

PENGARUH TEMPERATUR KONDENSOR TERHADAP KINERJA MESIN REFRIGERASI FOCUS 808

Muhammad Hasan Basri *

Abstract

The objectives of study to describe the influence of the change in the pressure of condenser on the performance refrigerator, and to gain an optimal working conditions of the machine by condenser temperature simulation. The study indicates that an increase in the temperature of condenser result in an increase in the compressor power but decreases the refrigeration capacity. Consequently, it decreases performance coefficient of the refrigeration system. The comparison between the experiment and the simulation indicates similar result. The optimal workload suitable to focus 808 refrigerator in Laboratory is under condenser temperature of 31 °C with performance coefficient of 4,54 .

Key word : temperature, condenser, COP

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan pengaruh perubahan tekanan pada condenser dan mendapatkan kondisi kerja yang optimal dalam pengoperasian mesin dengan mensimulasikan temperature condenser. Hasil penelitian menunjukkan kenaikan temperature condenser akan menyebabkan kenaikan daya kompresor, tetapi menurunkan kapasitas refrigerasi sehingga menurunkan koefisien prestasi system refrigerasi. Kerja yang optimal yang cocok digunakan pada mesin refrigerasi focus 808 di laboratorium yaitu pada temeperatur 31°C dengan koefisien prestasi 4,54.

Kata kunci: temperatur, kondensor, COP

1. Pendahuluan

Mesin refrigerasi seperti halnya refrigerator maupun pegkondisian udara (AC) bukan lagi menjadi sekedar gaya hidup, tetapi telah berfungsi dalam meningkatkan kualitas hidup manusia, sehingga menyebabkan permintaan konsumen semakin meningkat.

Mesin refrigerasi yang paling banyak digunakan adalah dari jenis siklus kompresi uap, karena memiliki fleksibilitas dalam penggunaannya dengan ukuran yang cukup kompak, sehingga tidak memerlukan ruang yang besar (Indartono, 2006).

Salah satu model mesin refrigerasi yang umum digunakan yaitu unit refrigeration Focus model 808 yang terdapat di Laboratorium Teknik pendingin Univesitas Tadulako. Focus 808 dipakai untuk berbagai jenis pengujian yang berhubungan dengan teknik pendinginan.

Dengan melihat pentingnya fungsi dari mesin refrigerasi, maka masalah yang paling umum dijumpai setelah pemakaian beberapa tahun yaitu adanya penurunan laju perpindahan kalor pada evaporator yang terkait dengan pengaruh perubahan temperatur evaporasi

• Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu

sehingga akan mempengaruhi koefisien prestasi mesin. Dalam penelitiannya, Harahap, dkk (2006) meneliti bagaimana chiller water unit yang telah lama pemakaiannya akan menurun prestasinya. Selain itu, Cahyo (2003) dalam penelitiannya diperoleh informasi bahwa perubahan temperatur pada evaporator akan sangat mempengaruhi koefisien prestasi mesin.

Salah satu metode analisis yang dapat digunakan dalam menganalisis sistem kinerja mesin adalah metode simulasi untuk mempermudah pengamatan dalam pengujian. Harini (2006) mengungkapkan bahwa simulasi dengan Matlab versi 7.0 mempermudah dalam analisa dan perancangan terhadap sistem kontrol fuzzy sebagai pengendali sistem evaporator jika terjadi gangguan pada *feed*.

Dengan kondisi seperti di atas, maka perlu dilakukan penelitian berupa pengujian secara simulasi dalam bahasa Matlab untuk mendapatkan kinerja yang optimum dan aman untuk kondisi operasional di dalam laboratorium dengan melihat perubahan temperatur evaporator pada mesin refrigerasi focus 808.

Tujuan penelitian adalah:

- 1) mendapatkan pengaruh perubahan tekanan kondensor terhadap kinerja mesin refrigerasi dengan mensimulasi temperaturnya.
- 2) Membandingkan pengaruh perubahan tekanan pada kondensor secara eksperimen dan secara simulasi.
- 3) Mendapatkan suatu kondisi kerja yang optimal dan aman dalam pengoperasian mesin dengan mensimulasi temperatur kondensor.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Mesin refrigerasi

Mesin refrigerasi merupakan mesin yang mempunyai fungsi utama untuk mendinginkan zat sehingga temperaturnya lebih rendah dari temperatur lingkungan. Pendinginan dilakukan sesuai dengan tujuan masing-

masing orang yang akan melakukan proses pendinginan tersebut. Komponen utama dari mesin refrigerasi terdiri atas kompresor, kondensor, katup ekspansi dan evaporator.

a. Kompresor

Salah satu jenis kompresor positif yang banyak digunakan untuk unit kapasitas rendah adalah kompresor hermetic. Daya kompresor (P_T) dihasilkan dari daya motor penggerak (P_s) melalui input arus listrik. Daya kompresor dinyatakan dalam persamaan

$$P_T = P_s \cdot E_c \cdot E_m \dots\dots\dots(1)$$

dimana : E_c = efisiensi kompresi
 E_s = efisiensi mekanik

Harga dari efisiensi kompresi dan efisiensi mekanik dapat ditentukan melalui kurva hubungan antara rasio kompresi dengan efisiensi ^{ref. 1)}. Daya motor penggerak kompresor dari input listrik ditentukan dengan persamaan:

$$P' = VI \cos \Phi \dots\dots\dots(2)$$

dimana :
 V = tegangan listrik, volt
 I = kuat arus, ampere
 $\cos \Phi$ = factor daya (0.7 – 1.0, untuk motor single phase)

sedangkan laju aliran massa uap refrigeran (m) yang mengalir:

$$m = \frac{P}{(h_2 - h_1)} \dots\dots\dots(3)$$

dimana :
 h_2 = entalpi pada titik 2 kondisi panas lanjut, kJ/kg
 h_1 = entalpi pada titik 1 kondisi uap jenuh, kJ/kg

sehingga kapasitas refrigerasi dapat ditentukan dengan persamaan :

$$Q_e = m (h_1 - h_4) \dots\dots\dots(4)$$

dimana : h_4 = entalpi pada titik 4 pada kondisi campuran, kJ/kg

b. Kondensor

Kondensor merupakan salah satu alat penukar kalor yang berfungsi sebagai tempat kondensasi. Uap yang bertekanan dan bertemperatur tinggi pada akhir kompresi dapat dengan mudah dicairkan dengan cara mendinginkannya dengan media pendingin. Keseimbangan kalor pada kondensor dapat ditentukan dengan persamaan :

$$Q_c = UA\Delta T = m_a.C_p.(T_o - T_i) \dots\dots\dots(5)$$

laju aliran massa udara (m_a) dapat ditentukan dengan persamaan :

$$m_a = V.\rho = v.A.\rho \dots\dots\dots(6)$$

dimana :

v = kecepatan udara melewati kondensor, m/s

ρ = densitas udara, kg/m³

c. Katup ekspansi

Katup ekspansi berfungsi untuk mengekspansikan secara adiabatik cairan refrigeran yang bertekanan dan bertemperatur tinggi sampai mencapai temperatur dan tekanan rendah, serta mengatur pemasukan refrigeran yang disesuaikan dengan beban pendinginan yang akan dilayani oleh evaporator. Jenis yang dipakai dalam penelitian ini adalah jenis otomatis,

dimana katup bekerja dengan prinsip keseimbangan tekanan pada diafragma antara tekanan dari evaporator dan tekanan pegas yang dapat diatur pada katup ekspansi.

d. Evaporator

Evaporator merupakan alat penukar kalor yang memegang peranan penting didalam siklus yaitu mendinginkan media sekitar.

2.2 Siklus kompresi uap standar

Proses yang membentuk siklus kompresi uap standar dapat dilihat pada Gambar 1.

Proses yang terjadi :

proses 1-2 : kompresi adiabatik , $Q = 0$, kerja yang dilakukan , $W = h_2 - h_1$

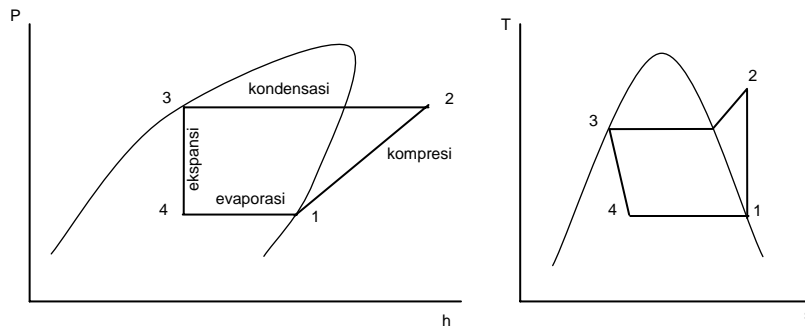
proses 2-3 : pengkondensasian pada tekanan konstan; $q_c = h_2 - h_3$

proses 3-4 : ekspansi $h_3 = h_{f4} + x (h_1 - h_{f4})$

proses 4-1 : penguapan pada tekanan konstan, $Q_e = h_1 - h_4$

sehingga koefisien prestasi (COP) dari siklus uap standar :

$$COP = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \dots\dots\dots(7)$$



Gambar 1. diagram P-h dan T-s siklus uap standar

2.3 Pengaruh parameter pada evaporator

Didalam evaporator, besarnya perpindahan kalor dihitung berdasarkan perbedaan temperatur rata-rata logaritmik, semakin besar perbedaan temperatur rata-rata, maka semakin kecil ukuran penukar kalor yang diperlukan. Perubahan tekanan dan temperatur yang terjadi pada evaporator dapat dilihat pada Gambar 2.

2.4 Sistem simulasi

Metode yang digunakan dalam sistem simulasi yaitu metode least square, dimana memilih dan menentukan 9 titik dari grafik dan mensubstitusi ke persamaan untuk menyelesaikan sembilan persamaan simultan untuk konstanta c dan d. Model matematis dari sistem kompresi uap dapat diekspresikan :

a. Kompresor

karakteristik kompresor sebagai fungsi temperatur kerja evaporator dan kondensor :

1) Kapasitas refrigerasi (Qe)

$$Q_e = c_1 + c_2T_e + c_3T_e^2 + c_4T_c + c_5T_c^2 + c_6T_eT_c + c_7T_e^2T_c + c_8T_eT_c^2 + c_9T_e^2T_c^2 \dots\dots\dots(8)$$

2) Daya yang dibutuhkan kompresor (P):

$$P = d_1 + d_2T_e + d_3T_e^2 + d_4T_c + d_5T_c^2 + d_6T_eT_c + d_7T_e^2T_c + d_8T_eT_c^2 + d_9T_e^2T_c^2 \dots\dots\dots(9)$$

b. Kondensor

karakteristik kondensor dalam bentuk panas yang dilepaskan ke fluida pendingin dapat dinyatakan dalam bentuk :

$$Q_c = m_a.Cp_a.(T_a - T_b) \text{ atau } Q_c = Q_e + P \dots\dots\dots(10)$$

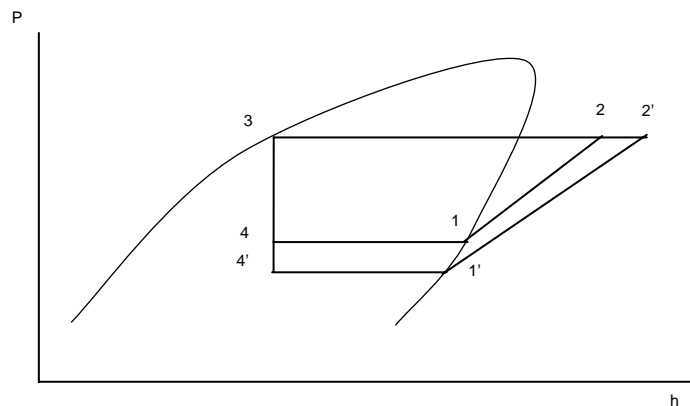
c. Alat ekspansi

Alat ekspansi dalam sistem ini tidak ditinjau dengan anggapan bahwa alat ekspansi dapat mengatur aliran refrigeran ke evaporator sehingga permukaan alat penukar kalor pada bagian evaporator senantiasa dibasahi oleh cairan refrigeran

d. Koefisien prestasi

Koefisien prestasi sistem dinyatakan dalam persamaan:

$$COP = Q_e / P \dots\dots\dots(11)$$



Gambar 2. Perubahan tekanan atau temperatur pada evaporator

3. Metode Penelitian

3.1 Alat uji

Alat uji berupa satu buah unit mesin refrigerasi focus 808, yang terdiri dari sebuah kompresor hermetik universal SC12G danfoss, 2 buah kondensor pendingin udara dan pendinginan air, empat buah katup ekspansi dan dua evaporator .

3.2 Cara pengambilan data

Cara pengambilan data yaitu data diambil dengan mengubah tekanan kondensor (P_c) dari 8 sampai 11 bar dengan mempertahankan tekanan evaporator pada tekanan tertentu. Data tekanan temperatur dicatat setelah penunjukan alat ukur stabil.

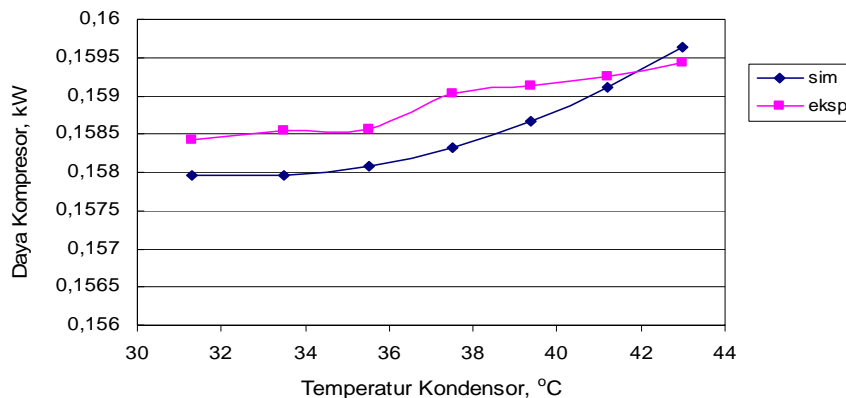
3.3 Metode analisis

Analisis yang digunakan yaitu analisis teoritis berdasarkan data pengukuran (tekanan dan temperatur) melalui persamaan umum siklus kompresi uap. Analisis kemudian dilanjutkan dengan analisis melalui program simulasi yaitu melakukan pengujian melalui bantuan program software matlab 7 dimana parameter yang harus dicari yaitu konstanta c , d , T_c dan T_e . Berdasarkan persamaan simulasi maka dapat dibuat program simulasi untuk menghitung kapasitas refrigerasi, daya yang dibutuhkan kompresor, panas yang dilepaskan kondensor dan koefisien prestasi.

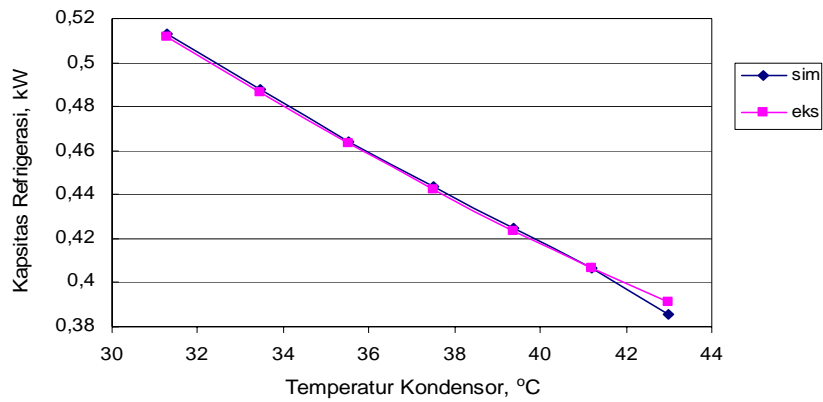
4. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil perhitungan atau grafik hubungan temperatur kondensor dengan daya yang dibutuhkan kompresor menunjukkan bahwa daya kompresor mengalami kenaikan seiring dengan kenaikan temperatur kondensor, meskipun kenaikannya relatif kecil. Kenaikan temperatur kondensor dari 31.3 ($P_c = 8$ bar) menjadi 33.47 °C ($P_c'=8.5$ bar) mengakibatkan naiknya daya kompresor dari 0.15492 kW menjadi 0.155500 kW atau terjadi kenaikan sebesar 0.00058 kW, kenaikan daya kompresor terkait dengan kenaikan kuat arus listrik dari 1.8 ampere menjadi 2.7 ampere.

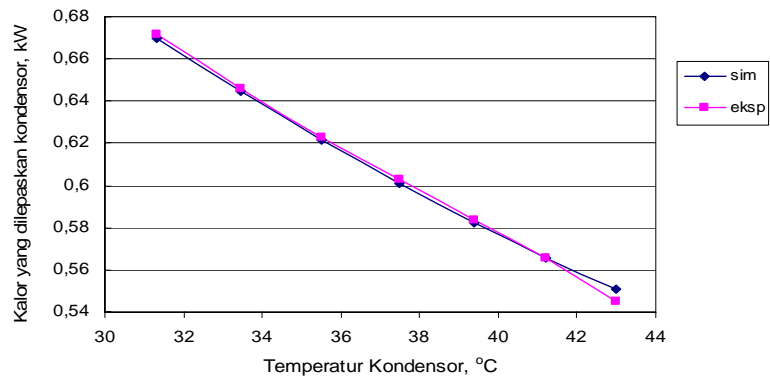
Sedangkan perbandingan antara hasil eksperimen dengan hasil simulasi pada temperatur evaporator yang sama (-26.36 °C), terlihat pada Gambar 3, bahwa daya yang dibutuhkan pada pengujian eksperimen lebih besar dibandingkan hasil simulasi. Pada pengujian eksperimen, pada temperatur antara 35 sampai 37 terjadi kenaikan daya yang signifikan akibat perubahan kuat arus dari 2.1 A sampai 2.2 A, tetapi secara umum kenaikan daya kompresor relatif kecil. pada pengujian simulasi perubahan kenaikan daya kompresor cenderung konstan karena daya merupakan fungsi dari temperatur kondensor sehingga terbentuk profil yang bagus.



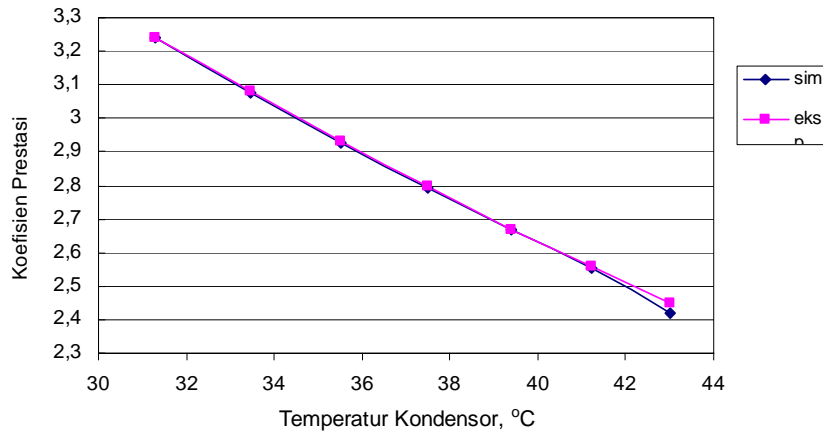
Gambar 3. Perbandingan Daya kompresor hasil eksperimen dengan hasil simulasi



Gambar 4. Perbandingan Kapasitas refrigerasi hasil eksperimen dan simulasi



Gambar 5. Perbandingan kalor yang dilepaskan kondensator dengan metode simulasi dan eksperimen



Gambar 6. Perbandingan Koefisien prestasi metode simulasi dan eksperimen

Pada Gambar 4 terlihat bahwa Kapasitas refrigerasi akan turun seiring dengan kenaikan temperatur kondensor. Kenaikan temperatur kondensor sebesar 2.17 °C (0.5 bar) mengakibatkan penurunan kapasitas refrigerasi sebesar 0.01989 kW. penurunan tersebut diakibatkan oleh penurunan efek refrigerasi dan laju aliran massa refrigeran.

Dari hasil perhitungan juga diperoleh bahwa koefisien prestasi mesin (COP) terjadi penurunan seiring dengan kenaikan temperatur kondensor. Kenaikan temperatur kondensor sebesar 2.17 °C (0.5 bar) akan mengakibatkan penurunan koefisien prestasi sebesar 0.162. penurunan koefisien prestasi disebabkan oleh nilai daya kompresor yang lebih tinggi jika dibandingkan nilai kapasitas refrigerasi (Gambar 6). Sedangkan perbandingan antara hasil eksperimen dan hasil simulasi pada temperatur evaporator yang sama, menunjukkan hasil yang cenderung sama. Hal ini karena keduanya dominan dipengaruhi oleh kapasitas refrigerasi dan daya kompresor pada sistem.

5. Kesimpulan

- 1) Kenaikan temperatur kondensor akan menyebabkan kenaikan daya kompresor tetapi menurunkan kapasitas refrigerasi sehingga menurunkan koefisien prestasi mesin (COP).
- 2) Kondisi kerja yang optimal dan cocok untuk mesin refrigerasi focus 808 di dalam laboratorium yaitu pada temperatur kondensor 31 °C dimana COPnya 4.54.

6. Daftar Pustaka

- Arismunandar, W., Saito. 2002. *Penyegaran Udara*. Edisis keenam, PT. Pradnyaa Paramita, Jakarta.
- Arora, C.P., *Refrigeration and Air Conditioning*. Tata McGraw-Hill

Publishing Company Limited, New Delhi.

- Cahyo, 2003. *Analisa Sistem Pendingin Water Chiller dengan Membandingkan Fluida kerja R12 dan R22*. Universitas Dipenogoro, Semarang.
- Dossat, R. *Principle of Refrigeration*. Second Edition. John Wiley & Sons, New York.
- Harahap, 2006. *Uji Kemampuan Chillaer Pasca Refungsionalisasi pada fasilitas KH-IPSB3*. Buletin Pengelolaan Reaktor Nuklir, Volume II no.1.
- Stoecker, 1989, *Design of Termal System*. Edisi ketiga. McGrwa-Hill International. Singapura.
- Zuhal, 1988. *Dasar Teknik Tenaga dan Elektonika Daya*. PT. Gramedia, Jakarta.