian Udara. Jakarta;Penerbit ERLANGGA.)

Adalah siklus teoritis, dimana pada siklus tersebut mengasumsikan beberapa proses sebagai berikut:

Proses kompresi

Berlangsung pada dari titik 1 ke titik 2. Diasumsikan refrigerant tidak mengalami perubahan kondisi selama mengalir dijalur hisap, diasumsikan juga isentropik tekanan dan entalpi pada satu garis entropi konstan, dan titik 2 pada kondisi panas.pada proses ini memerlukan kerja dari luar dan entalpi uap

naik dari h_1 ke h_2 , besar kenaikan ini sama dengan besar kerja kompresi uap refrigerant.

$$W_c + h_2 = 0 \dots \dots \dots (1.1)$$

$$W_c = h_2 - h_1$$

Disebabkan energy potensial (EP) dan energy kinetik (EK) maka kompresi isentropic ideal, tingkat keadaan 2 ditentukan oleh entropi (sama dengan tingkat keadaan 1) dan tekanannya, sehingga untuk kompresi adalah:

$$W_c = h_2 - h_1$$

Maka untuk kerja sesungguhnya ialah:

$$W_c = W_c / (\eta_c)$$

Dimana:

W_c = besar kerja compressor (kJ/kg \cdot 0

H_1 = entalpi refrigerant saat masuk compressor (kJ/kg)

η_c = efisiensi isentropi compressor (%)

Proses Kondensasi

Proses 2-3 merupakan proses kondensasi yang terjadi pada kondensor, uap panas refrigeran dari kompresor didinginkan oleh fluida sampai pada temperatur kondensasi, kemudian uap tersebut dikondensasikan. Pada titik 2 refrigeran pada kondisi uap jenuh pada tekanan dan temperatur kondensasi. Proses 2-3 terjadi pada tekanan konstan, dan jumlah panas yang dipindahkan selama proses ini adalah bedaentalpi antara titik 2 dan 3.

$$Q_c = h_2 - h_3 \dots \dots \dots (2.2)$$

dimana :

Q_c = besarnya panas dilepas di kondensor (kJ/kg)

h_2 = entalpi refrigeran saat masuk kondensor (kJ/kg)

h_3 = entalpi refrigerant saat masuk kondensor (kJ/kg)

Proses Ekspansi

Proses ekspansi berlangsung dari titik 3 ke titik 4. Pada proses ini terjadi proses penurunan tekanan refrigeran dari tekanan kondensasi (titik 3) menjadi tekanan evaporasi (titik 4). Pada waktu cairan di ekspansi melalau katup ekspansi atau pipa kapiler ke evaporator, temperatur refrigeran

juga turun dari temperatur kondensat ke temperatur evaporasi. Proses 3-4 merupakan proses ekspansi adiabatik dimana entalpi fluida tidak berubah disepanjang proses. Refrigeran pada titik 4 berada pada kondisi campuran-uap.

$$h_3 = h_4 \dots \dots \dots (2.3)$$

Proses Evaporasi

Proses 4-1 adalah proses penguapan yang terjadi pada evaporator dan berlangsung pada tekanan konstan. Pada titik 1 seluruh refrigeran berada pada kondisi uap jenuh. Selama proses 4-1 entalpi refrigeran naik akibat penyerapan kalori dari ruang refrigerasi. Besarnya kalor yang diserap adalah

beda entalpi titik 1 dan titik 4 biasa disebut dengan efek pendinginan. Tekanan entalpi siklus kompresi uap standart ditunjukkan pada Gambar 2.4.

$$Q_e = h_1 - h_4 \dots \dots \dots (2.4)$$

dimana :

Q_e = besarnya panas yang diserap di evaporator (kJ/kg)

h_1 = entalpi refrigeran saat keluar evaporator (kJ/kg)

h_4 = entalpi refrigeran saat masuk evaporator (kJ/kg)

Selanjutnya refrigeran kembali masuk ke kompresor dan bersirkulasi lagi, begitu seterusnya sampai kondisi yang diinginkan tercapai.

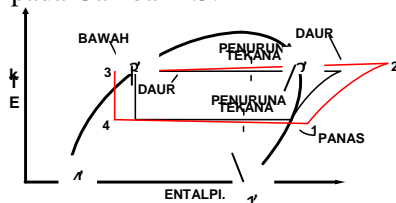
(Stoecker, Wilbert F. 1987. Refrigerasi dan Pengkondisian Udara. Jakarta: Penerbit ERLANGGA.)

Siklus Kompresi Uap Aktual

Siklus kompresi uap yang sebenarnya (aktual) berbeda dari siklus standar (teoritis). Perbedaan ini muncul karena asumsi yang ditetapkan dalam siklus standar. Pada siklus aktual terjadi pemanasan lanjut uap refrigeran yang meninggalkan evaporator sebelum masuk ke kondensor. Pemanasan lanjut ini terjadi akibat tipe peralatan ekspansi yang di gunakan atau dapat juga karena penyerapan panas dijalar masuk (suction line) antara evaporator dan kompresor. Demikian juga pada refrigeran cair mengalami pendinginan lanjut atau bawah dingin sebelum masuk katup ekspansi atau pipa kapiler. Keadaan diatas adalah peristiwa normal dan melakukan fungsi yang diinginkan untuk

menjamin bahwa seluruh refrigeran yang memasuki kompresor atau alat ekspansi dalam keadaan 100 % uap atau cair.

Perbedaan yang penting antara daur nyata (aktual) dan standar terletak pada penurunan tekanan dalam kondensor dan evaporator. Daur standar dianggap tidak mengalami penurunan tekanan pada kondensor dan evaporator, tetapi pada daur nyata terjadi penurunan tekanan karena adanya gesekan antara refrigeran dengan dinding pipa. Akibat dari penurunan tekanan ini, kompresor pada titik 1 dan 2 memerlukan lebih banyak kerja dibandingkan dengan daur standar. Untuk siklus aktual dan siklus standar ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.8. Perbandingan siklus aktual dan siklus standar

Garis 4-1' diperlihatkan penurunan tekanan yang terjadi pada refrigeran pada saat melewati suction line dari evaporator ke kompresor. Garis 1-1' diperlihatkan terjadinya panas lanjut pada uap refrigeran yang ditunjukkan dengan garis yang melewati garis uap jenuh. Proses 1'-2' adalah proses kompresi uap refrigeran didalam kompresor. Pada siklus teoritis proses kompresi diasumsikan isentropik, yang berarti tidak ada perpindahan kalor diantara refrigeran dan dinding silinder. Pada kenyataannya proses yang terjadi bukan isentropik maupun politropik. Garis 2'-3' menunjukkan adanya penurunan tekanan yang terjadi pada pipa-pipa kondensor. Sedangkan pada garis 3-3' menunjukkan tekanan yang terjadi dijalur cair.

2.3. Laju Perpindahan Panas Penukar Kalor

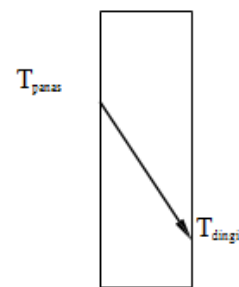
Proses Perpindahan Kalor

Perpindahan panas merupakan ilmu untuk meramalkan perpindahan energi dalam bentuk panas yang terjadi karena adanya perbedaan suhu diantara benda atau material. Dalam proses perpindahan energy tersebut tentu ada kecepatan perpindahan

panas yang terjadi, atau yang lebih dikenal dengan laju perpindahan panas. Maka ilmu perpindahan panas juga merupakan ilmu untuk meramalkan laju perpindahan panas yang terjadi pada kondisi-kondisi tertentu. Perpindahan kalor dapat didefinisikan sebagai suatu proses berpindahnyasuatuenergi(kalor) dari satu daerah ke daerah lain akibat adanya perbedaan temperature pada daerah tersebut. Ada tiga bentuk mekanisme perpindahan panas yang diketahui, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi.

Perpindahan Kalor Secara Konduksi

Perpindahan kalor secara konduksi adalah proses perpindahan kalor dimana kalor mengalir dari daerah yang bertemperatur tinggi ke daerah yang bertemperatur rendah dalam suatu medium (padat, cair atau gas) atau antara medium-medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung sehingga terjadi pertukaran energy dan momentum.



Gambar 2.9. Perpindahan panas konduksi pada dinding (J.P. Holman, hal: 33)

Laju perpindahan panas yang terjadi pada perpindahan panas konduksi adalah berbanding dengan gradien suhu normal sesuai dengan persamaan berikut:

Persamaan Dasar Konduksi:

$$Q_k = -KA \frac{dT}{dx} \dots (2.1)$$

Keterangan :

q = Laju Perpindahan Panas (kj / det, W)

k = Konduktifitas Termal (W/m.°C)

A = Luas Penampang (m²)

dT = Perbedaan Temperatur (°C, °F)

dX = Perbedaan Jarak (m / det)

ΔT = Perubahan Suhu (°C, °F)

dT/dx = gradien temperatur ke arah perpindahan kalor.

Dalam penerapan hukum Fourier (persamaan 2.1) pada suatu dinding datar, jika

persamaan tersebut diintegrasikan maka akan didapatkan :

$$q_k = - \frac{KA}{\Delta x} (T_2 - T_1) \text{ (J.P.Holman, hal.26)}$$

Bilamana konduktivitas termal (thermal conductivity) dianggap tetap. Tebal dinding adalah Δx , sedangkan T_1 dan T_2 adalah temperature muka dinding. Jika konduktivitas berubah menurut hubungan linear dengan temperatur, seperti , maka persamaan aliran kalor menjadi :

$$q_k = - \frac{k_0 A}{\Delta x} \left[T_2 - T_1 + \frac{\beta}{2} (T_2^2 - T_1^2) \right] \text{ (J.P.Holman, hal26)}$$

Daftar Tabel 2-1 Konduktivitas Termal Berbagai Bahan pada 0°C

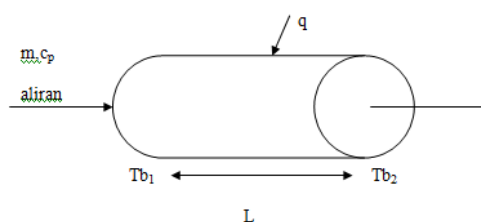
Konduktivitas termal		
K		
Bahan	W/m.°C	Btu/h . ft. °F
<i>logam</i>		
perak (mumi)	410	237
tembaga(mumi)	385	223
aluminium (mumi)	202	117
nikel (mumi)	93	54
besi (mumi)	73	42
Baja karbon, 1% C	43	25
Timbal (mumi)	35	20,3
baja karbon-nikel (18% cr, 8%ni)	16,3	9,4
<i>bukan logam</i>		
kuarsa(sejajar sumbu)	41,6	24
magnesit	4,15	2,4
marmar	2,08-2,94	1,2-1,7
batu pasir	1,83	1,06
Kaca, jendela	0,78	0,45
Kayu maple atau ek	0,17	0,096
Serbuk gergaji	0,059	0,034
Wol kaca	0,038	0,022
<i>Zat cair</i>		
Air-raksa	8,21	4,74
Air	0,556	0,327
Amonia	0,540	0,312
Minyaklumas, SAE 30	0,147	0,085
Freon 12, 22FCCI	0,073	0,042
<i>Gas</i>		
Hidrogen	0,175	0,101
Helium	0,141	0,081
Udara	0,024	0,0139
Uap air (jenuh)	0,0206	0,0119
Karbon dioksida	0,0146	0,00844

(J.P.Holman, hal: 7)

Perpindahan Kalor Secara Konveksi

Konveksi adalah perpindahan panas karena adanya gerakan/aliran/pencampuran dari bagian panas ke bagian yang dingin. Contohnya adalah kehilangan panas dari radiator mobil, pendinginan dari secangkir kopi dll. Menurut cara menggerakkan alirannya, perpindahan panas

konveksi diklasifikasikan menjadi dua, yakni konveksibebas (free convection) dan konveksi paksa (forced convection). Bila gerakan fluida disebabkan karena adanya perbedaan kerapatan karena perbedaan suhu, maka perpindahan panasnya disebut sebagai konveksibebas (free natural convection). Bila gerakan fluida disebabkan oleh gaya pemaksa /eksitasi dari luar, misalkan dengan pompa atau kipas yang menggerakkan fluida sehingga fluida mengalir diatas permukaan, maka perpindahan panasnya disebut sebagai konveksi paksa (forced convection).



Gambar 2.8. Perpindahan panas konveksi (J.P.Holman, hal.: 252).

Laju perpindahan panas pada beda suhu tertentu dapat dihitung dengan persamaan

$$q = - hA (T_w - T_\infty)$$

(J.P. Holman, 1994 hal: 11)

Keterangan :

Q = Laju Perpindahan Panas (kj/det atau W)

h = Koefisien perpindahan Panas Konveksi (W/ m².°C)

A= Luas Bidang Permukaan Perpindahan Panas (ft², m²)

Tw= Temperature Dinding (°C , K)

T∞ = Temperature Sekeliling (°C , K)

Alat Penukar Kalor (Heat Exchanger)

Alat penukar panas (heat exchanger) adalah suatu alat yang digunakan untuk memindahkan panas antara dua buah fluida atau lebih yang memiliki perbedaan temperature yaitu fluida yang bertemperatur tinggi ke fluida yang bertemperatur rendah. Alat penukar panas banyak digunakan pada berbagai instalasi industri, antara lain pada: boiler, kondensor, cooler, cooling tower. Sedangkan pada kendaraan kita dapat

menjumpai radiator yang fungsinya pada dasarnya adalah sebagai alat penukar panas.

2.4. Prestasi Unjuk Kerja Mesin

Daya Input Kompresor

Merupakan kerja yang dilakukan untuk menaikkan tekanan dari tekanan rendah evaporator ketekanan tinggi kondensor, kerja yang diberikan kompresor dalam bentuk daya listrik untuk menggerakkan kompresor dirumuskan :

$$W_{in} = V \cdot A \cdot \cos \theta \text{ (Watt)}$$

Dimana :

V= Tegangan saat alat bekerja (Volt)

A= Arus saat alat semua bekerja (Ampere)

Cos θ = factor koreksi listrik(0,7 – 0,9)

Daya Yang Diterima Refrigerant

Merupakan jumlah daya yang diterima refrigerant untuk menaikkan tekanan evaporator ketekanan kondensor. Rumus yang dipakai adalah :

$$W_{ref} = \dot{m} (h_2 - h_1) \text{ (Watt)}$$

Dimana :

\dot{m} = laju aliran massa (lbm/ min)

h_2 = enthalpy refrigerant pada keluaran kondensor (Btu/lbm)

h_1 = enthalpy refrigerant pada masukan kompresor (Btu/lbm)

Kerja Kompresor

Adalah kerja yang didapatkan dari perbedaan enthalpy refrigerant yang keluar dan masuk kompresor. Rumus yang digunakan adalah :

$$W = h_2 - h_1 \text{ (Btu/lbm)}$$

Dimana :

h_2 =enthalpy refrigerant pada keluaran kompresor (Btu/lbm)

h_1 =enthalpy refrigerant pada masukan kompresor (Btu/lbm)

Kerja Evaporator

Adalah jumlah panas yang diserap refrigerant saat melalui evaporator. Rumus yang digunakan adalah :

$$Q_E = \dot{m} (h_1 - h_4) \text{ (Watt)}$$

Dimana :

h_1 = enthalpy refrigerant pada masukan kompresor (Btu/lbm)

h_4 = enthalpy refrigerant pada keluaran evaporator (Btu/lbm)

Efek Refrigerasi

Adalah jumlah kalor yang dikeluarkan oleh refrigerant dalam evaporator pada laju aliran refrigerant. Rumus yang digunakan adalah :

$$q_e = h_1 - h_4 \text{ (Btu/lbm)}$$

Dimana :

Q_e = Efek refrigerant (Btu/lbm)

h_1 = enthalpy refrigerant pada masukan kompresor (Btu/lbm)

h_4 = enthalpy refrigerant pada keluaran evaporator (Btu/lbm)

Laju Pelepasan Kalor di Kondensor

Adalah panas yang dilepaskan refrigerant saat melalui kondensor. Rumus yang digunakan :

$$Q_c = \dot{m} (h_2 - h_3) \text{ (watt)}$$

Dimana :

\dot{m} = laju aliran masa (lbm / min)

h_2 = enthalpy refrigerant pada keluaran kondensor (Btu / lbm)

h_3 = enthalpy refrigerant pada masukan kondensor (Btu / lbm)

Panas yang Dibuang Kondensor dan Penukar Panas Helikal

Adalah kalor yang dikeluarkan oleh refrigerant dalam kondensor dan penukar panas helikal pada laju aliran refrigerant. Rumus yang digunakan adalah :

$$q_c = h_2 - h_3 \text{ (Btu / lbm)}$$

Dimana :

q_c = Panas yang dibuang kondensor (Btu / lbm)

h_2 = Enthalpy refrigerant pada keluaran kondensor (Btu / lbm)

h_3 = Enthalpy refrigerant pada masukan kondensor (Btu / lbm)

Coefficient Of Performance (COP)

Sifat-sifat fluida

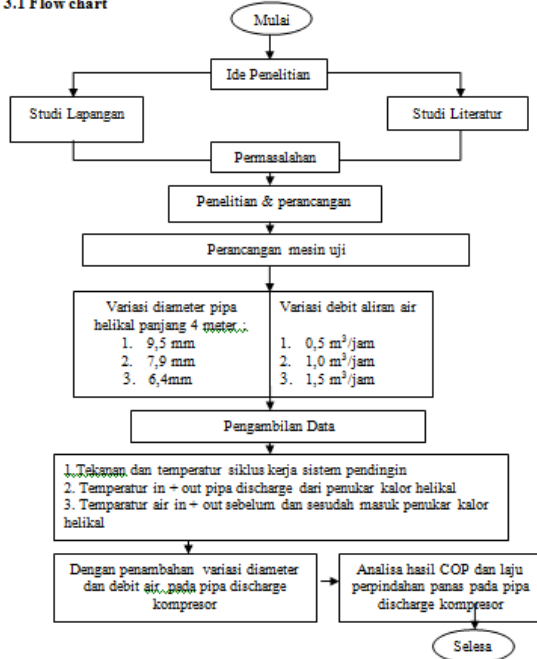
Adalah kapasitas refrigerant terhadap daya yang diberikan ke sistem rumus yang digunakan adalah :

$$COP = \frac{KAPASITAS \text{ PENDINGINAN}}{KERJA \text{ KOMPRESSOR}}$$

$$COP = \frac{q_e}{W} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$$

PROSEDUR EKSPERIMEN

3.1 Flow chart



Gambar 4. Diagram Alir Prosedur Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Data hasil penelitian

Tabel 4.1 : Hasil pengujian pada pipa helical L = 400 cm dan D = 0,953 cm.

Debit	1		2		3		4		Kondensor		Power	
	P	T	P	T	P	T	P	T	Tin air	To air	V	I
	Paia	°C	Paia	°C	Paia	°C	Paia	°C	°C	°C	Volt	Ampere
0,5 m ³ /h	84	24	200	57,4	175	28	67	12,7	32	38,2	222	3,1
1 m ³ /h	81	24	197	55,8	175	28	64	11,5	32	35,7	222	3,0
1,5 m ³ /h	80	24	195	54,5	174	28	64	10,7	32	34,8	222	2,9

Tabel 4.2 : Hasil pengujian pada pipa helical L = 400 cm dan D = 0,794 cm

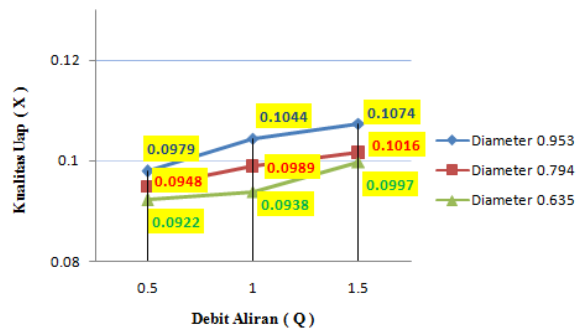
Debit	1		2		3		4		Kondensor		Power	
	P	T	P	T	P	T	P	T	Tin air	To air	V	I
	Paia	°C	Paia	°C	Paia	°C	Paia	°C	°C	°C	Volt	Ampere
0,5 m ³ /h	85	24	204	60,9	179	28	68	13,2	32	37,7	222	3,2
1 m ³ /h	83	24	202	57,4	177	28	66	12,4	32	35,2	222	3,1
1,5 m ³ /h	80	24	198	57,4	175	28	64	12	32	34,3	222	3

Tabel 4.3 : Hasil pengujian pada pipa helical L = 400 cm dan D = 0,635 cm

Debit	1		2		3		4		Kondensor		Power	
	P	T	P	T	P	T	P	T	Tin air	To air	V	I
	Paia	°C	Paia	°C	Paia	°C	Paia	°C	°C	°C	Volt	Ampere
0,5 m ³ /h	86	24	208	64,4	183	28	69	13,7	32	37,2	222	3,3
1 m ³ /h	85	24	202	59	179	28	68	13,3	32	34,7	222	3,2
1,5 m ³ /h	80	24	201	58	176	27,5	64	12,5	32	33,8	222	3,1

Tabel 2. Data Hasil Perhitungan

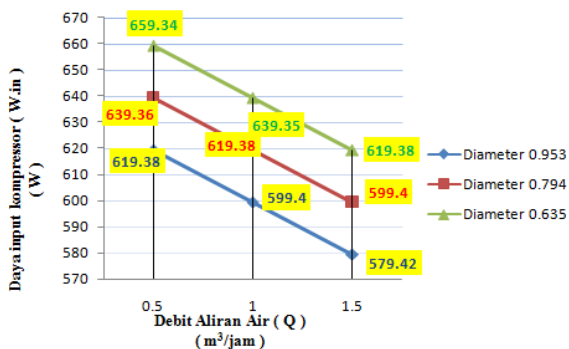
No	Diameter (cm)	Debit (m ³ /jam)	X	W _{in} (Watt)	q _e (kJ/g)	W (kg/s)	q _{wh} (KW)	COP
1	0.953	0.5	0.0979	619.38	197.7	21.1	0.3608	9.37
2		1.0	0.1044	599.4	199.1	20.1	0.431	9.9
3		1.5	0.1074	579.42	200.1	15.2	0.4888	13.16
4	0.794	0.5	0.0948	639.36	197.1	23.1	0.3317	8.53
5		1.0	0.0989	619.38	198	21.1	0.3724	9.38
6		1.5	0.1016	599.40	198.5	20.9	0.4015	9.49
7	0.635	0.5	0.0922	659.34	196.5	25.2	0.3026	7.79
8		1.0	0.0938	639.36	196.9	22.2	0.3142	8.87
9		1.5	0.0997	619.38	197.9	21.4	0.3142	9.247



Gambar 5. Grafik hubungan debit (Q) air terhadap kualitas uap (X)

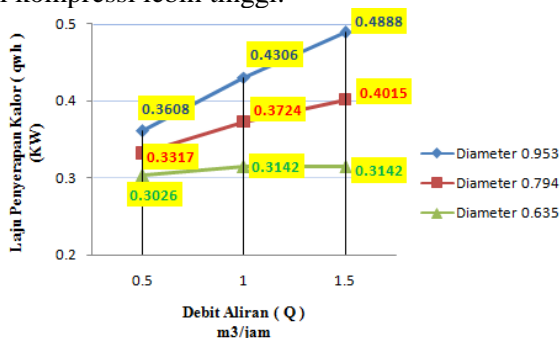
Jika dilihat dari analisa dan grafik diatas bahwa perbedaan diameter pipa kapiler dan debit air mempengaruhi nilai dari kualitas uap. Dan nilai kualitas uap tertinggi terjadi pada diameter pipa kapiler 0,953 cm dengan debit air 1,5 m³/jam dengan nilai 0,1074. Nilai kualitas uap diperoleh pada titik 4 yang merupakan proses perubahan fasa dari cair menjadi gas di sistem evaporator. Arti dari nilai kualitas uap menunjukkan seberapa besar kandungan uap pada pipa evaporator. Contohnya pada nilai kualitas uap 0,1 yang artinya 0,1 adalah kadar uap pada sistem sekitar 10 % dan 90 % cair, jika ditotal nilainya harus 100 %. Karena itulah nilai kualitas uap mempunyai range 0 ~ 1 yang artinya 0 adalah 0% uap (100% dalam keadaan cair) dan 1 adalah 100% uap (100% dalam keadaan uap). Jadi kesimpulannya nilai kualitas terbesar saat

pengujian terjadi pada diameter pipa kapiler 0,953 cm dengan kecepatan udara 1,5 m³/jam (debit tinggi) sebesar 0,1074 (artinya 10,74 % kandungan uap dan 89,26% kandungan cair).



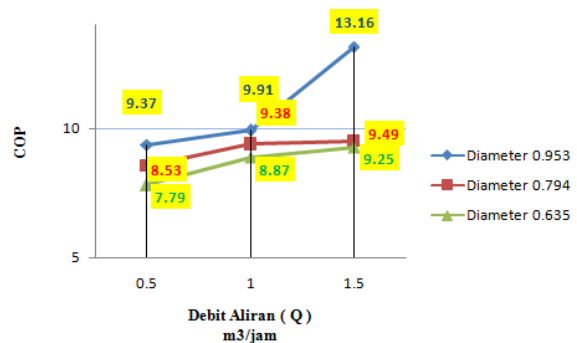
Gambar 6. Grafik hubungan debit air (Q) terhadap daya kompresor (W.in)

Jika dilihat dari analisa dan grafik diatas bahwa perbedaan diameter pipa kapiler dan debit aliran air mempengaruhi daya kompresor. Dan dilihat dari bentuk grafik antara diameter 0,635 cm ;0,794 cm;0,953 cm dan debit 0,5 m³/jam ;1,0 m³/jam ;1,5 m³/jam garis grafik sejajar, semakin rendah debit aliran air semakin tinggi daya yang dibutuhkan kompresor, karena refrigerant yang di kompresi lebih tinggi.



Gambar 7. Grafik hubungan debit air (Q) terhadap laju penyerapan kalor (qwh)

Jika dilihat dari grafik diatas bahwa perbedaan diameter pipa kapiler dan debit air mempengaruhi besar kecilnya daya penyerapan water heater,hal ini karena semakin besar keliling pipa maka panas yang diserap air dari panas pipa discharge tersebut semakin banyak dan semakin tinggi debit aliran air maka panas yang diserap air semakin banyak. Jadi dapat disimpulkan bahwa besar kecilnya diameter pipa kapiler dan debit air akan mempengaruhi nilai laju kalor yang terbuang. Hal ini dibuktikan dengan peningkatan pada masing-masing diameter pipa kapiler di setiap variasi debit air kira-kira sebesar 0,01 ~ 0,05 (KW).



Gambar 7. Grafik hubungan debit air (Q) terhadap COP

Jika dilihat dari analisa dan grafik diatas bahwa perbedaan diameter pipa kapiler dan debit air mempengaruhi peningkatan COP pada suatu sistem pendinginan. Dari grafik dan presesntase perbandingan COP pada pipa 0,953 cm terhadap pipa 0,794 cm,pada debit air 1,5m³/jam perbandingannya cukup tinggi. Hal ini disebabkan bahwa dengan pertambahan debit dan perbedaan diameter pipa kapiler maka COP yang didapat semakin bagus.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Dari pengamatan dan analisa data pengujian dapat diambil kesimpulan perbandingan performance dengan melihat hasil grafik perbandingan COP dengan debit aliran air hal.102 adalah performance terbaik pada pipa helical diameter 0,953 cm dengan debit air 1,5 m³/jam nilainya adalah : {COP = 13,16} dan performance terendah pada pipa helical diameter 0,635 cm dan debit air 0,5 m³/jam nilainya adalah : {COP = 7,79} hal ini karena pada diameter besar dengan debit tinggi pengaruh panas yang diserap Water Heater cukup tinggi sehingga T2 atau temperature input kondensor rendah dan sebaliknya pada pipa diameter kecil dan debit kecil panas yang diserap air rendah sehingga T2 atau temperature masuk kondensor masih cukup tinggi
2. Dengan melihat hasil grafik hal.100 laju perpindahan panas (qwh) tertinggi pada pipa diameter 0,953 cm dengan debit air 1,5 m³/jam dengan nilai 0,4888 KW dan laju perpindahan panas (qwh) terendah pada pipa diameter 0,635 cm dengan debit air 0,5 m³/jam dengan nilai 0,3026 KW hal ini karena pengaruh diameter pipa dan debit air pada Water Heater,jika debit tinggi pada diameter besar,panas yang diserap air lebih

- besar dan sebaliknya pada diameter kecil dan debit rendah panas yang didisipasi oleh air cukup rendah sehingga panas T2(input kondensor) masih panas
3. dengan melihat tabel 4.1 hasil pengamatan hal. 53 pada pengujian diameter pipa 0,953 cm debit air 0,5 m³/jam diperoleh temperature keluar Water Heater sebesar 38,2 °C, dengan hasil pengujian ini berarti panas keluar watr heater bisa memenuhi tujuan analisa untuk memanfaatkan air sebagai kebutuhan manusia(mandi).

REFERENSI

- [1] Laboratorium Mesin Pendingin, *Buku Petunjuk Praktikum Mesin Pendingin*, Fakultas Teknik Mesin Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
- [2] Munandar, Wiranto Aris & Saito, Heizo , 1995, *Penyegaran Udara*, Pradaya Pratama, Jakarta.
- [3] Reynold, William C & Perkins, Henry C.,1991, *Termodinamika Teknik*, Penerbit Airlangga, Jakarta.
- [4] Stoecker, Wilber F. & Jones, J.W.,1982, *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*, Airlangga, Jakarta.
- [5] Sunata., 2010, *Analisa Pengaruh Diameter Pipa dan Kecepatan Udara Pendingin Kondensor Terhadap Performance Mesin Pendingin*, Tugas Akhir, Universitas 17 Agustus 1945, Surabaya.
- [6] Ir. Syawalludin,MM. MT, 2010, “*Analisa Pengaruh Arus Aliran Udara Masuk Evaporator Terhadap Coeficient Of Performance*”, Jurnal Tugas Akhir, Universitas Muhammadiyah , Jakarta.