

ANALISA PERFORMANSI *HEAT PUMP* MENGGUNAKAN *COUNTER FLOW HEAT EXCHANGERS*

Kusnandar¹, Gusniawan²

^{1,2}Program Studi Teknik Pendingin dan Tata Udara, Politeknik Negeri Indramayu.

Alamat: Jl. Raya Lohbener Lama No. 08 Indramayu 45252 Tlp. (0234) 7063555

e-mail:¹battkus@yahoo.com, ²gusniawan@yahoo.com

Abstrak

Heat pump merupakan suatu alat yang bisa mendinginkan dan memanaskan, dimana fungsi evaporator sebagai pendinginan bisa diubah menjadi fungsi kondensor sebagai pemanasan. Dengan menambahkan *heat exchanger* pada *heat pump* dapat memberikan efek pendinginan dan pemanasan yang lebih baik. *Heat pump* ini menggunakan refrigeran jenis hidrokarbon yang ramah terhadap lingkungan, salah satunya adalah refrigeran R-290. Dari hasil yang didapat nilai *Coefficient Of Performance* (COP) pada *heat pump* yang menggunakan *counter flow heat exchanger* adalah 4,8 sedangkan pada *heat pump* yang tidak menggunakan *counter flow heat exchanger* didapat COP sebesar 4,1. Efisiensi yang didapat pada *heat pump* tanpa menggunakan *counter flow heat exchanger* sebesar 74% sedangkan efisiensi pada *heat pump* dengan menggunakan *heat pump* sebesar 85%.

Kata Kunci : *Heat pump, Counter Flow Heat Exchanger, COP, Refrigeran R-290, Efisiensi*

Abstract

Heat pump is a device that can be make heat and cool , which is functions as a cooling evaporator can be replaced to be a heating condenser. With adding a heat exchanger in the heat pump can provide better effect of heating and cooling. In this experiment, the heat pump using type hydrocarbon refrigerant and type friendly refrigerant to the environment, one of refrigerant is R-290. From the results that obtained value Coefficient Of Performance (COP) in the heat pump that uses a counter flow heat exchanger is 4.8 while the heat pump that does not use a counterflow heat exchanger obtained COP of 4.1. Efficiencies increase in the heat pump without using counter flow heat exchanger is 74%, otherwise the efficiency decrease of the heat pump using heat pump is 85%.

Keywords: *Heat pump, Counter Flow Heat Exchanger, COP, Refrigerant R-290, Efficiency*

I. PENDAHULUAN

Heat pump memiliki komponen utama sama dengan sistem refrigerasi yaitu kompresor, kondensor, katup ekspansi (pipa kapiler) dan evaporator sehingga sistem kerjanya pun tidak jauh beda dengan siklus refrigerasi kompresi uap pada umumnya. Untuk merubah fungsi pemanasan menjadi pendinginan begitu juga pendinginan menjadi pemanasan maka pendinginan diperlukan katup pembalik empat jalan (*four way reversing valve*)[1], agar sistem ini lebih efesien maka perlu untuk memasang komponen pendukung yaitu seperti *heat exchanger* karena berfungsi untuk mempercepat sistem sehingga membuat sistem pemanasan atau pendinginan menjadi lebih cepat. Sehingga dengan penambahan *heat exchanger* ini diharapkan mampu mengurangi input daya yang besar dalam sebuah sistem pendingin atau pemanas. Salah satu jenis *heat exchanger* yang digunakan adalah jenis *counter flow heat exchanger*.

Pada dasarnya sistem mesin pendingin (*refrigerator*) adalah juga merupakan suatu sistem *heat pump*, dimana

kalor/energi termal dipindahkan dari suatu daerah ke daerah lain. Perbedaan mesin pendingin dengan pompa kalor hanya pada nilai gunanya. Dimana nilai guna suatu sistem *refrigerator* adalah untuk mendapatkan efek pendinginan oleh unit evaporator pada suatu daerah/ruangan, sedangkan nilai guna dari suatu *heat pump* adalah untuk mendapatkan efek pemanasan oleh unit kondensor dalam suatu ruangan.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui besarnya perbedaan performansi dari *heat pump* antara yang menggunakan *counter flow heat exchanger* dan tidak menggunakan *counter flow heat exchanger*

II. TINJAUAN PUSTAKA

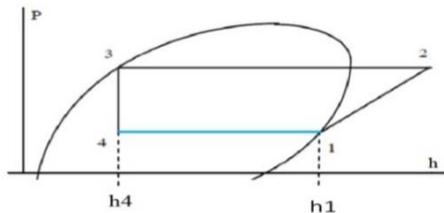
Sistem refrigerasi kompresi uap pada umumnya menggunakan empat komponen utama yang bekerja bersama-sama yaitu kompresor, kondensor, katup ekspansi, dan evaporator dengan fluida kerja berupa refrigeran [2]. Pada penelitian ini sistem *heat pump* yang dipakai menggunakan sistem refrigerasi kompresi uap.

Dimana kompresor akan mengkompresi refrigeran agar tekanan dan temperatur naik sehingga dapat membuang kalor ke lingkungan saat di kondensor, lalu katup ekspansi akan mengekspansi refrigeran agar tekanan dan temperatur turun sehingga dapat menyerap kalor dari kabin dan produk yang akan dikondisikan, lalu kembali dihisap oleh kompresor dan begitu seterusnya.

Siklus refrigerasi kompresi uap merupakan suatu sistem yang memanfaatkan aliran perpindahan kalor melalui refrigeran. Proses dari kompresi uap seperti Gambar 1 dibawah adalah:

1. Proses kompresi (1-2)
2. Proses kondensasi (2-3)
3. Proses ekspansi (3-4)
4. Proses evaporasi (4-1)

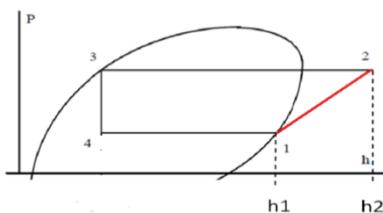
Seluruh proses siklus refrigerasi di atas dapat ditelusuri dengan menggunakan diagram tekanan-entalpi (*pressure-enthalpy, p-h*) yang dikenal dengan diagram Mollier.



Gambar 1. Siklus pada Mollier diagram

2.1 Perhitungan COP

COP adalah perbandingan kalor yang diserap oleh evaporator (proses evaporasi) dari lingkungan terhadap kerja yang dilakukan oleh kompresor (proses kompresi).



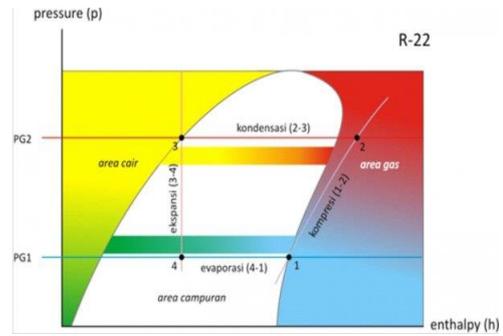
Gambar 2. Proses Kompresi

Pada gambar 2 di atas menunjukkan proses kerja yang dilakukan oleh kompresor atau proses kompresi dimana dapat dihitung dengan menggunakan persamaan $W = h_2 - h_1$ (1)

Dimana:

- W = Kerja yang dilakukan kompresor (kj/s)
- h_1 = Entalpi masukan kompresor (kj/kg)
- h_2 = Entalpi keluaran kompresor (kj/kg)

Untuk perhitungan pada proses evaporasi, refrigeran akan berubah fasa dari fasa campuran (cair-uap) menjadi fasa uap jenuh. Kalor yang diserap di evaporator seperti terlihat pada Gambar. 3 di bawah



Gambar 3. Proses Evaporasi

$Q_e = h_1 - h_4$ (2)

Dimana:

- Q_e = Kalor yang diserap evaporator(kj/s)
- h_1 = Entalpi keluaran Evaporator (kj/kg)
- h_2 = Entalpi masukan Evaporator (kj/kg)

Berdasarkan perhitungan diatas maka akan didapat prestasi COP didapat dari perbandingan antara efek refrigerasi dengan kerja kompresi.

Untuk menghitung besarnya COP dapat digunakan persamaan sebagaiberikut:

$COP_{actual} = \frac{Q_e (\frac{kJ}{s})}{W (\frac{kJ}{s})}$ (3)

2.2 Perhitungan COP Carnot

COP_{carnot} adalah perbandingan temperatur evaporasi dibandingkan dengan selisih temperatur kondensasi dan evaporasi. Satuan temperatur yang digunakan dalam rumus COP_{carnot} adalah Kelvin.

$COP_{carnot} = \frac{T_{evap}}{T_{konden} - T_{evap}}$ (4)

Dimana:

- T_{evap} = temperatur Evaporasi (K)
- T_{konden} = Temperatur Kondensasi (K)

2.3 Efisiensi Heat pump

Efisiensi *heat pump* adalah perbandingan antara COP dengan COP carnot.

$Efisiensi = \frac{COP}{COP_{carnot}}$ (5)

III. METODE

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini menitik beratkan pada pengambilan data-data pengukuran yang valid dan baik, hal yang perlu diperhatikan sebelum melakukan pengambilan data adalah memastikan alat ukur yang akan dignakan sudah terkalibrasi dengan baik. Tujuannya adalah agar kesalahan – kesalahan pada pengukuran dan pembacaan pada saat pengambilan data dapat dikurangi.

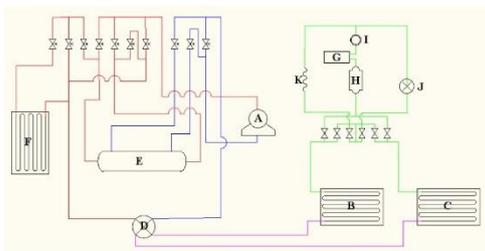
Adapun data-data yang akan diambil antara lain:

1. Tekanan *Discharge Line*
2. Tekanan *Suction Line*
3. Temperatur Masuk Kompresor
4. Temperatur Keluar Kompresor

5. Temperatur Masuk Evaporator
6. Temperatur Keluar Evaporator
7. Temperatur Masuk Kondensor
8. Temperatur Keluar Kondensor
9. Temperatur Masuk *counter flow Heat Exchanger* (gas)
10. Temperatur Keluar *counter flow Heat Exchanger* (gas)
11. Temperatur Keluar *counter flow Heat Exchanger* (liquid)
12. Temperatur Keluar *counter flow Heat Exchanger* (liquid)
13. Temperatur Lingkungan
14. Arus dan Tegangan Listrik

Adapun alat dan bahan dalam pembuatan *heat pump* ini antara lain:

1. Kompresor 1 PK
2. Kondensor
3. Kompresor
4. *Four way reversing valve* STF 0101G Danfos
5. *Counter Flow Heat Exchanger*
6. Kondenser plus
7. *Liquid receiver*
8. *Filter dryer*
9. *Sight glass*
10. TXV
11. Pipa Kapiler
12. Pipa tembaga ¼ in, dan ½ in



Gambar 4. Diagram Pemipaan *Heat pump*

Pada Gambar 4 diatas pemasangan *counter flow heat exchanger* ditempatkan pada keluaran evaporator (*suction line*) dan masukan kompresor (*discharge line*)

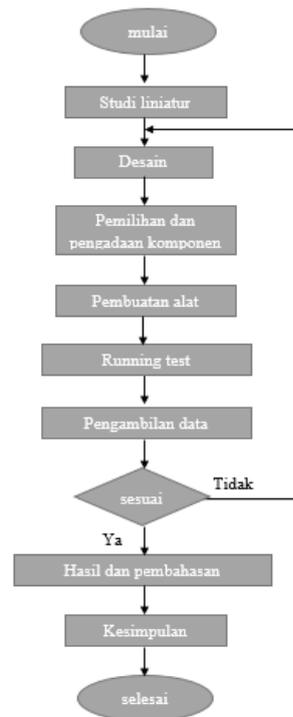
Sedangkan alat ukur yang digunakan untuk pengukuran variabel pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- *Temperature* : Menggunakan Data akuisisi (Arduino UNO, Sensor LM35, LAB view)
- Tekanan: Menggunakan *High and low pressure gauge*
- Arus listrik : Ampere meter
- Tegangan listrik : Volt meter

Langkah-langkah yang harus dilakukan sebelum pengambilan data adalah sebagai berikut :

1. Pastikan semua alat ukur terpasang dengan baik
2. Kalibrasi alat ukur yang akan digunakan
3. Sebelum sistem dihidupkan, data diukur terlebih dahulu
4. Menghidupkan sistem *heat pump*

5. Ambil semua data setiap 3 menit



Gambar 5. Alur Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengukuran *Heat pump* menggunakan *Counter Flow Heat Exchanger*

Pada hasil data pengukuran *heat pump* menggunakan *counter flow heat exchanger* didapatkan hasil untuk

1. Temperatur kondensor : 73,1 °C
2. Temperatur evaporator : 3,1 °C
3. Temperatur *Discharge* : 78,8 °C
4. Temperatur *Suction* : 33 °C
5. Temperatur *counter flow Heat Exchanger* (gas): 30,6 °C
6. Temperatur *counter flow heat exchanger* (liquid) : 40,9 °C
7. Tekanan *Discharge* : 225 Psi
8. Tekanan *Suction* : 50 Psi
9. Arus listrik : 2,6 A

4.2 Hasil pengukuran *Heat pump* tanpa menggunakan *counter flow heat exchanger*

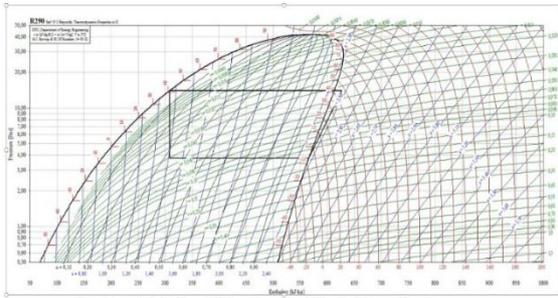
Pada hasil data pengukuran *heat pump* tanpa menggunakan *counter flow heat exchanger* didapatkan hasil untuk

1. Temperatur kondensor : 66,4 °C
2. Temperatur evaporator : 4,4 °C
3. Temperatur *Discharge* : 89,9 °C
4. Temperatur *Suction* : 30,8 °C
5. Tekanan *Discharge* : 36 Psi
6. Tekanan *Suction* : 170 Psi
7. Arus listrik : 2,6 A

4.3 Perhitungan Coefficient Of Performance (COP)

a. Tanpa menggunakan counter flow heat exchanger

Dari data-data diatas kita dapat perhitungan COP melalui diagram Mollier



Gambar 6. Diagram Mollier (ph Diagram) tanpa menggunakan counter flowheat exchanger

Pada Gambar 6. diatas didapatkan hasil perhitungan COP sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 q_e &= 257 \text{ kJ/kg} \\
 W &= 62 \text{ kJ/kg} \\
 COP &= q_e / W \\
 &= 257 \text{ kJ/kg} / 62 \text{ kJ/kg} \\
 &= 4.1
 \end{aligned}$$

Sehingga nilai COP sistem heat pump tanpa menggunakan counter flow heat exchanger adalah sebesar 4,1. Sedangkan nilai COPcarnot adalah:

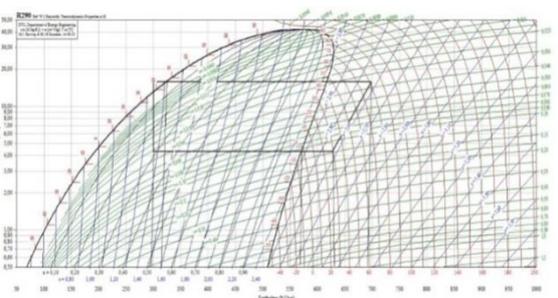
$$\begin{aligned}
 T_{evap} &= -7 + 273 = 266 \text{ K} \\
 T_{konden} &= 41 + 273 = 314 \text{ K} \\
 COP_{carnot} &= \frac{-7 + 273}{(41+273) - (-7+273)} \\
 &= \frac{266}{266} = 5,5
 \end{aligned}$$

Sehingga nilai COP sistem heat pump tanpa menggunakan counter flow heat exchanger adalah sebesar 5,5. Sehingga efisiensi system heat pump bisa dihitung:

$$\begin{aligned}
 \text{Efisiensi} &= \frac{COP}{COP_{carnot}} \\
 COP_{actual} &= 4.1 \\
 COP_{carnot} &= 5,5 \\
 \text{Efisiensi} &= \frac{4.1}{5,5} \times 100 = 0.74 = 74 \%
 \end{aligned}$$

b. Dengan menggunakan counter flow heat exchanger

Dari data-data diatas kita dapat perhitungan COP melalui diagram Mollier.



Gambar 7. Diagram Mollier (ph Diagram) menggunakan counter heat flowheat exchanger

Pada Gambar 7. diatas didapatkan hasil perhitungan COP sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 q_e &= 330 \text{ kJ/kg} \\
 W &= 68 \text{ kJ/kg} \\
 COP &= q_e / W \\
 &= 330 \text{ kJ/kg} / 68 \text{ kJ/kg} \\
 &= 4.8
 \end{aligned}$$

Sehingga nilai COP sistem heat pump dengan menggunakan counter flow heat exchanger adalah sebesar 4,8. Sedangkan nilai COPcarnot adalah:

$$\begin{aligned}
 T_{evap} &= -2 + 273 = 271 \text{ K} \\
 T_{konden} &= 46 + 273 = 319 \text{ K} \\
 COP_{carnot} &= \frac{-2 + 273}{(46+273) - (-2+273)} \\
 &= \frac{271}{271} = 5,6
 \end{aligned}$$

Sehingga nilai COP sistem heat pump dengan menggunakan counter flow heat exchanger adalah sebesar 5,6. Sehingga efisiensi system heat pump bisa dihitung:

$$\begin{aligned}
 \text{Efisiensi} &= \frac{COP}{COP_{carnot}} \\
 COP_{actual} &= 4.8 \\
 COP_{carnot} &= 5,6 \\
 \text{Efisiensi} &= \frac{4.8}{5,6} \times 100 = 0.85 = 85 \%
 \end{aligned}$$

V. KESIMPULAN

Kesimpulan dari data pengukuran yang sudah dianalisa, dapat disimpulkan bahwa:

1. Pada data hasil pengukuran sistem yang menggunakan counter flow heat exchanger temperatur refrigeran masuk kedalam kompresor lebih tinggi dibandingkan sistem yang tidak menggunakan counter flow heat exchanger karena didalam counter flow heat exchanger terdapat perpindahan kalor panas sehingga temperatur yang masuk kedalam kompresor mencapai 33°C sedangkan pada sistem yang tidak menggunakan counter flow heat exchanger, refrigeran masuk kompresor lebih dingin yaitu 28,5 °C
2. Berdasarkan proses perhitungan nilai efisiensi terlihat bahwa penggunaan counter flow Heat exchanger mempengaruhi nilai efisiensi. Dimana sistem yang menggunakan counter flow heat exchanger nilai efisiensi menjadi lebih baik. Dari data awal ketika heat pump belum menggunakan counter flowheat exchanger nilai effisiensinya sebesar 74% naik menjadi 85%. Sementara ketika tidak menggunakan counter flow heat exchanger effisiensinya terlihat stabil.
3. Dari data hasil pengukuran, COP aktual pada sitem menggunakan counter flow heat exchanger adalah 4,1 lebih besar dibandingkan sistem yang tidak menggunakan counter flow heat exchanger 4,8.

VI. DAFTAR PUSTAKA

[1] Wilbert F. Stracker, Jerold W. Jones, Supratman Hara, 1989. Rerigerasi dan Pengkondisian Udara, Bandung.

- [2] Dossat, Roy J. 1981. Principles of Refrigeration Second Edition SI Version. Canada: John Wiley and Sons, Inc.
- [3] Hakkaki-Fard A, Aidoun Z, Ouzzane M. Applying refrigerant mixtures with thermal glide in cold climate air-source *heat pumps*. Appl Therm Eng. 2014 Jan 25;62(2):714–22.
- [4] Waheed MA, Oni AO, Adejuyigbe SB, Adewumi BA, Fadare DA. Performance enhancement of vapor recompression *heat pump*. Appl Energy. 2014 Feb;114:69–79.
- [5] Xu X, Hwang Y, Radermacher R. Transient and steady-state experimental investigation of flash tank vapor injection *heat pump* cycle control strategy. Int J Refrig. 2011 Dec;34(8):1922–33.