

PENGARUH PENGGUNAAN *WATER COOLED CONDENSER* TERHADAP PRESTASI KERJA MESIN PENDINGIN MENGGUNAKAN REFRIGERAN LPG

(*THE INFLUENCE OF USE OF WATER COOLED CONDENSER TOWARDS ENGINE COOLANT PERFORMANCE USING LPG REFRIGERANTS*)

Perdana G.R.¹, Nasrul Ilminnafik², Digdo Listyadi²

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember

²Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember

Jln. Kalimantan 37, Jember 68121

E-Mail: nasrul.teknik@unej.ac.id

Abstrak

Kondensor merupakan komponen dari mesin pendingin yang salah satu fungsinya sebagai pemindah panas dari sistem ke lingkungan. Agar kondensor dapat bekerja dengan baik, kondensor perlu didinginkan supaya dapat memindahkan panas lebih cepat. Air merupakan media pendinginan yang tepat bila digunakan untuk mendinginkan kondensor, karena air memiliki densitas yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan media pendingin udara. Sehingga laju perpindahan panas yang terjadi akan semakin cepat dan membuat COP pada mesin pendingin menjadi meningkat. Penelitian ini untuk mengetahui pengaruh variasi debit air pendingin pada kondensor terhadap prestasi kerja (COP) mesin pendingin. Pengamatan dilakukan eksperimen dengan menempatkan kondensor dalam suatu wadah dengan dialiri air yang divariasikan debit airnya yang berbeda dalam keadaan sistem yang sama. Hasil penelitian menunjukkan bahwa prestasi kerja pada pendingin yang menggunakan media air dengan debit 73,33 ml/det lah yang lebih tinggi daripada variasi jenis pendingin lain, yaitu dengan nilai 15,31.

Kata Kunci: Mesin pendingin, Kondensor, Air, COP

Abstract

The condenser is a component of the engine cooling is one of its functions as the heat transfer from the system to the environment. To be able to work with a good condenser, the condenser needs to be cooled in order to remove heat more quickly. Water is an appropriate cooling medium when used to cool the condenser, because water has a higher density when compared to air cooling medium. So the rate of heat transfer will occur more quickly and make the engine cooling COP is increased. This study aims to determine the effect of variations in the condenser cooling water discharge on job performance (COP) of refrigeration. Observations carried out experiments by placing the condenser in a container with water flowing water discharge varied in different circumstances the same system. Results showed that performance on cooling using water medium at a rate of 73.33 ml/sec was higher than the variation of other types of coolant, with in value 15.31.

Keywords: Engine Cooling, Condenser, Water, COP

Pendahuluan

Mesin refrigerasi seperti halnya refrigerator (kulkas) 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 [1]. Mengingat fungsinya yang semakin vital terutama kulkas karena hampir setiap rumah memilikinya, kita sebagai *engineering* seharusnya tertantang untuk menginovasi maupun mendesain ulang kulkas supaya dapat meningkatkan prestasi kerja mesin tersebut.

Refrigeran sendiri merupakan fluida kerja yang bersirkulasi dalam siklus refrigerasi, karena dialah yang menggunakan efek pendinginan dan pemanasan pada mesin refrigerasi. Namun pada dasarnya refrigerasi merupakan salah satu penyebab timbul-timbulnya masalah kontemporer terhadap adanya pemanasan global. Refrigeran sebagai fluida kerja di dalam mesin refrigerasi pengkondisian udara, dan sistem pompa kalor refrigeran menyerap panas dari satu lokasi dan membuangnya ke lokasi lain melalui mekanisme evaporasi dan kondensasi [2]. Hal ini yang menyebabkan terjadinya masalah pemanasan global, dibuangnya udara panas keluar yang mengandung gas CO₂ menyebabkan munculnya lubang ozon karena suplai panas tersebut.

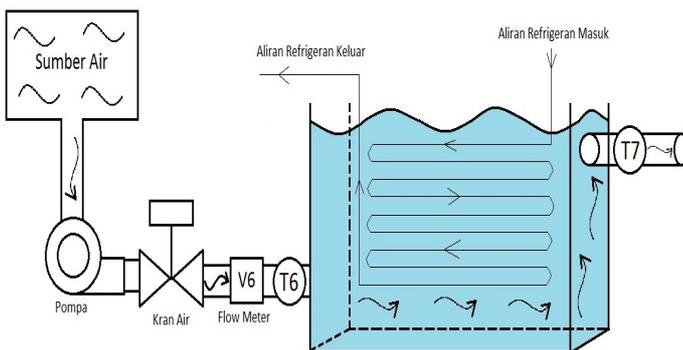
M. Fatouh melakukan penelitian untuk mengatasi masalah tersebut dengan menggunakan LPG sebagai

refrigeran pengganti pada sistem refrigerasi [3]. Selain itu, Bilal A. Akash juga melakukan penelitian yang serupa, dimana penggunaan LPG lokal sebagai refrigeran pengganti dari R-12 (refrigeran yang membuat efek pemanasan global dan penipisan lapisan ozon) [4].

Sedangkan kondensor adalah salah satu komponen penting dari mesin pendingin yang salah satu fungsinya sebagai *heat exchanger* yaitu memindahkan panas dari sistem ke lingkungan. Agar kondensor dapat bekerja dengan baik, kondensor perlu didinginkan supaya dapat memindahkan panas lebih cepat. Media pendingin yang paling umum digunakan adalah udara karena konstruksinya yang sederhana. Akan tetapi media pendingin ini masih dianggap kurang efektif, sehingga muncul berbagai penelitian tentang media pendingin selain udara, yaitu dengan menggunakan air. IKG Wirawan meneliti tentang penggunaan *water cooled condenser* pada mesin pengkondisian udara paket (*AC Window*) dengan subjek penelitian pada laju aliran air pendinginnya [5]. Selain itu, Siti Fatimah juga melakukan penelitian yang serupa, dimana pengaruh pemberian elevasi air pendingin pada kondensor akan meningkatkan laju perpindahan kalor dan efisiensi kerja mesin pendingin [6].

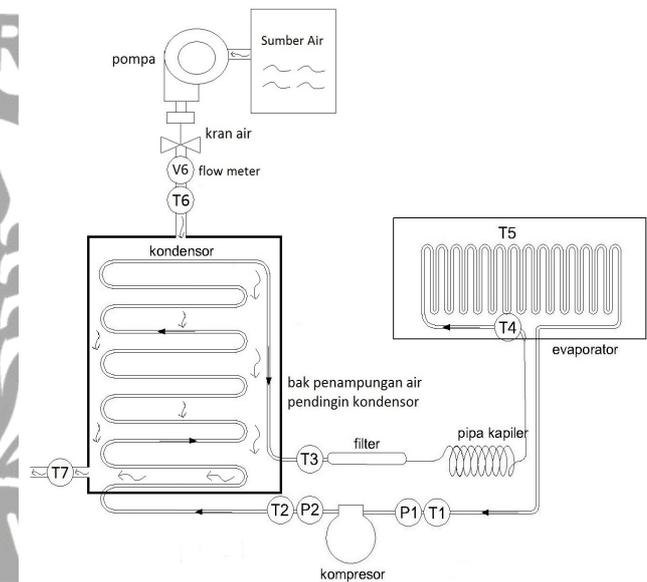
Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, yaitu suatu metode yang digunakan untuk menguji pengaruh variasi laju aliran air pendingin kondensor pada mesin pendingin terhadap COP mesin pendingin. Dalam penelitian ini, proses pengujian variasi laju aliran air pendingin kondensor terhadap nilai COP mesin pendingin dilakukan dengan menempatkan kondensor dalam suatu wadah dengan dialiri air yang divariasikan laju aliran airnya yang berbeda dalam keadaan sistem yang sama. Berdasarkan data tersebut dapat ditentukan kondisi refrigeran setiap titik pada siklus. Selanjutnya berdasarkan kondisi refrigeran dapat dihitung kerja kompresi, dampak refrigerasi, kapasitas refrigerasi dan COP mesin pendingin pada sistem untuk setiap variasi laju aliran air pendingin yang digunakan. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember dengan peralatan dan bahan yang digunakan dalam pengujian adalah alat bantu seperti stopwatch, isolasi plastik, selang air dan lain sebagainya. Kemudian pompa air, kran air, termokopel dan termoreader, manifold sebagai alat pengisi refrigerant, pressure gauge sebagai alat pengukur tekan, terminal port, air kran dan refrigeran yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu LPG, dan bak penampung air dari kaca tebal 5 mm dengan dimensi 70 cm x 55 cm x 15 cm.



Gambar 1. Skema bak pendingin.

Prosedur pengambilan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah yang pertama merangkai komponen-komponen mesin pendingin dengan benar yaitu kondensor, kompresor, evaporator, pipa kapiler dan komponen-komponen yang lain. Kemudian pemasangan alat ukur suhu (termokopel), alat ukur tekanan (*pressure gauge*) pada titik-titik yang telah ditentukan menggunakan terminal port pada 5 titik yang diamati. Lalu mengisi refrigeran dengan benar (tanpa adanya kebocoran), menggunakan refrigeran LPG. Selanjutnya menjalankan alat uji sampai sistem dan aliran refrigerannya stabil. Kemudian mencatat tekanan dan temperatur yang ditunjukkan oleh pengukur tekanan dan temperatur pada semua titik pada variasi jenis pendingin udara. Lalu melakukan percobaan kembali dengan merubah variasi jenis pendingin air dan laju aliran air pendingin 0 ml/detik, 18,33 ml/detik, 36,67 ml/detik dan 73,33 ml/detik tiap interval waktu yang telah ditentukan. Pengumpulan data dan dilanjutkan dengan perhitungan data sebagai



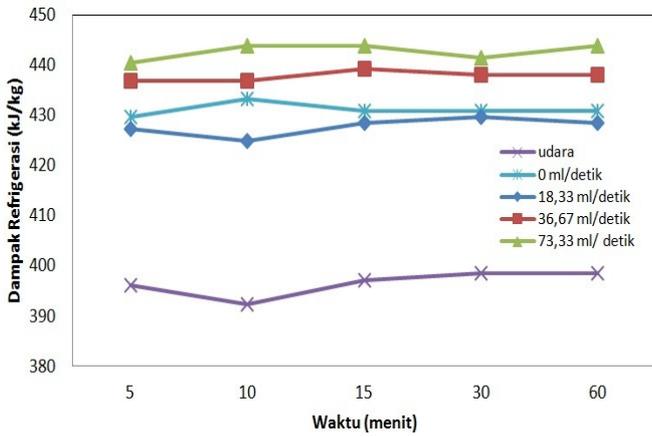
menggunakan *software coolpack*.

Gambar 2. Skema rangkaian refrigerator.

Hasil Penelitian

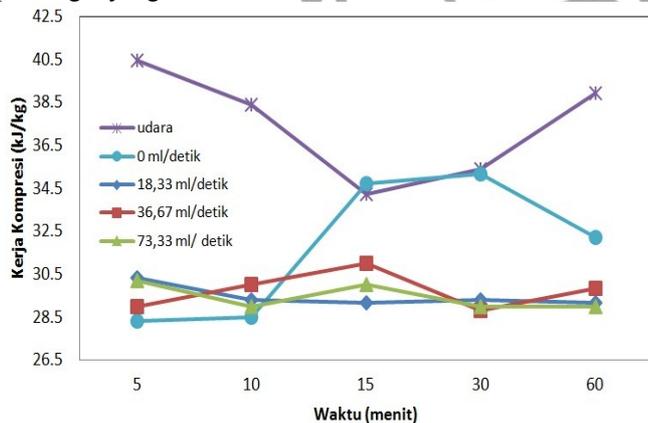
Dari penelitian ini dihasilkan berbagai data hasil penelitian tentang kinerja mesin pendingin yang menggunakan *water cooled condenser*, kinerja mesin pendingin tanpa menggunakan *water cooled condenser*, pelepasan kalor pada bak pendingin dan rasio pelepasan kalor. Dari berbagai data tersebut dapat dibandingkan pengaruh variasi penggunaan *water cooled condenser* terhadap prestasi kerja mesin pendingin.

Hasil penelitian tentang kinerja mesin pendingin menggunakan *water cooled condenser* dengan berbagai variasi laju aliran dan kinerja mesin pendingin tanpa menggunakan *water cooled condenser* (udara) dapat dilihat pada Gambar berikut:



Gambar 3. Dampak refrigerasi terhadap waktu pada variasi pendinginan yang berbeda-beda.

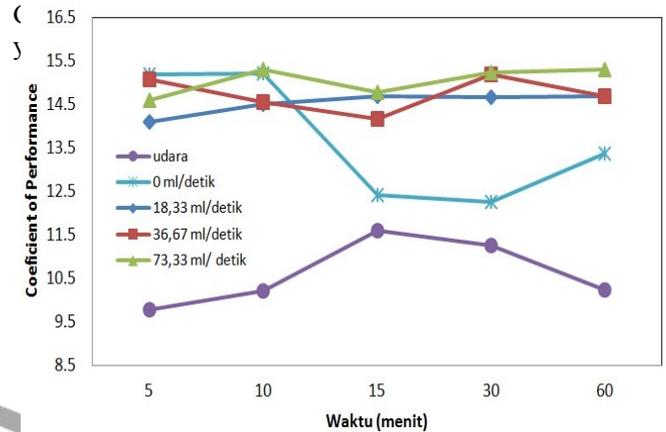
Dari Gambar 3 menunjukkan bahwa dampak refrigerasi cenderung menunjukkan tren stabil terhadap waktu pemakaian. Dari semua jenis pendingin, pendingin air dengan laju 73,33 ml/detik lah yang menunjukkan nilai dampak refrigerasi yang paling besar terhadap waktu pemakaian. Hal ini disebabkan karena panas yang dibuang oleh kondensor cenderung mengalami peningkatan yang maksimal seiring peningkatan laju air yang digunakan sehingga panas yang diserap evaporator akan semakin baik pula. Berbeda dengan kondensor berpendingin udara, kalor yang dibuang oleh kondensor berpendingin ini cenderung tidak maksimal. Hal itu disebabkan karena densitas dari air memiliki nilai paling besar diantara densitas udara. Selain itu dengan semakin cepatnya laju fluida pendingin yang digunakan maka semakin cepat pula perpindahan panas yang terjadi di kondensor, sehingga dari situ lah nilai COP dari jenis pendingin ini bernilai paling tinggi diantara jenis pendingin yang lain.



Gambar 4. Kerja kompresi terhadap waktu pada variasi pendinginan yang berbeda-beda

Dari Gambar 4 menunjukkan bahwa kerja kompresi cenderung menunjukkan tren stabil terhadap waktu pemakaian. Akan tetapi pada pendingin air dengan laju 0 ml/detik mengalami peningkatan. Selain itu pada pendingin udara mengalami hal sebaliknya yaitu mengalami penurunan. Hal itu disebabkan karena perpindahan panas yang terjadi pada kondensor tidak maksimal sehingga membuat suhu freezer (dampak refrigerasi) menjadi tidak stabil, dan kerja kompresi pun juga mengalami ketidakstabilan. Berbeda

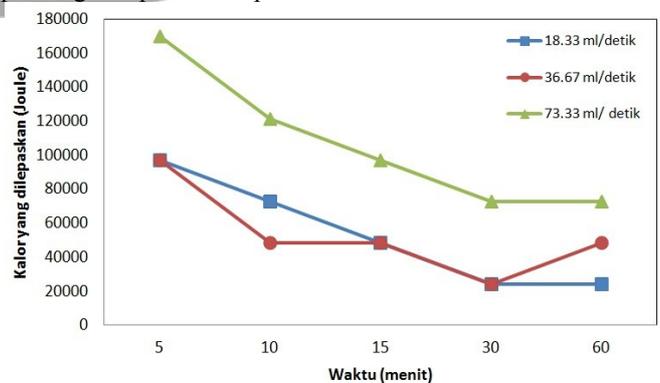
dengan pendingin air pada laju 18,33 ml/detik, 36,67 ml/detik dan 73,33 ml/detik. Ketiga jenis pendingin itu menunjukkan kestabilan kerja kompresi yang terjadi seiring bertambahnya waktu pemakaian.



Dari Gambar 5 menunjukkan nilai COP cenderung mengalami tren stabil terhadap waktu pemakaian. Akan tetapi pada pendingin dengan laju 0 ml/detik, COP yang terjadi cenderung mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena perpindahan panas yang terjadi di kondensor tidak maksimal, sehingga kemampuan untuk mendinginkan freezer menjadi menurun dan kemampuan kompresi untuk membuat suhu freezer menjadi rendah (dingin) semakin meningkat. Dari semua jenis pendingin, pendingin air dengan laju 73,33 ml/detik lah yang menunjukkan nilai dampak refrigerasi yang paling besar terhadap waktu pemakaian. Akan tetapi laju 18,33 ml/detik lah yang menunjukkan ke stabilan dari nilai dampak refrigerasi terhadap waktu pemakaian. Hal ini disebabkan karena densitas dari air memiliki nilai paling besar diantara densitas udara. Selain itu dengan semakin cepatnya laju fluida pendingin yang digunakan maka semakin cepat pula perpindahan panas yang terjadi di kondensor, sehingga dari situ lah nilai COP dari jenis pendingin ini bernilai paling tinggi diantara jenis pendingin yang lain.

Hasil Analisis Pelepasan Kalor Bak Pendingin

Hasil analisis tentang laju pelepasan kalor oleh bak pendingin dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Kalor yang dilepas bak pendingin air terhadap waktu pada variasi pendinginan air yang berbeda-beda

Dari penelitian yang diperoleh pada pendingin kondensor dengan media air, didapatkan bahwa kalor yang

dilepaskan cenderung mengalami penurunan terhadap waktu pemakaian seperti yang terlihat pada Gambar 6. Hal ini disebabkan karena air yang digunakan pada pendinginan kondensor kurang tersirkulasi sempurna, sehingga perpindahan panas yang terjadi kurang maksimal. Akan tetapi pada pendingin dengan laju 73,33 ml/detik, laju kalor yang dilepaskan memiliki nilai paling besar diantara laju air pendingin yang lain. Hal ini disebabkan karena semakin cepatnya laju air pendingin yang digunakan maka semakin cepat pula perpindahan panas yang terjadi di kondensor, sehingga dari situ lah nilai COP dari laju ini bernilai paling tinggi diantara laju air pendingin yang lain.

Rasio Pelepasan Kalor

Berdasarkan hasil percobaan yang menggunakan media pendingin air dapat dilihat perbandingan antara kalor yang dibuang oleh kondensor dengan kalor yang diserap oleh evaporator (rasio pelepasan kalor). Berikut hasil rasio pelepasan kalor dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rasio pelepasan kalor pada variasi pendingin yang berbeda-beda

Waktu (menit)	Rasio Pelepasan Kalor (R _Q)			
	Laju Aliran Air Pendingin (ml/detik)			
	0	18,33	36,67	73,33
5	1.19	1.16	1.19	1.19
10	1.21	1.15	1.18	1.20
15	1.17	1.16	1.18	1.20
30	1.16	1.16	1.20	1.19
60	1.17	1.18	1.18	1.20
Rata-rata	1.179	1.161	1.185	1.195

Dari Tabel 1. dapat dilihat bahwa aliran air pendingin dengan laju aliran 18,33 ml/detik memiliki rasio pelepasan kalor terbaik sebesar 1,161. Hal tersebut dikarenakan rasio pelepasan kalor yang paling baik adalah yang memiliki nilai mendekati 1.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa yang telah dibahas dapat disimpulkan beberapa hal, yaitu penggunaan pendingin kondensor dengan menggunakan media air terbukti dapat lebih mampu mendinginkan evaporator lebih cepat daripada pendingin kondensor dengan menggunakan media udara. Hal tersebut dikarenakan air memiliki densitas lebih besar bila dibandingkan dengan udara. Kemudian prestasi kerja pada pendingin yang menggunakan media air laju 73,33 ml/detik lah yang lebih tinggi daripada variasi jenis pendingin lain. Hal tersebut dikarenakan dampak refrigerasi pada variasi laju 73,33 ml/detik lebih besar bila dibandingkan dengan variasi pendingin lain, selain itu kerja kompresi yang dimiliki variasi 73,33 ml/detik lebih kecil bila dibandingkan dengan variasi pendingin lain. Sehingga nilai COP yang dimiliki variasi laju 73,33 ml/detik lebih

besar bila dibandingkan dengan variasi pendingin lain.

Saran

Dari hasil penelitian mengenai analisis pengaruh pemasangan *water cooled condenser* terhadap prestasi kerja dari mesin pendingin kompresi uap yang menggunakan refrigeran LPG, maka disarankan beberapa hal, yaitu hasil penelitian ini merupakan data pendukung yang dapat digunakan oleh pihak-pihak yang berkepentingan untuk optimasi pemilihan jenis pendingin kondensor serta pemilihan laju aliran pendingin kondensor yang menggunakan media air, dimana untuk meningkatkan besarnya koefisien kerja mesin pendingin kompresi uap. Kemudian kajian ini masih terbatas pada analisa menggunakan satu variasi yang dilakukan dalam variasi laju aliran. Oleh karena itu, analisa dan penelitian lanjutan yang memvariasikan komponen lain dalam suatu mesin pendingin kompresi uap dapat dilakukan untuk memperoleh hasil yang lebih baik guna meningkatkan prestasi kerja mesin pendingin.

Daftar Pustaka

- [1] Indartono, Yuli Setyo. 2006. *Perkembangan Terkini Teknologi Refrigerasi atau Pengkondisian Udara*. Artikel Iptek.
- [2] Ashrae. 2005. *Methods of Testing for Rating Positive Displacement Refrigerant Compressors and Condensing Units, ANSI/ASHRAE Standard 23-2005*. American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers (ASHRAE), Atlanta, GA, USA.
- [3] Fatouh, M dan Kafafy, M. E. 2006. *Experimental evaluation of a domestic refrigerator working with LPG*. Jurnal Ilmiah Elsevier Applied Thermal Engineering 26 (2006) 1593–1603.
- [4] Akash, Bilal A. dan Said, Salem A. 2003. *Assessment of LPG as a possible alternative to R-12 in domestic refrigerators*. Jurnal Ilmiah Pergamon Energy Conversion and Management 44 (2003) 381–388.
- [5] Wirawan, IKG. 2007. *Analisis Penggunaan Water Cooled Condenser Pada Mesin Pengkondisian Udara Paket (AC Window)*. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CAKRAM Vol. 1 No. 1, Desember 2007 (42-48).
- [6] Fatimah, Siti. 2008. *Analisis Pengaruh Elevasi Aliran Air Pendingin Kondensor Terhadap Laju Perpindahan Kalor dan Efisiensi Kerja Mesin*. Skripsi Mahasiswa Universitas Islam Negeri Malang tahun 2008.