

## Pengaruh Variasi Evaporator Terhadap Unjuk Kerja Mesin Pendingin Menggunakan *Refrigerant* R134a

Suyanto<sup>✉</sup>, Ari Setiawan<sup>2</sup>

Teknik Bangunan Kapal Universitas Ivet<sup>1, 2</sup>

DOI: <https://doi.org/10.31331/maristec.v3i1>

### Info Articles

*Sejarah Artikel:*  
Disubmit Mei 2022  
Direvisi Juni 2022  
Disetujui Juli 2022

*Keywords:*  
*Refrigeration machine,*  
*Evaporator, Refrigeration effect,*  
*COP*

### Abstrak

Mesin Pendingin saat ini merupakan peralatan yang tidak bisa dipisahkan dari pemenuhan kebutuhan hidup manusia sehari-hari. Untuk itu penelitian tentang mesin pendingin banyak dilakukan untuk semakin mengoptimalkan kerja dari mesin tersebut. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi panjang pipa evaporator terhadap unjuk kerja mesin pendingin. Pipa evaporator divariasikan dengan panjang 1 meter, 2 meter, dan 3 meter. Parameter lainnya adalah panjang pipa kondensor 10 meter, panjang pipa kapiler 1,6 meter, dan tekanan freon 10Psi. Berdasarkan hasil penagukuran dan perhitungan dari 3 jenis variasi pipa evaporator, dapat disimpulkan bahwa variasi dengan panjang pipa evaporator 1 meter mendapatkan hasil terbaik yaitu dengan suhu rendah rata-rata 0,92°C, efek refrigerasi 113,53 kJ/ kg, serta COP 2,62.

### Abstract

Cooling machines are currently equipment that cannot be separated from human life. For this reason, a lot of research on cooling machines has been carried out to further optimize the work of the machine. This research was conducted to determine the effect of variations in the length of the evaporator pipe on the performance of the cooling machine. Evaporator pipes are varied with a length of 1 meter, 2 meters, and 3 meters. Other parameters are the length of the condenser pipe of 10 meters, the length of the capillary tube of 1.6 meters, and the freon pressure of 10Psi. Based on the results of measurements and calculations of 3 types of evaporator pipe variations, it can be concluded that variations with 1 meter long evaporator pipe get the best results, namely with an average low temperature of 0,92°C, a refrigeration effect of 113.53 kJ/kg, and a COP of 2.62.

✉Alamat Korespondensi: E-mail:  
[suyantosete@yahoo.com](mailto:suyantosete@yahoo.com)

## PENDAHULUAN

Mesin Pendingin saat ini merupakan peralatan yang tidak bisa dipisahkan dari pemenuhan kebutuhan hidup manusia sehari-hari. Untuk itu penelitian tentang mesin pendingin banyak dilakukan untuk semakin mengoptimalkan kerja dari mesin tersebut. Kerja dari sebuah mesin pendingin bisa dinilai dari *coefficient of performance* (COP) yang dimiliki. Semakin besar nilai COP semakin efisien sebuah mesin pendingin. Untuk mengukur COP sistem pendingin ialah dampak refrigerasi dibagi dengan kerja kompresi (Stoecker, 1982). Faktor-faktor yang mempengaruhi COP ialah dampak refrigerasi yang artinya nilai kalor saat keluar evaporator/ masuk kompresor (kJ/kg) dikurangi nilai kalor saat masuk evaporator/ keluar ekspansi (kJ/kg). Kemudian perubahan kerja kompresi yang artinya nilai kalor saat keluar kompresor/ masuk kondensor (kJ/kg) dikurangi nilai kalor saat keluar evaporator/ masuk kompresor (kJ/kg).

Penelitian yang dilakukan Alif (2016), meneliti tentang analisis variasi tipe evaporator menggunakan refrigeran LPG terhadap unjuk kerja mesin pendingin. Penelitian ini dilakukan dengan memasang evaporator pada setiap unit ruang lemari es bagian atas dan ruang lemari es bagian bawah yang disusun secara seri dan paralel yang terdapat pada masing-masing ruang memiliki pemutus atau tanpa pemutus. Hasil penelitian menunjukkan temperatur terendah dihasilkan oleh ruang evaporator tipe seri satu, dengan suhu  $-21,2^{\circ}\text{C}$ . Koefisien Kinerja (COP) dari tipe seri adalah 9,06 untuk satu ruang dan 9,01 untuk dua ruang. Sedangkan COP untuk tipe paralel adalah 10,59 untuk satu ruang dan 13,43 untuk dua ruang. Penggunaan evaporator tipe seri dan tipe paralel dapat diterapkan untuk mendinginkan beberapa ruangan di lemari es.

Nanang dan Rahmat (2015) melakukan penelitian tentang pengaruh variasi diameter tube pipa evaporator dengan *circular fins* terhadap *pressure drops* aliran refrigerant pada sistem refrigerasi. Variasi diameter pipa kapiler yang digunakan adalah 5,435mm, 7,036mm, 8,103mm, 8,407mm, 9,398mm, 10,338mm, 11,278mm, 12,5mm, 12,954mm, dan 14,224mm. Hasil yang diperoleh dari penelitian adalah pipa evaporator untuk biaya perancangan yang optimum dipilih dengan diameter dalam 9,398mm dan diameter luar 12,7mm dengan panjang pipa 5,08m karena ukuran dan panjang pipa yang tidak terlalu besar dan panjang.

Maulana dan Putra (2015) meneliti tentang variasi beban pendinginan pada evaporator mesin pendingin Difusi Absorpsi R22-DMF. Penelitian dilakukan dengan memvariasikan beban pendinginan pada kabin evaporator dengan memasang heater elektrik yang dilengkapi dengan voltage regulator. Hasil yang diperoleh dari pengujian beban pendinginan pada evaporator, yaitu semakin tinggi beban pendinginan maka COP dari sistem pendingin akan semakin tinggi.

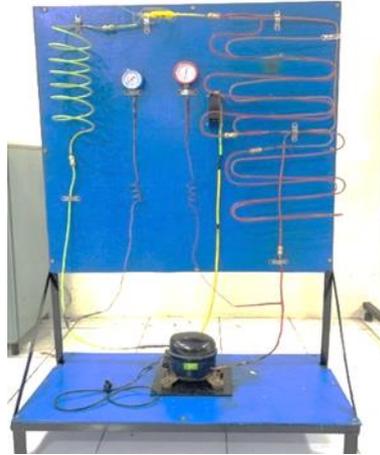
Almaududi (2020) meneliti tentang pengaruh laju aliran udara masuk evaporator terhadap kapasitas pendinginan (COP) dan Kelembaban udara pada sistem refrigerasi AC. Penelitian difokuskan pada pengaruh variasi kecepatan udara pada evaporator terhadap kelembaban udara dan kapasitas pendinginan (COP) pada AC ruangan kapasitas 1 PK. Hasil penelitian adalah bahwa laju aliran udara masuk evaporator mempengaruhi perubahan suhu pada evaporator dan kondensor. Semakin besar kecepatan aliran udara masuk evaporator maka nilai COP akan semakin meningkat. Hal ini terjadi karena peningkatan kecepatan aliran udara masuk pada evaporator akan mempercepat pertukaran kalor yang akan meningkatkan COP.

Hendri dkk (2014) melakukan eksperimen terhadap pengaruh temperatur evaporasi atas unjuk kerja mesin pendingin dengan refrigerant R134a dan MC134. Parameter-parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah pengaruh tekanan optimal pada kompressor, temperatur kondensor, temperatur evaporator, dan beban pendinginan terhadap kinerja mesin pendingin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tekanan refrigeran optimal untuk refrigerant R134a terjadi pada tekanan 20 bar-g, dan untuk refrigerant MC134 pada tekanan 25 bar-g.

Ridwan (2005) melakukan penelitian tentang unjuk kerja freon R12 dan R134a terhadap variasi beban pendingin pada sistem refrigerasi 75W. Proses yang dilakukan adalah beban pendinginan berupa air dimasukkan dalam refrigerator dengan variasi volume 100 ml, 200ml, dan 300ml pada temperatur  $28^{\circ}\text{C}$ . Penurunan temperatur air dicatat setiap 5 menit hingga temperature air mencapai  $0^{\circ}\text{C}$ . Temperatur keluar – masuk kondensor, evaporator dan tekanan keluar pipa kapiler, kompressor masing-masing diukur dengan alat termometer digital dan pressure gauge. Data hasil penelitian menunjukkan bahwa pada masing-masing variasi beban pendingin COP untuk R.134a lebih tinggi dibanding COP R.12.

Pada penelitian ini dilakukan percobaan dengan peraga mesin pendingin menggunakan freon R134a dengan variasi panjang pipa evaporator. Tujuan yang ingin didapatkan adalah untuk mencari panjang pipa evaporator optimum yang tepat untuk digunakan pada peraga mesin pendingin tersebut.

## METODE



Gambar 1. Alat peraga sistem refrigerasi

Penelitian dilakukan dengan alat peraga system refrigerasi seperti pada Gambar 1, dengan spesifikasi kompresor 1/8 PK, kondensor dengan diameter 4,7 mm dan panjang 10m, pipa kapiler berdiameter 0,028 inchi dan panjang 1,6m, dan refrigerant R134a dengan tekanan 10psi. Adapun variasi dilakuka pada pipa evaporator dengan diameter 5,5mm dan panjang evaporator 1m, 2m, dan 3m.

Proses yang dilakukan pertama adalah melakukan vakum terhadap alat refrigerasi dengan pompa vakum hingga tekanan -30psi. Selanjutnya dilakukan pengisian freon R314a hingga tekanan 10psi. Setelah itu dilakukan pengukuran tekanan tinggi, tekanan rendah, suhu kondensor, suhu evaporator, serta arus listrik, serta panjang bunga es yang terbentuk pada bagian evaporator. Proses serupa dilakukan pada variasi panjang pipa evaporator 1m, 2m, dan 3m.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran data untuk variasi pipa evaporator dengan panjang 1 meter, 2 meter, dan 3 meter ditunjukkan pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3.

Tabel 1. Hasil pengukuran pada variasi panjang pipa evaporator 1m

Waktu (Menit)	Arus (A)	Tekanan Rendah (Psi)	Tekanan Tinggi (Psi)	Suhu Kondensor (°C)	Suhu Evaporator (°C)	Panjang Bunga Es (Cm)
1	0.74	10	165	51.4	2.0	110
2	0.74	10	160	52.8	1.2	117
3	0.74	10	160	53.6	0.2	121
4	0.74	10	160	55.5	0.5	130
5	0.74	10	160	57.7	0.7	138
<b>Rata-Rata</b>	0.74	10	161	54.2	0,92	123

Tabel 2. Hasil pengukuran pada variasi panjang pipa evaporator 2m

Waktu (Menit)	Arus (A)	Tekanan Rendah (Psi)	Tekanan Tinggi (Psi)	Suhu Kondensor (°C)	Suhu Evaporator (°C)	Panjang Bunga Es (Cm)
1	0.76	10	160	49.0	3.6	93
2	0.76	10	165	49.5	3.2	110
3	0.76	10	165	51.0	2.2	115
4	0.76	10	165	52.1	1.5	115
5	0.76	10	168	52.7	0.9	116
<b>Rata-Rata</b>	0.76	10	165	50.76	2.28	110

Tabel 3. Hasil pengukuran pada variasi panjang pipa evaporator 3m

Waktu (Menit)	Arus (A)	Tekanan Rendah (Psi)	Tekanan Tinggi (Psi)	Suhu Kondensator (°C)	Suhu Evaporator (°C)	Panjang Bunga Es (Cm)
1	0.79	10	185	47.7	3.2	82
2	0.79	10	190	49.1	2.4	94
3	0.79	10	190	53.6	1.1	106
4	0.79	10	190	54.2	0.9	110
5	0.79	10	190	55.2	0.8	116
<b>Rata-Rata</b>	0.79	10	189	1.96	1.68	102

Harga entalpi (h) pada titik sebelum kompresor (h1), setelah keluar kompresor (h2), sebelum masuk pipa kapiler (h3), dan sesudah keluar pipa kapiler (h4) didapatkan melalui Mollier Diagram R-134a, dengan menggunakan data tekanan dan suhu pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3. Adapun harga entalpi yang didapatkan ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Harga entalpi (h) dari masing-masing variasi evaporator

Variasi Evaporator	h1 kJ/kg	h2 kJ/kg	h3 kJ/kg	h4 kJ/kg
1 meter	227,8	271,0	114,28	114,28
2 meter	227,8	273,9	117,8	117,8
3 meter	227,8	276,2	126,6	126,6

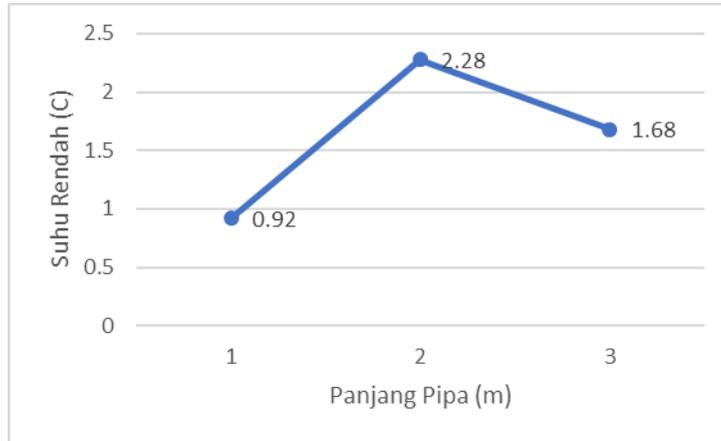
Harga entalpi pada Tabel 4 selanjutnya digunakan untuk menghitung efek refrigerasi (qe), kerja kompresi (qw), daya kompresi (P), laju aliran massa (Mref), kalor yang dilepas kondensor (qc), kerja kondensor (Qc), coefficient of performance (COP), dengan persamaan berikut :

- Efek Refrigerasi  
 $q_e = h_1 - h_4$  ..... (1)
- Kerja Kompresi  
 $q_w = h_2 - h_1$  ..... (2)
- Daya Kompresi (Estimasi Power Facto = 0,8)  
 $P = V \times I \times \cos \theta$  ..... (3)
- Laju Aliran Massa  
 $M_{ref} = \frac{P}{q_e}$  ..... (4)
- Kalor yang dilepaskan Kondensor  
 $q_c = h_2 - h_3$  ..... (5)
- Kerja Kondensor  
 $Q_c = M_{ref} \times q_c$  ..... (6)
- COP Aktual  
 $COP \text{ Aktual} = \frac{q_e}{q_w}$  ..... (7)

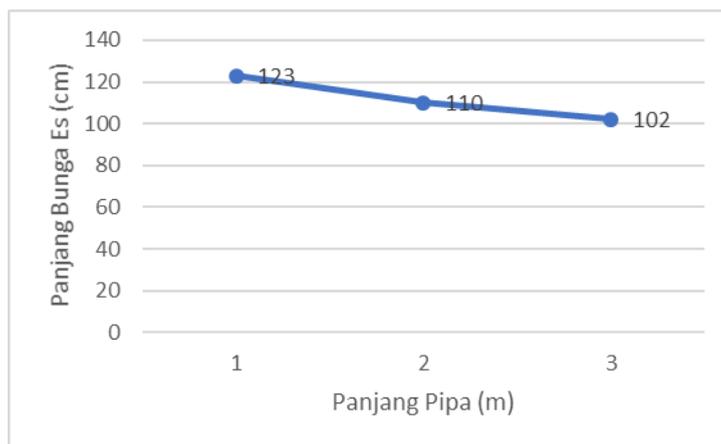
Tabel 5. Harga kalor dari tiap variasi evaporator

Variasi Evaporaor	qe (kJ/kg)	qw (kJ/kg)	P (kW)	Mref (kg/s)	qc (kJ/kg)	Qc (kJ/s)	COP
1 meter	113,52	43,2	0,172	1,51 x 10 <sup>-6</sup>	156,72	2,366 x 10 <sup>-4</sup>	2.62
2meter	110	46,1	0,136	1,236 x 10 <sup>-6</sup>	156,1	2,022 x 10 <sup>-4</sup>	2.38
3 meter	101,2	48,4	0,145	1,432 x 10 <sup>-6</sup>	149,6	2,142 x 10 <sup>-4</sup>	2.09

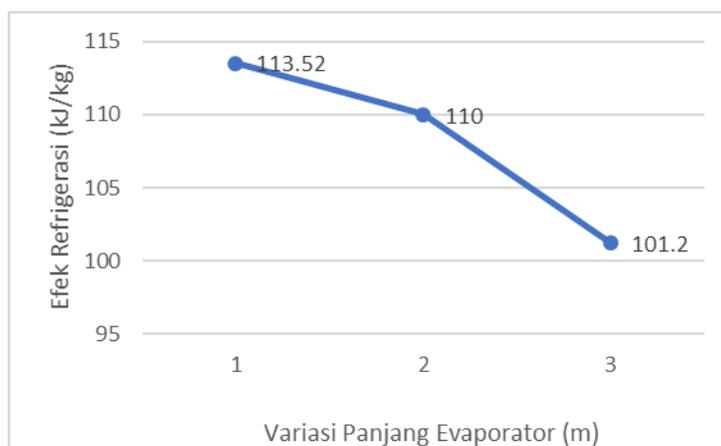
Indikator yang digunakan untuk menilai unjuk kerja mesin pendingin adalah seberapa dingin suhu yang dihasilkan oleh evaporator, seberapa besar efek refrigerasi yang dihasilkan, berapa nilai COP yang dihasilkan, serta secara fisis bisa dilihat dari ukuran bunga es yang ditimbulkan pada evaporator. Untuk membandingkan data-data tersebut yang dihasilkan dalam eksperimen yang menggunakan ketiga variasi evaporator disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 2, Gambar 3, Gambar 4, dan Gambar 5.



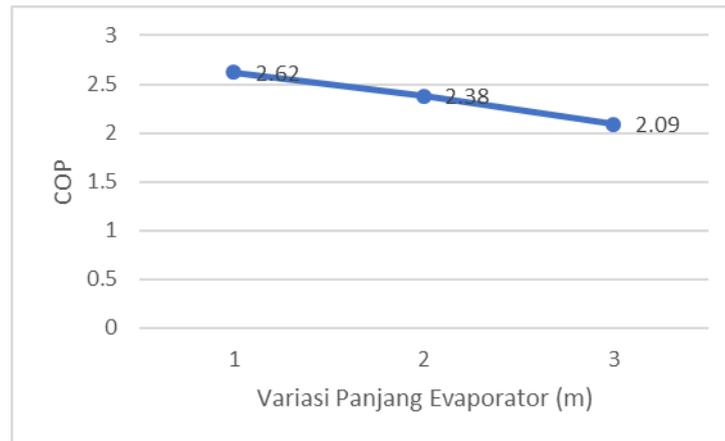
Gambar 2. Pengaruh panjang pipa evaporator terhadap suhu evaporator (rendah)



Gambar 3. Pengaruh panjang pipa evaporator terhadap ukuran bunga es pada evaporator



Gambar 4. Pengaruh panjang pipa evaporator terhadap efek refrigerasi



Gambar 5. Pengaruh panjang pipa evaporator terhadap COP

Grafik pada Gambar 2 menunjukkan bahwa suhu evaporator terendah dihasilkan oleh penggunaan pipa evaporator dengan panjang 1 meter yaitu  $0,92^{\circ}\text{C}$ . Sementara itu pipa kapiler dengan panjang 2 meter dan 3 meter menghasilkan suhu yang lebih tinggi, berturut-turut adalah  $2,28^{\circ}\text{C}$  dan  $1,68^{\circ}\text{C}$ . Pada pipa evaporator yang dingin akan terbentuk bunga es yang berasal dari pembekuan uap air yang terdapat pada udara sekitar evaporator. Semakin dingin evaporator tentunya akan terbentuk bunga es dengan ukuran lebih tebal atau panjang. Grafik pada Gambar 3 menunjukkan panjang pipa evaporator yang terselubungi bunga es, dimana pipa evaporator dengan panjang 1 meter terdapat bunga es dengan ukuran paling panjang yaitu 123 cm. Sementara itu variasi pipa evaporator dengan panjang 2m dan 3m diselubungi bunga es dengan ukuran yang lebih pendek, yaitu masing-masing adalah 110cm dan 102cm.

Indikator unjuk kerja mesin pendingin dari hasil perhitungan ditunjukkan dengan efek refrigerasi dan *coefficient of performance* (COP) yang dihasilkan. Semakin tinggi nilai indikator tersebut maka semakin baik kinerjanya. Semakin besar nilai COP semakin efisien sebuah mesin pendingin. Untuk mengukur COP sistem pendingin ialah dampak refrigerasi dibagi dengan kerja kompresi (Stoecker, 1982). Grafik pada Gambar 4 menunjukkan bahwa efek refrigerasi yang dihasilkan oleh mesin pendingin yang menggunakan variasi evaporator dengan panjang 1 meter menghasilkan nilai tertinggi yaitu 115,52 kJ/kg. Sementara itu penggunaan variasi pipa evaporator dengan panjang 2 meter dan 3 meter menghasilkan efek refrigerasi yang lebih rendah, yaitu masing-masing 110 kJ/kg dan 101,2 kJ/kg. Adapun nilai COP tertinggi dihasilkan dengan penggunaan evaporator dengan panjang 1 meter dengan COP 2,62. Sementara itu COP yang dihasilkan dengan pemakaian evaporator 2 meter dan 3 meter berturut-turut adalah 2,38 dan 2,09. Dari semua indikator yang digunakan menunjukkan bahwa panjang evaporator 1 meter adalah pilihan paling baik untuk digunakan pada alat peraga system refrigerasi.

## KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh adalah :

1. Data yang dihasilkan dari pengukuran menunjukkan bahwa evaporator dengan panjang 1m menghasilkan efek pendinginan terbaik yaitu dengan suhu yang dihasilkan paling rendah sebesar  $0,92^{\circ}\text{C}$  dan panjang bunga 123cm.
2. Efek refrigerasi dan COP yang diperoleh dari hasil perhitungan menunjukkan bahwa evaporator dengan panjang 1m menghasilkan efek refrigerasi terbesar yaitu 113,52 kJ/kg dan COP terbesar yaitu 2,62.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akhmad Syukri Maulana, Ary Bachtiar Khrisna Putra, (2015), Studi Eksperimen Variasi Beban Pendinginan pada Evaporator Mesin Pendingin Difusi Absorpsi R22-DMF, JURNAL TEKNIK ITS Vol. 4, No. 1
- Alif Puspita Ningrum, D. L. 2016. Analisis Variasi Tipe Evaporator dengan Refrigeran LPG Terhadap Unjuk Kerja Mesin Refrigerator, *Volume 9, Nomor 1*, 49-54.

- Hendri, Prayudi, Roswati Nurhasanah, (2014), Studi Eksperimental Pengaruh Temperatur Evaporasi Terhadap Unjuk Kerja Mesin Pendingin Dengan Refrigerant R134a dan MC134, Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIII (SNTTM XIII) Depok, 15 – 16 Oktober 2014.
- M. Almaududi, (2020), Pengaruh Laju Aliran Udara Masuk Evaporator Terhadap Kapasitas Pendinginan (Coefficient Of Performance) Dan Kelembapan Udara Pada Sistem Refrigerasi Air Condition, Edu Elekrika Journal Vol. 9 No. 1.
- Nanang Rahayu, Rahmat Wahyudi (2015), Pengaruh Variasi Diameter Tube Pipa Evaporator dengan Circular Fins Terhadap Pressure Drop Aliran Refrigerant Pada Sistem Refrigerasi, Sinergi, Vol. 19, No. 1.
- Ridwan, (2005), Perbandingan Unjuk Kerja Freon R-12 dan R 134a Terhadap variasi Beban Pendinginan pada Sistem Refrigerator 75W, Prosiding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin IV, Universitas Udayana, Bali, 21-22 Nopember 2005.
- Stoecker, Wilbert F., and Jones, Jerold W. 1982. Refrigerasi dan Pengkondisian Udara. Jakarta : Erlangga.