



ANALISA PENGARUH PENAMBAHAN FIN DAN LAJU ALIRAN AIR PADA PIPA DISCHARGE KOMPRESSOR TERHADAP KINERJA MESIN PENDINGIN 1PK

Dwi Putro Utomo

421204167

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya 60118, Telp. 031-5931800, Indonesia

email: dwitomchat@gmail.com

ABSTRACT

In modern life is not escaping the fact people. needs a comfortable life Especially in domestic life .hal it gives the researchers to build a machine, water heater and air conditioning Hopefully with a it could save energy electricity and increase the effectiveness of several components of machine work pendingin.dari machine, air conditioning in regard to any one that can be changed is the discharge compressor. And the this is what will be the main focus will be an analysis by giving the flow of water on the outer side with variations discharge the flow of water and diameter pipe discharges compressor so that the results of the testing terbaik.data performance analysis and performed calculations, tiap- every data than the effect of the decrease in whereby heat is used for household needs (take shower, cook). Having acquired, data sought value cop and effects of freezing temperatures and therefore the complete testing. and validThe 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 hotterThis 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 the cop. declinedThis is because during high of large diameter and discharge, resulting in temperature in a condenser () t2 fell so that pressure also fell in accordance with law so that if gay lussac seen in table and charts refrigerant r22 value approaching. And the best value of COP on the test of pipe diameter of helical addition of fin at discharge compressor pipe 0,953 cm at water flow discharge 1,5 m³ / hour, with value of {COP = 11,25}.

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

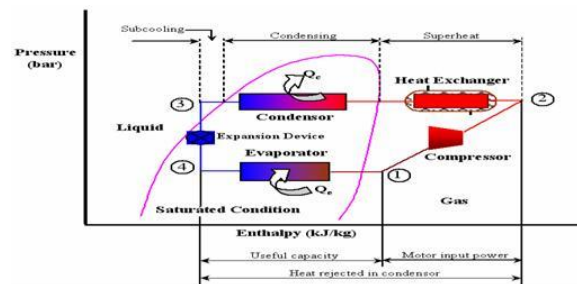
mesin pengkondisi udara ini adalah dengan alat penukar kalor Kondensor dengan alat pendinginannya evaporator. Sistem kerja mesin pendingin ini salah satu factor yang berpengaruh adalah kondisi udara/lingkungan, jika kondisi udara/lingkungan luar terlalu panas, maka pelepasan kalor/panas kurang maksimal 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 perlalatan 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 tanoa 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 berubah 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

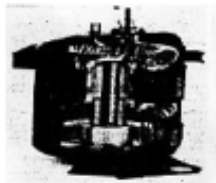
refrigerant dari fasa cair menjadi uap atau gas, proses ini berlangsung pada tekanan tetap sampai mencapai derajat superheated.

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

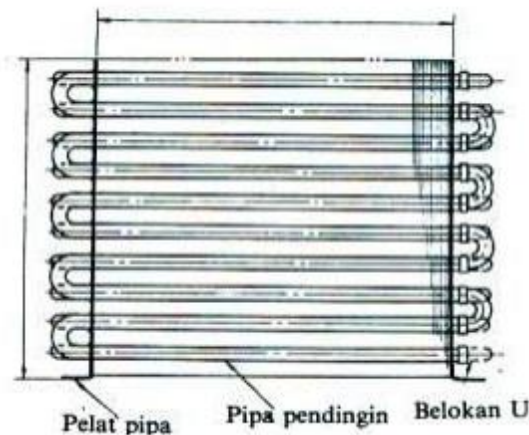
Komponen ini bekerja digerakkan oleh electromotor dengan menaikkan tekanan diikuti temperature yang bertujuan untuk memudahkan perpindahan fasa refrigerant dari uap panas menjadi uap air panas



Gambar 2.2 kompresor hermetik
(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 air 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).

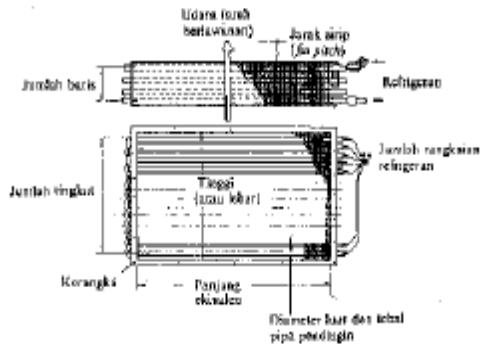
Fungsi utama pipa kapiler katup ekspansi:

- 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).

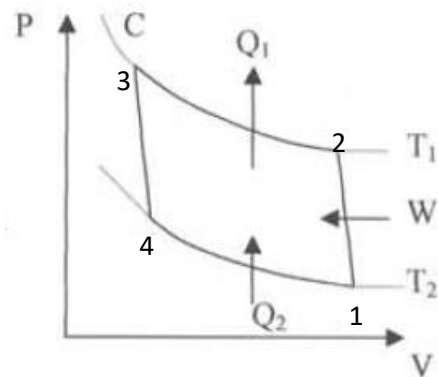
Umumnya dalam perdagangan sudah diklasifikasikan oleh ASRE (American Society of Refrigerating Engineers) pada kelompok senyawa Aezotop, Anorganik, Hidrokarbon, Halokarbon

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

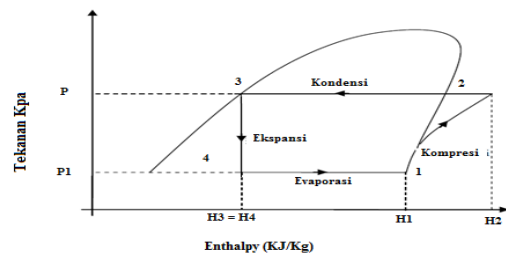


Gambar 2.6 Daur refrigerasi carnot

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)

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 beda entalpi 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.

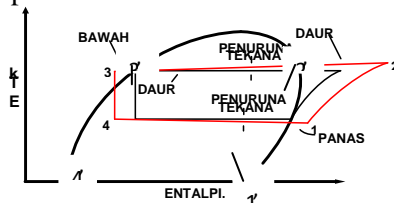
(Stoecker, Wilbert F. 1987. Refrigerasi dan Pengkondisian Udara. Jakarta: Penerbit ERLANGGA.)

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 dijalur 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 2.7. 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

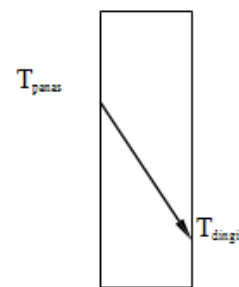
Proses Perpindahan Kalor

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 2.8. 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 = Konduktivitas 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 = gradient temperatur ke arah perpindahan kalor.

Dalam penerapan hukum Fourier (persamaan 2.1) pada suatu dinding datar, jika persamaan tersebut diintegrasikan maka akan didapatkan :

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

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 :

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

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

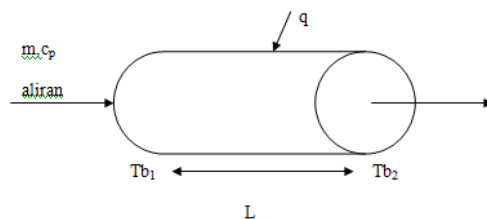
Konduktivitas termal		
K		
Bahan	W/m.°C	Btu/h . ft. °F
<i>logam</i>		
perak (mumi)	410	237
tembaga (mumi)	385	223
aluminium (mumi)	202	117
nikel (mumi)	93	54
besi (mumi)	73	42
Baja karbon, 1% C	43	25
Timbal (mumi)	35	20,3
baja karbon-nikel (18% cr, 8%ni)	16,3	9,4
<i>bukan logam</i>		
kuarsa (sejajar 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
Minyak kumas, SAE 50	0,147	0,085
Freon 12, 22 FCCI	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 konveksi bebas (free convection) dan konveksi paksa (forced convection). Bila gerakan fluida disebabkan karena adanya perbedaan kerapatan karena perbedaan suhu, maka perpindahan panasnya disebut sebagai konveksi bebas (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)

T_w = 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)

$\cos \theta$ = 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

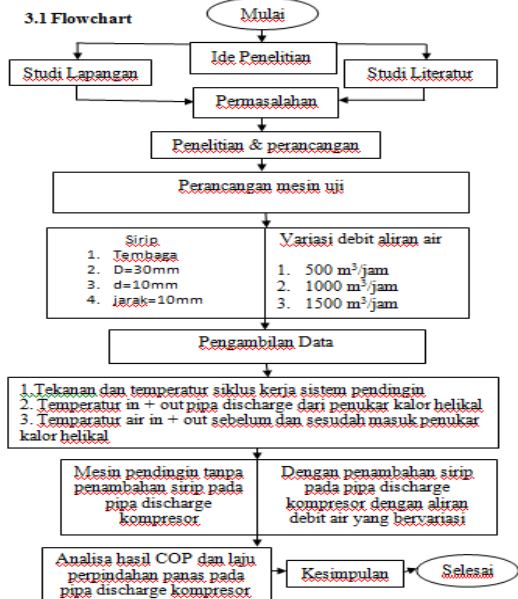
Adalah kapasitas refrigerant terhadap daya yang diberikan ke sistem rumus yang digunakan adalah :

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

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

PROSEDUR EKSPERIMEN

METODE PENELITIAN



Gambar 4. Diagram Alir Prosedur Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Data hasil penelitian

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

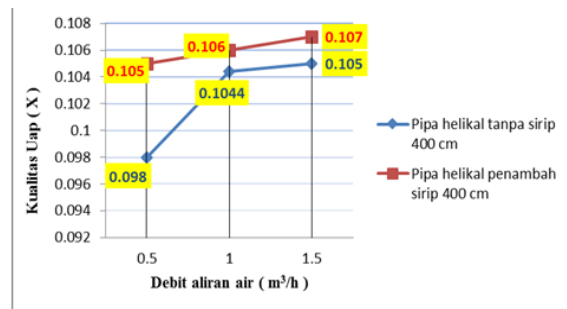
Durasi	1		2		3		4		Kondensor		Power	
	P	T	P	T	P	T	P	T	Tin air	To air	V	I
	Psia	°C	Psia	°C	Psia	°C	Psia	°C	°C	°C	Volt	Ampe re
0,5 m ³ /h	84	24	200	57,4	175	28	67	12,7	32	38,2	222	3,2
1 m ³ /h	81	24	197	55,8	175	28	65	11,5	32	35,7	222	3,1
1,5 m ³ /h	80	24	195	54,5	174	28	64	11,5	32	34,8	222	3,0

Tabel 4.2 : Hasil pengujian pada pipa helikal penambahan fin L = 400 cm dan D = 0,953 cm.

Durasi	1		2		3		4		Kondensor		Power	
	P	T	P	T	P	T	P	T	Tin air	To air	V	I
	Psia	°C	Psia	°C	Psia	°C	Psia	°C	°C	°C	Volt	Ampe re
0,5 m ³ /h	84	24	200	57,5	177	28	66	11,7	32	38,7	222	3,1
1 m ³ /h	81	24	195	55,4	175	28	64	11,2	32	36,2	222	3,0
1,5 m ³ /h	78	24	190	54,4	170	28	63	11	32	35,3	222	2,9

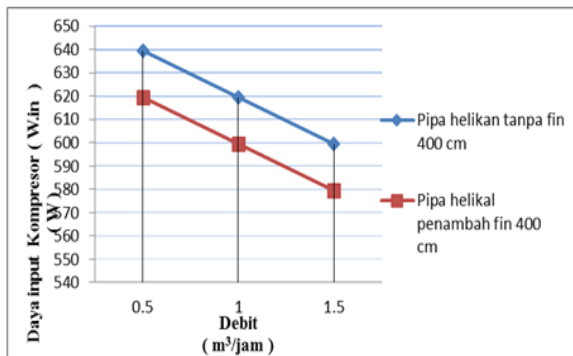
Tabel 2. Data Hasil Perhitungan

No	Pipa (cm)	Debit (m ³ /jam)	X	W _{in}	q _e	w	q	COP
				(Watt)	(kj/kg)	(kj/kg)	(KW)	
1	0,953	0.5	0.098	639.36	197.7	21.1	3.611	9.37
2		1	0.1044	619.38	199.7	20.1	4.295	9.91
3		1.5	0.105	599.4	199.2	18.2	4.88	10.95
4	0,953	0.5	0.105	619.38	198.86	21.12	3.902	9.41
5		1	0.106	599.4	199.46	19.87	4.872	10.03
6		1.5	0.107	579.42	199.7	17.75	5.752	11.25



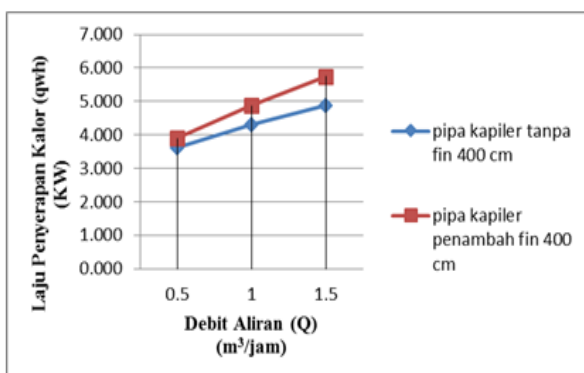
Gambar 5. Grafik hubungan debit (Q) air terhadap kualitas uap (X)

Jika dilihat dari analisa dan grafik diatas bahwa perbedaan penambahan fin dan laju aliran air pada pipa DISCHARGE. Dan nilai kualitas uap tertinggi terjadi pada pipa helikal dengan Debit aliran air 0.5 m³/jam dengan nilai 0,105 dan Pada Debit aliran air 1 m³/jam dengan nilai 0,106 dan nilai presentasi pada pipa helikal 0,1044 dengan panjang 400 cm pada Debit aliran air 1,5 m³/jam dengan panjang 400 cm pada panjang pipa helikal 0,107 mendapat nilai tertinggi. Arti dari nilai nilai kulitas 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 pada Debit air 1,5 m³/jam dengan panjang 400 cm pada panjang pipa helikal 0,107 mendapat nilai tertinggi sebesar 1,9 % .



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

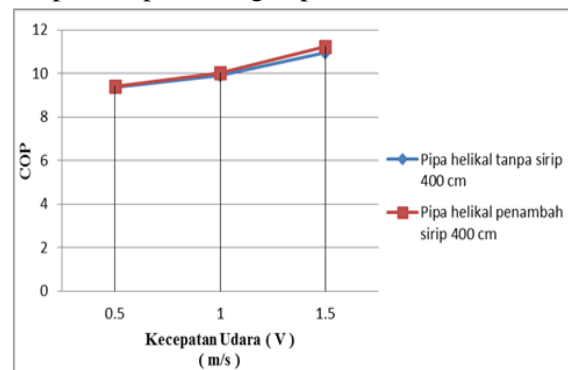
Jika dilihat dari analisa dan grafik diatas bahwa perbedaan penambahan fin dan laju aliran air pada pipa DISCHARGE. Dan Daya input kompresor (Win) tertinggi terjadi pada pipa helikal dengan Debit aliran air 0.5 m³/jam dengan nilai tanpa fin 640 Watt dan Pada Debit 1 m³/jam dengan nilai tanpa fin 620 Watt, dan dengan panjang pipa helikal tanpa pada Debit aliran air 1,5 m³/jam pada panjang pipa helikal 600 Watt mendapat nilai tertinggi. Hal ini disebabkan karena temperatur kondensor (T₂) pada debit 1,5 cm mengalami penurunan dibandingkan Debit aliran air 0,5 ,debit aliran air yang besar juga yang menyebabkan nilai laju aliran massanya menurun dan diikuti dengan menurunnya nilai enthalphy maka nilai daya kompresor menjadi turun. Pada Debit aliran air 1,5 m³/jam mengalami penurunan daya kompresor dikarenakan laju aliran massanya yang lebih kecil dibandingkan kedua pipa yang lain. Selisih penurunan daya kompresor antara Debit aliran air 0,5 m³/jam dan 1 m³/jam & 1,5 m³/jampada penambahan fin dan tanpa fin udara adalah sebesar 0,0 ~ 0,4 (KW).



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

Jika dilihat dari analisa dan grafik diatas bahwa perbedaan penambahan fin dan tanpa fin dan

aliran Debit air mempengaruhi besar kecilnya daya penyerapan kondensor. Pengaruh terbesar terjadi pada Debit aliran air dan penambah fin pada saat pengujian, hal ini disebabkan karena semakin besar Debit aliran air yang masuk pada sistem pendingin maka penyerapan panas ruangan pada evaporator akan semakin besar. Jika penyerapan panas pada evaporator semakin besar maka suhu yang dihasilkan akan semakin dingin dan nilai h₄ akan semakin kecil. Beban evaporator yang besar akan menghasilkan suhu pembuangan panas pada kondensor yang semakin besar (Tin dan Tout). Jadi dapat disimpulkan bahwa panjang pipa kapiler akan mempengaruhi beban evaporator yang masuk pada sistem dan kecepatan udara mempengaruhi temperatur pembuangan pada kondensor.



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

Jika dilihat dari analisa dan grafik diatas bahwa perbedaan Debit aliran air dan perbedaan pipa helikal tanpa fin dan penambah fin mempengaruhi peningkatan COP pada suatu sistem pendinginan. Hal ini disebabkan bahwa dengan pertambahan fin pada pipa helikal lebih lama menurunkan tekanan refrigerant pada pipa helikal sehingga temperatur yang dihasilkan lebih dingin. Dan dengan semakin besar beban evaporator yang masuk pada sistem akan mengakibatkan nilai enthalpy pada h₄ akan semakin turun dikarenakan temperatur pada evaporatornya kecil. Jadi dengan besar beban evaporator yang nilai enthalpynya kecil dan kerja kompresi yang tinggi yang nilai enthalpynya akan memperoleh nilai COP yang tinggi

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.82 adalah performance bahwa nilai presentase dengan menggunakan Debit aliran air 0,5 m³/jam pada panjang pipa helical 400 cm dan nilai presentase pada Debit aliran air diperoleh selisih sebesar **0,4 %**. Sedangkan pada Debit aliran air 1,5 m³/s pada panjang pipa helical 400 cm dan diperoleh nilai presentase sebesar **2,7 %**.
2. Dengan melihat hasil grafik hal.81 laju perpindahan panas (qwh) nilai presentase daya penyerapan kalor dengan menggunakan Debit aliran air 0,5 m³/jam pada panjang pipa helikal 400 cm dan nilai presentase pada panjang pipa helikal penambah fin 400 cm dengan Debit aliran air diperoleh selisih **8,0 %**. Sedangkan Pada Debit aliran air 1,5 m³/jam pada pipa helikal 400 cm dan nilai presentase pada panjang pipa helikal penambah fin 400 cm dengan Debit aliran air diperoleh **17,8%**.
 3. dengan melihat tabel 4.1 hasil pengamatan hal. 50 pada pengujian diameter pipa helical penambahan fin 0,953 cm debit air 0,5 m³/jam diperoleh temperature keluar Water Heater sebesar 38,7 °C, dengan hasil pengujian ini berarti panas keluar watr heater bisa memenuhi tujuan analisa untuk memanfaatkan air sebagai kebutuhan manusia(mandi).

- [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.

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.