

ANALISIS PENGARUH VARIASI MODE KERJA TERHADAP PERFORMANSI MESIN REFRIGERASI KOMPRESI UAP WATER CHILLER TYPE WITH WATER COOLED CONDENSER DENGAN REFRIGERAN R134A

Hendradinata¹⁾

Abstrak: Tujuan penelitian adalah untuk menganalisis pengaruh perubahan mode kerja terhadap kinerja mesin refrigerasi. Metode penelitian adalah metode eksperimental dengan membandingkan secara langsung Kinerja Mode Kerja Cooling dan Kinerja Mode kerja Heating pada satu variable yang sama serta menghitung COP Ideal dari masing masing Eksperimen. Hasil penelitian didapatkan bahwa COP tertinggi terdapat pada Kinerja mesin pada Mode cooling dengan Nilai COP 3.98 dan arus konsumsi kompresor 4.27 Ampere.

Kata Kunci: COP, Mode Kerja Heating, Mode Kerja Cooling, Refrigerasi

Abstract: The Purpose of this study was to analyze the effect of changes in the working mode of the refrigeration machine performance. This research method is experimental method to directly compare performance Working Mode and Performance Mode Cooling and Heating work on the same variables and calculates the ideal COP of each experiment. The results showed that the highest COP contained in engine performance in cooling mode the COP value was 3.98 and the current consumption of the compressor 4.27 Amperes.

Keywords: COP, Cooling Cycle, Heating Cycle, Refrigeration

PENDAHULUAN

Teknologi refrigerasi dan tata udara saat ini terus berkembang sangat pesat dan sulit dipisahkan dalam kehidupan sehari-hari, terutama di sektor Industri, komersial dan rumah tangga domestik refrigerasi (Stoecker and Jones; 1982).

Sistem refrigerasi kompresi uap sekarang telah mengalami kemajuan teknologi didalam hal pengalihan sistem, dengan menggunakan suatu alat yang bernama four ways reverse valve, jika diaktifkan maka kerja dari kondensor akan beralih fungsi menjadi Evaporator, begitupun juga sebaliknya. Hal ini bertujuan untuk menjadikan mesin refrigerasi menjadi alat yang fleksibel yang digunakan sesuai keperluan, baik itu untuk menurunkan ataupun menaikkan temperatur ruangan. akan tetapi permasalahan yang muncul akibat dari pembalikan system akan berpengaruh pada kinerja dari mesin itu sendiri. Baik itu ditinjau dari perubahan beban pendingin pada Evaporator (Khairil Anwar. 2010), perubahan laju aliran

massa pendingin pada kondensor (Amr O. Elsayed.2011 dan Hasan Basri. M. 2009) serta juga akan berpengaruh pada Pipa Kapiler sebagai alat ekspansi (Khairil Anwar, dkk. 2011).

Berkaitan dengan hal di atas maka tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh perubahan mode kerja terhadap kinerja mesin refrigerasi. Titik fokus penelitian adalah akan dikaji pengaruh perubahan kecepatan aliran air pada evaporator saat mode heating cycle atau perubahan kecepatan aliran air pendingin pada kondensor pada mode heating terhadap unjuk kerja atau koefisien prestasi mesin pendingin tersebut.

TINJAUAN PUSTAKA

Pada siklus kompresi uap mempunyai empat komponen utama yaitu kompresor, kondensor, expansion dan evaporator. Siklus dimulai dari kompresor disini perlakuan fluida refrigeran tekanan kerja meningkat diikuti dengan

¹⁾ Dosen Program Studi Teknik Pendingin dan Tata Udara, Politeknik Sekayu

temperaturnya hal ini sesuai dengan persamaan (Stoecker, 1997):

$$P V = c T$$

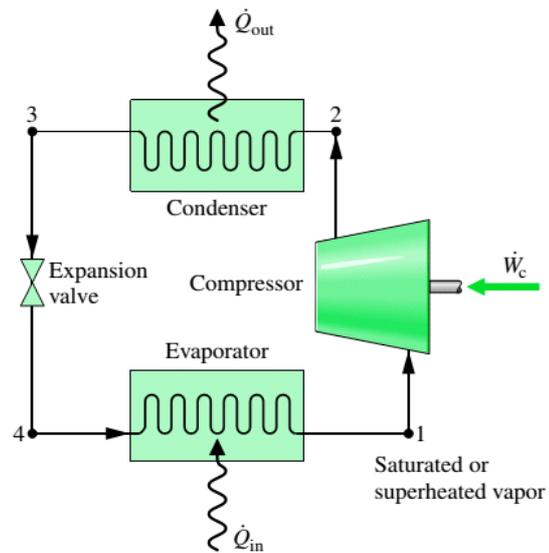
Dimana, P adalah tekanan (bar), V adalah volume (m^3), c adalah konstanta, dan T adalah temperatur dalam derajat Celsius. Kemudian setelah fluida keluar dari kompresor fluida tersebut akan masuk kedalam kondensor. Di kondensor terjadi proses kondensasi dimana dengan tekanan tinggi tetapi temperatur turun. Pada kondensor terjadi perpindahan panas paksa dari refrigeran dengan temperatur tinggi ke udara luar dengan temperatur lebih rendah, bisa dikatakan panas hasil proses kompresi dilepas ke lingkungan.

Setelah keluar dari kondensor fluida yang sudah berubah fase menjadi cair kemudian melewati katup ekspansi, di katup ekspansi terjadi penurunan tekanan dan penurunan temperatur karena mengalami proses ekspansi, dimana fluida dengan tekanan tinggi terjadi penyumbatan aliran dan kemudian terjadi pembesaran aliran. Temperatur yang rendah ketika melewati evaporator mengalami proses evaporasi dimana refrigeran menyerap panas dari luar atau ruangan. Panas dari ruangan inilah yang merubah fase pada refrigeran dari cairan menjadi gas yang selanjutnya dihisap oleh kompresor.

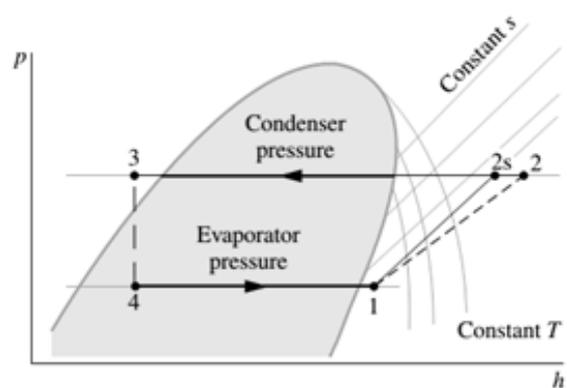
Berdasarkan keseimbangan energi sebuah sistem refrigerasi kompresi uap, beban kalor evaporator dapat dinyatakan :

$$Q_c = Q_e + W_c \quad (1)$$

Dari keseimbangan energi ini ada relasi antara beban kalor kondensor (Q_c), beban kalor evaporator (Q_e) dan kerja kompresor (W_c); perubahan beban kalor evaporator akan berdampak terhadap beban kalor kondensor dan kerja kompresor, seperti ditunjukkan pada gambar 1 dan diterjemahkan pada P-h diagram pada gambar 2.



Gambar 1. Skematik sistem pendingin kompresi uap. (Moran, 2006)



Gambar 2. Diagram P-h Siklus Pendingin Kompresi Uap. (Moran, 2006)

Hubungan ketiga besaran ini dinyatakan dalam koefisien prestasi atau *Coefficient of Performance system* (Dossat, 1997), yaitu :

$$COP = (ER) / (W_k)$$

$$COP = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \quad (2)$$

Secara termodinamika besar-besaran tersebut dapat ditentukan sbb:

Efek Refrigerasi:

$$Q_e = A_r (h_1 - h_4) \text{ kW} \quad (3)$$

Kerja kompresi:

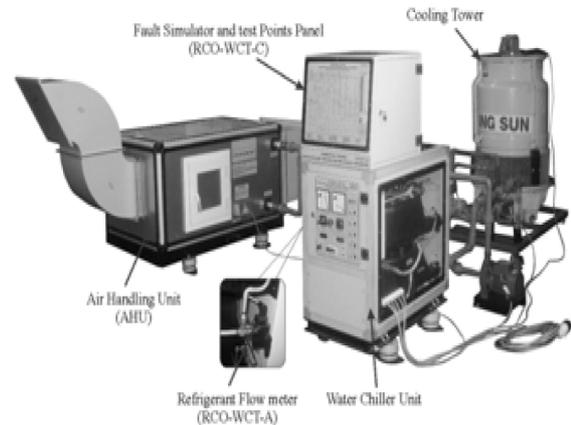
$$W_c = A_r (h_2 - h_1) \text{ kW} \quad (4)$$

Beban kalor kondensor:

$$Q_c = A_r (h_2 - h_3) \text{ kW} \quad (5)$$

Performance Faktor:

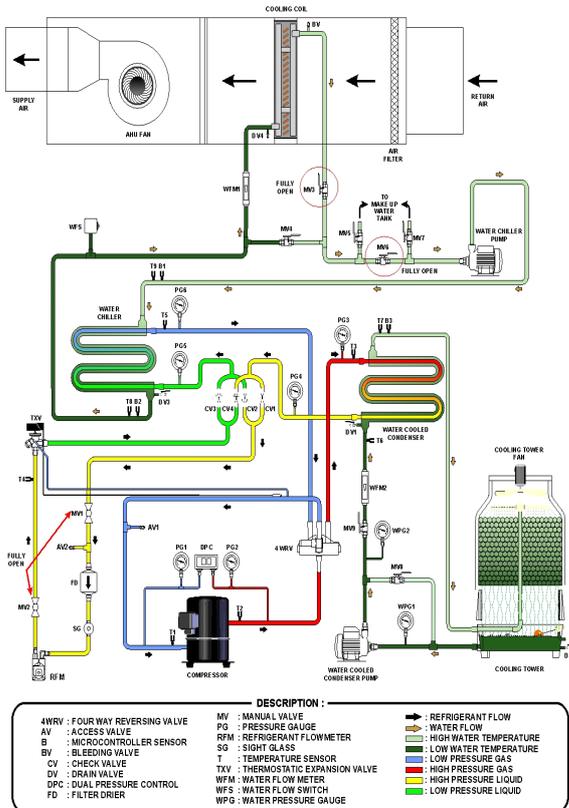
$$PF = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1} \quad (6)$$



METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, dengan menyiapkan perangkat uji berupa *Water chiller type with water cooled condenser* kemudian dilakukan pengambilan dan analisis data.

Diskripsi Perangkat Uji



Gambar 3. Sistem pemipaan dan pengoperasian Alat (LabTech, 2013)

Gambar 4. Perangkat uji (LabTech, 2013)

Komponen perangkat uji:

- Kompresor hermetik 5 HP 3 phase.
- Kondensor dengan tower pendingin.
- Evaporator tipe tube ini tube.
- *Electronics expansion valve*
- Motor sirkulasi air kondensor dan evaporator dengan penggerak motor listrik 1 phase
- Refrigeran 134a.
- Alat-alat ukur: termometer, tang ampere, pressure gauge, anemometer.

Gambar 3 menunjukkan sketsa tata letak sistem pemipaan dan pengoperasian *Water Flow Meter 2 (WFM 2)* untuk mengatur kecepatan aliran air pendingin baik pada kondensor saat mode cooling ataupun di evaporator pada mode heating. serta sistem sensor dan alat ukur untuk membantu pengambilan data.

Gambar 4 menunjukkan perangkat uji Penelitian secara keseluruhan dengan instrumentasi alat ukur yang telah dikalibrasi.

Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian terdiri dari langkah persiapan dan langkah pengujian/pengambilan data. Langkah persiapan meliputi perakitan/setting instalasi uji, pemvakuman, pengisian refrigeran dan tes kebocoran.

Langkah pengujian/pengambilan data dibagi menjadi 2 tahap:

Tahap pertama adalah sistem beroperasi pada Mode Cooling, setelah sistem beroperasi sekitar 15 menit (sampai sistem bekerja normal/ steady). Pengambilan data dilakukan dengan parameter perubah yaitu merubah kecepatan aliran air di *Water Flow Meter 2 (WFM 2)* dari kecepatan 35 liter/menit sampai dengan 65 liter/menit dengan interval 5 liter/menit. Kecepatan air di *water flow meter 1(WFM 1)* dikondisikan tetap pada kecepatan 65 liter/menit. Kemudian setiap perubahan kecepatan *Water Flow Meter 2 (WFM 2)*, dilakukan pengukuran data tekanan dan temperatur masuk dan keluar refrigeran setiap komponen utama sistem: kompresor, kondensor, dan evaporator. Semua pengukuran dilakukan pada waktu yang bersamaan. Semua data dicatat pada lembaran data. Pengambilan data dilakukan sebanyak 7 (tujuh) kali dengan interval waktu 120 menit.

Tahap Kedua adalah Mode Heating, proses pengambilan data sama seperti mode cooling.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengujian didapatkan data-data seperti pada tabel 1 dibawah ini.

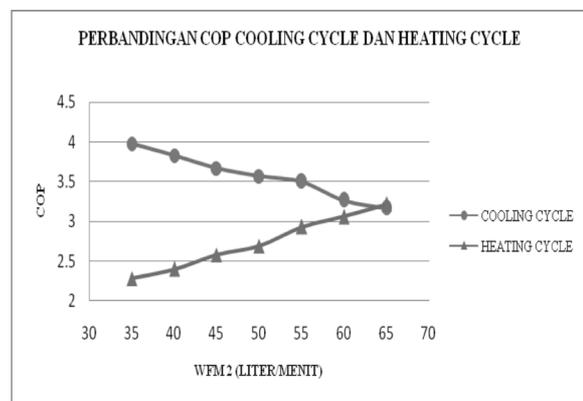
Tabel 1. Data COP dan PF

WFM1 (Ltr/Mnt)	WFM2 (Ltr/Mnt)	Cooling Cycle		Heating Cycle	
		COP	PF	COP	PF
65	35	3.98	4.98	2.28	3.28
65	40	3.83	4.83	2.4	3.4
65	45	3.67	4.67	2.58	3.58
65	50	3.57	4.57	2.69	3.69
65	55	3.5	4.5	2.93	3.93
65	60	3.27	4.27	3.06	4.06
65	65	3.17	4.17	3.22	4.22

Tabel 2. Data Arus Kompresor

WFM1 (Ltr/Mnt)	WFM2 (Ltr/Mnt)	Arus Kompresor (ampere)	
		Cooling Cycle	Heating Cycle
65	35	4.27	6.41
65	40	4.44	6.26
65	45	4.64	5.94
65	50	4.79	5.82
65	55	4.90	5.48
65	60	5.21	5.24
65	65	5.39	4.99

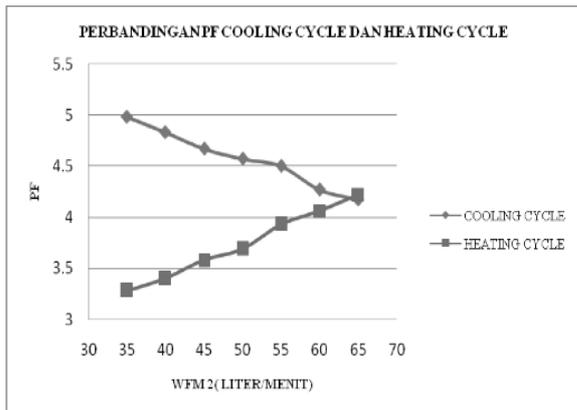
Berdasarkan data hasil pengujian diatas dilakukan analisis/perhitungan termodinamika yang hasilnya disajikan dalam gambar-gambar grafik dibawah ini



Gambar 5. Perbandingan COP Coling Cycle dan Heating Cycle

Dari hasil analisa data terlihat bahwa penurunan *Coefesien of Performance (COP)* paling besar ketika terjadi perubahan mode kerja dari *cooling cycle* ke *heating cycle* pada saat *Water Flow Meter 2 (WFM 2)* bernilai 35 Liter/ Menit dengan nilai COP 3.98 pada *Cooling Cycle* dan nilai COP 2.28 pada *Heating Cycle*. Hal ini dikarenakan pada saat *Cooling Cycle*, *Water Flow Meter 2 (WFM 2)* berfungsi sebagai kondensor, dan *Water Flow meter 1 (WFM 1)* berfungsi sebagai Evaporator, ketika beban dievaporator sangat tinggi yaitu berada pada kecepatan 65 liter/menit dampak refrigerasi juga akan tinggi sehingga energi yang dimanfaatkan dari kerja kompresor lebih maksimal. Akan tetapi, pada saat terjadi perubahan Mode kerja dari

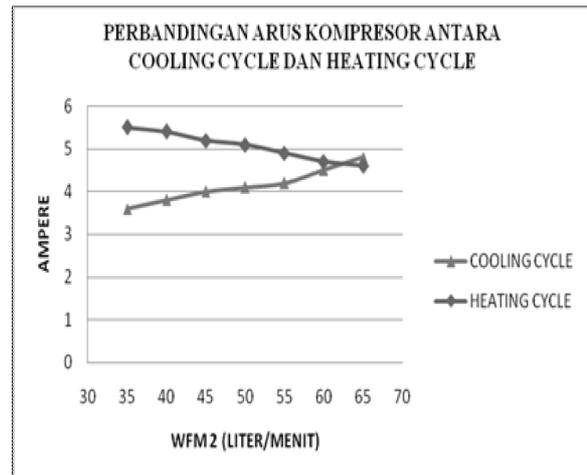
Cooling cycle menjadi Heating Cycle maka Water Flow Meter 2 (WFM 2) akan berubah menjadi evaporator. kondisi Water Flow Meter 2 (WFM 2) bernilai 35 Liter/menit yang berakibat akan memperkecil dampak refrigerasi sehingga menurunkan Nilai dari Coefesien of Performance (COP) secara drastis.



Gambar 6. Perbandingan PF Coling Cycle dan Heating Cycle

Dari grafik terlihat bahwa penurunan Performance Faktor (PF) paling besar saat terjadi perubahan mode kerja dari cooling cycle ke heating cycle juga terjadi pada saat Water Flow Meter 2 (WFM 2) bernilai 35 liter/menit dengan nilai PF 4.98 untuk cooling cycle dan nilai PF 3.28 untuk heating Cycle, hal ini dikarenakan pada saat cooling cycle, Water Flow Meter 2 (WFM 2) berfungsi sebagai kondensor, dan Water Flow meter 1 (WFM 1) berfungsi sebagai Evaporator, ketika beban dievaporator sangat tinggi yaitu berada pada kecepatan 65 liter/menit akan menaikkan dampak refrigerasi sehingga energi yang dimanfaatkan dari kerja kompresor lebih maksimal. Hal yang juga berkaitan yaitu akan ikut Naiknya Performance factor (PF). Tetapi, saat terjadi Mode kerja menjadi Heating Cycle maka Water Flow Meter 2 (WFM 2) akan berubah menjadi evaporator dan kondisi Water Flow Meter 2 (WFM 2) bernilai 35 Liter/menit yang

berakibat akan memperkecil dampak refrigerasi sehingga ikut menurunkan nilai dari performance factor (PF) secara drastis. Performance Faktor (PF) dianggap stabil ketika terjadi perubahan mode kerja pada kecepatan Water Flow Meter 2 (WFM 2) 65 Liter/Menit.



Gambar 7. Perbandingan Arus Kompresor

Dari gambar 7. pada cooling cycle, Arus kompresor akan meningkat seiring dengan bertambahnya laju Water Flow Meter 2 (WFM 2). Hal ini berhubungan dengan meningkatnya dampak refrigerasi sehingga memerlukan kerja yang lebih besar dari kompresor.

Pada Heating Cycle, arus kompresor akan menurun seiring dengan dengan bertambahnya laju Water Flow Meter 2 (WFM 2).

Perubahan arus terbesar ketika Water Flow Meter 2 (WFM 2) bernilai 65 liter/menit. Arus yang diperlukan untuk Heating Cycle akan lebih besar dari arus kompresor yang digunakan untuk Cooling Cycle.

KESIMPULAN

Dari penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. *Coefesien of Performance (COP)* akan semakin menurun seiring dengan semakin meningkatnya laju pembuangan kalor dikondesor. Karena terjadi pembuangan energi yang sia sia.
2. *Coefesien of Performance (COP)* dapat ditingkatkan dengan menambah laju aliran air di Evaporator.
3. Kinerja terbaik terjadi pada saat *Mode Cooling* Aliran *Water Flow meter 1 (WFM 1)* sebesar 65 liter/menit dan *Water Flow Meter 2 (WFM 2)* sebesar 35 Liter/Menit dengan beban Arus kompresor sebesar 3.60 Ampere.

DAFTAR PUSTAKA

- Amr O, Elsayed., Abdulrahman S, Hariri. 8-13 May.2011. *Effect of Condenser Air Flow on the Performance of Split Air Conditioner*. Sweden: World Renewable Energy Congress.
- Anwar, Khairil, Vol. 8 No. 3. Agustus 2010: 203 – 214. *Efek Beban Pendingin Terhadap Performa Sistem Mesin Pendingin*. Jurnal SMARTek.
- Anwar, Khairil., dkk. Vol. 1 No. 1 Januari 2010 : 30 – 39. *Efek Temperatur Pipa Kapiler Terhadap Kinerja Mesin Pendingin*. Jurnal Mekanikal.
- Arora C.P. 2001. *Refrigeration and Air Conditioning*. Second Edition. McGraw-Hill inc.
- Dossat ray J. 1997. “*PRINCIPLES OF REFRIGERATION*”, Fourth Edition,

International Edition. Prentice hall International Inc.

Hasan Basri, M. Vol. 7, No. 3, Agustus 2009: 197 – 203. *Efek Perubahan Laju Aliran Massa Air Pendingin Pada Kondensor Terhadap Kinerja Mesin Refrigerasi Focus 808*. Jurnal SMARTek.

Labtech; *Experiment Manual to Commercial Trainer Water Chiller Type Water Cooled Kondenser. Model: RCO-WCT-2A*. Labtech International LTD. 2013.

Moran and Shapiro, 2006. *Fundamentals of Engineering Thermodynamics 5th Edition*. England: John Wiley & Sons, Inc.

Stoecker W.F., Jones J.W. 1997. *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*. Alih Bahasa Ir.Supratman Hara. Jakarta: Airlangga.