

ANALISIS VARIASI TIPE EVAPORATOR DENGAN REFRIGERAN LPG TERHADAP UNJUK KERJA MESIN REFRIGERATOR

Alif Puspita Ningrum¹, Digdo Listyadi R²

¹ Alumni Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember

² Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember Jl. Kalimantan 37 Jember 68121

Email: nalifpuspita@gmail.com

ABSTRACT

Refrigeration system is a system working for cooling temperature some goods or room with absorbs the heat. Refrigeration process is very important for store a food and beverage so will be able to keep up in certain time, refrigerator development has achieve characteristic improvement about non-ODP (Ozone Depleting Potential) and non-GWP (Global Warming Potential) refrigerant as well as alternative refrigerant until now. The purpose of this research is to know about effect from variation evaporator type using LPG refrigerant againts refrigerator performance. Experimental methode did for the direct test to analyzed how much effect from variation evaporator type that are used in (serries one space, ser series two space, parallel one space, and parallel two space) useing C plate evaporator and compressor $\frac{3}{4}$ pk. This research are do it by installing an evaporator in each unit of refrigerator chamber top part and refrigerator chamber bottom part that arranged by series and parallel which is in each chamber have a breaker or without breaker. The result from the research variation of evaporator type for refrigerator is to know how much the effect of refrigeration, compression working, refrigeration capacity, and Coefficient Of Performance (COP). The lowest temperature is shown from evaporator type series one space, that have a value $-21,2^{\circ}\text{C}$. The lowest interval from both of chamber type is shown from evaporator type parallel two space, that have a value $3,64^{\circ}\text{C}$. Coefficient Of Performance (COP) from series type is 9,06 for one space and 9,01 for two space, then from parallel type is 10,59 for one space and 13,43 for two space. Based from research the acquired result that is from using evaporator series type and parallel type is could be used for cooling down several room in refrigerator.

Keywords: Refrigerator, type evaporator, LPG refrigerant.

PENDAHULUAN

Perubahan temperatur udara pada suatu bahan atau ruangan ke temperatur yang lebih rendah daripada temperatur lingkungan sekitar dengan cara penarikan atau penyerapan panas dari bahan atau ruangan disebut sebagai sistem dari mesin pendingin. Sistem tersebut dipengaruhi oleh kinerja mesin pendingin. Mesin pendingin adalah alat yang digunakan untuk mengawetkan makanan atau minuman tanpa mengubah aroma dan rasa [1].

Tiga hal yang mempengaruhi perkembangan mesin pendingin saat ini adalah penghematan energi, tuntutan refrigeran non-ODP (*Ozone Depleting Potential*), dan tuntutan refrigeran non-GWP (*Global Warming Potential*). Ilmuwan dan teknologi meneliti serta berupaya melakukan inovasi untuk menjawab tiga kebutuhan terkait dengan perkembangan teknologi refrigerasi, yang diantaranya perbaikan prestasi dan karakteristik mesin refrigerasi yang telah ada, penelitian untuk menghasilkan refrigeran non- ODS dan non-GWP, serta pencarian teknologi refrigerasi alternatif [2].

Pengujian lanjutan terhadap mesin pendingin kompresi uap dengan menggunakan LPG sebagai refrigeran. Penelitian tersebut menghasilkan refrigeran LPG mampu mendinginkan mesin penendingin lebih

cepat dibandingkan dengan menggunakan refrigeran R-12. Koefisien prestasi yang dihasilkan oleh mesin pendingin dengan refrigeran LPG dengan massa 80 gr sebesar 6,30 [3].

LPG (*Liquified Petroleum Gas*) adalah salah satu contoh hidrokarbon gas. LPG merupakan gas alam cair dari produk pengolahan minyak bumi yang difungsikan sebagai bahan bakar memasak. PT. PERTAMINA merilis gas LPG yang beredar luas di masyarakat yang terdiri dari gas LPG 3 kg, 5 kg, 12 kg, dan 12 kg. LPG yang beredar di masyarakat adalah LPG yang mengandung 50% propana dan 50% butana yang sesuai dengan ketentuan dari aspek komposisi atau tekanan uapnya. Ketentuan tersebut telah diperhitungkan sesuai kalori atau daya bakar yang diperlukan untuk kebutuhan masyarakat. Komposisi tersebut tidak dimaksudkan untuk merugikan konsumen tetapi memperhitungkan faktor keselamatan konsumen pengguna gas LPG [4].

Pengujian terhadap mesin pendingin dengan menggunakan dua evaporator dan dua kompresor pernah dilakukan. Penelitian yang dilakukan dengan menggunakan dua evaporator dan dua kompresor tersebut menghasilkan peningkatan efisiensi

sebanyak 3,5%. Nilai efisiensi yang diperoleh menunjukkan bahwa variasi tersebut unggul apabila dibandingkan dengan mesin pendingin standar [5].

Penelitian mesin pendingin yang lain dilakukan dengan menggunakan multi evaporator. Penelitian ini melibatkan komponen berupa multi evaporator, dua katup ekspansi, satu kompresor, kondensor, *heat exchanger*, dan sebuah katup selenoid yang dihubungkan dengan aliran refrigeran menuju *freezer* dan evaporator *freshfood*. Hasilnya pada siklus kerja secara seri didapatkan peningkatan efisiensi sebesar 8,5% [6].

Penelitian tentang variasi ukuran evaporator terhadap unjuk kerja mesin pendingin menghasilkan bahwa peningkatan ukuran evaporator tidak signifikan dengan peningkatan COP. Peningkatan ukuran evaporator hanya signifikan terhadap peningkatan kapasitas pada performa refrigerator dua evaporator [7].

Permasalahan-permasalahan tentang mesin refrigerasi dan penelitian yang dilakukan sebelumnya, membuat penulis berupaya untuk melakukan pengujian lanjutan menggunakan beberapa tipe evaporator tunggal dan bertingkat (seri maupun paralel) dengan menggunakan LPG sebagai refrigeran pada sistem refrigerasi, diharapkan dari penelitian ini dapat meningkatkan prestasi kerja mesin refrigerasi baik perbaikan koefisien prestasi, penghematan energi, dan menghasilkan refrigeran non-ODS dan non-GWP dengan menggunakan refrigeran LPG sesuai standar produk.

METODOLOGI PENELITIAN

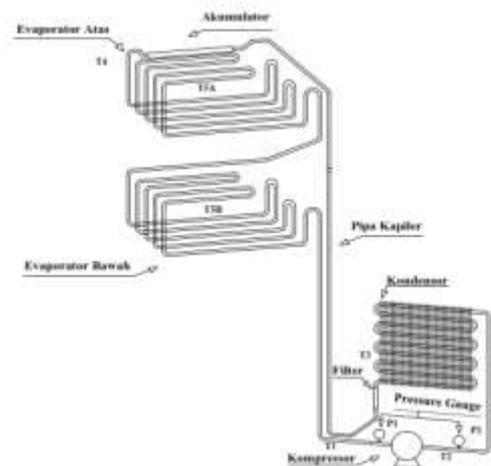
Penelitian menggunakan metodologi eksperimental yakni pengamatan secara langsung. Untuk pengujian dilakukan di Bengkel mesin pendingin Pak Hariyanto Jl. Kaliurang RT 03 RW 02 Jember pada tanggal 28 Maret 2016 – 3 April 2016. Peralatan dan bahan yang digunakan dalam pengujian adalah sebagai berikut:

- Lemari pendingin satu pintu
- *Pressure gauge*
- *Manifold gauge*
- Satu set *thermoreader*
- *Swaging tools*
- Tabung las
- *Brander las*
- Pemotong pipa
- Kikir bulat
- Evaporator plat C (diameter ¼ inch dan panjang 110 cm)
- Kompresor ¾ pk
- LPG (50% propana dan 50% butana)

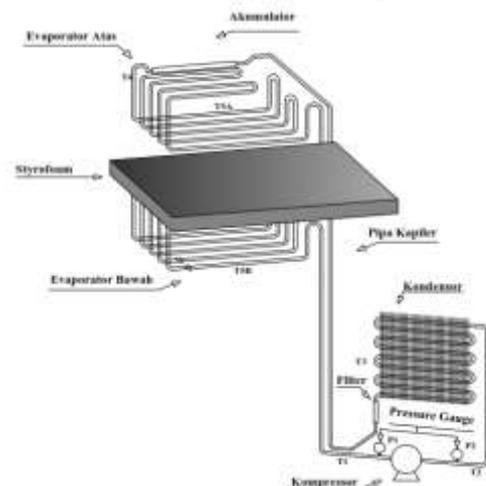
Prosedur Pengujian

- a) Merangkai komponen mesin refrigeran dengan benar, dengan menggunakan variasi evaporator seri satu ruang.

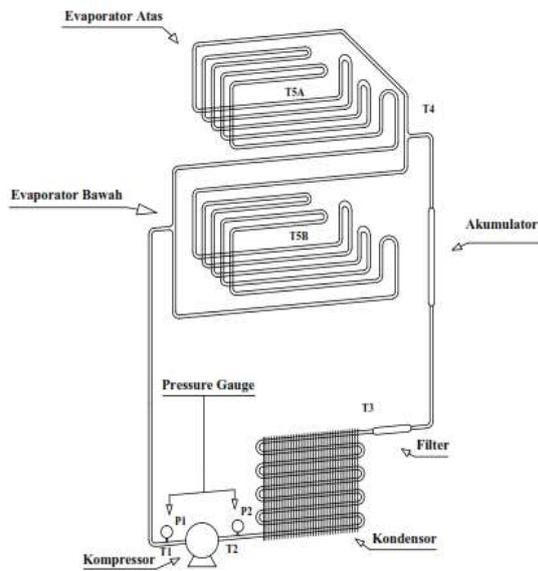
- b) Pemasangan alat ukur suhu (*thermoreader*), alat ukur tekan (*pressure gauge*) pada titik – titik yang diamati.
- c) Melakukan proses pemvakuman, guna menghindari refrigeran atau zat lain yang masih tersisa didalam.
- d) Menjalankan mesin pendingin dengan kondisi kosong untuk memastikan tidak ada kebocoran di semua bagian.
- e) Mengisi refrigeran dengan benar dan sesuai prosedur, dalam penelitian ini refrigeran yang digunakan adalah LPG.
- f) Selanjutnya melakukan pengujian hingga 120 menit.
- g) Mengukur dan mencatat tekanan dan temperatur yang terdapat pada alat ukur untuk memastikan kebenaran angka ukur yang tertera pada alat tersebut, sesuai variabel waktu yang telah ditentukan.
- h) Melakukan percobaan kembali dengan menggunakan variasi tipe evaporator yang berbeda sesuai yang telah ditentukan.
- i) Mencatat kembali tekanan dan temperatur yang di tunjukkan oleh alat ukur, pada semua titik dan waktu yang telah ditetapkan.
- j) Pengumpulan data.
- k) Perhitungan dan analisis.



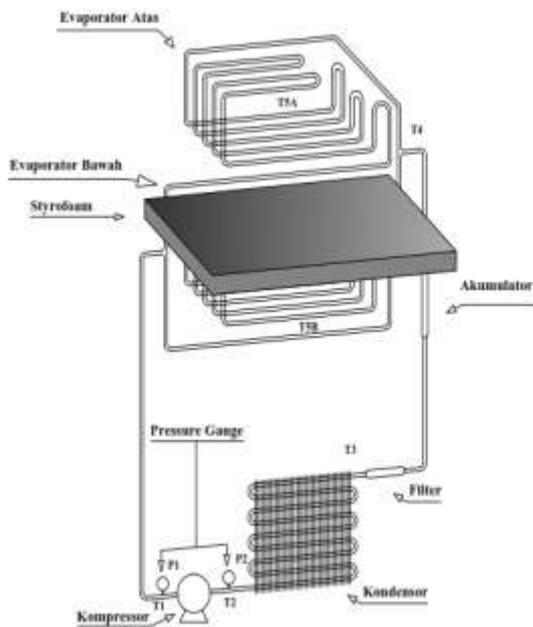
Gambar 1. Seri satu ruang



Gambar 2. Seri dua ruang



Gambar 3. Paralel satu ruang



Gambar 4. Paralel dua ruang

Tabel 1 Hasil pengukuran seri satu ruang

Waktu (Menit)	Temperatur (°C)						Tekanan (Bar)	
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T _{5a}	T _{5b}	P ₁	P ₂
10	30,9	78,61	38,63	15,50	3,90	13,47	0,50	15,00
20	30,43	79,34	38,60	6,37	-3,37	10,50	0,50	15,00
30	29,97	75,23	38,20	-0,90	-11,67	3,70	0,50	13,00
40	30,37	76,27	37,50	-6,07	-14,77	0,70	0,30	13,00
50	30,20	77,65	37,70	-9,93	-15,93	-1,73	0,30	13,00
60	30,93	80,34	38,17	-6,83	-17,40	-3,50	0,30	13,00
70	30,37	80,34	38,83	-5,70	-17,90	-3,77	0,30	13,00
80	32,80	82,81	38,70	-6,80	-19,50	-5,17	0,30	13,00
90	30,10	80,73	39,17	-4,47	-19,50	-5,93	0,30	12,50
100	30,13	82,59	39,37	-7,73	-20,30	-6,83	0,30	12,50
110	29,30	83,16	39,07	-7,53	-21,60	-7,43	0,30	12,00
120	30,30	81,81	38,80	-5,03	-21,20	-7,00	0,30	12,00

Tabel 2. Hasil pengukuran seri dua ruang

Waktu (Menit)	Temperatur (°C)						Tekanan (Bar)	
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T _{5a}	T _{5b}	P ₁	P ₂
10	32,70	74,20	33,97	18,13	15,77	20,67	0,40	14,00
20	31,73	78,52	39,90	7,60	-0,17	6,23	0,40	14,00
30	30,50	75,23	35,53	10,63	-2,80	12,23	0,40	13,00
40	31,07	81,81	40,37	5,60	-5,23	3,03	0,40	13,00
50	31,40	81,90	41,70	2,40	-6,00	1,67	0,40	13,00
60	32,70	82,90	42,23	1,63	-7,10	-0,13	0,40	13,00
70	32,00	82,90	41,63	1,13	-8,03	-0,90	0,40	12,00
80	31,57	78,65	40,90	-0,67	-9,00	-1,27	0,30	12,00
90	30,80	78,87	39,80	-3,17	-10,67	-3,80	0,30	12,00
100	30,77	76,53	39,83	-3,17	-11,33	-4,77	0,30	12,00
110	29,90	81,55	39,40	-10,00	-13,37	-4,70	0,30	12,00
120	29,27	79,95	37,90	-12,00	-15,07	-6,53	0,30	12,00

Tabel 3. Hasil pengukuran paralel satu ruang

Waktu (Menit)	Temperatur (°C)						Tekanan (Bar)	
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T _{5a}	T _{5b}	P ₁	P ₂
10	34,20	75,01	36,70	8,03	14,50	18,13	0,50	12,00
20	34,90	79,43	36,90	3,57	8,47	12,07	0,40	13,00
30	34,50	75,40	38,70	-0,60	3,33	9,37	0,40	12,00
40	35,00	76,83	38,20	-4,80	-0,07	5,20	0,30	13,00
50	34,90	76,96	38,70	-3,00	-2,47	2,07	0,30	12,00
60	35,20	79,04	38,90	-2,80	-3,40	1,20	0,30	13,00
70	34,80	80,47	38,80	-3,70	-4,33	0,50	0,30	12,00
80	35,10	79,69	38,60	-4,30	-5,17	-0,50	0,30	12,00
90	34,30	79,82	38,60	-4,80	-6,10	-1,30	0,30	12,00
100	35,80	81,12	39,10	-5,40	-6,63	-2,30	0,30	12,00
110	35,40	79,69	38,90	-6,10	-7,03	-2,57	0,30	12,00
120	35,00	79,43	39,20	-7,20	-7,67	-4,03	0,30	12,00

HASIL DAN PEMBAHASAN

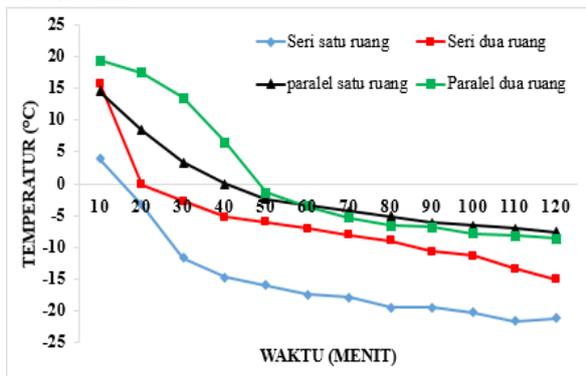
Data Hasil Pengujian

Setelah proses pengujian diperoleh data hasil pengukuran. Data yang diperoleh berupa temperatur (T₁, T₂, T₃, T₄, T_{5a}, T_{5b}) dan tekanan (P₁ dan P₂) setiap 10 menit selama 120 menit. Data yang diperoleh akan digunakan untuk menghiung unjuk kerja mesin pendingin.

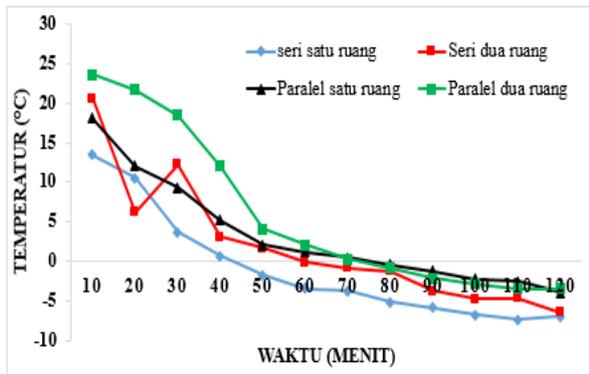
Tabel 3. Hasil pengukuran paralel dua ruang

Waktu (Menit)	Temperatur (°C)						Tekanan (Bar)	
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T _{5a}	T _{5b}	P ₁	P ₂
10	30,7	62,30	29,20	10,50	19,40	23,63	0,40	13,00
20	31,00	63,98	29,10	6,60	17,50	21,73	0,40	13,00
30	31,40	66,50	29,40	3,800	13,50	18,50	0,40	13,00
40	31,80	74,20	31,40	0,40	6,53	12,10	0,40	13,00
50	32,40	70,56	34,50	-6,40	-1,40	4,13	0,40	13,00
60	32,40	71,40	34,70	-5,70	-3,53	2,10	0,40	13,00
70	32,80	74,06	35,30	-8,30	-5,40	0,30	0,40	12,50
80	33,20	74,90	35,40	-110	-6,57	-0,90	0,40	12,50
90	33,60	80,36	38,30	-7,80	-6,87	-2,17	0,40	12,50
100	33,80	81,76	37,50	-8,50	-7,80	-2,90	0,30	12,50
110	34,30	79,24	38,30	-7,00	-8,23	-3,43	0,30	12,50
120	34,10	78,82	37,80	-7,10	-8,63	-3,47	0,30	12,00

Pembahasan



Gambar 5. Grafik temperatur ruang bagian atas

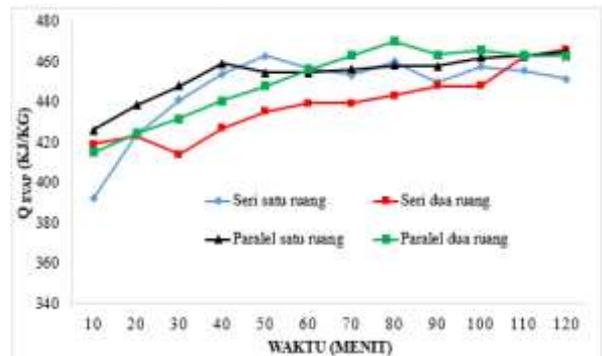


Gambar 6. Grafik temperatur ruang bagian bawah

Dari Gambar 5 dan Gambar 6, terlihat bahwa penurunan temperatur terendah didapat oleh tipe evaporator seri satu ruang, hal tersebut dikarenakan penggunaan dua evaporator dalam ruang pendingin yang lebih kecil dan terfokuskan untuk semua refrigeran mendinginkan ruang bagian atas terlebih dahulu, sehingga temperatur yang dicapai oleh tipe evaporator seri lebih rendah dibandingkan temperatur yang dicapai oleh tipe evaporator paralel, seperti bahwa temperatur yang ditunjukkan pada sebuah ruangan yang didinginkan merupakan hasil redistribusi fluida antara dua evaporator [8].

Unjuk Kerja Mesin Refrigerator

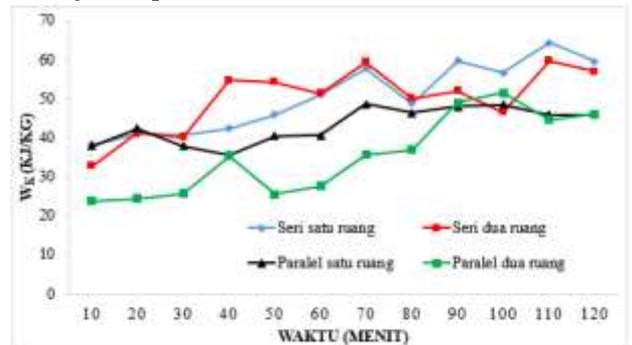
1. Dampak Refrigerasi



Gambar 7. Grafik dampak refrigerasi

Hasil perhitungan dampak refrigerasi pada masing-masing variasi tipe evaporator mengalami peningkatan seiring perubahan waktu, penyebab kenaikan tersebut antara lain dikarenakan pada masing-masing variasi memiliki kemampuan menyerap panas lebih baik [9]. Nilai dampak refrigerasi yang mengalami peningkatan terbesar pada menit ke 80 sebesar 470,605 kJ/kg dan mulai stabil pada menit selanjutnya adalah tipe paralel dua ruang, hal tersebut disebabkan karena pada tipe evaporator paralel besar aliran refrigeran yang melewati evaporator terkonsentrasikan pada masing-masing ruang yang didinginkan sehingga kemampuan menyerap kalor semakin baik

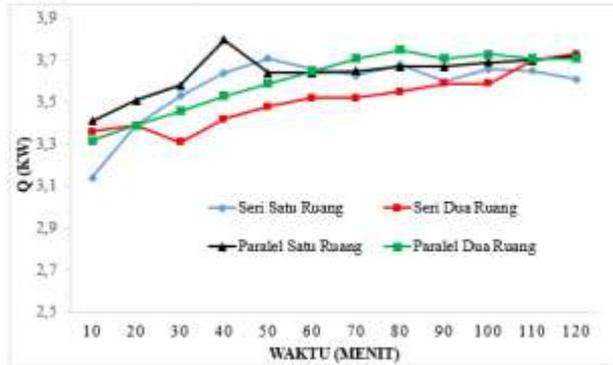
2. Kerja Kompresi



Gambar 8. Grafik kerja kompresi

Kompresi yang dilakukan oleh variasi tipe evaporator seri lebih tinggi dibandingkan dengan tipe evaporator paralel. Perbedaan kerja kompresi antara variasi tipe evaporator tersebut dikarenakan pada tipe evaporator seri memiliki rute pendinginan yang lebih panjang untuk pendinginan ruangan bagian atas dan bagian bawah dibandingkan tipe evaporator paralel, karena pada tipe evaporator paralel laju aliran terbagi langsung untuk kedua ruangan yang didinginkan, sehingga kerja kompresinya tidak seberat kerja kompresi tipe evaporator seri.

3. Kapasitas Refrigerasi

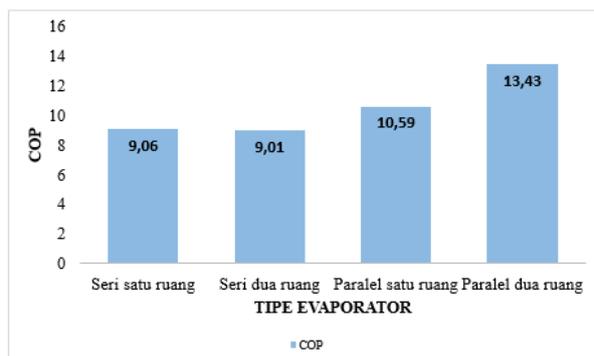


Gambar 9. Grafik kapasitas refrigerasi

Nilai kapasitas refrigerasi yang dicapai pada variasi tipe evaporator adalah hampir sama atau mendekati satu sama lain. Penyebab kesamaan nilai kapasitas refrigerasi dikarenakan pendinginan dilakukan pada mesin refrigerator yang sama, sehingga kebutuhan mesin refrigerasinya adalah sama [10]. Tipe evaporator paralel untuk satu ruang (tanpa pembatas) mulai mencapai stabil pada menit ke-50 (berkisar

3,6 kW) dibandingkan tipe evaporator seri satu ruang (tanpa pembatas) yang belum mencapai keadaan stabil pada menit tersebut, juga untuk tipe evaporator paralel dua ruang (dengan pembatas) mulai mencapai keadaan stabil pada menit ke-70 (berkisar 3,7 kW). Perbedaan waktu untuk mencapai keadaan stabil untuk tipe evaporator yang disusun paralel dan tipe evaporator yang disusun seri dikarenakan pada evaporator yang di susun paralel mempunyai panjang pipa saluran yang sama dan mengalir dalam waktu dan keadaan yang sama.

4. COP



Gambar 10. Grafik COP

Tipe evaporator paralel menunjukkan nilai COP lebih baik dibandingkan dengan nilai COP pada variasi tipe evaporator seri, hal tersebut dikarenakan tipe evaporator paralel hambatan alirannya lebih pendek dan terkonsentrasikan pada masing-masing ruang yang didinginkan. Akibat dari hambatan pada tipe evaporator paralel lebih pendek dan pendinginannya terkonsentrasikan untuk kedua evaporator yang digunakan adalah lebih cepat dalam proses mendinginkan ruangan, mempendek selisih

temperatur untuk kedua ruangan yang didinginkan, dan mempercepat untuk mencapai keadaan stabil, pengaruh lain yakni pada kerja kompresi yang lebih rendah nilainya dibandingkan dengan kerja kompresi yang dilakukan untuk tipe evaporator seri, sehingga tipe evaporator paralel memiliki nilai COP yang lebih tinggi. Nilai rata-rata COP tertinggi dimiliki oleh tipe evaporator paralel dua ruangan (dengan pembatas) yakni sebesar 13,34 dan terendah oleh variasi tipe evaporator seri dua ruangan sebesar 9,01.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh waktu terhadap penurunan temperatur terendah diperoleh tipe evaporator seri satu ruang, yakni sebesar 21,2 °C. Kecepatan penurunan temperatur pada tipe evaporator seri satu ruang dikarenakan pada evaporator seri menggunakan dua evaporator untuk mendinginkan satu ruang yang kecil dan seluruh refrigeran digunakan seluruhnya sehingga evaporator bagian atas dapat didinginkan lebih cepat.
2. Kerja kompresi tertinggi diperoleh pada pengujian evaporator seri satu ruang yang mencapai 64,385 kJ/kg pada menit 110, hal tersebut dikarenakan pada tipe evaporator seri saluran yang harus dilewati lebih panjang. Nilai kapasitas refrigerasi yang dihasilkan pada masing-masing tipe tidak jauh berbeda (3,14 kW – 3,73 kW), penyebabnya adalah mesin pendingin yang diuji dan refrigeran yang digunakan adalah sama, sehingga kebutuhan pendinginannya adalah sama.
3. Penelitian yang dilakukan menunjukkan nilai COP (*Coefficient Of Performance*) untuk tipe evaporator paralel (dengan pembatas dan tanpa pembatas) lebih baik dibandingkan dengan tipe evaporator seri (dengan pembatas dan tanpa pembatas), tipe evaporator paralel satu ruang dapat meningkatkan COP sebesar 1,17% lebih besar dibandingkan COP tipe seri satu ruang dan paralel dua ruang sebesar 1,49% lebih besar dibandingkan seri dua ruang, penyebabnya adalah pada evaporator paralel untuk mendinginkan ruangan bagian atas dan ruangan bagian bawah waktu untuk refrigeran masuk adalah hampir bersamaan (rute lebih pendek) sehingga kerja kompresinya lebih rendah, dan apabila kerja kompresinya rendah maka menghasilkan nilai COP yang lebih baik.

SARAN

Beberapa saran yang dapat diberikan oleh penulis dari penelitian yang telah dilakukan, antara lain:

1. Penelitian masih terbatas pada variasi tipe evaporator yang berdampak pada prestasi mesin refrigerator, diharapkan penelitian selanjutnya dapat memvariasikan tipe evaporator dengan bentuk lain (fin, plat O, plat I, dan plat U) serta diameter pipa yang berbeda.
2. Penelitian tentang mesin refrigerasi yang telah diuji adalah menggunakan mesin refrigerasi satu pintu yang disekat, untuk selanjutnya penelitian dapat dilakukan dengan menggunakan mesin refrigerator dua pintu, sehingga dapat membandingkan pengaruh penyusunan instalasi evaporator pada penggunaan mesin refrigerasi satu pintu dan dua pintu.
3. Pengukuran sebaiknya dilakukan pada ruang dengan temperatur stabil, agar mengurangi dampak pada saat pengukuran berlangsung.

DAFTAR ISTILAH

- P1 : Tekanan masuk kompresor (Bar)
P1 : Tekanan keluar kompresor (Bar)
T1 : Temperatur keluar evaporator (°C)
T2 : Temperatur masuk kondensor (°C)
T3 : Temperatur keluar kondensor (°C)
T4 : Temperatur masuk evaporator (°C)
T5a : Temperatur ruang pendingin atas (°C)
T5b : Temperatur ruang pendingin bawah (°C)

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ruhyat *et al.* 2015. *Pengaruh Variasi Diameter Tube Pipa Evaporator dengan Circular Finsterhadap Pressure Drops Aliran Refrigerant pada Sistem Refrigerasi*. Jurnal SINERGI. Vol. 19, No. 1. Universitas Marcu Buana. Jakarta.
- [2] Maclaine and Leonardi. 1997. *Why Hydrocarbons Save Energy School of Mechanical and manufacturing Engineering The University of New South Wales Sydney NSW. Australia.*
- [3] Perkasa. 2013. *Analisa Pengaruh Variasi Massa LPG Sebagai Refrigeran Terhadap Prestasi Kerja dari Mesin Pendingin Kompresi Uap*. Skripsi Universitas Jember. Jember.
- [4] <http://www.tribunnews.com/bisnis/2010/10/28/Pertamina-rilis-spesifikasi-dan-komposisi-lpg.> [28-03-16].
- [5] Won. 1994. *An Experimental Study on the Performance of a Two-Circuit Cycle with Parallel Evaporators for a Domestic Refrigerator-Freezer*. Jurnal Purdue e-Pubs.
- [6] Lavanis, *et al.* R. 1998. *Experimental Investigation of an Alternating Evaporator Duty Refrigerator or Freezer*. Vol. 104, P. 2. ASHRAE Transactions.
- [7] Gerlach dan Newell. 2001. *Dual Evaporator Household Refrigerator Performance Testing and Simulation*. Amerika Serikat.
- [7] Gerlach dan Newell. 2001. *Dual Evaporator Household Refrigerator Performance Testing and Simulation*. Amerika Serikat.
- [8] X. H. Sun, *et al.* 2009. *Analysis of Temperature Oscillations in Parallel Evaporators of a Carbon Dioxide Two-Phase Loop*. Microgravity Sci. Technol S299-S304. Sun Yat-Sen University. China.
- [9] Galla Rezki. 2014. *Pengaruh Penggunaan Water Cooled Condenser Terhadap Prestasi Kerja Mesin Pendingin Menggunakan Refrigeran LPG*. SKRIPSI. Universitas Jember. Jember.
- [10] Hatib. 2011. *Studi Eksperimental Evaporator Bertingkat Yang Disusun Secara Paralel Terhadap kinerja Mesin Refrigerasi Fokus 802*. Tesis Pascasarjana Universitas Hasanudin.