

ANALISIS VARIASI MEDIA PENDINGIN KONDENSOR TERHADAP RASIO PELEPASAN KALOR DAN COEFISIEN OF PERFORMANCE (COP) PADA MESIN PENDINGIN

Digdo Listyadi Setyawan¹, Eko Widodo², Hasby R²

¹ Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember

² Alumni Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember

ABSTRACT

Household refrigerating machine (refrigerator) is a household appliance that is widely used in the family in Indonesia. The condenser is one of the essential components of the refrigerator that functions as a heat exchanger which is composed of the equivalent gas-phase refrigerant into a liquid. A crucial element of the condenser to cool the evaporator with the faster is the rate of heat release, coefisien of performace (COP). This research was conducted by varying the experimental cooling medium in the condenser of household refrigerating machine (refrigerator), such as the natural air cooling medium, the addition of fins and additional fan area 14,4 Watt. It aims to improve the coefficient of achievement refrigeration, heat release ratio and cooling rate speed. The results showed a coolant condenser with fan 14.4 W produces the highest COP value, 4,73, and the ratio of the smallest heat release ratio, 1,2. The larger the COP and the smaller pelepasn calorific value, indicating that the machine work better.

Keywords : media pendingin kondensor, rasio pelepasan kalor, COP, mesin pendingin

PENDAHULUAN

Mesin pendingin rumah tangga (kulkas) merupakan peralatan rumah tangga yang banyak dipakai dalam keluarga di Indonesia. Kulkas biasanya digunakan untuk tempat menyimpan bahan makanan baik segar ataupun kalengan, sehingga bahan makanan tersebut lebih awet dan tahan lama, disamping itu, juga digunakan untuk membuat air dingin atau es. Pada umumnya refrigerant yang dipakai adalah freon dari jeneis CFC (*Chlorofluoride Carbonate*) seperti R12 dan R22 (R12) atau yang non CFC yaitu R134a. Refrigeran jenis CFC disinyalir menjadi salah satu penyebab kerusakan lapisan ozon dan pemanasan global [1].

Selain refrigeran tersebut, ada refrigeran jenis lain yang lebih ramah lingkungan yaitu hidrokarbon, zat ini memiliki unsur utama Hidrogen dan Karbon. Salah satu hidrokarbon yang digunakan dalam kehidupan kita sehari-hari, dikenal dengan nama LPG (*Liqufied Petroleum Gas*). LPG memiliki komposisi 8% s/d 12% Propana (C₃H₈). 42% s.d. 47% Normal Butana (C₄H₁₀) serta 45% s.d. 54% Iso Butana. Jika berdiri sendiri maka diantara ketiga zat yang terkandung dalam LPG memiliki sifat termodinamika yang tidak jauh berbeda dengan apa yang dimiliki oleh refrigeran pada umumnya. Sifat termodinamika tersebut adalah temperatur dan tekanan jenuh pada daerah operasi mesin pendingin (Abboud, B. 1994).

Kondensor adalah salah satu komponen penting dari mesin pendingin yang berfungsi sebagai alat penukar kalor yaitu mengubah fase refrigeran dari ujud gas menjadi cair. Kondensor dapat memindahkan panas ke lingkungan dengan cepat jika digunakan media pendingin yang baik. Unsur penting dari kondensor di dalam mesin pendingin untuk mendinginkan evaporator dengan lebih cepat adalah rasio pelepasan kalor, yaitu nilai perbandingan pelepasan kalor di kondensor dengan nilai penyerapan kalor di evaporator dan *coefisen of performancenya* (COP). Berbagai cara dapat dilakukan agar mesin pendingin dapat mendinginkan evaporator lebih cepat, cara salah satunya adalah dengan memodifikasi kondensornya. Dengan memodifikasi kondensor kita akan mendapatkan nilai rasio pelepasan kalor yang optimal dan nilai COP yang lebih tinggi [3].

Banyak penelitian yang dilakukan untuk menambah COP mesin pendingin. Prasetya Boby, H.P., dan Putra, A.B.K. [4] melakukan penelitian dengan memvariasikan laju pendinginan kondensor pada mesin pendingin difusi absorpsi R22-DMF. Penelitian ini memvariasikan laju pendinginan kondensor dengan kecepatan aliran 0,72 m/s, 1,48 m/s, 2,04 m/s, dan 2,29 m/s. Sahu, V., Tiwari, P., Jain, K.K., & Tiwari, A. [5] melakukan studi eksperimen dengan merubah jarak sirip kondensor yaitu 3 mm, 6 mm, & 9 mm. Widodo Budi, U.K. [6] melakukan studi eksperimental pengaruh geometri kawat terhadap efisiensi kondensor jenis pembuluh, dengan

mengvariasikan luasan dari geometri kawat kondensor. Elsayed [7] melakukan penelitian dengan menambahkan variasi aliran massa udara pendingin pada kondensor. Variasi massa udara antara $0,28\text{m}^3/\text{s}$ sampai $0,43\text{m}^3/\text{s}$, tetapi penelitian ini dilakukan pada AC split. Effendy [8] melakukan penelitian dengan memvariasikan kecepatan udara pendingin pada kondensor dengan variasi kecepatan Antara 0,2 sampai 2,98 m/s, tetapi masih menggunakan refrigeran R12 pada mesin pengkondisian udara AC.

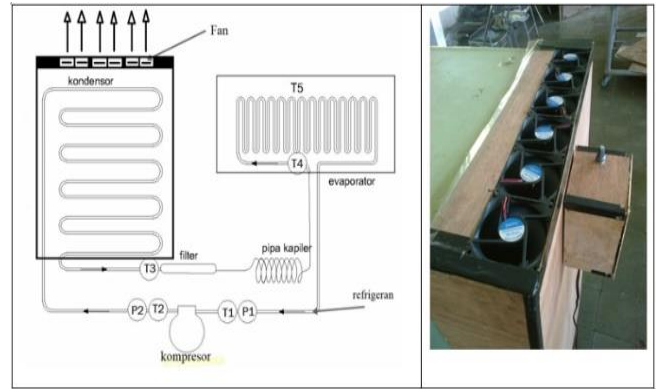
Penelitian-penelitian tersebut mendasari pentingnya untuk melakukan penelitian tentang karakteristik kondensor, hal ini berguna untuk pengembangan mesin pendingin., khususnya mesin pendingin rumah tangga (kulkas). Penelitian ini memvariasi media pendingin kondensor, yaitu media pendingin udara alamiah, penambahan luasan sirip pada kondensor dan penambahan fan 14,4 W pada kondensor. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimental dan menggunakan LPG sebagai refrigeran. Metode analisa yang dilakukan adalah metode analisa grafik yang membandingkan nilai rasio pelapasan kalor serta nilai COP. Hal ini bertujuan untuk memperbaiki koefisien prestasi mesin pendingin dan kecepatan laju pendinginannya.

METODOLOGI PENELITIAN

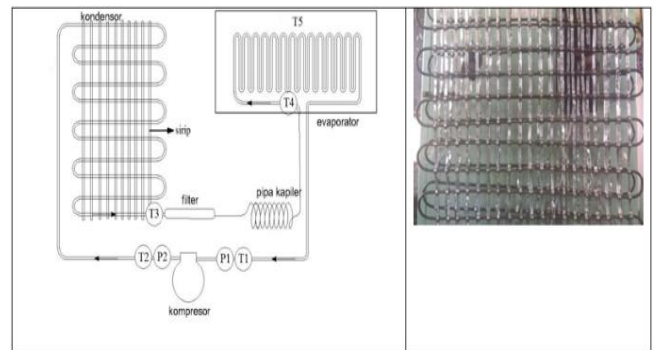
Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah : Lemari es satu pintu 160, liter 150 W.; satu evaporator; kondensor; fan (kipas angin); *Thermocouple*.; Kabel *thermocouple*.; *Pressure gauge*, sebagai alat pengukur tekanan; Manifold gauge sebagai alat penghubung pengisi refrigeran.; Terminal port (pengukur suhu). Sedangkan bahan penelitian yang digunakan adalah : fluida kerja atau refrigeran yang digunakan dalam penelitian ini adalah LPG; Plat galvanis digunakan untuk variasi luasan sirip kondensor dengan tebal 0,5 mm, panjang 908 mm. Untuk skema rangkaian alat yang digunakan pada penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

Pengambilan data dilakukan dengan mengukur semua variabel saat melakukan pengujian. Tahap-tahap yang dilakukan dalam melakukan pengujian adalah sebagai berikut:

- a. Merangkai komponen-komponen mesin refrigeran, memasang alat ukur suhu (*thermocouple*), alat ukur tekanan (*pressure gauge*) pada titik-titik yang telah ditentukan menggunakan terminal port pada titik yang diamati. Mengisi refrigeran dengan benar, menggunakan refrigeran LPG. Selanjutnya menjalankan alat uji sampai sistem dan aliran refrigerannya stabil.



(a)



(b)

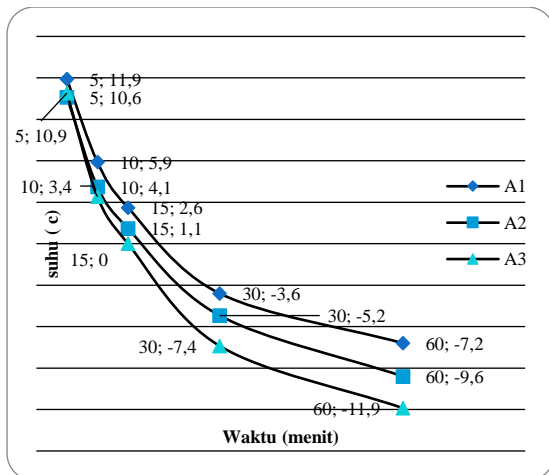
Gambar 1. (a) Skema rangkaian alat uji dengan penambahan fans pada kondensor ; (b). Skema rangkaian alat uji dengan penambahan sirip pada kondensor

- b. Mengecek tekanan dan temperatur yang terdapat pada alat ukur untuk memastikan kebenaran angka yang tertera pada alat ukur tersebut.
- c. Melakukan percobaan kembali menggunakan refrigeran LPG dengan menggunakan luasan sirip kondensor dengan luasan, $0,011\text{ m}^2$,
- d. Melakukan percobaan kembali dengan menggunakan refrigeran LPG pada variasi fan pembuang udara yaitu 6 fan dengan dengan daya 14,4 Watt.
- e. Mencatat tekanan dan temperatur yang ditunjukkan oleh pengukur tekanan dan temperatur pada semua titik pada waktu yang telah ditetapkan. Pengumpulan data dan perhitungan data sebagian menggunakan software coolpack

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Perubahan Suhu di Ruang Mesin Pendingin

Data perubahan temperatur pada ruangan didalam mesin pendingin rumah tangga (T5) dapat dilihat pada gambar 2.



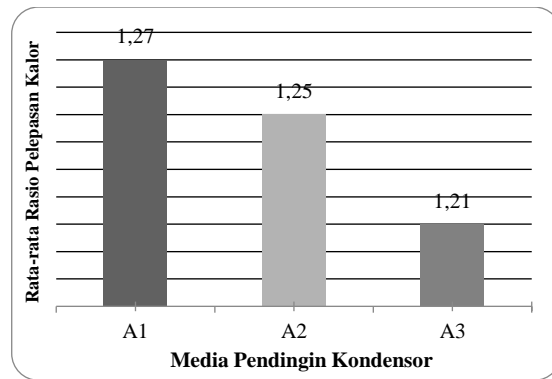
Gambar 2. Temperatur ruangan di dalam mesin pendingin (T5) dengan variasi media pendingin kondensor terhadap waktu

- A1 = Kondesnsor berpendingin udara (Standar)
- A2 = Penambahan luasan sirip 0,011 m². pada kondesnsor
- A3 = Penambahan Fans 14,4 W pada kondensor

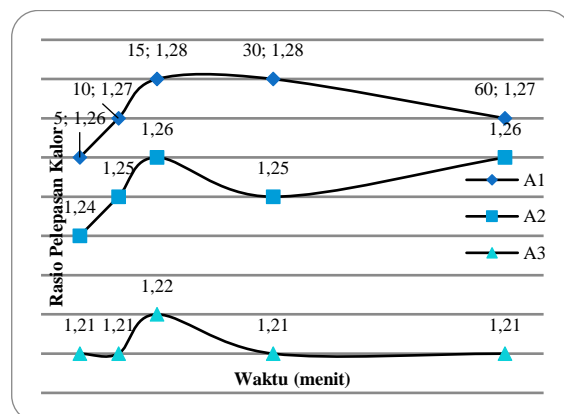
Gambar 2 menyajikan grafik yang menjelaskan bahwa laju penurunan tertinggi didapat dengan mesin pendingin yang ditambah fan 14,4 W pada kondensornya, yaitu $-11,9^{\circ}\text{C}$. Hal ini dikarenakan pada penambahan fan terjadi perpindahan panas secara konveksi paksa, sedangkan pada penambahan luasan sirip dan udara (standar) adalah perpindahan panas konveksi alamiah. Pada perpindahan konveksi paksa, aliran udara yang digunakan untuk mendinginkan kondensor dipaksa mengalir melintasi pipa-pipa kondensor mesin pendingin, hal itu mempercepat proses perpindahan panas yang terjadi di kondensor. Hasil penelitian ini juga sesuai dengan penelitian Perkasa, A. E., [9] yang menyatakan bahwa temperatur ruangan pendingin berbanding terbalik terhadap perubahan waktu yaitu semakin lama selang waktu mesin pendingin dioperasikan, maka temperatur ruangan pendingin semakin lama semakin turun mengikuti waktu.

Data Rasio Pelepasan Kalor

Rasio pelepasan kalor adalah perbandingan antara kalor yang dibuang oleh kondensor dibanding dengan kalor yang diserap oleh evaporator atau bisa ditulis rasio pelepasan kalor = $(h_2-h_3)/(h_1-h_4)$. Rasio pelepasan kalor yang paling baik adalah yang memiliki nilai mendekati 1. Rasio pelepasan kalor dapat dilihat pada Gambar 3. edangkan gambar grafik rasio pelepasan kalor per waktu dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 3. Rata-rata rasio pelepasan kalor pada refrigerator dengan variasi media pendingin kondensnsor



Gambar 4. Rasio pelepasan kalor pada refrigerator dengan variasi media pendingin kondensnsor terhadap waktu

Gambar 4 menyajikan grafik hubungan antara nilai rasio pelepasan kalor terhadap waktu pada kondensor dengan variasi jenis media pendingin. Grafik tersebut memperlihatkan bahwa rasio pelepasan koler terkecil dihasilkan dari kondensor dengan variasi jenis pendingin yang menggunakan fan 14,4 W, yaitu sebesar 1,21. Grafik tersbut juga memperlihatkan bahwa kondensor dengan variasi jenis pendingin fan mempunyai rasio yang sama (konstan) yaitu 1,21 sejak menit ke 30, sedangkan pada menit ke 5 sampai ke 15 terjadi kenaikan. Hal ini dikarenakan pada menit ke 5 sampai 15, terjadi peningkatan suhu di kondensor. Garfrik tersbut juga memperlihatkan penurunan niali rasio pelepasan kalor dari menit ke 15 sampai 30, hal ini dikarenakan terjadi penurunan suhu pada kondensor, penurunan suhu ini karena adanya media pendingin kondensnsor.

Coefisien Of Performance (COP)

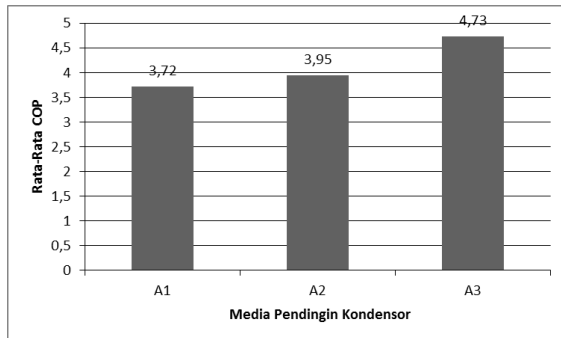
COP dapat diperoleh dengan rumus

$$COP = \frac{q_e}{W}$$

atau

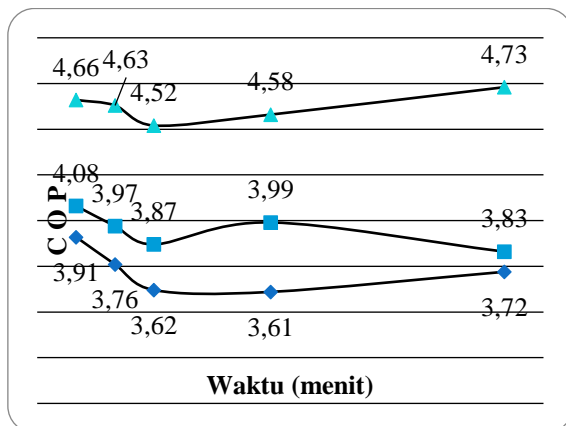
$$COP = \frac{(h1 - h4)}{(h2 - h1)}$$

data hasil perhitungan rata-rata COP mesin pendingin dengan variasi media pendingin kondensor dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Rata-rata COP mesin pendingin dengan variasi media pendingin kondensor

Sedangkan gambar grafik nilai COP refrigerator dengan variasi Media pendingin kondenssor terhadap waktu gambar 6 berikut



Gambar 6. COP mesin pendingin dengan variasi media pendingin kondenssor terhadap waktu

Gambar 6 menunjukkan bahwa nilai rata-rata COP tertinggi dihasilkan oleh mesin pendingin yang kondensornya menggunakan media pendingin fan 14,4 W yaitu sebesar 4,63. Nilai COP tergantung dari nilai kapasitas pendinginan dan kerja kompresi, jika nilai COP tinggi berarti mesin pendingin itu mempunyai kerja kompresi yang lebih rendah. Nilai kompresi yang rendah lebih menguntungkan dari pada nilai kerjakompresi yang tinggi, karena daya yang dibutuhkan juga rendah. Sedangkan Gambar 6, menunjukkan perubahan besar nilai COP terhadap waktu. Gambar tersebut menunjukkan bahwa kecenderungan penurunan nilai COP yang tajam dari menit ke-5 sampai menit ke-15

kemudian terjadi kenaikan nilai COP yang tidak tajam dari menit ke-15 sampai ke-60. Penurunan nilai COP pada awal proses pendinginan terjadi karena pada awal pendinginan suhu evaporator lebih tinggi dari pada suhu evaporator pada menit ke-15 dan seterusnya. Sehingga kerja kompresor pada awal proses pendinginan lebih tinggi. Gambar 6 tersebut juga menunjukkan fan yang digunakan sebagai media pendingin kondensor lebih baik daripada menggunakan udara alamiah dan penambahan sirip. Hal ini sesuai dengan penelitian Helmi [10] bahwa semakin besar COP menunjukkan bahwa kerja mesin tersebut semakin baik. Selain itu Basri [11] juga menyatakan bahwa kenaikan temperatur kondensor akan menyebabkan kenaikan daya kompresor tetapi menurunkan kapasitas refrigerasi sehingga menurunkan koefisien prestasi mesin (COP). Dengan kenaikan COP, maka energi yang dibutuhkan untuk mencapai kondisi tertentu akan semakin kecil atau dengan energi yang sama, mesin pendingin dapat memiliki kapasitas yang lebih baik sehingga menghasilkan keuntungan daya.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, data-data, hasil perhitungan dan analisa yang telah dibahas dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Media pendingin kondensor berpengaruh terhadap nilai rasio pelepasan kalor dan koefisien prestasi (COP) dari mesin pendingin rumah tangga (kulkas).
2. Media pendingin kondensor dengan fan 14,4 W pada penelitian ini menghasilkan nilai COP tertinggi, 4,73, dan rasio pelepasan kalor terkecil, 1,2. Semakin besar COP dan semakin kecil nilai pelepasan kalor, menunjukkan bahwa kerja mesin tersebut semakin baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Calm, J. M., Hourahan, G.C. 2001. *Refrigerant Data Summary*. Engineered System. Vol. 18(11): 74-88
- [2] Ma'sum, Z., Arsana, M., Malik, F., dan Priyo, W. 2012. Analisis Perpindahan Panas dengan Konveksi Bebas dan Radiasi pada Penukar Panas Jenis Pipa dan Kawat.
- [3] Stoecker, W. F., dan Jones, J. W., 2006, *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*. Terjemahan Oleh Supratman Hara. Jakarta: Erlangga.
- [4] Prasetya Boby, H, P., dan Putra, A, B, K. 2013. *Studi Eksperimen Variasi Laju Pendinginan Kondensor pada Mesin Pendingin Difusi Absorpsi R22-DMF*. Jurnal Teknik POMITS. Vol. 2 (1):101-104.

- [5] Sahu, V., Tiwari, P., Jain, K.K., & Tiwari, A. 2013. *Experimental Investigation of the Refrigerator Condenser By Varying the Fins Spacing of the Condenser*. Shri Ram Institute of technology, Jabalpur, India . Volume-1, Issue-1.
- [6] Widodo, Budi, U.K. 2002. *Studi Eksperimental Pengaruh Geometri Kawat Terhadap Efisiensi Penukar Panas Jenis Pambuluh dan Kawat Konveksi Bebas*. Majalah IPTEK – Vol.13, (156-164
- [7] Elsayed, A. O., dan Hariri, A. S. 2011. *Effect of Condenser Air Flow on the Performance of Split Air Conditioner*. World Renewable Energy Congress.8-13.
- [8] Effendy, M. 2005. *Pengaruh Kecepatan Udara Pendingin Kondensor Terhadap Koefisien Prestasi Air Conditioning*. Gelagar Jurnal Teknik .Vol. 16(1):1-6.
- [9] Perkasa, A. E., 2013. “Analisis Pengaruh Variasi Massa Lpg Sebagai Refrigeran Terhadap Prestasi Kerja dari Mesin Pendingin Kompresi Uap”. Tidak diterbitkan. Skripsi. Jember: Universitas Jember.
- [10] Helmi., R., 2013. *Perbandingan COP Pada Refrigerator Dengan Refrigeran CFC R12 Dan HC R134a Untuk Panjang Pipa Kapiler Yang Berbeda*. Jurnal Universitas Gunadarma.
- [11] Basri, M.H. 2009. *Pengaruh Temperatur Kondensor Terhadap Kinerja Mesin Refrigerasi Focus 808*. Jurnal SMARTek. Vol. 7 (1):62-68.