COP MESIN PENDINGIN REFRIGERAN SEKUNDER

Wibowo Kusbandono dan **PK Purwadi**
Dosen Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi,
Universitas Sanata Dharma
Alamat korespondensi: Kampus III Paingan Maguwoharjo, Depok, Sleman, Yogyakarta
Email: *bowo@usd.ac.id* dan *pur@mailcity.com*

ABSTRACT

The aim of this Study was to determine the COP_{actual} of the cooling machine model from secondary refrigerant in the load and no-load conditions.

The study was conducted in the laboratory. The cooling machine works with the vapor compression cycle, using R134a primary refrigerant and ethylene glycol secondary refrigerant. The Refrigeration machine is composed of main components such as power 1/5 HP compressor, a capillary tube diameter of 0.28 inches with a length of 2 m, with 12 U condenser, and evaporator 3/16 inch in diameter. There are 5 variations of LPG evaporator pipe length are 2.5 m, 3 m, 3.5 m, 4 m and 4.5 m. There are additional component filter cooling, temperature measuring devices and a pressure gauge. The refrigerant temperature data and pressure are used to describe the vapor compression cycle in p-h diagram. Enthalpy obtained from the p-h diagram, used to calculate the amount COP_{actual} cooling machine.

This Research results (1) The cooling machine secondary refrigerant can be used to freeze the results of marine products at the beach (evaporator temperature can reach: -26 ^{0}C and condenser temperatures can reach 60°C). (2) COP_{actual} for the entire length of the pipe evaporator variation for 8 hours of research moving in the range of 2.30 to 3.48 for no-load condition and in the range of 2.39 to 3.47 for load condition. (3) The average of COP_{actual} for load condition has a greater value than the COP_{actual} for the no-load condition (4) For no-load conditions, the best average of COP_{actual} owned cooling machine by using L_{pe} evaporator pipe length = 2.5 m, with a large 2,877 and for the load conditions, the best average of COP_{actual} also owned a machine with a length of pipe evaporator using L_{pe} = 2.5 m, with value 3.058.

Keywords: *cooling machine , a secondary refrigerant, COP.*

1. PENDAHULUAN

Di daerah pantai, untuk mengawetkan ikan ikan hasil laut yang akan dijual, agar tidak cepat membusuk tetapi kondisi ikan ikan hasil laut masih dalam keadaan segar dipergunakan pecahan pecahan es batu. Ikan ikan hasil laut ditempatkan dalam wadah tertentu, kemudian ditaburi dengan pecahan pecahan es batu. Tujuannya adalah, mengkondisikan ikan ikan hasil laut agar berada pada suhu yang rendah. Pada suhu rendah (di bawah 0^{o}C), bakteri tidak aktif dan tidak dapat berkembang biak, sehingga proses pembusukan ikan tidak dapat berlangsung.

Sampai saat ini, proses pengawetan ikan di daerah pantai dengan cara pendinginan masih mempergunakan cara seperti ini. Sistem ini mempunyai beberapa kelemahan. Pertama, proses pendinginan ikan ikan hasil laut berlangsung tidak lama. Dengan berjalannya waktu, es akan mencair. Jika diinginkan ikan ikan hasil laut tetap dalam keadaan dingin, segar dan tidak cepat membusuk, maka es harus segera disediakan dan ikan ikan harus segera ditaburi dengan es kembali. Kedua, sistem pendinginan dengan cara ini tidak praktis dan boros waktu, karena harus menyediakan es cukup banyak dan menyediakan waktu untuk mengangkut es, memecah mecah es, menaburi ikan ikan dengan es dan membuang air dari meleburnya es setiap harinya.

Persoalan di atas dapat diatasi dengan cara lain. Pendinginan ikan hasil laut tidak mempergunakan es, tetapi dengan mempergunakan refrigeran sekunder. Refrigeran sekunder dipilih tidak beku pada suhu di bawah nol derajat celcius. Refrigeran sekunder yang dipergunakan untuk membekukan ikan hasil laut disirkulasikan oleh pompa. Setelah dipergunakan mendinginkan ikan, refrigeran sekunder didinginkan kembali oleh mesin pendingin dan dipompa kembali ke bak pendingin ikan ikan hasil laut. Keuntungan dengan cara ini adalah: (1) Praktis, karena suhu refrigeran sekunder dapat diatur dan dijaga pada suhu

tertentu sesuai yang dikehendaki serta dapat berlangsung secara terus menerus selama mesin pendingin hidup. (2) tidak merepotkan dan tidak boros waktu.

Persoalan inilah yang mendorong penulis untuk melakukan penelitian terhadap model mesin pendingin refrigeran sekunder yang dipergunakan untuk mendinginkan ikan hasil laut dan melakukan penelitian terhadap mesin pendingin tersebut.

2. DASAR TEORI DAN KAJIAN PUSTAKA

a Diagram P-h dan diagram T-s mesin pendingin

Mesin pendingin bekerja dengan mempergunakan siklus kompresi uap. Siklus kompresi uap tanpa proses pendinginan lanjut dan pemanasan lanjut bila digambarkan di dalam diagram p-h dan diagram T-s seperti terlihat pada Gambar 1. Proses pada siklus kompresi uap tersebut meliputi (1) proses kompresi yang berlangsung di kompresor (proses 1-2) (2) proses penurunan suhu gas panas lanjut menjadi gas jenuh dan proses kondensasi yang berlangsung di kondensor (proses 2-3), (3) proses penurunan tekanan yang berlangsung di pipa kapiler (proses 3-4) dan proses pendidihan yang berlangsung di evaporator (proses 4-1). Proses kompresi berlangsung secara isoentropi. Proses pembuangan kalor di kondensor berlangsung secara isobaris. Proses penurunan tekanan berlangsung pada isoenthalpi dan proses penghisapan kalor di evaporator berlangsung secara isobaris. Untuk mendapatkan kondisi refrigeran benar benar dalam keadaan gas panas lanjut sebelum masuk kompresor, biasanya proses kompresi uap disertai dengan pemanasan lanjut, dan untuk mendapatkan refrigeran benar benar dalam keadaan cair sebelum masuk pipa kapiler, pada umumnya proses kompresi uap disertai dengan proses pendinginan lanjut.

b. Energi kalor yang diserap evaporator (Q_L)

Besarnya energi kalor yang diserap evaporator persatuan massa refrigeran (Q_L) dihitung dengan mempergunakan persamaan (1):

$$Q_L = h_1\text{-}h_4 = h_1\text{-}h_3, \text{ kJ/kg} \quad \ldots(1)$$

Pada persamaan (1):

h_1: nilai enthalpi refrigeran keluar dari evaporator dari , kJ/kg.

h_4: nilai enthalpi refrigeran masuk ke evaporator, kJ/kg.

c. Kerja yang dilakukan kompresor (W_{in})

Kerja yang dilakukan kompresor persatuan massa refrigeran (W_{in}) dihitung dengan mempergunakan persamaan (2):

$$W_{in} = h_2\text{-}h_1, \text{ kJ/kg} \quad \ldots(2)$$

Pada persamaan (2)

W_{in}: kerja yang dilakukan kompresor, kJ/kg

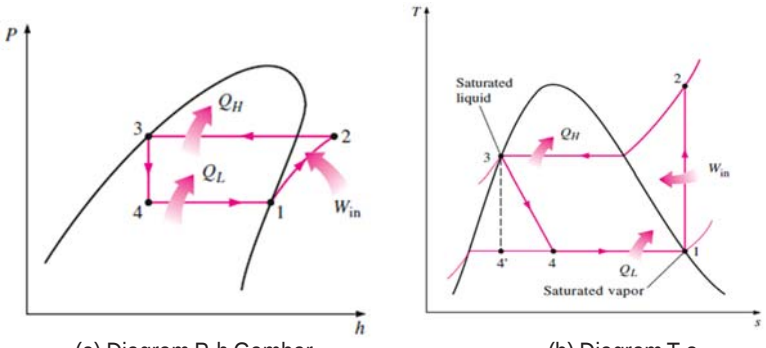
h_2: nilai enthalpi refrigeran keluar dari kompresor, kJ/kg

h_1: nilai enthalpi refrigeran masuk ke kompresor, kJ/kg

d. Energi kalor yang dilepas kondensor

Energi kalor yang dilepas kondensor persatuan massa refrigeran (Q_H) dihitung dengan mempergunakan persamaan (3):

$$Q_H = Q_{out} = h_2\text{-}h_3, \text{ kJ/kg} \quad \ldots(3)$$



(a) Diagram P-h Gambar (b) Diagram T-s

Gambar 1. Siklus kompresi uap pada diagram ph dan diagram T-s

Pada persamaan (3):

h_2: nilai enthalpi refrigeran masuk ke kondenser, kJ/kg

h_3: nilai enthalpi refrigeran keluar dari kondenser, kJ/kg

e. COP_{aktual} mesin pendingin

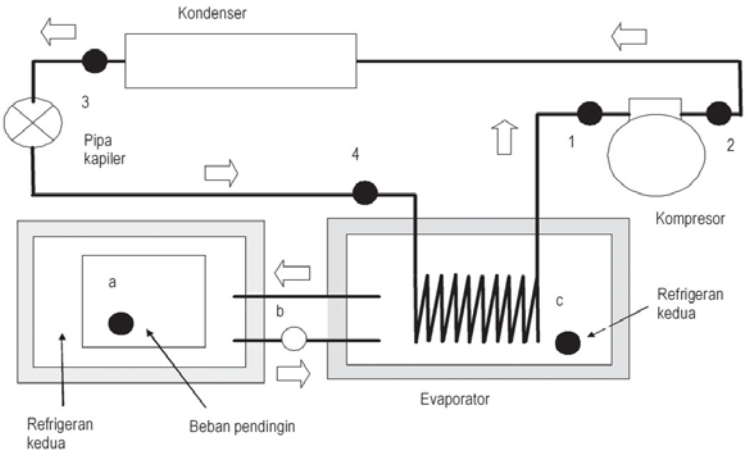
COP_{aktual} mesin pendingin adalah perbandingan antara kalor yang diserap evaporator dengan energi listrik yang diperlukan untuk menggerakkan kompresor. Nilai COP_{aktual} dari mesin pendingin dapat dihitung dengan persamaan (4):

$$COP_{aktual} = Q_L/Q_H = Q_{in}/W_{in} = (h_1-h_4)/(h_2-h_1) \quad ....(4)$$

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Skematik Mesin Pendingin

Skematik mesin pendingin refrigeran sekunder tersaji pada Gambar 2. Titik 1, 2, 3, 4 adalah posisi alat ukur.



1: posisi alat ukur tekanan refrigeran masuk kompresor
2: posisi alat ukur tekanan refrigeran keluar kompresor
3: posisi alat ukur suhu refrigeran masuk kompresor
4: posisi alar ukur suhu refrigeran masuk pipa kapiler

Gambar 2. Skematik Mesin Pendingin Refrigeran Sekunder

3.2 Peralatan Peralatan Penelitian dalam Proses Pengambilan Data

Peralatan utama dan peralatan pendukung yang dipergunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Mesin pendingin refrigeran sekunder dengan siklus kompresi uap.
- Pompa: mensirkulasikan refrigeran sekunder.
- Peralatan ukur tekanan (*pressure gauge*) dan peralatan ukur suhu (termokopel).
- Refrigeran sekunder: etilen glikol.
- Peralatan pencatat waktu: *stopwatch*.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian dilakukan di laboratorium. Pengambilan data (seperti: tekanan dan suhu) dilakukan secara langsung oleh alat ukur yang dipasang pada mesin pendingin.

3.4 Variasi Penelitian

Variasi penelitian dilakukan terhadap panjang pipa evaporator. Panjang pipa evaporator yang dipergunakan adalah: 2,5 m, 3 m, 3,5 m, 4 m dan 4,5 m. Diameter evaporator sebesar 3/16 inci.

3.5 Cara Pengambilan Data

Cara pengambilan data dapat dilakukan sbb:

- Proses pencatatan data dilakukan setelah mesin pendingin dihidupkan.
- Sebelum dipergunakan, semua alat ukur dikalibrasi terlebih dahulu.
- Pengambilan data tekanan dan suhu refrigeran dilakukan setiap selang waktu tertentu.
- Semua data yang diperoleh dicatat.

3.6 Cara Pengolahan Data dan Pembahasan

Pengolahan data dilakukan dengan prosedur sebagai berikut:

- Hasil data suhu dan tekanan rerigeran dipergunakan untuk menggambarkan siklus kompresi uap pada ph diagram R134a.
- Dari siklus kompresi uap, diperoleh semua nilai entalpi di setiap titik yang telah dipilih (h_1, h_2, h_3 , h_4), suhu kondensor dan suhu evaporator.
- Melakukan perhitungan terhadap: COP_{aktual},
- Menampilkan hasil penelitian dalam bentuk grafik.
- Melakukan pembahasan terhadap hasil penelitian.

3.7 Membuat Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan harus dibuat untuk menjawab tujuan dari penelitian. Kesimpulan juga merupakan inti dari pembahasan. Saran diberikan untuk memperbaiki hasil jika pengembangan dari penelitian dilakukan lagi di saat mendatang.

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Pencatatan data suhu dan tekanan hasil penelitian dilakukan berdasarkan data yang ditampilkan oleh alat ukur. Penelitian dilakukan pada kondisi mesin pendingin tak berbeban (refrigeran sekunder belum dipergunakan untuk mendinginkan) dan pada kondisi mesin pendingin berbeban (refrigeran sekunder sudah dipergunakan untuk mendinginkan beban).

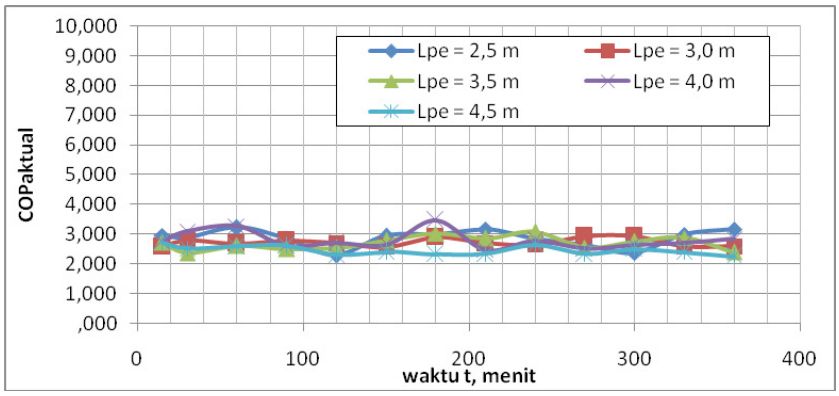
Dari penelitian yang telah dilakukan, diperoleh suatu kepastian bahwa mesin pendingin dapat bekerja dengan baik. Suhu kerja evaporator dengan berjalannya waktu, dapat mencapai suhu minimal -26°C (kondisi tanpa beban), dan dapat mencapai suhu minimal -25°C (kondisi berbeban). Sedangkan suhu kondensor dapat bekerja dan mencapai suhu kerja maksimal 60°C (tanpa beban maupun berbeban).

4.1.1 COP_{aktual} kondisi tak berbeban

Tabel 1 menyajikan nilai COP_{aktual} untuk berbagai panjang pipa evaporator (L_{pe}) dari waktu ke waktu dan Gambar 3 menyajikan nilai COP_{aktual} dari waktu ke waktu dalam bentuk grafik, untuk kondisi tak berbeban.

Tabel 1: Nilai COP_{aktual} untuk Berbagai Panjang Pipa Evaporator, tak Berbeban

Waktu(menit)	COP_{aktual} , tak berbeban				
	L_{pe} =2,5 m	L_{pe} = 3 m	L_{pe} =3,5 m	L_{pe} = 4 m	L_{pe} = 4,5 m
15	2,95	2,59	2,71	2,78	2,73
30	2,90	2,79	2,38	3,10	2,52
60	3,24	2,68	2,62	3,29	2,59
90	2,84	2,79	2,50	2,62	2,62
120	2,30	2,70	2,55	2,73	2,30
150	2,95	2,57	2,79	2,65	2,41
180	3,00	2,89	3,03	3,47	2,33
210	3,17	2,70	2,86	2,48	2,35
240	2,85	2,65	3,09	2,79	2,65
270	2,64	2,94	2,56	2,52	2,35
300	2,39	2,94	2,76	2,66	2,50
330	3,00	2,60	2,89	2,71	2,41
360	3,17	2,60	2,40	2,85	2,25



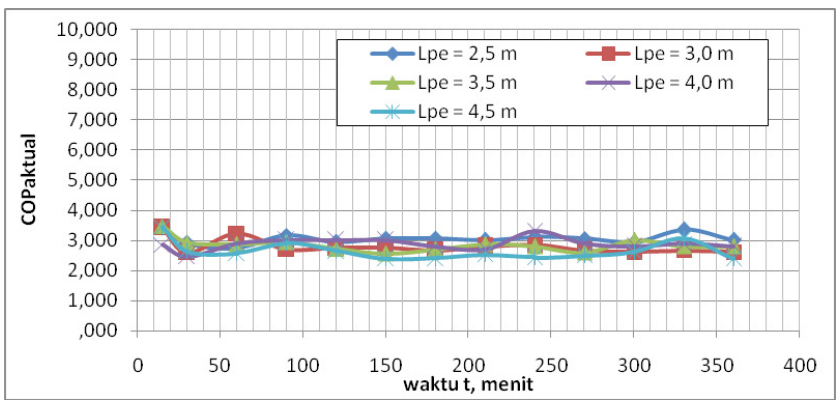
Gambar 3. Nilai COP_{aktual} untuk Berbagai Panjang Pipa Evaporator (Lpe), Kondisi Mesin Pendingin tak Berbeban

4.1.2 COP_{aktual} kondisi berbeban

Tabel 2 menyajikan nilai COP_{aktual} untuk berbagai panjang pipa evaporator dari waktu ke waktu dan Gambar 4 menyajikan nilai COP_{aktual} dari waktu ke waktu dalam bentuk grafik, untuk kondisi berbeban.

Tabel 2: Nilai COP_{aktual} untuk Berbagai Panjang Pipa Evaporator, Berbeban

Waktu(menit)	COP_{aktual},berbeban				
	L_{pe} =2,5 m	L_{pe} = 3 m	L_{pe} =3,5 m	L_{pe} = 4 m	L_{pe} = 4,5 m
15	3,42	3,42	3,47	2,86	3,43
30	2,90	2,60	2,92	2,45	2,64
60	2,75	3,24	2,87	2,90	2,57
90	3,17	2,70	2,95	3,00	2,90
120	2,95	2,75	2,72	3,00	2,65
150	3,05	2,75	2,57	3,00	2,39
180	3,05	2,67	2,69	2,80	2,41
210	3,00	2,80	2,87	2,70	2,52
240	3,11	2,85	2,79	3,29	2,43
270	3,06	2,67	2,60	2,89	2,50
300	2,95	2,62	3,00	2,80	2,61
330	3,35	2,67	2,79	2,89	3,05
360	3,00	2,62	2,79	2,80	2,39



Gambar 4. Nilai COP_{aktual} untuk Berbagai Panjang Pipa Evaporator (Lpe), Kondisi Mesin Pendingin Berbeban

4.2 Pembahasan

Nilai COP_{aktual} baik pada kondisi tak berbeban dan pada kondisi berbeban dari waktu ke waktu mempunyai nilai yang tetap, atau dari waktu ke waktu mengalami perubahan. Perubahan ini kemungkinan disebabkan karena berbagai sebab. Perubahan utama tentu saja disebabkan karena nilai energi kalor yang diserap evaporator persatuan massa refrigeran tidak tetap (Q_{in}) dan atau kerja yang dilakukan kompresor persatuan massa refrigeran (W_{in}) selalu berubah.

Perubahan Q_{in} bisa jadi disebabkan karena kondisi fluida di sekitar evaporator selalu berubah. Lingkungan di sekitar evaporator adalah refrigeran sekunder etilen glikol. Pada penelitian ini, volume etilen glikol yang dipergunakan sebanyak 10 liter, dengan kondisi etilen glikol yang tidak diaduk. Dengan kondisi yang tidak diaduk, maka proses perpindahan kalor yang terjadi dari etilen glikol ke pipa evaporator cenderung tidak merata. Suhu etilen glikol di setiap posisi tidak sama, sehingga kondisi etilen glikol di dekat pipa evaporator senantiasa berubah. Kondisi etilen glikol di dekat pipa evaporator dapat dipastikan bersuhu lebih rendah dibandingkan yang jauh dari pipa evaporator. Idealnya suhu yang tercipta di etilen glikol sama dan merata. Dengan berjalannya waktu suhu etilen glikol menjadi semakin rendah. Isolator yang dipergunakan pada penelitian untuk tempat penampung etilen glikol juga kurang begitu sempurna terisolasi. Suhu etilen glikol yang rendah ternyata berpengaruh terhadap permukaan luar dari isolator penampung etilen glikol. Terlihat adanya titik titik embun di permukaan luar isolator. Semakin dingin suhu etilen glikol, semakin banyak titik titik embun yang terjadi. Pada penelitian ini, penampung etilen glikol terbuat dari plastic setebal 2 mm, kemudian diberi isolator udara setebal 3 cm, dan pada permukaan terluar dilapisi dengan plastik lagi setebal 2 mm. Pada permukaan luar plastik terluar, terjadi pembentukan embun tersebut terasa lebih dingin dibandingkan sebelum mesin bekerja.

W_{in} adalah kerja yang dilakukan kompresor persatuan massa. Pada penelitian ini, jenis kompresor yang dipergunakan adalah kompresor hermetik. Idealnya kerja yang diberikan kompresor tetap. Pada kenyataannya, ketika kompresor bekerja, casing atau rumah kompresor panas. Suhu permukaan casing atau rumah kompresor cukup tinggi, lebih tinggi dari suhu kondensor. Hal ini berarti ada perpindahan kalor dari kompresor ke lingkungan, karena suhu kompresor lebih tinggi dari lingkungan. Dapat dipastikan bahwa energi kalor yang keluar dari kompresor dipengaruhi oleh kondisi udara lingkungan di sekitar kompresor. Jika kondisi udara lingkungan bergerak ataupun ada angin, maka besarnya energi kalor yang dipindahkan dari kompresor ikut pula berubah.

Nilai COP_{actual} dinyatakan dengan Q_{in}/W_{in}. Semakin besar COP_{aktual} semakin menguntungkan, karena dengan besar daya input kompresor yang sama kemampuan mendinginkan semakin besar. Adanya proses pemanasan lanjut pada siklus kompresi uap menegaskan bahwa kondisi gas sebelum masuk kompresor benar benar dalam wujud gas panas lanjut. Kondisi ini memberikan efek baik pada kompresor, selain tidak cepat merusak kompresor, kompresor dapat bekerja dengan baik. Adanya proses pemanasan lanjut juga memberikan efek pada kenaikan COP_{aktual}, karena nilai entalpi dititik 1 atau h_1 semakin besar. Nilai Q_{in} meningkat, karena perbedaan entalpi h_1 dengan h_4 semakin besar. Pada penelitian ini, proses pemanasan lanjut terjadi juga di dalam sistem mesin pendingin. Demikian pula dengan adanya proses pendinginan lanjut, dengan adanya proses pendinginan lanjut, kondisi refrigeran saat memasuki pipa kapiler dalam benar benar dalam kondisi cair. Dengan kondisi cair memudahkan refrigerant mengalir di dalam pipa kapiler. Adanya proses pendinginan lanjut juga memberikan efek pada nilai COP_{aktual}. Nilai COP_{aktual} akan meningkat.

Nilai COP_{aktual} terbesar, terkecil dan rata-rata untuk setiap panjang pipa evaporator (L_{pe}) baik pada kondisi tak berbeban dan pada kondisi berbeban disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3a: Nilai COP_{aktual} dengan Kondisi tanpa Beban

No.	COP_{actual}	L_{pe}=2,5 m	L_{pe}= 3 m	L_{pe}=3,5 m	L_{pe}= 4 m	L_{pe}= 4,5 m
1.	Terbesar	3,24	2,94	3,09	3,47	2,73
2.	Terkecil	2,3	2,57	2,38	2,48	2,25
3.	Rata rata	2,877	2,726	2,703	2,819	2,462

Tabel 3b: Nilai COP_{aktual} dengan Kondisi Berbeban

No.	COP_{actual}	L_{pe}=2,5 m	L_{pe}= 3 m	L_{pe}=3,5 m	L_{pe}= 4 m	L_{pe}= 4,5 m
1.	Terbesar	3,42	3,42	3,47	3,29	3,43
2.	Terkecil	2,75	2,6	2,57	2,45	2,39
3.	Rata rata	3,058	2,797	2,848	2,875	2,653

Dari Tabel 3 nampak bahwa untuk semua panjang pipa evaporator, COP_{aktual} rata rata untuk kondisi berbeban memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan COP_{aktual} dengan kondisi tanpa beban. Untuk kondisi tanpa beban, COP_{aktual} rata rata terbaik dimiliki mesin pendingin dengan mempergunakan panjang pipa evaporator L_{pe}=2,5 m, dengan besar 2,877. Untuk kondisi berbeban, COP_{aktual} rata rata terbaik juga dimiliki mesin dengan mempergunakan panjang pipa evaporator L_{pe}=2,5 m, dengan besar 3,058.

Nilai COP_{aktual} untuk seluruh variasi panjang pipa evaporator selama waktu 8 jam penelitian senantiasi bergerak pada nilai yang tidak tetap. Untuk kondisi tak berbeban, nilai COP_{aktual} bergerak pada kisaran 2,30 s.d. 3,48 dan untuk kondisi berbeban pada kisaran 2,39 s.d 3,47.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian diperoleh kesimpulan bahwa:

1) COP_{aktual} untuk seluruh variasi panjang pipa evaporator selama waktu 8 jam penelitian bergerak pada kisaran nilai 2,30 s.d. 3,48 untuk kondisi tak berbeban dan pada kisaran 2,39 s.d 3,47 untuk kondisi berbeban.
2) COP_{aktual} rata rata untuk kondisi berbeban memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan COP_{aktual} dengan kondisi tanpa beban.
3) Untuk kondisi tanpa beban, COP_{aktual} rata rata terbaik dimiliki mesin pendingin dengan mempergunakan panjang pipa evaporator L_{pe}=2,5 m, dengan besar 2,877 dan untuk kondisi berbeban, COP_{aktual} rata rata terbaik juga dimiliki mesin dengan mempergunakan panjang pipa evaporator L_{pe}=2,5 m, dengan besar 3,058.

5.1 Saran

Beberapa saran yang dapat disampaikan adalah:

1) Untuk mendapatkan siklus kompresi yang mendekati siklus kompresi uap yang baik, sebaiknya dipilih kompresor yang tidak menghasilkan kebocoran kalor yang terlalu besar. Dapat mempergunakan kompresor yang memiliki motor listrik yang terpisah dengan kompresornya.
2) Pemilihan pompa yang dipergunakan mensirkulasikan refrigeran sekunder sebaiknya dipilih jenis pompa yang tidak menghasilkan banyak kebocoran kalor. Dalam hal ini, dapat dipergunakan jenis pompa yang mempunyai motor penggerak yang terpisah dengan pompanya. Alternatip lain dapat dipilih pompa dengan casing berbahan non logam, tetapi tidak meleleh saat terkena aliran kalor.
3) Jika diinginkan kebocoran panas dari pompa refrigeran sekunder dalam jumlah yang sedikit, dapat dilakukan dengan mempergunakan pipa penukar kalor berdiameter yang tepat (tidak kecil).

DAFTAR PUSTAKA

Anwar, Khairil., Effendy Arif, & Wahyu H. Piarah. 2010. "Efek Temperature Pipa Kapiler terhadap Kinerja Mesin Pendingin", *Jurnal Mekanikal,* Vol. 1 No. 1 Januari 2010: 30–3.

Aziz, Azridjal. 2005. "Performansi Mesin Rerigerasi Kompresi Uap terhadap Massa Refrigeran Optimum Menggunakan Refrigeran Hidrokarbon". *Jurnal Teknik Mesin,* Vol 2, No. 1, Juni 2005. ISSN 1829-8959.

Ekadewi A.H., & Agus L. 2002. "Analisis Pengaruh Pipa Kapiler yang Dililitkan pada Line Suction terhadap Performansi Mesin Pendingin". *Jurnal Teknik Mesin,* Vol.4. No.2 Oktober 2002. Pp: 94–98.

Marwan E. 2005. "Usaha Peningkatan Prestasi "Freezer" dengan Melilitkan Pipa Kapiler pada Line Suction". *Seminar Nasional Efisiensi dan Konservasi Energi (*FISERGI)

Witjahjo, Soegeng. 2009. "Uji Prestasi Mesin Pendingin Menggunakan Refrigeran LPG". *Jurnal Austenite,* Volume 1 Nomor 2 Oktober 2009.