

## ANALISIS PENGARUH VARIASI MASSA LPG SEBAGAI REFRIGERAN TERHADAP PRESTASI KERJA DARI LEMARI ES

Alfons Erick Perkasa<sup>1</sup>, Nasrul Ilminnafik<sup>2</sup>, Digdo Listyadi<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Alumni Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember

<sup>2</sup> Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember

Jln. Kalimantan 37, Jember 68121

E-mail: nasrul.unej@gmail.com

### ABSTRACT

*Refrigerant is a fluid acting on a cooling machine that plays an important role in a carnot cycle cooling engine. In study was done by looking at the effect of adding refrigerant mass variation of the COP (Coefficient of Performance) by using a refrigerant-based non-Freon refrigerant that use LPG (Petroleum Liquefied Gas). In this study using the LPG mass variations 50 grams, 80 grams and 90 grams and use R-12 refrigerant. From the research conducted, the results obtained from the performance engine cooling using refrigerant 80 grams times higher than that using the mass 50 grams and 90 grams, the highest coefficient of performance that is equal to 6,30 The result of research conducted, the result that the COP of the vapor compression machine (fridge) with a variation of the mass is the mass composition 80 grams is best used to obtain the greatest COP.*

*Keyword : carnot's siklus, COP (Coefficient of Performance), LPG(Liquefied Petroleum Gas),*

### PENDAHULUAN

Refrigerasi menjadi suatu kebutuhan kehidupan terutama bagi masyarakat perkotaan. Refrigerasi dapat berupa lemari es pada rumah tangga, mesin pembeku (freezer), pendingin sayuran dan buah-buahan pada supermarket dan sebagainya. Mesin refrigerasi kulkas ini perkembangan sangat pesat yang didalamnya terjadi pergeseran pasar yang berkaitan dengan penerapan baru untuk mendukung kestabilannya. Tantangan keteknikan bagi para ahli teknik secara individu yaitu langkah mendesain membaharui serta menginovasi untuk meningkatkan efisiensi mesin refrigerasi tersebut.[1]

Refrigeran merupakan fluida kerja yang bersirkulasi dalam siklus refrigerasi. Refrigeran adalah 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 timbulnya masalah kontemporer terhadap adanya pemanasan global (global warning) [2]. 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).[3]

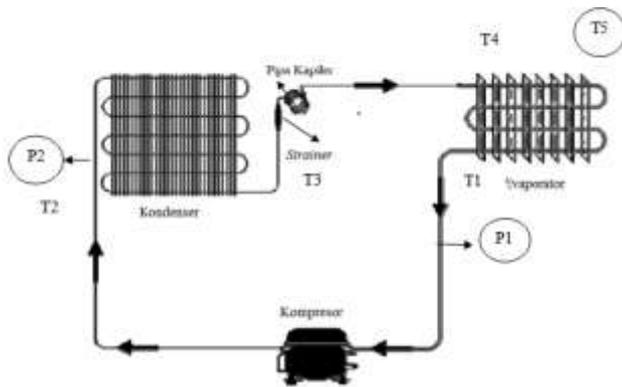
Terdapat tiga hal yang mempengaruhi perkembangan mesin refrigerasi saat ini, yakni: (1) Penghematan energi, (2) Tuntutan refrigerant non-ODS, dan (3) Tuntutan refrigerant non-GWP. Perlu diketahui bahwa efek GWP dan ODS pada zat refrigeran hanya terjadi bila zat tersebut terlepas ke atmosfer yang disebabkan kebocoran pada mesin refrigerasi ataupun penggantian dan recycling refrigerant.[4] Di luar sistem refrigerasi, CFC juga digunakan dalam berbagai aplikasi lain seperti zat pendorong (propellant), aerosol, zat pengembang, dll.[5] Guna menjawab tiga kebutuhan terkait dengan perkembangan teknologi refrigerasi di atas, ilmuwan dan teknologi melakukan berbagai inovasi yang pada umumnya terkategori dalam tiga hal: (1) Perbaikan prestasi dan karakteristik mesin refrigerasi yang telah eksis, (2) Penelitian guna menghasilkan refrigeran non-ODS dan non-GWP, dan (3) Pencarian teknologi refrigerasi alternatif.[6]

Tujuan dari penelitian ini adalah mencoba memberikan solusi dengan mengangkat suatu percobaan pengembangan mesin refrigerasi dengan menggunakan LPG sebagai refrigeran pada sistem refrigerasi tersebut. Diharapkan penelitian ini dapat meningkatkan prestasi kerja mesin LPG dapat menghasilkan refrigeran non-ODS dan non-GWP, dan dapat mengembangkan perbaikan koefisien prestasi dan penghematan energi dengan

komposisi LPG yang berbeda sesuai dengan standar produk yang ada dalam pasar di Indonesia.[7]

**METODOLOGI PENELITIAN**

Penelitian dilakukan secara eksperimen pada system refrigerasi berupa kulkas satu pintu. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah refrigeran R12 dan LPG produk PT Pertamina Indonesia. Untuk mengukur temperatur digunakan termokopel dan *thermometer reader*, dan untuk mengukur tekanan digunakan *pressure gauge*. Rangkaian sistem pendingin di dalam kulkas ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema alat uji rangkaian

Keterangan gambar:

- P<sub>1</sub> : Tekanan masukan kompresor (bar)
- P<sub>4</sub> : Tekanan masukan kompresor (bar)
- T<sub>1</sub> : Suhu masukan kompresor (°C)
- T<sub>2</sub> : Suhu keluaran kompresor (°C)
- T<sub>3</sub> : Suhu masukan evaporator (°C)
- T<sub>4</sub> : Suhu keluaran evaporator (°C)
- T<sub>5</sub> : Suhu ruangan kulkas (°C)

Penelitian dilakukan dengan variabel bebas berupa massa refrigeran dimana variasi massa LPG adalah 50 gram, 80gram dan 90 gram dalam keadaan sistem yang sama. Adapun massa refrigerant R12 yang digunakan adalah 80 gram. Variabel terikat yang digunakan adalah tekanan dan temperatur pada beberapa posisi. Penempatan alat ukur ditunjukkan pada Gambar 2. Berdasarkan data-data hasil pengujian pada refrigeran dilakukan perhitungan untuk mendapatkan kerja kompresi, dampak refrigerasi, kapasitas refrigerasi dan koefisien prestasi mesin pada sistem untuk setiap variasi massa LPG yang digunakan.

**HASIL PENELITIAN**

Hasil pengujian pada beberapa variasi refrigeran diperoleh data berupa data temperatur pada variasi massa 50 gram, 80 gram dan 90 gram. seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Data

temperature refrigeran pada beberapa titik pada beberapa variasi massa refrigerant ditunjukkan pada Gambar 2.

Tabel 1. Hasil Tekanan Refrigeran

WAKTU (MENIT)	TEKANAN (Bar)							
	P1			P2			P1 P2	
	LPG (gram/s)						R-12 (gram/s)	
	50	80	90	50	80	90	80	80
5	0	0	0	8	9	9	0	9
10	0	0	0	9	10	10	0	10
15	0	0	0,1	9,5	10	11	0,1	11
30	0	0	0,1	10	10	11	0,1	11
120	0	0	0	11	11	11	0	12

Tabel 2. Hasil Temperatur Refrigeran LPG

WAKTU (menit)	TEMPERATUR (°C)								
	T1			T2			T3		
	LPG (gram)			LPG (gram)			LPG (gram)		
	50	80	90	50	80	90	50	80	100
5	27	30	28	43	46	52	32	33	32
10	28	30	28	45	50	54	32	32	32
15	28	30	28	58	58	58	33	32	33
30	28	31	30	59	58	59	32	32	32
120	30	31	30	59	60	62	34	32	32

Tabel 2. (lanjutan)

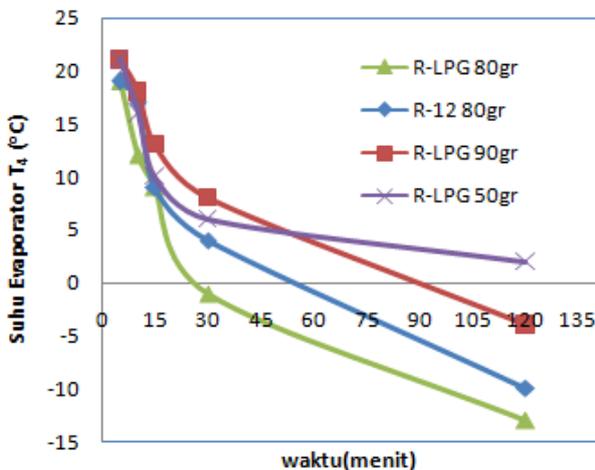
WAKTU (menit)	TEMPERATUR (°C)					
	T4			T5		
	LPG (gram)			LPG (gram)		
	50	80	90	50	80	90
5	21	19	21	28	27	27
10	16	12	18	26	25	25
15	10	9	13	25	23	23
30	6	-1	8	15	5	19
120	2	-13	-4	10	4	13

Dari data hasil pengujian ini kemudian dilakukan perhitungan untuk mendapatkan kerja kompresi, dampak refrigerasi, kapasitas refrigerasi, dan koefisien refrigerasi dari sistem refrigerasi. Hasilnya ditampilkan pada grafik dan dilakukan analisa dan pembahasan.

**PEMBAHASAN**

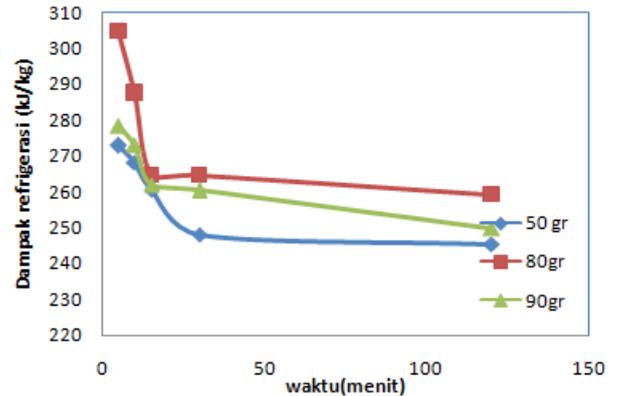
Dari penelitian yang diperoleh pada pengisian R-12 sebanyak 80 gram diperoleh hasil suhu pada pendingin (suhu evaporator) yaitu suhu pendingin akan bertambah rendah terhadap selang waktu seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. suhu pada pendingin tersebut mengalami penurunan yang signifikan setelah menit ke 15 sampai dengan menit ke 30 dan selang waktu antara menit 30 ke menit ke 120. Besar temperatur antara selang waktu pada menit ke 30 yaitu 4°C ke menit 120 mencapai -10°C.

Dari penelitian yang diperoleh pada pengisian R-LPG sebanyak 50, 80 dan 90 gram diperoleh hasil suhu pada pendingin (temperatur *freezer*) yaitu suhu pendingin akan bertambah rendah terhadap selang waktu [9] seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Pada Gambar 3 menunjukan bahwa refrigeran LPG dengan massa 80gram mampu menurunkan suhu lebih rendah dari pada pengisian 50 maupun 90 gram. Pada pengisian 80gram LPG pada menit ke 120, suhu pendinginan mencapai -13°C dari pada pengisian pada massa 50 gram dan 90 gram yang hanya mampu menurunkan suhu pendinginan sebesar 2°C dan -4°C.



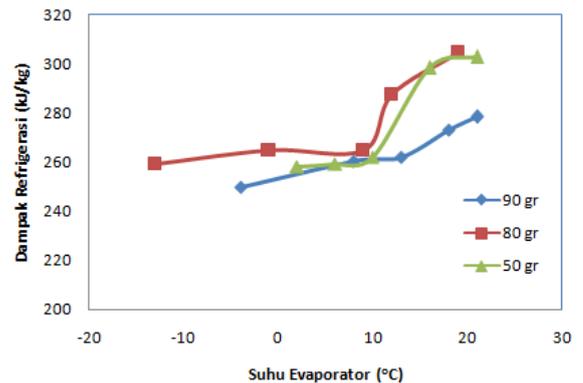
Gambar 3. Hasil Suhu Evaporator T<sub>4</sub> terhadap Perubahan Waktu

Dari nilai entalpi dapat diperoleh dampak refrigerasi, kerja kompresi dan koefisien prestasi mesin kompresi dengan rumus : Dampak Refrigerasi :  $q_e = h_1 - h_4$  ; Kerja kompresi :  $W = h_2 - h_1$  ; Kapasitas Refrigerasi :  $q = q_e \cdot m$  ; Koefisien prestasi :  $COP = q_e / W$  Dari hasil perhitungan terhadap refrigeran yang menggunakan LPG dengan variasi massa yang berbeda dan dari grafik yang diperoleh disimpulkan bahwa dampak refrigerasi pada tiap aliran massa berbeda. Dampak refrigerasi yang tertinggi pada refrigeran yang menggunakan LPG ini adalah pada pengisian yang menggunakan massa sebesar 80 gram ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Dampak Refrigerasi terhadap waktu

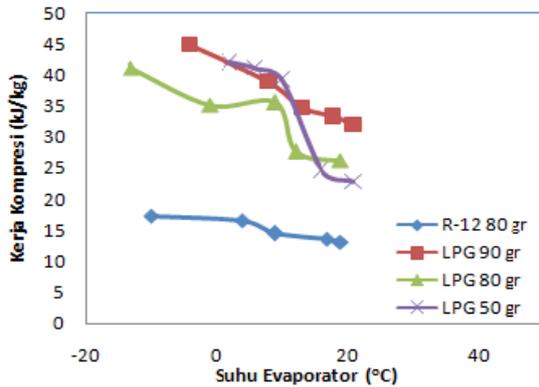
Dari hasil perhitungan terhadap refrigeran yang menggunakan LPG dengan variasi massa yang berbeda dan dari grafik yang diperoleh disimpulkan bahwa dampak refrigerasi pada tiap aliran massa berbeda. Dampak refrigerasi yang tertinggi pada refrigeran yang menggunakan LPG ini adalah pada pengisian yang menggunakan massa sebesar 80 gram ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 5 Dampak Refrigerasi terhadap temperatur Evaporator

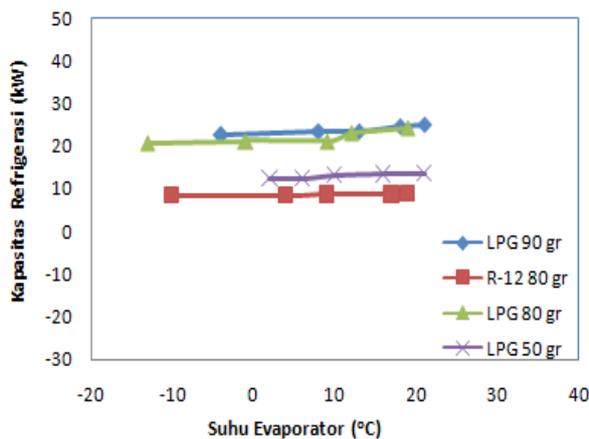
Pada massa tersebut refrigeran mampu menurunkan suhu evaporator lebih dingin yaitu sebesar -13°C dan mampu mengevaporasi uap yang mampu ke evaporator dengan suhu yang lebih tinggi yaitu sebesar 31°C dari posisi dengan variasi massa yang lain. Dampak refrigerasi tertinggi pada menit ke 5 yaitu sebesar 304.7 Joule pada pengisian massa refrigeran sebanyak 80 gram dibandingkan dampak refrigerasi pada pengisian massa sebesar 50 dan 90 gram yang besarnya 302.7 Joule dan 278.3 Joule. Jumlah dampak refrigerasi pada tiap aliran massa akan konstan atau tidak akan berubah bertambah besar secara signifikan karena kondisi sistem sudah pada kondisi steady sepanjang aliran.[10]

Pada Gambar 5 terlihat pada menit ke 15 sampai menit ke 120 sistem menunjukan tren konstan sepanjang aliran dan pada Gambar 4 juga demikian, suhu evaporator yang mulai rendah dan mulai stabil pada suhu evaporator dibawah 10°C menunjukan tren konstan sepanjang aliran.



Gambar 6 Kerja kompresi terhadap temperatur evaporator

Dari grafik mengenai kerja kompresi sistem yang diperoleh bahwa kondisi pada variasi massa refrigeran sebesar 90 gram sedikit lebih besar dari pada variasi massa 50 gram, 80 gram serta R-12 80 gram seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Hal ini berarti kondisi kerja kompresi pada refrigeran LPG yang menggunakan massa 90 gram lebih mampu mengkompresi sampai suhu lebih tinggi dari pada variasi massa yang lain, yaitu besar keluar suhu di  $T_1$  yang tertinggi sebesar  $62^{\circ}\text{C}$  dengan suhu kondensasi yang stabil sebesar  $32^{\circ}\text{C}$  sama seperti variasi massa yang lain. Kerja kompresi variasi massa 50 gram LPG besarnya 41,95 Joule lebih besar dari LPG 80 gram yang nilainya 41,12 Joule. Sedangkan R-12 dengan massa 80 gram memiliki kerja kompresi yang paling rendah dibandingkan dengan refrigeran LPG yang nilainya 17,35 Joule. Jumlah Kerja kompresi ini setelah menit ke 120 tidak akan berubah bertambah besar maupun bertambah kecil secara signifikan karena kondisi sistem sudah pada kondisi *steady* sepanjang aliran.[11]

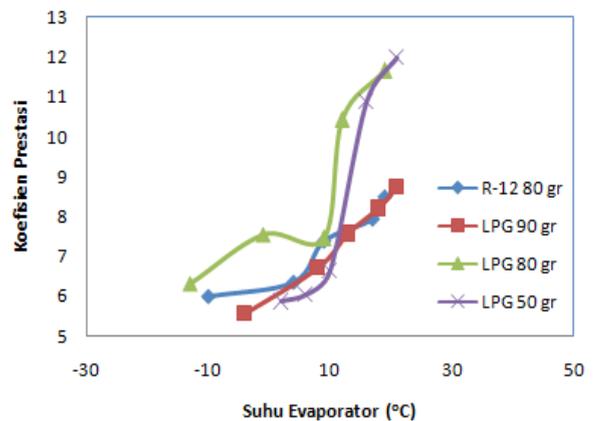


Gambar 7 Kapasitas Refrigerasi terhadap temperatur Evaporator

Dari hasil kapasitas refrigeran pada Gambar 6 dapat terlihat bahwa kapasitas refrigeran menunjukkan tren stabil terhadap perubahan suhu evaporator. Pada pengisian refrigeran LPG massa 90 gram mempunyai

kapasitas yang lebih tinggi dari variasi laju aliran massa yang lain. Pada variasi massa 90 gram kapasitas refrigerasinya mencapai 25,04 kW pada suhu evaporator  $-4^{\circ}\text{C}$ . Pada variasi laju aliran massa 80 gram/detik sedikit lebih rendah dari kapasitas refrigerasi yang menggunakan massa 90 gram yaitu kapasitasnya bernilai 24,37 kW pada suhu  $-13^{\circ}\text{C}$ . Kapasitas refrigerasi yang paling rendah adalah refrigeran R-12 dengan variasi laju aliran 80 gram/detik. Besar nilai kapasitas refrigerasi yang tertinggi nilainya 10,61 kW pada suhu evaporator  $-12^{\circ}\text{C}$ . [12]

Dari hasil koefisien prestasi yang diperoleh bahwa pada kondisi awal setelah pengisian koefisien prestasi berubah sepanjang perubahan suhu evaporator setelah sistem terisi refrigeran. Pada Gambar 7 dapat dilihat bahwa koefisien prestasi mesin tertinggi pada variasi massa 80 gram LPG yang ditunjukkan oleh kurva berwarna hijau. Koefisien prestasi pada variasi pada 80 gram mencapai 11,05 pada suhu evaporator menit ke 5. Koefisien prestasi ini berbanding terbalik terhadap suhu evaporator dan akan turun ketika terjadi penurunan suhu evaporator dan pada menit ke 120 koefisiennya mencapai 6,30.



Gambar 7 Koefisien Prestasi terhadap temperatur evaporator

Koefisien prestasi pada variasi massa 50 gram ada pada posisi ke 2 ditunjukkan pada kurva berwarna ungu, dengan koefisien prestasi suhu awal evaporator sebesar 11,59 dan koefisien prestasi pada posisi suhu evaporator akhir sebesar 5,85. Pada variasi massa 90 gram besar koefisien prestasi pada suhu awal evaporator adalah 8,73 ditunjukkan oleh kurva berwarna merah. Koefisien koefisien prestasi R-12 dengan variasi massa 80 gram yang besarnya 5,99 pada suhu awal evaporator dan 8,48 pada suhu  $-12^{\circ}\text{C}$  pada waktu 120 menit. Perubahan menurunnya koefisien prestasi ini disebabkan oleh kerja kompresi yang mulai bertambah besar dan dampak refrigerasinya yang menurun. Dalam selang waktu 15 menit sampai 120 menit terjadi penurunan koefisien prestasi dari masing-masing variasi massa

yang tidak terlalu signifikan dan cenderung stabil. Posisi koefisien sudah menunjukkan kestabilan karena pada sistem sudah dalam kondisi yang *steady*. [13] Dari hasil grafik koefisien prestasi mesin kompresi uap tersebut dapat disimpulkan bahwa refrigeran yang menggunakan LPG dengan variasi massa sebesar 80 gram mempunyai koefisien prestasi terbesar daripada variasi massa yang lain. Dibandingkan dengan Refrigeran R-12 dengan variasi massa yang sama refrigeran yang menggunakan LPG koefisien prestasi mesin juga lebih baik daripada yang menggunakan R-12. Secara keseluruhan bahwa prestasi kerja akan stabil terhadap selang waktu pada posisi tersebut tidak akan berubah bertambah besar maupun bertambah kecil secara signifikan karena kondisi sistem sudah pada kondisi *steady* sepanjang aliran.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa yang telah dibahas pada bab 4 dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Penggunaan LPG sebagai refrigeran terbukti dapat digunakan sebagai refrigeran yang aman dan dapat digunakan sebagai refrigeran pada mesin pendingin kompresi uap.
2. Refrigeran yang menggunakan LPG lebih mampu mendinginkan evaporator lebih cepat daripada menggunakan R-12 sebagai refrigeran.
3. Dampak refrigerasi yang menggunakan refrigeran LPG dengan variasi massa sebesar 80 gram adalah yang tertinggi yaitu sebesar 259,3 Joule daripada dampak refrigerasi variasi massa 50 gram dan 90 gram yang dampak refrigerasinya besarnya 249.81 Joule dan 245.4 Joule.
4. Kerja kompresi yang menggunakan refrigeran LPG dengan variasi massa sebesar 90 gram adalah yang tertinggi yaitu sebesar 44,88 Joule daripada variasi massa 50 gram dan 80 gram yang kerja kompresinya 41,95 Joule dan 41,12 Joule.
5. Prestasi kerja dari mesin pendingin yang menggunakan masa 80 gram refrigeran lebih tinggi daripada yang menggunakan massa 50 gram dan 90 gram, koefisien prestasi yang tertinggi yaitu sebesar 6,30.

## SARAN

Dari hasil penelitian mengenai analisis pengaruh variasi massa LPG sebagai refrigeran terhadap prestasi kerja dari mesin pendingin kompresi uap, maka disarankan beberapa hal berikut :

1. Hasil penelitian ini merupakan data pendukung yang dapat digunakan oleh pihak-pihak yang berkepentingan untuk optimasi pemilihan refrigeran serta pemilihan massa refrigeran yang digunakan,

dimana untuk meningkatkan besarnya koefisien kerja mesin pendingin kompresi uap.

2. Kajian ini masih terbatas pada analisa menggunakan satu variasi yang dilakukan dalam variasi massa refrigeran. 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] Aziz, Azridjal. Studi Eksperimental Mesin Refrigerasi Siklus Kompresi Uap Menggunakan Refrigeran Hidrokarbon Substitusi R22 Pada Kondisi Transient. Jurnal Teknik Mesin, Vol. 6 No. 2 Desember 2009.
- [2] Baolian Niu ,Yu Feng Zhang (2007) *Experimental; study of the refrigeration cycle performance for the R744/R290 mixtures.*
- [3] Bilal A. Akash a, Salem A. (2003) *Said Assessment of LPG as a possible alternative to R-12 in domestic refrigerators.*
- [4] Heinz Jürgensen, Danfos Compressors GmbH 2009 *Propane as R12 Replacement in Commercial Appliances Thermodynamic Comparison of R290 to Other Refrigerants, Flensburg*
- [5] Ju Hyok Kima, Jin Min Chob, Min Soo Kimb,\* 2008 *Cooling performance of several CO2/propane mixtures and glide matching with secondary heat transfer fluid, International journal of r efrigeration, Digital Appliance Research Laboratory, LG Electronics Inc., Seoul 153-802, Republic of Korea*
- [6] L. Maclaine-cross, E. Leonardi (1997) *Why Hydrocarbons Save Energy School of Mechanical and Manufacturing Engineering The University of New South Wales Sydney NSW, Australia 2052*
- [7] M. Fatouh, M.E. Kafafy (2006) *Applied Thermal Engineering- Experimental evaluation of a domestic refrigerator working with LPG .*
- [8] Pramacakrayuda, I Gusti Agung, dkk. *Analisis Performansi Sistem Pendingin Ruangan Dikombinasikan dengan Water Heater.* Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Vol. 4 No.1. April 2010 (57-61).
- [9] Rasta, I made 2011 Kaji Eksperimental Aplikasi Katup EPR Terhadap Temperatur Mesin Refrigeran Multieaporator. Jurnal Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bali
- [10] Salem A. Said *Assessment of LPG as posible alternative to R-12 in domestic refrigerator 7* Februari 2002.
- [11] Silalahi, Santi Roselinda. 2006. *Analisis Eksergi dan Karakteristik Termodinamik Sejumlah Refrigeran Pada Sistem Kompresi*

Uap. Skripsi. Departemen Teknik Pertanian.  
Institut Pertanian Bogor.

- [12]Stoecker,WJ. 1992. *Refrigeran dan Pengkondisian Udara*. Edisi kedua, Erlangga, Jakarta.
- [13] Suwono ,Aryadi 2008 Experience In Conversion Of Various HFCF 22 Systems To Hydrocarbon. Thermodynamics Laboratory, Division of Energy ConversionFaculty of Mechanical and Aeronautical Engineering.