

Pengaruh Penambahan Fan Pembuang Udara pada Kondensor terhadap Prestasi Kerja Mesin Pendingin menggunakan Refrigeran LPG

(Influence of Addition Air Exhaust Fans on the Condenser toward The Performance of Cooling Machine using LPG Refrigerant)

Eko Widodo¹, Digdo Listyadi Setiawan², FX. Kristianta²

¹ Alumni Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember

² Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember

Jln. Kalimantan 37 Jember 68121

Email: digdo_listya@yahoo.com

Abstrak

Perkembangan sistem refrigerasi terutama untuk mesin pendingin sangat pesat. Perkembangan yang cepat dari mesin pendingin dapat menimbulkan beberapa masalah, salah satunya adalah kebutuhan energi yang semakin besar. Kebutuhan energi yang besar dapat dikurangi dengan meningkatkan prestasi kerja dari mesin pendingin. Kondensor adalah salah satu komponen utama dari mesin pendingin yang berfungsi sebagai penukar panas. Kerja kondensor yang baik dapat meningkatkan prestasi kerja dari mesin pendingin. Prestasi kerja mesin pendingin dapat ditingkatkan dengan menambahkan fan pembuang udara pada kondensor. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan fan pembuang udara pada kondensor terhadap prestasi kerja mesin pendingin menggunakan refrigeran LPG. Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dengan menambahkan fan pembuang udara dengan daya fan sebesar 4,8 Watt, 9,6 Watt, 14,4 Watt, dan tanpa penambahan fan. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa semakin besar daya dari fan pembuang udara maka prestasi kerja atau COP mesin pendingin meningkat dengan meningkatkan dampak refrigerasi dan menurunkan kerja kompresi.

Kata Kunci: fan pembuang udara, dampak refrigerasi, kerja kompresi, prestasi kerja.

Abstract

The development of refrigeration systems, especially for cooling machine is very rapidly. the rapid development of cooling machine raises several issues, one of which is the need of large energy consumption. Large energy consumption can be overcome by increasing performance of cooling machine. Condenser is an important component of cooling machine which serves as a heat exchanger. Working of good condenser can increase coefficient of performance of the cooling machine. coefficient of performance can be increased with the addition of air exhaust fans on the condenser. This study aims to determine the effect of the air exhaust fans on the condenser toward the performance of cooling machine using LPG refrigerant. The study was conducted experimentally by adding exhaust fans with the fan power of 4.8 Watts, 9.6 Watts, 14.4 Watts, and without a fan. The results of this study is the increase power exhaust fans can increase engine cooling performance by increasing the cooling effect and reduces the compression work.

Keywords: exhaust fan, effect refrigeration, compression work, coefficient of performance.

PENDAHULUAN

Perkembangan sistem refrigerasi terutama untuk mesin pendingin sangat pesat. Hal ini dibuktikan dengan banyaknya inovasi-inovasi yang menerapkan sistem refrigerasi menjadi alat-alat atau mesin-mesin yang digunakan setiap hari. Ini tidak lepas dari kebutuhan masyarakat terhadap mesin pendingin. Dalam skala kecil bisa kita jumpai pada rumah tangga seperti lemari es (*refrigerator*), mesin pembuat es (*freezer*), AC, dan masih banyak lagi yang lainnya. Mesin-mesin ini sangat dibutuhkan karena fungsinya yang vital seperti untuk menyimpan makanan, membuat es, maupun menyejukkan ruangan.

Refrigeran adalah fluida kerja yang dipakai dalam mesin pendingin. Refrigeran yang paling umum digunakan dalam

mesin pendingin adalah refrigeran sintesis yang mengandung CFC (*Chlorofluoride Carbonate*) seperti R12 dan R22. CFC yang terkandung pada refrigeran jenis R-12 dan R-22 adalah bersifat ODS (*Ozone Depleting Substance*) yaitu zat yang dapat merusak lapisan Ozon di Stratosfir. Selain berkontribusi pada kerusakan lapisan ozon, CFC juga berkontribusi langsung pada pemanasan global melalui kebocoran dan buangan refrigeran (yang bersifat gas rumah kaca) ke lingkungan dan disebut sebagai salah satu GWP (*Global Warming Potential*) [1].

LPG (*liquefied petroleum gas*) adalah campuran dari berbagai unsur hidrokarbon yang berasal dari gas alam. komposisi produk LPG minimal mengandung campuran Propana (C₃) & Butana (C₄) sebesar 97% dan maximum 2% merupakan campuran Pentana (C₅) dan hidrokarbon yang

lebih berat. Komposisi campuran LPG Pertamina yang mengandung 50% Propana dan 50% Butana[2]. Jika berdiri sendiri maka 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. Kelebihan LPG dibanding refrigeran sintesis jika digunakan sebagai refrigeran pada mesin pendingin adalah sifatnya yang ramah lingkungan dan memiliki harga yang lebih murah.

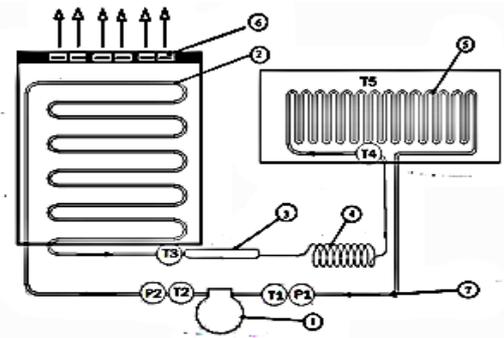
Penelitian sebelumnya tentang refrigeran LPG telah dilakukan. Maclaine-cross menyatakan bahwa di Jerman sudah mengembangkan mesin *refrigerator* yang menggunakan R600a (isobutana) dan *air conditioner* yang menggunakan R290 (propana). Maclaine-cross mengatakan bahwa dengan menggunakan refrigeran hidrokarbon dapat menurunkan konsumsi energi 10% sampai 20% [3]. Abboud melakukan penelitian dengan menggunakan LPG dengan komposisi 60% propana dan 40% butana pada lima jenis AC mobil yang populer di Australia. Abboud menyimpulkan bahwa LPG dapat memberikan 10% efek pendinginan yang lebih baik dan menaikkan 8% tekanan kompresor [4].

Kondensor adalah komponen penting dari mesin pendingin yang berfungsi sebagai *heat exchanger*. Kerja kondensor yang baik dapat meningkatkan prestasi kerja mesin pendingin. Penelitian sebelumnya tentang kondensor telah banyak dilakukan. Elsayed melakukan penelitian dengan menambahkan variasi aliran massa udara pendingin pada kondensor. Variasi massa udara antara 0,28m³/s sampai 0,43m³/s untuk mencari performa mesin pendingin, tetapi penelitian ini dilakukan pada AC split [5]. Effendy 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 AC [6].

Menurut paparan di atas, kerja kondensor dapat ditingkatkan oleh beberapa cara, satunya adalah dengan mensirkulasikan udara pada kondensor dengan penambahan *fan* pembuang udara. Menurut Adi bahwa penambahan aliran udara pendingin pada kondensor akan mempengaruhi kapasitas kondensor [7]. Selanjutnya akan dikaji pengaruh penambahan *fan* pembuang udara pada kondensor untuk mengetahui prestasi kerja mesin pendingin.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental dengan penambahan *fan* pembuang udara pada kondensor terhadap prestasi kerja mesin pendingin menggunakan refrigeran LPG. 746 Watt. Kemudian memasang alat pengukur temperatur Mesin pendingin yang digunakan adalah refrigerator satu pintu dengan kapasitas freezer 160 liter dan daya kompresor dan tekanan pada titik-titik yang ditentukan pada alat uji. Skema alat uji dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema alat uji

Keterangan gambar

1. Kompresor
2. Kondensor
3. Filter dryer
4. Pipa kapiler
5. Evaporator
6. *Fan* dengan daya 2,4 Watt
7. Refrigeran LPG

P1 dan P2 = Tekanan

T1, T2, T3, T4, dan T5 = Temperatur

Sebelum diisi dengan refrigeran LPG, terlebih dahulu dilakukan pemvakuman dengan pompa vakum untuk memastikan tidak ada udara didalam sistem. Kemudian sistem diisi dengan LPG dengan perantara manifold sampai tekanan pada alat uji mencapai 4 Bar. Pengujian dilakukan dengan variasi tanpa penambahan *fan*, penambahan *fan* dengan daya 4,8 Watt, 9,6 Watt, dan 14,4 Watt. Waktu pengujian dilakukan 60 menit dengan pengambilan data pada menit ke-5, ke-10, ke-15, ke-20, ke-25, ke-30, ke-45, dan ke-60.

Data hasil pengujian berupa tekanan (P) dan temperatur (T). Data diolah dengan menggunakan *software coolpack* untuk menghasilkan nilai entalpi. Entalpi digunakan untuk menghitung dampak refrigerasi, kerja kompresi, dan prestasi kerja atau COP (*Coefficient Of Performance*). Stoecker menyatakan persamaan di bawah ini [8].

$$q_e = h_1 - h_4 \quad (1)$$

$$W = h_2 - h_1 \quad (2)$$

$$\text{COP} = q_e / W \quad (3)$$

Dimana:

q_e = Dampak refrigerasi (kJ/kg)

W = Kerja kompresi (kJ/kg)

COP = Prestasi kerja

h_1 = Entalpi masuk kompresor (kJ/kg)

h_2 = Entalpi keluar kompresor (kJ/kg)

h_3 = Entalpi keluar kondensor (kJ/kg)

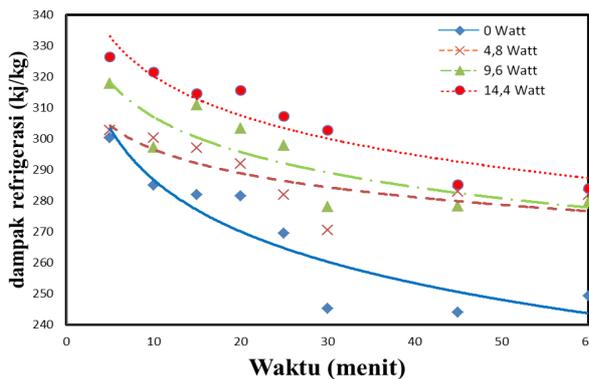
h_4 = Entalpi masuk evaporator (kJ/kg)

HASIL PENELITIAN

Hasil penelitian penambahan *fan* pembuang udara pada kondensor menghasilkan data dampak refrigerasi, kerja kompresi, dan prestasi kerja atau COP. Dari data-data tersebut dapat dibandingkan pengaruh variasi daya *fan* yang digunakan sehingga dapat diketahui perbedaan yang dihasilkan.

Dampak Refrigerasi

Dari hasil penelitian mesin pendingin menggunakan refrigeran LPG dengan penambahan *fan* pembuang udara didapat dampak refrigerasi yang dapat dilihat pada Gambar 2.



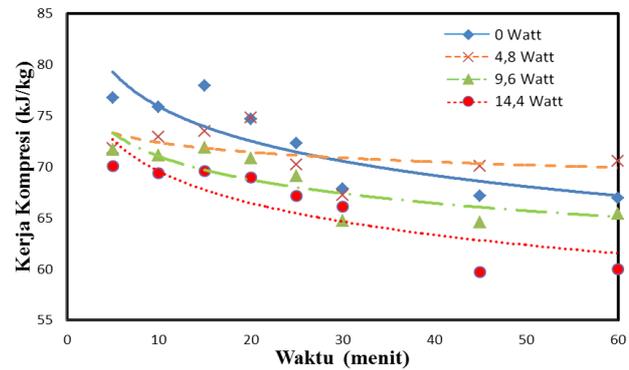
Gambar 2. Dampak refrigerasi pada penambahan *fan* dengan daya 0, 4,8 Watt, 9,6 Watt, dan 14,4 Watt.

Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa dampak refrigerasi akan semakin menurun seiring bertambahnya waktu. Dampak refrigerasi tertinggi diperoleh dari variasi daya *fan* 14,4 Watt yang terjadi pada menit ke 5 yaitu 326,343 kJ/kg. Nilai tersebut lebih tinggi 8,67% dibanding nilai tertinggi dampak refrigerasi dari refrigerator tanpa variasi yaitu 300,303 kJ/kg. sedangkan untuk variasi daya *fan* 4,8 Watt mengalami kenaikan 6,1% dengan nilai 317,888 kJ/kg dan variasi 10,048 liter/s mengalami kenaikan 7,84% dengan nilai 326,343 kJ/kg. Untuk dampak refrigerasi rata-rata diperoleh nilai tertinggi pada variasi daya *fan* 14,4 Watt yaitu 307,132 kJ/kg. Nilai tersebut lebih tinggi 13,94% dibanding dampak refrigerasi rata-rata dari refrigerator tanpa variasi yaitu 269,542 kJ/kg. sedangkan untuk variasi daya *fan* 4,8 Watt mengalami kenaikan 7,07% dengan nilai 288,601 kJ/kg dan variasi daya *fan* 9,6 Watt mengalami kenaikan 9,57% dengan nilai 295,357 kJ/kg.

Variasi penambahan *fan* dengan daya 14,4 Watt mendapatkan nilai tertinggi karena semakin besar daya *fan*, maka debit udara yang dipindahkan paling besar sehingga panas yang dibuang oleh kondensor juga lebih besar. Semakin besar panas yang dibuang oleh kondensor berpengaruh terhadap banyaknya panas yang diserap evaporator sehingga dampak refrigerasi juga meningkat. Razak mengatakan bahwa semakin tinggi kecepatan udara pada kondensor maka dampak refrigerasi mesin pendingin juga semakin meningkat.

Kerja Kompresi

Dari hasil penelitian mesin pendingin menggunakan refrigeran LPG dengan penambahan *fan* pembuang udara didapat kerja kompresi yang dapat dilihat pada Gambar 3.

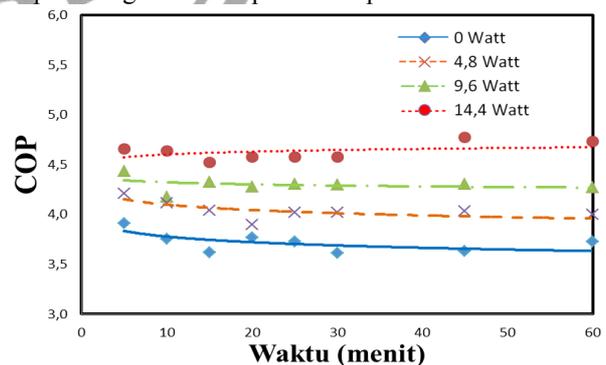


Gambar 3. Kerja kompresi dengan pada penambahan *fan* dengan daya 0, 4,8 Watt, 9,6 Watt, dan 14,4 Watt.

Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa kerja kompresi akan semakin menurun seiring bertambahnya waktu. Kerja kompresi terendah diperoleh dari variasi daya *fan* 14,4 Watt yang terjadi pada menit ke 45 yaitu 59,729 kJ/kg. Nilai tersebut rendah 10,8% dibanding nilai terendah kerja kompresi dari refrigerator tanpa variasi yaitu 66,927 kJ/kg. Sedangkan untuk variasi daya *fan* 4,8 Watt mengalami kenaikan 0,5% dengan nilai 67,252 kJ/kg dan variasi daya *fan* 9,6 Watt mengalami penurunan 3,5% dengan nilai 64,594 kJ/kg. Untuk kerja kompresi rata-rata diperoleh nilai terendah pada variasi daya *fan* 14,4 Watt yaitu 66,373 kJ/kg. Nilai tersebut lebih rendah 8,4 % dibanding kerja kompresi rata-rata dari refrigerator tanpa variasi yaitu 72,429 kJ/kg. Sedangkan untuk variasi daya *fan* 4,8 Watt mengalami penurunan 1,4% dengan nilai 72,429 kJ/kg dan variasi daya *fan* 9,6 Watt mengalami penurunan 5,2 % dengan nilai 68,671 kJ/kg.

Prestasi Kerja (COP)

COP dapat diperoleh dengan rumus $COP = q_e/W$. Data hasil perhitungan COP dapat dilihat pada Gambar 5.



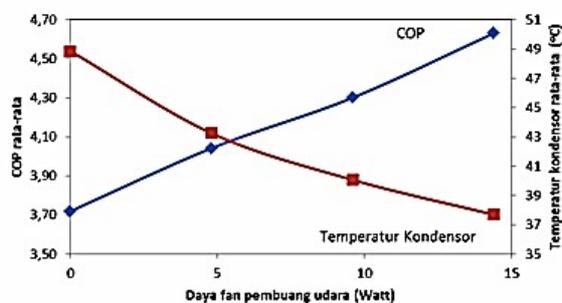
Gambar 5. COP dengan pada penambahan *fan* dengan daya 0, 4,8 Watt, 9,6 Watt, dan 14,4 Watt.

Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa COP naik dan turun seiring bertambahnya waktu dan semakin lama semakin stabil menuju keseimbangan. COP tertinggi diperoleh dari variasi daya *fan* 14,4 Watt yang terjadi pada menit ke 45 yaitu 4,774. Nilai tersebut lebih tinggi 22%

dibanding nilai tertinggi COP dari refrigerator tanpa variasi yaitu 3,912. sedangkan untuk variasi daya *fan* 4,8 Watt mengalami kenaikan 7,7% dengan nilai 4,21 dan variasi daya *fan* 9,6 Watt mengalami kenaikan 13,4% dengan nilai 4,435. Untuk COP rata-rata diperoleh nilai tertinggi pada variasi daya *fan* 14,4 Watt yaitu 4,631. Nilai tersebut lebih tinggi 24,5% dibanding dampak refrigerasi rata-rata dari refrigerator tanpa variasi yaitu 3,72. sedangkan untuk variasi daya *fan* 4,8 Watt mengalami kenaikan 8,7% dengan nilai 4,02 dan variasi daya *fan* 9,6 Watt mengalami kenaikan 15,6% dengan nilai 4,3.

Hubungan Antara COP dan Temperatur Kondensor terhadap Daya Fan Pembuang Udara

Penambahan *fan* pembuang udara adalah untuk membuang panas pada kondensor sehingga prestasi kerja atau COP mesin pendingin meningkat. hubungan Antara COP dengan temperatur kondensor dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hubungan antara COP dan temperatur kondensor terhadap udara pembuang panas.

Pada gambar 5 dapat dilihat bahwa semakin tinggi temperatur kondensor maka COP pada refrigerator akan semakin rendah dan semakin kecil temperatur kondensor maka COP pada refrigerator akan semakin tinggi. COP rata-rata tertinggi diperoleh pada penambahan 6 *fan* pembuang udara dengan daya *fan* 14,4 Watt yang menghasilkan nilai 4,631 dan menghasilkan temperatur kondensor rata-rata 37,6°C.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dibahas dapat disimpulkan bahwa semakin besar penambahan daya *fan* pembuang udara, maka dapat memperbesar prestasi kerja mesin pendingin dengan meningkatkan dampak refrigerasi dan menurunkan kerja kompresi. Penambahan *fan* dengan daya *fan* 14,4 Watt memiliki prestasi kerja yang paling baik karena dapat meningkatkan prestasi kerja atau COP sebesar 24,5% dengan meningkatkan dampak refrigerasi sebesar 13,9% dan menurunkan kerja kompresi sebesar 8,4% dibandingkan dengan tanpa penambahan *fan*.

Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan oleh penulis dari hasil penelitian ini antara lain:

1. Penelitian sebaiknya dilakukan didalam ruangan yang memiliki temperatur yang stabil agar data yang dihasilkan lebih akurat.
2. Penelitian sebaiknya menggunakan daya input yang memiliki tegangan yang stabil karena dapat mempengaruhi kerja kompresor.
3. Pengukuran temperatur sebaiknya pada temperatur fluida agar data yang didapat lebih akurat.
4. Waktu pengambilan data sebaiknya lebih dari 1 jam karena pada waktu 1 jam, mesin refrigerator belum dalam posisi *steady state*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rowland, F. S., Molina, M. J., dan Mario .1974. Stratospheric Sink for Chlorofluoromethanes: Chlorine Atomic Catalyzed Destruction of Ozone. *Nature* Vol 12(28):249: 810..
- [2] Malau, A. 2010. Pertamina Rilis Spesifikasi dan Komposisi LPG. <http://www.tribunnews.com/bisnis/2010/10/01/pertamina-rilis-spesifikasi-dan-komposisi-lpg>. [2 Juni 2014]
- [3] Maclaine-cross, I. L., dan Leonardi, E. 2002. *Performance and Safety of LPG Refrigeran*. School of Mechanical and Manufacturing Engineering The University of New South Wales Sydney NSW.
- [4] Abboud, B. 1994. Field Trials of Propane/Butane in Automotive Air-Conditioning B.E. Thesis. Sydney. School of Mechanical and Manufacturing engineering. The University of New South Wales.
- [5] 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.
- [6] Effendy, M. 2005. Pengaruh Kecepatan Udara Pendingin Kondensor Terhadap Koefisien Prestasi Air Conditioning. *Gelagar Jurnal Teknik*.Vol. 16(1):1-6.
- [7] Adi. 2000. Kaji Ekperimental Pengaruh Kecepatan Udara Pendingin Performansi Mesin Pendingin Water Chiller dengan Menggunakan Refrigeran R12. Skripsi. Semarang. Universitas Diponegoro.
- [8] Stoecker, W. F., dan Jones, J. W., *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*. Terjemahan Oleh Supratman Hara. 1996. Jakarta: Erlangga.