

PENGARUH VARIASI BEBAN PENDINGIN TERHADAP PRESTASI KERJA MESIN PENDINGIN DENGAN REFRIGERAN R12 DAN LPG

Moch. Rizal A.Y, Nasrul Ilminnafik, Digdo Listyadi
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember
Jln. Kalimantan 37, Jember 68121
E-mail: nasrul.unej@gmail.com

ABSTRACT

In this research discusses the influence of the cooling load variations on job performance refrigeration includes refrigeration capacity, coefficient of performance and cooling time, the compressor, the impact of refrigeration and compression work with refrigerants R12 and LPG. This study uses a variation of the load is light 20watt, 40Watt, 60Watt, and 80watt at the time of the study for 30 minutes for each of the cooling load, the file retrieval is done use the cooling machine refrigerator sanyo type with dimensions of 90 cm x 45 cm x 45 cm. The results showed the optimum value of COP (coeficient of Performance) of the fridge that I use on the refrigerant R12 and LPG with a load of 40 watts and 30 minutes was 4.75 for R12 and 5.00 for LPG, Obtained that use LPG refrigerant temperature produced less than R12 at the same time that is 30 minutes, the temperature on LPG without cooling load is 10 °C, the load is 11 °C 20 watt, 40 watt load by 12 °C, 60 watt load of 15 °C, and for a load of 80 watts by 17 °C and R12 produced no load temperature is 12 °C, 20 watt load as big as 13 °C, 40 °C as a 15 watt, 60 watt load of 16 °C, and for a load of 80 watts of 18 °C it is seen that the use of LPG refrigerants better because it has a pretty good engine performance compared to R12 views of COP obtained from the same load.

Key word: Cooling load ,COP, LPG, refrigerant

PENDAHULUAN

Pada saat ini tidak hanya di industri-industri besar kita jumpai yang menggunakan alat pendingin hampir setiap orang memiliki alat pendingin di rumahnya, ada macam-macam alat pendingin yang ada, seperti *Refrigerator*, *AC (air conditioner)*, *freezer*, serta *chiller* [1]. Penggunaan sistem pengkondisian udara pada saat ini bukan lagi merupakan suatu kemewahan, namun telah menjadi kebutuhan yang harus dipenuhi. Tanpa adanya peralatan ini banyak kegiatan yang tidak dapat dilakukan dengan baik, apalagi kegiatan yang dilakukan dalam ruangan, misalnya didalam kantor dan kendaraan, bahkan untuk beristirahatpun kebanyakan orang memerlukan penggunaan alat ini untuk kenyamanan [2]. Ironisnya, banyak AC dan lemari es yang menggunakan pendingin (*refrigerant*) berbahan HCFC dan CFC yang justru mempercepat proses penipisan ozon dan pemanasan global. Penipisan ozon dan pemanasan global dapat mengganggu perubahan iklim, merusak mata, menyebabkan kanker kulit, menurunkan kekebalan tubuh, dan lain-lain. Bahan-bahan pendingin buatan atau syntetic refrigerant mengandung H (*Hydro*), C (*Chloro*), F (*Fluoro*) dan C (*Carbon*). Di Indonesia, pendingin sintetis ini lebih dikenal dengan istilah freon. Kelemahan pendingin sintetis ini antara lain dapat merusak lapisan ozon, meyebabkan pemanasan global, serta beracun. Sejak 2007 lalu, pemerintah Indonesia secara tegas telah melarang penggunaan ketiga jenis *refrigerant* ini. Melihat kondisi tersebut, para pecinta lingkungan hidup mulai menggalakkan penggunaan *refrigerant hydrocarbon*, sebagai pengganti freon. Pada dasarnya *hydrocarbon*

sama dengan gas LPG yang ada di rumah, hanya dalam bentuk yang masih murni dan tak berbau [3] Bahan bakar gas cair (LPG), yang terdiri dari propana (R290), iso-butana (R600a) dan n-butana (R600), juga digunakan sebagai fluida kerja pada lemari es. Alsaad dan Hammad [4] menggunakan LPG sebesar 24,4% propana, 56,4% n-butana dan 17,2% iso-butana sebagai pengganti refrigeran R12 pada lemari es. Dihilangkan suhu evaporator 15 °C dan koefisien kinerja yang dicapai 3.4 dari suhu kondensor 27 °C dengan menggunakan refrigeran LPG. Hammad dan Alsaad [5] meneliti parameter kinerja lemari es domestik dimodifikasi dengan 100% propana, 75% propana, butana 19,1%, 5,9% isobutana, 50% propana, butana 38,3%, 11,7% iso-butana [6].

Mayoritas ilmuwan dunia meyakini bahwa pemanasan global yang terjadi belakangan ini diakibatkan oleh gas-gas rumah kaca yang dihasilkan oleh aktivitas manusia (Oreskes, 2002). Selain berkontribusi pada produksi CO₂ melalui sistem pembangkit energi untuk suplai listrik mesin refrigerasi, teknologi refrigerasi juga berkontribusi langsung pada pemanasan global melalui kebocoran dan buangan refrigeran (yang bersifat gas rumah kaca) ke lingkungan. Terkait dengan hal ini, Protokol Kyoto tahun 1997 tentang perubahan iklim bumi telah mengatur penggunaan refrigerant yang termasuk dalam gas rumah kaca, yakni HFCs (Hidro Fluoro Carbons). Gas-gas yang memiliki potensi efek rumah kaca dikategorikan dalam zat GWP (Global Warming

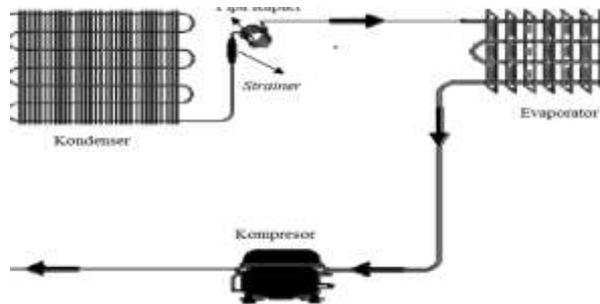
Potential), sedangkan zat perusak lapisan ozon disebut sebagai ODS (Ozon Depleting Substance) [7].

Beban pendinginan sebenarnya adalah jumlah panas yang dipindahkan oleh sistem pengkondisian udara setiap waktu. Beban pendinginan terdiri atas panas yang berasal dari ruang dan tambahan panas. Jumlah panas setiap saat yang masuk kedalam ruang melalui kaca secara radiasi maupun melalui dinding akibat perbedaan temperature, pengaruh penyimpanan energy pada struktur bangunan, serta peralatan-peralatan listrik seperti lampu dan peralatan elektronik lainnya [8].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek beban pendingin terhadap kinerja sistem mesin pendingin, sehingga diharapkan penggunaan mesin pendingin dapat lebih efektif dan efisien. Bilal dan Salem [9], untuk menunjukkan bahwa liquefied petroleum gas (LPG) dapat menggantikan R-12 dalam kulkas. Karena LPG itu lebih murah, tersedia secara komersial di pasar lokal, dan umumnya digunakan dalam pemanas gas dan kompor memasak.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan secara eksperimen pada sistem refrigerasi berupa kulkas satu pintu. Skema sistem refrigerasi di kulkas ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema alat uji rangkaian

Keterangan gambar:

- T1 : temperatur masukan kompresor (°C) ,
- T2 : temperatur keluaran kompresor (°C),
- T3 : temperature masukan evaporator (°C)
- T4 : temperatur keluaran evaporator (°C),
- T5 : temperatur ruangan lemari es (°C),
- P1 : tekanan masukan kompresor (kJ/kg)
- P2 : Tekanan keluaran kompresor (kJ/kg)

Alat yang digunakan adalah kulkas satu pintu dan bahan yang digunakan sebagai refrigerant adalah LPG dan R12. Sebagai variabel bebas digunakan variasi beban pendingin dengan memasang lampu di dalam ruang pendingin dengan daya yang berbeda yaitu 20 Watt, 40 Watt, 60 Watt, dan 80 Watt. Berdasarkan data tersebut dapat ditentukan kondisi refrigeran setiap titik pada siklus. Selanjutnya berdasarkan kondisi

refrigeran dapat dihitung kapasitas refrigerasi dan COP sistem untuk setiap variasi beban pendingin.

Teknik pengambilan data pada penelitian ini dengan menggunakan termokopel yang dihubungkan dengan terminal yang kemudian dihubungkan kembali dengan display pembaca termokopel (termometer).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang diperoleh pada pengujian ini ditampilkan dalam Tabel 1 sampai Tabel 3.

Tabel 1 Data Temperatur pada R12 (waktu 30 menit)

No.	Beban (watt)	Temperatur pada waktu 30 menit (°C)			
		T1	T2	T3	T4
1	0	-7	33	29	-13
2	20	-9	34	32	-12
3	40	-6	34	30	-11
4	60	-8	35	31	-11
5	80	-9	35	32	-12

Tabel 2 Hasil perhitungan percobaan R12 pada waktu 30 menit

No.	Beban (watt)	Waktu 30 menit				
		qe (kJ/kg)	W (kJ/kg)	Qe (kW)	COP	P (kW)
1	0	114,3	24,8	9,1	4,6	1,99
2	20	113,7	24,7	9,1	4,6	1,97
3	40	114,2	24,1	9,1	4,7	1,93
4	60	113,2	24,5	9,1	4,6	1,96
5	80	112,7	25,2	9,0	4,5	2,01

Tabel 3 Data Entalpi pada LPG (waktu 30 menit)

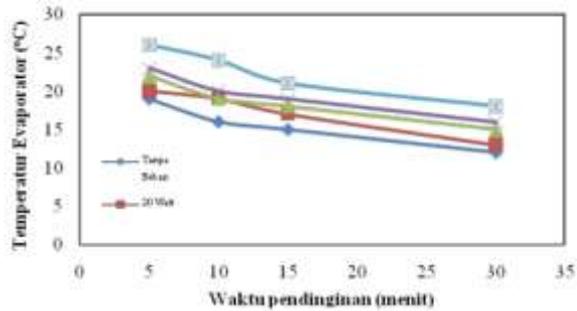
No.	Beban (watt)	Temperatur pada waktu 30 menit (oC)				h1 (kJ/kg)		h2 (kJ/kg)		h3 (kJ/kg)	
		T1	T2	T3	T4	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀
1	0	-9	32	28	-13	559	563	619	623	283	276
2	20	-9	32	30	-11	561	566	618	624	283	276
3	40	-6	33	33	-10	562	568	619	624	285	279
4	60	-3	33	29	-11	561	566	618	624	283	279
5	80	-8	35	34	-9	564	569	621	626	291	285

Tabel 4 Hasil perhitungan pada LPG (waktu 30 menit)

No.	Beban (watt)	h1 (kJ/kg)	h2 (kJ/kg)	h4 (kJ/kg)	qe (kJ/kg)	W (kJ/kg)	Qe (kW)	COP	P (kW)
1	0	561,3	621,4	279,5	281,7	60,11	4,7	2,35	0,48
2	20	563,8	621,4	279,5	284,3	57,57	4,9	2,27	0,46
3	40	565,2	621,7	282,9	282,9	56,61	5,0	2,26	0,45
4	60	563,8	621,4	283,06	283,1	57,57	4,92	2,265	0,461
5	80	566,3	623,7	279,01	279,1	57,37	4,86	2,232	0,459

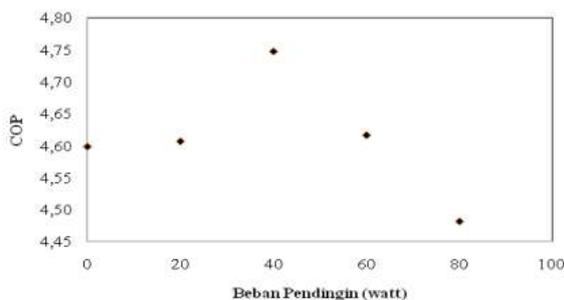
Data dari Tabel 1 dan 2 kemudian ditampilkan dalam grafik hubungan antara waktu pendinginan terhadap

temperatur di dalam ruang pendingin, untuk setiap variasi beban pendingin yaitu 20watt, 40watt, 60watt, 80watt. Pengujian ini dicatat setiap 5 menit, 15 menit, 20 menit hingga menit ke-30 yang ditunjukkan pada Gambar 2.



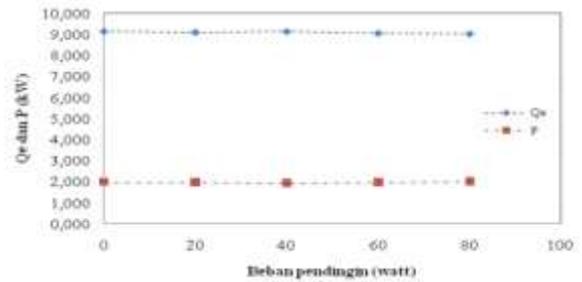
Gambar 2. Grafik hubungan waktu pendinginan terhadap temperatur evaporator untuk pada beberapa variasi beban pendingin pada R12

Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa terjadi penurunan temperatur untuk setiap variasi beban pendingin pada hitungan waktu yang sama selama 30 menit pada evaporator, temperatur yang dicapai pada pengujian tanpa beban adalah 12°C, beban 20 watt sebesar 13 °C, 40 watt sebesar 15°C, beban 60 watt sebesar 16 °C, dan untuk beban 80 watt sebesar 18 °C. Hal ini disebabkan karena dengan beban pendingin yang sangat besar maka sistem akan melepaskan kalor ke udara yang lebih besar juga sehingga temperatur ruangan menjadi lebih tinggi dari tiap beban pendingin sebelumnya.



Gambar 3 Grafik hubungan beban pendinginan terhadap COP pada R12

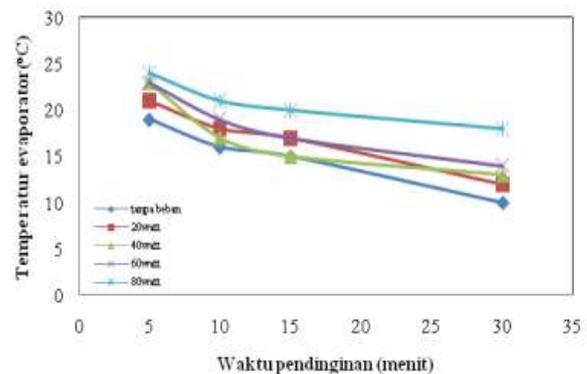
Dari Gambar 3 terlihat bahwa hubungan antara beban pendingin dengan COP, dimana posisi COP terbesar pada penelitian ini ada pada beban 40 watt yaitu 4,75 dan selanjutnya COP mengalami penurunan pada setiap beban pendingin yang lebih besar. Penurunan koefisien prestasi terjadi karena adanya kenaikan daya kompresor dibandingkan kapasitas refrigerasi (Q_e) setelah melebihi beban 40 watt seperti terlihat pada Gambar 4, ini dikarenakan sistem belum pada kondisi yang steady sepanjang alirannya.



Gambar 4 Grafik hubungan beban pendingin terhadap kapasitas refrigerasi (Q_e) dan daya kompresor (P) pada R12

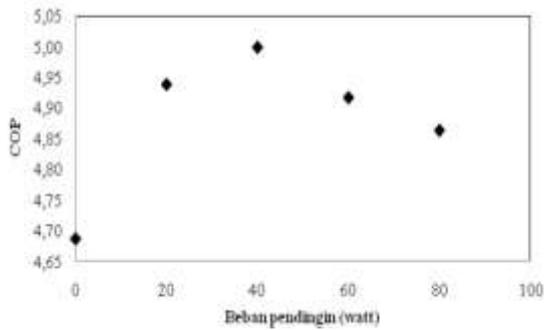
Sementara dari Gambar 4 terlihat bahwa daya kompresor (P) dan kapasitas refrigerasi (Q_e) cenderung stabil ada sedikit selisih nilai kapasitas dan daya kompresor untuk setiap beban pendinginan yang ada, Hal ini disebabkan sistem belum bekerja dalam kondisi stabil akibat beban yang masih rendah yaitu 80 watt yang masih memenuhi syarat dari daya kompresor mesin pendingin yaitu 86 watt, (Q_e) sedikit mengalami penurunan, karena disuatu sisi terjadi peningkatan temperatur dan tekanan pada kompresor sehingga menyebabkan tingkat kenaikan daya kompresor akan bertambah.

Berdasarkan Tabel 3 sampai Tabel 4 diperoleh grafik waktu pendinginan terhadap temperatur evaporator seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



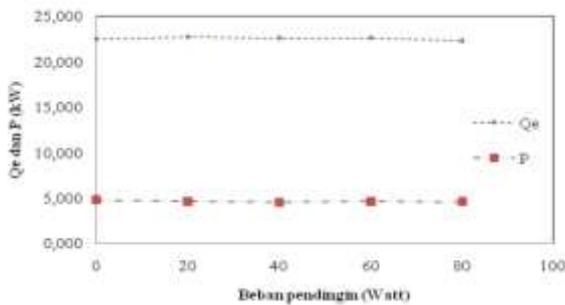
Gambar 5 Grafik hubungan waktu pendinginan terhadap temperatur evaporator untuk setiap variasi beban pendingin pada LPG

Pada Gambar 5 terlihat mengalami penurunan temperatur dalam setiap variasi beban pendinginan. Pada waktu yang sama yaitu menit 30, temperatur yang dicapai pengujian tanpa beban adalah 10 °C, beban 20 watt sebesar 11 °C, beban 40 watt sebesar 12 °C, beban 60 watt sebesar 15 °C, dan untuk beban 80 watt sebesar 17 °C. Hal ini disebabkan karena dengan beban pendinginan yang lebih besar maka sistem melepaskan kalor yang lebih besar juga sehingga temperatur ruangan menjadi tinggi. Dengan demikian menyebabkan temperatur evaporator lebih rendah.



Gambar 6 Grafik Hubungan beban pendinginan terhadap COP pada LPG

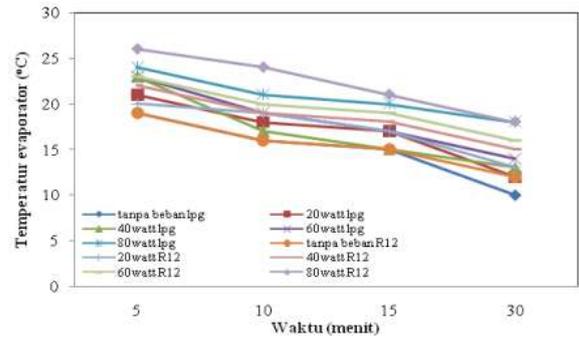
Pada Gambar 6 grafik hubungan antara beban pendingin terhadap COP (*coefficient of performance*) yaitu COP tertinggi terlihat ketika diberi beban 40 watt yaitu 5,00 selanjutnya COP mengalami penurunan. Penurunan koefisien prestasi terjadi karena adanya kenaikan daya kompresor dibandingkan kapasitas refrigerasi (Q_e) setelah melebihi beban 40 watt seperti terlihat pada Gambar 7, ini dikarenakan sistem belum pada kondisi yang steady sepanjang alirannya



Gambar 7 Grafik hubungan beban pendingin terhadap kapasitas refrigerasi (Q_e) dan daya kompresor (P) pada LPG

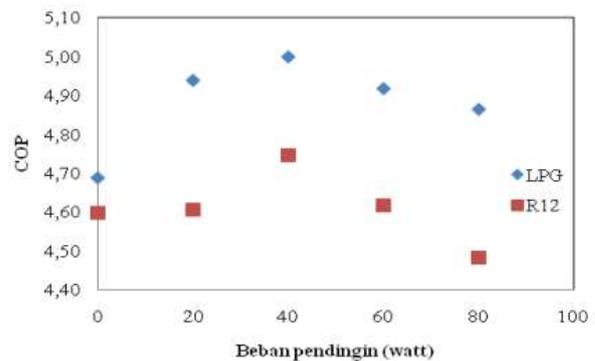
Pada Gambar 7 terlihat daya kompresor dan kapasitas refrigerasi cenderung stabil dari mulai beban 40 watt pendingin sampai beban 80 watt. Hal ini disebabkan sistem belum bekerja dalam kondisi stabil akibat beban yang masih rendah yaitu 80 watt yang masih memenuhi syarat dari daya kompresor mesin pendingin yaitu 86 watt, disatu sisi terjadi peningkatan temperatur dan tekanan pada kompresor, sebagaimana yang diungkapkan stoecker [10], bahwa terdapat nilai beban pendingin tertentu yang memungkinkan terjadi kesetimbangan antara pipa kapiler dan kompresor. Bila perpindahan kalor pada evaporator tidak dipenuhi pada titik kesetimbangan kompresor – pipa kapiler, akan dihasilkan kondisi yang tidak seimbang yang dapat menyebabkan penurunan efisiensi kerja.

Untuk lebih jelasnya pengaruh dari beban pendingin menggunakan refrigeran R12 dan LPG dapat dilihat pada Gambar 8 sampai Gambar 10 analisis grafik keseluruhan dari temperatur evaporator, COP (*coefficient of performance*), kapasitas kefrigerasi, dan daya kompresor.



Gambar 8 Grafik temperatur evaporator terhadap waktu pada LPG dan R12

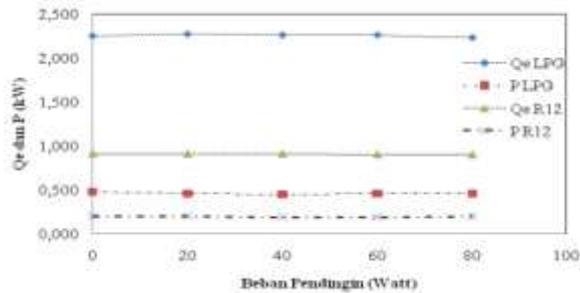
Dari hasil analisis grafik hubungan temperatur evaporator dengan waktu pada Gambar 8 terlihat penurunan temperatur evaporator di dalam lemari es seiring dengan bertambahnya waktu, dalam waktu yang sama dan jenis refrigeran yang berbeda, terlihat bahwa menggunakan refrigeran LPG pada setiap beban pendinginan temperatur evaporatornya lebih rendah daripada menggunakan refrigeran R12.



Gambar 9 Grafik COP terhadap beban pendinginan pada LPG dan R12

Pengaruh beban pendingin terhadap kinerja mesin pendingin menggunakan refrigeran R12 dan LPG ditunjukkan pada Gambar 9 dengan hasil penelitian menggunakan R12 koefisien kinerja (COP) tertinggi adalah 4,75 ketika beban sebesar 40 watt setelah itu COP mengalami penurunan, pada refrigeran LPG koefisien kinerja (COP) tertinggi adalah 5,00 ketika beban 40 watt dari sini terlihat bahwa penggunaan refrigeran LPG lebih baik karena memiliki kinerja mesin yang cukup baik dibandingkan R12 dilihat dari COP yang didapat dari beban yang sama.

Pada Gambar 10 ditunjukkan grafik daya kompresor (P) dan kapasitas refrigerasi (Q_e) yang diperoleh bahwa kapasitas refrigerasi dan daya kompresor yang dihasilkan pada LPG lebih besar daripada R12, hal ini disebabkan karena adanya nilai dampak refrigerasi dan kerja kompresor yang lebih besar dari LPG dibandingkan dengan R12.



Gambar 10 Grafik Qe dan P terhadap beban pendingin pada LPG dan R12

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa yang telah dibahas pada pembahasan mengenai efek beban pendingin pengaruh beban pendingin terhadap kinerja mesin pendingin menggunakan refrigeran R12 ditunjukkan pada koefisien kinerja (COP) tertinggi adalah 4,75 ketika beban sebesar 40 watt, pada refrigeran LPG koefisien kinerja (COP) tertinggi adalah 5,00 ketika beban 40 watt dari sini terlihat bahwa penggunaan refrigeran LPG lebih baik karena memiliki kinerja mesin yang cukup baik dibandingkan R12 dilihat dari COP yang didapat dari beban yang sama. Diperoleh bahwa menggunakan refrigeran LPG temperatur yang dihasilkan lebih rendah daripada R12 pada waktu yang sama yaitu 30 menit, temperatur pada LPG tanpa beban pendingin adalah 10 °C, beban 20 watt sebesar 11 °C, beban 40 watt sebesar 12 °C, beban 60 watt sebesar 15 °C, dan untuk beban 80 watt sebesar 17 °C dan R12 temperatur yang dihasilkan tanpa beban adalah 12 °C, beban 20 watt sebesar 13 °C, 40 watt sebesar 15 °C, beban 60 watt sebesar 16 °C, dan untuk beban 80 watt sebesar 18 °C.

Untuk penelitian selanjutnya diharapkan bisa bervariasi beban pendingin dengan menggunakan perbandingan massa refrigeran atau jenis refrigeran yang berbeda. Dalam penelitian selanjutnya waktu pendinginan yang dipakai lebih rinci lagi karena berpengaruh terhadap data yang dihasilkan, sistem harus benar-benar terkontrol dari alat ukur, media penelitian, serta komponen-komponen yang mendukung lainnya untuk data yang lebih valid lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Helmi, R. 2010. *Perbandingan COP Pada Refrigerator dengan Refrigeran CFC R12 Dan HC R134a untuk Panjang Pipa Kapiler yang Berbeda*. Jurnal. Fakultas Industri, jurusan Teknik Mesin, Universitas Gunadarma
- [2] Wibowo, D.B. dkk. 2006. Pengaruh Variasi Massa Refrigeran R-22 dan Putaran Blower Evaporator

terhadap COP Pada Sistem Pengkondisian Udara Mobil. *Traksi*. Vol. 4. No. 1

- [3] Aziz, A. 2009 *Studi Eksperimental Mesin Refrigerasi Siklus Kompresi Uap Menggunakan Refrigeran Hidrokarbon Substitusi R22 Pada Kondisi Transient*. Jurnal Teknik Mesin, Vol. 6 No. 2.
- [4] M.A. Alsaad, M.A. Hammad, *The application of propane/butane mixture for domestic refrigerators*, Appl. Therm. Eng. 18 (1998) 911–918.
- [5] M.A. Hammad, M.A. Alsaad, *The use of hydrocarbon mixtures as refrigerants in domestic refrigerators*, Appl. Therm. Eng. 19 (1999) 1181–1189.
- [6] Fatouh, M, Kafafy (2006). *Applied Thermal Engineering-Experimental evaluation of a domestic refrigerator working with LPG*.
- [7] <http://www.kamusilmiah.com>
- [8] Anwar, K. 2010. *Efek Beban Pendingin Terhadap Performa Sistem Mesin Pendingin*. Jurnal SMARTek, Vol.8 No.3. Agustus 2010: 203-214.
- [9] Salem A.S. 2002. *Assessment of LPG as possible alternative to R-12 in domestic refrigerator*.
- [10] Stoecker, WJ. 1992. *Refrigeran dan Pengkondisian Udara*. Edisi kedua, Erlangga, Jakarta. 246-248