

EFEK PERUBAHAN LAJU ALIRAN MASSA AIR PENDINGIN PADA KONDENSOR TERHADAP KINERJA MESIN REFRIGERASI FOCUS 808

Muhammad Hasan Basri *

Abstract

The objectives of study to describe the influence of the change in mass flow rate cooling water of condenser on the performance unit refrigerator, and to gain an optimal working conditions of the unit. The study indicates that an increase in the mass flow rate cooling water of condenser result in decrease exit temperatures cooling water but an increase in the heat release of condenser, compressor power but decreases the refrigeration capacity. Consequently, it vary performance coefficient of the refrigeration system. The optimal workload suitable to unit demonstrate refrigeration cycle R633 in Laboratory is condenser mass flow rate cooling water of 20 gr/s to constant evaporator 30 gr/s with performance coefficient of 6.

Keywords : refrigerator, cooling water, condenser, COP

Abstrak

Tujuan penelitian adalah untuk mendapatkan pengaruh perubahan laju aliran massa air pendingin pada kondensor terhadap kinerja mesin siklus refrigerasi R633 dan mendapatkan suatu kondisi optimal dan aman dalam pengoperasian mesin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan laju aliran massa air pendingin menyebabkan temperature air keluar turun, tetapi kalor yang dilepaskan ke sekeliling juga naik dan daya kompresor juga naik serta COP yang bervariasi. Kondisi optimal dan aman untuk pengoperasian mesin di laboratorium yaitu pada laju aliran massa air pendingin di kondensor 20 gr/s dengan laju aliran evaporator 30 gr/s dengan koefisien prestasi 6,0.

Kata Kunci : refrigerator, air pendingin, 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 siklus refrigerasi yang umum digunakan yaitu unit demonstrasi siklus refrigerasi R633 yang terdapat di Laboratorium Teknik pendingin Univesitas Tadulako. Model ini dipakai untuk berbagai jenis pengujian untuk melihat / menggambarkan efek yang mempengaruhi siklus kompresi uap.

Dengan melihat pentingnya fungsi dari mesin refrigerasi, maka masalah yang paling umum dijumpai

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

setelah pemakaian beberapa tahun yaitu adanya penurunan laju perpindahan kalor pada kondensator yang terkait dengan pengaruh perubahan laju aliran massa air pendingin yang berkaitan erat dengan perubahan temperatur kondensasi sehingga akan mempengaruhi koefisien prestasi mesin. Dalam penelitiannya, Harahap, dkk (2006) meneliti bagaimana chiller water unit yang telah lama pemakaiannya akan menurun prestasinya.

Dengan kondisi seperti di atas, maka perlu dilakukan penelitian berupa pengujian secara termodinamika dan heat transfer untuk mendapatkan kinerja yang optimum dan aman untuk kondisi operasional di dalam laboratorium dengan melihat perubahan laju aliran massa air pendingin pada kondensator pada mesin siklus refrigerasi R633.

Tujuan penelitian ini adalah:

- 1) Menganalisis pengaruh perubahan laju aliran massa air pendingin pada kondensator terhadap koefisien prestasi mesin refrigerasi.
- 2) Mendapatkan suatu kondisi kerja yang optimal dan aman dalam pengoperasian mesin.

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, kondensator, katup ekspansi dan evaporator.

- Kompresor

Salah satu jenis kompresor positif yang banyak digunakan untuk unit kapasitas rendah adalah kompresor

hermetic. Kerja kompresor dinyatakan dalam persamaan :

$$w_{in} = h_1 - h_1 \dots\dots\dots(1)$$

atau dalam bentuk daya energi :

$$W_{in} = m_r (h_2 - h_1) \dots\dots\dots(2)$$

dimana : m_r = Laju aliran massa refrigeran (kg/s)
 h_2 = entalpi pada titik 2 kondisi panas lanjut, kJ/kg
 h_1 = entalpi pada titik 1 kondisi uap jenuh, kJ/kg

- Kondensator
 Kondensator 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. Untuk mesin siklus refrigerasi R633, media pendingin yang digunakan adalah media pendingin air, maka besarnya energi kalor yang dilepaskan kondensator dapat ditentukan dengan persamaan keseimbangan kalor pada kondensator yaitu :
 Untuk sisi refrigeran :

$$Q_c = m_r.(h_2 - h_3) \dots\dots\dots(3)$$

Untuk sisi media pendingin :

$$Q_c = m_a.C_p.(T_o - T_i) \dots\dots\dots(4)$$

dimana : m_a = laju aliran massa air pendingin, kg/s
 C_p = kalor spesifik air pendingin, kJ/kg
 T_o = Temperatur air pendingin keluar kondensator, °C
 T_i = Temperatur air pendingin masuk kondensator, °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 Float operated, dimana katup dipasang pada bagian dasar (base plate) kondensor.

- Evaporator

Evaporator merupakan alat penukar kalor yang memegang peranan penting didalam siklus yaitu mendinginkan media sekitar. Besarnya kalor yang dimasukkan atau yang digunakan untuk menguapkan refrigeran pada evaporator dapat ditentukan dengan persamaan keseimbangan kalor pada evaporator yaitu :

✓ Untuk sisi media evaporasi :

$$Q_e = m_a \cdot C_p \cdot (T_i - T_o) \dots\dots\dots (5)$$

✓ Untuk sisi refrigeran :

$$Q_e = m_r \cdot (h_2 - h_3) \dots\dots\dots (6)$$

dimana : m_a = laju aliran massa air pendingin, kg/s

Q_e = Kapasitas refrigerasi, kJ/s

C_p = kalor spesifik air pendingin, kJ/kg

T_o = Temperatur air pendingin keluar evaporator, °C

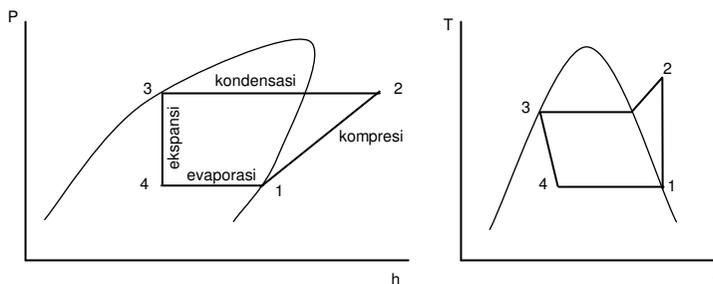
T_i = Temperatur air pendingin masuk evaporator, °C

- Refrigeran

Salah satu unsur yang menentukan tingkat pendinginan dalam sebuah sistem refrigerasi adalah penggunaan refrigeran. Dalam penelitian ini, refrigeran yang digunakan dalam mesin siklus refrigerasi R633 yaitu Forane atau R-141b.

2.2 Siklus Kompresi Uap Standar

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



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

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, $q_e = h_1 - h_4$

Jumlah keseluruhan energi kalor yang dilepaskan ke sekeliling pada kondensor sama besar dengan besarnya energi yang digunakan untuk menguapkan refrigeran di evaporator ditambah besarnya energi yang digunakan untuk mengkompresi refrigeran pada kompresor, dalam bentuk persamaan daya :

$$Q_c = Q_e + W_{in} \dots\dots\dots(7)$$

sehingga koefisien prestasi (COP) dari siklus uap standar :

$$COP = \frac{Q_e}{W_{in}} \dots\dots\dots(8)$$

3. Metodologi Penelitian

3.1 Alat Uji

Alat uji berupa satu buah unit mesin demonstrasi siklus refrigerasi R633, yang terdiri dari sebuah kompresor hermetik ½ HP, 1 buah kondensor pendingin air, 1 buah evaporator tipe flooded dengan flow rate media evaporasi air dan 1 buah katup ekspansi base plate pada kondensor.

3.2 Cara Pengambilan Data

Cara pengambilan data yaitu data diambil setelah operasi mesin stabil dengan terlebih dahulu mensetting flow rate evaporator pada 30 gr/s dan dipertahankan pada keadaan operasi. Sedangkan pada kondensor, flow rate media pendingin diatur dari 10 gr/s sampai 40 gr/s dengan kenaikan 5 gr/s pada selang waktu 5 menit kemudian data diambil dan dicatat. Temperatur media pendingin diukur dengan termometer yang telah diletakkan pada saat masuk dan keluar dari kondensor dan evaporator. Sedangkan untuk mengukur laju aliran air pendingin diukur dengan flow rate.

3.3 Metode Analisis

Analisis yang digunakan yaitu analisis teoritis secara termodinamika

dan perpindahan panas berdasarkan data pengukuran (temperatur dan laju aliran massa) melalui persamaan umum siklus kompresi uap. Analisis ini untuk menghitung kapasitas refrigerasi, daya yang dibutuhkan kompresor, panas yang dilepaskan kondensor dan koefisien prestasi.

4. Pembahasan

Berdasarkan hasil perhitungan atau grafik hubungan laju aliran massa air pendingin dengan temperatur air pendingin keluar kondensor menunjukkan bahwa temperatur air pendingin keluar kondensor mengalami penurunan seiring kenaikan laju air pendingin. Fenomena ini terjadi akibat dari naiknya kecepatan air pendingin melalui pipa kondensor sehingga waktu kontak antara sisi refrigeran dengan sisi air pendingin pada satu titik sangat singkat. Penurunan temperatur air pendingin cenderung linear. cenderung kenaikan tersebut cenderung linear. Untuk selang waktu yang sama pada tiap kenaikan 5 g/s terjadi penurunan temperatur air pendingin keluar kondensor ± 1 °C. Besarnya penurunan temperatur dapat dilihat pada Gambar 2.

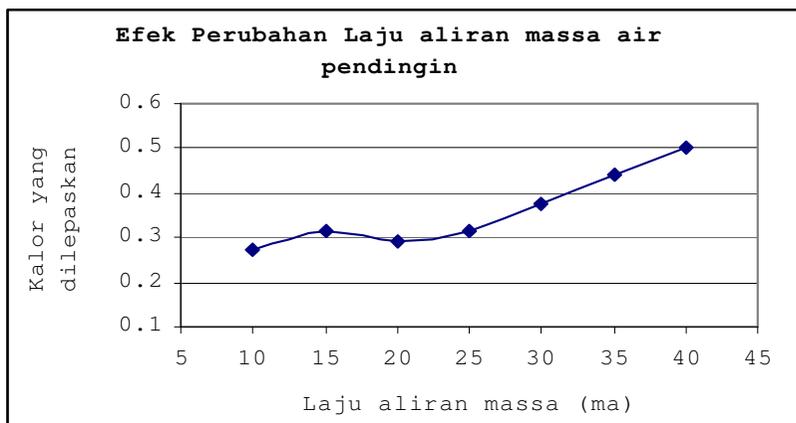
Sementara itu, analisis besarnya kalor yang dilepaskan air pendingin dapat dilihat pada Gambar 3. Berdasarkan persamaan Balans energi kalor pada kondensor bahwa besarnya kalor yang dilepaskan dari sisi refrigeran akan sama besar dengan besarnya kalor yang diterima oleh media air pendingin. Dari grafik menunjukkan bahwa terjadi kenaikan pelepasan kalor seiring dengan peningkatan laju aliran massa air pendingin. Kenaikan besarnya yang dilepaskan pada kondensor. Besarnya kenaikan kalor terkait langsung dari kenaikan kecepatan aliran air pendingin serta penurunan difrensiasi temperatur air pendingin yang keluar dan masuk kondensor. Pada laju aliran massa air evaporator yang konstan, kalor yang dilepaskan pada kondensor maksimum dicapai pada 40 g/s sebesar 0.502 kW.

Untuk kapasitas refrigerasi, analisis yang diperoleh cenderung konstan seperti yang diperlihatkan pada gambar 4. Hasil yang didapatkan cenderung konstan akibat dari setting flow rate kontrol yang ditetapkan pada satu titik keadaan yaitu 30 gr/s. setting flow rate tersebut pada penelitian ini dipakai dengan tujuan hanya untuk melihat fenomena yang terjadi pada

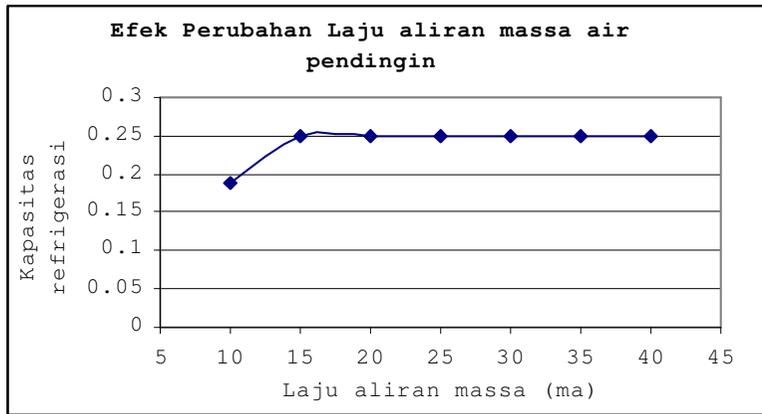
jika kondensor diatur perubahan laju aliran massa air pendinginnya. Akibat dari laju aliran massa air evaporator yang tetap menyebabkan perbedaan temperatur air keluar dan masuk evaporator juga cenderung tetap sehingga kapasitas refrigerasi juga nilainya sama. Untuk laju aliran masuk evaporator 30 gr/s dihasilkan kapasitas refrigerasi sebesar 0.251 kW.



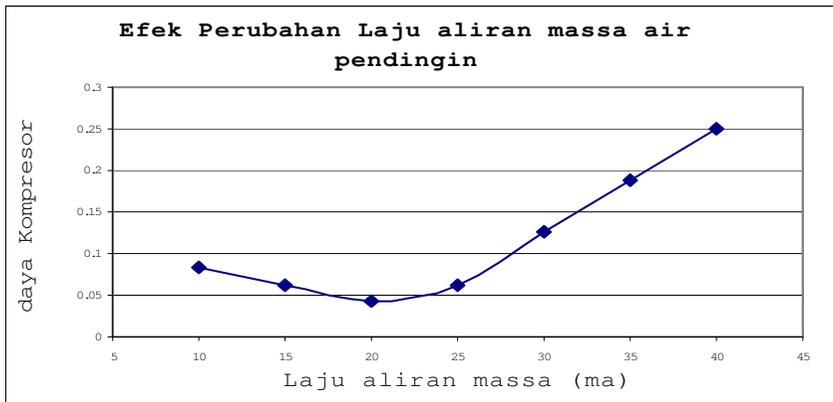
Gambar 2. Penurunan tempatur air pendingin ada kondensor



Gambar 3. Peningkatan Kalar yang dilepaskan pada kondensor



Gambar 4. Besarnya kapasitas Refrigerasi



Gambar 5. Gambaran Daya kompresor



Gambar 6. Gambaran Koefisien Prestasi Mesin

Sedangkan untuk daya kompresor, dari hasil perhitungan menunjukkan bahwa

daya kompresor mengalami peningkatan seiring dengan penambahan laju aliran massa aliran air pendingin pada kondensor. Peningkatan ini dipengaruhi oleh besarnya kalor yang dilepaskan refrigeran ke media pendingin. Selain itu, bertambahnya daya kompresor akibat langsung dari kapasitas yang cenderung konstan nilainya. Dari persamaan yang diberikan bahwa daya kompresor merupakan selisih harga dari besarnya kalor yang dilepaskan dari refrigeran dengan besarnya nilai kapasitas refrigerasi dalam sistem. Dari grafik Gambar 5 ditunjukkan bahwa daya maksimum diperoleh pada laju aliran yang maksimum pula pada setting flow rate evaporator 30 gr/s.

Untuk koefisien prestasi mesin, dari grafik Gambar 6 menunjukkan bahwa koefisien prestasi mesin cenderung hiperbolik seiring dengan peningkatan laju aliran massa air pendingin pada kondensor. Koefisien prestasi mesin maksimum dengan nilai 6 pada laju aliran 20 gr/s pada setting laju aliran evaporator 30 gr/s. Harga maksimum ini disebabkan karena parameter yang berpengaruh yaitu daya kompresor memberikan nilai yang minimum. Selain itu, pada laju aliran 20 gr/s, temperatur keluar kondensor berada pada level sedang sehingga memberikan proses transfer kalor yang cukup rendah yang dapat dilihat dari kalor yang dilepaskan ke media pendingin yang cukup rendah.

5. Kesimpulan

- 1) Kenaikan laju aliran massa air pendingin pada kondensor akan menyebabkan penurunan temperatur air pendingin keluar kondensor, tetapi menaikkan kalor yang dilepaskan kondensor dan daya kompresor serta koefisien prestasi mesin (COP) cenderung turun setelah maksimum.
- 2) Kondisi kerja yang optimal dan cocok untuk mesin siklus refrigerasi R633 pada setting flow rate 30 gr/s di

dalam laboratorium yaitu pada laju aliran air 20gr/s dimana COPnya 6.

6. Daftar Pustaka

- Arismunandar, W., Saito. 2002. *Penyegaran Udara*. Edisi keenam, PT. Pradnyaa Paramita, Jakarta.
- Arora, C.P., *Refrigeration and Air Conditioning*. Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi.
- 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.
- Hundy, G.F., et al, *Refrigeration and Air Conditioning*, Fourth Edition, Butterworth Heinemann.
- Wang, S.K, 2001, *Handbook of Air Conditioning and Refrigeration*, Second Edition, McGraw Hill, New York.