

## ANALISIS ALIRAN PANAS DI KONDENSOR DAN EVAPORATOR PADA SISTEM PENDINGIN WATER CHILLER MENGGUNAKAN VARIASI SUHU DENGAN METODE LMTD

- 1) Program Studi Teknik Mesin, Universitas Yudharta, Pasuruan, Indonesia
- 2) Dosen Program Studi Teknik Mesin, Universitas Yudharta, Pasuruan, Indonesia

Corresponding email <sup>1)</sup>:  
[setyobudisantoso04@gmail.com](mailto:setyobudisantoso04@gmail.com)  
Corresponding email <sup>2)</sup>:  
[mohammad.effendi@yudharta.ac.id](mailto:mohammad.effendi@yudharta.ac.id)

Received: 25-08-2023  
Accepted: 29-08-2023  
Published: 28-12-2023

©2023 Politala Press.  
All Rights Reserved.

Setyo Budi Santoso <sup>1)</sup>, Mohammad Effendi <sup>2)</sup>

**Abstrak.** Sistem water chiller merupakan sebuah sistem yang berfungsi sebagai penghasil air dingin jumlah banyak melalui siklus pendingin. Air dingin dalam jumlah banyak digunakan perusahaan untuk mendinginkan ruangan dan mesin-mesin produksi. Keberhasilan dalam memproduksi air dingin didukung oleh pengaturan parameter dari sistem itu sendiri. Pengaturan parameter yang kurang sesuai berakibat pada turunnya nilai COP sistem water chiller. Pada penelitian ini berfokus pada menganalisa aliran panas di kondensor dan evaporator dengan menggunakan variasi suhu pendinginan. Hasil dari analisa diolah dengan menggunakan metode LMTD (Logarithmic Mean Temperature Difference). Dari hasil penelitian dengan menggunakan variasi suhu pendinginan 3,5°C, 5°C, dan 7°C didapatkan hasil pengaturan parameter optimal pada variasi suhu 5°C, dengan nilai COP 6,1 serta LMTD kondensor 3,97 dan LMTD evaporator 1,49.

**Kata Kunci:** COP, Variasi Suhu, LMTD, Optimasi

**Abstract.** As a producer of cold water in large quantities used by PT. XYZ Pasuruan to cool the room and production machines, one of the most important elements is to use a water chiller system. Success in producing cold water is supported by optimal parameter settings in the system. Less than optimal settings result in a decrease in the COP value of the water chiller system. This research was conducted to analyze the heat flow in the condenser and evaporator using temperature variations in the water chiller system. Data processing was carried out using the Logarithmic Mean Temperature Difference (LMTD) method. From the results of research using temperature variations, the optimal settings for the water chiller system were obtained, namely at a temperature variation of 5°C with a COP of 6.1 and an LMTD value of 3.97 for the condenser and 1.49 for the evaporator.  
**Keywords:** COP, Temperature Variations, LMTD, Optimization

To cite this article: <https://doi.org/10.34128/je.v10i2.258>

### 1. Pendahuluan

Kebutuhan air dingin pada dunia industri semakin tinggi, dalam pemanfaatannya untuk mendinginkan ruangan serta mesin-mesin produksi. Oleh karena itu perusahaan menggunakan sistem pendinginan water chiller untuk upaya menghasilkan air dingin dalam jumlah banyak. Water Chiller adalah mesin refrigerasi yang berfungsi untuk mendinginkan air pada sisi evaporatornya [1]. Seiring bertambahnya pemakaian membuat performa sistem pendingin water chiller menjadi menurun, oleh karena itu perlu adanya pengaturan parameter yang lebih optimal yang digunakan dalam proses penukaran kalor. Adanya upaya dari perusahaan untuk mengganti parameter *set point* yang semula 5°C menjadi 7°C yang dianggap kecil dalam penggunaan energi listrik. Karakteristik yang menentukan kinerja suatu *heat exchanger* dapat dilihat dari efisiensinya dalam pertukaran panas [2]. Dalam penggunaannya, sistem *water chiller* ini memerlukan pengaturan parameter yang optimal agar dapat beroperasi

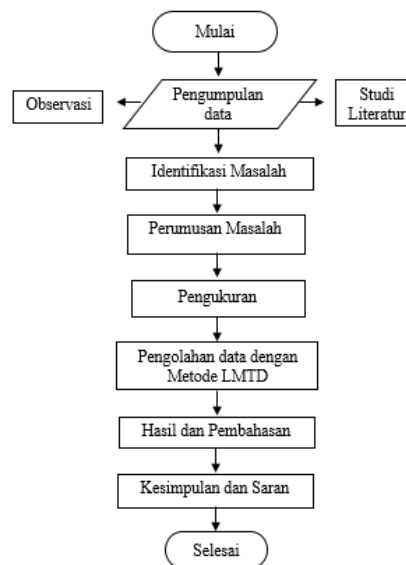
secara optimal dan efisien. Sistem refrigerasi pada bangunan besar atau yang digunakan untuk mendinginkan mesin produksi pada dunia industri memang membutuhkan efisiensi energi [3].

Dari sini penulis ingin menganalisa aliran panas di kondensor dan evaporator sistem pendingin water chiller di PT.XYZ Pasuruan. Pada penelitian menggunakan pendekatan metode *Logarithmic Mean Temperature Difference* (LMTD), yaitu metode perhitungan dengan memanfaatkan perbedaan suhu antara air pendingin pada kondensor dan air dingin pada evaporator. Pendekatan menggunakan metode LMTD dapat digunakan jika diketahui temperatur fluida saat masuk dan keluar, sehingga dapat ditentukan koefisien dari perpindahan panas [1]. Harga koefisien perpindahan kalor untuk suatu alat penukar kalor selalu mengalami perubahan selama pemakaian [4]. Tujuan dari analisa ini adalah untuk mencari pengaturan parameter *set point* yang optimal untuk sistem water chiller ini. Semakin besar nilai LMTD dan semakin besar nilai efektivitasnya maka kinerja heat exchanger semakin bagus [5].

Pembahasan yang pernah dilakukan adalah Pengukuran Efisiensi Perpindahan Panas pada *Heat Exchanger Shell and Tube* dengan metode *Log Mean Temperature Difference* (LMTD) [1], disertai Analisa Kinerja Refrigerasi Water Chiller pada PT. GMF AEROASIA [6], serta Analisis Perpindahan Panas pada Kondensor dengan Metode LMTD pada Proses Pirolisis Ampas Kelapa [7]. Oleh karena itu, dalam penelitian analisa aliran panas di kondensor dan evaporator dilakukan dengan menggunakan pendekatan Metode LMTD.

## 2. Metodologi

Pendekatan menggunakan metode *Logarithmic Temperature Mean Difference* (LMTD) dapat dilakukan jika diketahui temperatur fluida saat masuk dan keluar, sehingga LMTD dapat dengan mudah dihitung [8]. Diagram alir penelitian dapat digambarkan sebagai berikut:



**Gambar 1.** Diagram alir penelitian

Pada penelitian ini menggunakan jenis aliran berlawanan arah antara fluida panas (refrigeran) dengan fluida dingin (air). Untuk menentukan nilai LMTD dengan aliran berlawanan arah yaitu dengan menggunakan rumus sebagai berikut [9]:

$$LMTD = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \left( \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} \right)} \quad (1)$$

Kapasitas pembungan kalor pada kondensor dan penyerapan pada evaporator dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Q_c = \dot{m} \times (h_2 - h_3) \quad (2)$$

$$Q_e = \dot{m} \times (h_1 - h_4) \quad (3)$$

Koefisien perpindahan kalor menyeluruh dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut [10]:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_o} + \frac{1}{h_i}} \quad (4)$$

Laju perpindahan kalor dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Q = \dot{m} \times (h_2 - h_1) \quad (5)$$

Luas penampang perpindahan kalor dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$A = \frac{Q}{U \times LMTD} \quad (6)$$

Perbandingan besarnya kalor yang diserap oleh evaporator dengan daya kerja yang dilakukan oleh kompresor menjadi acuan untuk menentukan besarnya COP [11]. *Coefficient of Performance* (COP) dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$COP = \frac{(h_1 - h_4)}{(h_2 - h_1)} \quad (7)$$

Perpindahan kalor dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$q = \dot{m} \times c \times \Delta T \quad (8)$$

**Keterangan:**

- $\Delta T_1$  = Temperatur refrigeran masuk – Temperatur air keluar (°C)
- $\Delta T_2$  = Temperatur refrigeran keluar – Temperatur air masuk (°C)
- Q = Laju perpindahan kalor
- U = Koefisien perpindahan kalor
- A = Luas penampang perpindahan kalor
- ho = Temperatur refrigeran keluar
- hi = Temperatur refrigeran masuk
- COP = Coefficient of Performance
- h1, h2, h3, h4 = enthalpi
- $\dot{m}$  = massa fluida
- c = kalor jenis zat
- $\Delta T$  = perbedaan suhu

Pada tahap pengumpulan data aktual dengan *set point* 5°C didapatkan data sebagai berikut:

**Tabel 1.** Data kondensor aktual dilapangan

No	Data kondensor	Pressure In (kPa)	Pressure Out (kPa)	Temp. In (°C)	Temp. Out (°C)
1	Refrigeran	131	131	35	31,6
2	Air	230	150	28,5	30

**Tabel 2.** Data evaporator aktual dilapangan

No	Data evaporator	Pressure In (kPa)	Pressure Out (kPa)	Temp. In (°C)	Temp. Out (°C)
1	Refrigeran	37	37	2,7	5,2
2	Air	400	300	6,1	5

**Tabel 3.** Flow rate aktual

No	Komponen	Flow rate (m <sup>3</sup> /jam)	Flow rate (kg/s)
1	Kondensor	357,6	99,33
2	Evaporator	256,4	71,22

**3. Hasil dan Pembahasan**

Hasil pengujian pada sistem water chiller dengan menggunakan variasi suhu 3,5°C, 5°C, 7°C selama 30 menit didapatkan hasil sebagaimana ditunjukkan pada Tabel berikut:

**Tabel 4.** Data pengujian dengan *set point* 3,5°C

No	Komponen	Jenis Fluida	Pressure In (kPa)	Pressure Out (kPa)	Temp. In (°C)	Temp. Out (°C)
1	Kondensor	Refrigeran	140	140	37,1	34,2
		Air	230	150	28,5	30,0
2	Evaporator	Refrigeran	35	35	1,4	3,8
		Air	400	300	6,1	3,5

**Tabel 5.** Data pengujian dengan *set point* 5°C

No	Komponen	Jenis Fluida	Pressure In (kPa)	Pressure Out (kPa)	Temp. In (°C)	Temp. Out (°C)
1	Kondensor	Refrigeran	131	131	35	31,6
		Air	230	150	28,5	30,0
2	Evaporator	Refrigeran	37	37	2,7	5,2
		Air	400	300	6,1	5

**Tabel 6.** Data pengujian dengan *set point* 7°C

No	Komponen	Jenis Fluida	Pressure In (kPa)	Pressure Out (kPa)	Temp. In (°C)	Temp. Out (°C)
----	----------	--------------	-------------------	--------------------	---------------	----------------

1	Kondensor	Refrigeran	114	114	31,1	28,1
		Air	230	150	28,5	30,0
2	Evaporator	Refrigeran	40	40	4,7	5,2
		Air	400	300	6,1	5,9

Tabel 7. Perubahan enthalpi saat pengujian

No	Set Point (°C)	h1 (kJ/kg)	h2 (kJ/kg)	h3 (kJ/kg)	h4 (kJ/kg)
1	3,5	379	405	233	233
2	5	380	404	234	234
3	7	381	399	230	230



Gambar 2. Konsumsi energi dari set point 3,5°C, 5°C, 7°C (Berurutan dari kiri)

Dari hasil data yang diperoleh, selanjutnya dilakukan perhitungan data pada setiap set point sebagai berikut,

- Contoh perhitungan pada set point 3,5°C

1) Kondensor

- LMTD kondensor

Jika diketahui,

$$\Delta T1 = 37,1 - 30 = 7,1^\circ\text{C}$$

$$\Delta T2 = 34,2 - 28,5 = 5,7^\circ\text{C}$$

$$\text{Maka, LMTD} = \frac{\Delta T1 - \Delta T2}{\ln\left(\frac{\Delta T1}{\Delta T2}\right)} = \frac{7,1 - 5,7}{\ln\left(\frac{7,1}{5,7}\right)} = 6,37$$

- Kapasitas pembuangan kalor (Qc) pada kondensor

Jika diketahui,

$$q_c = h_2 - h_3 = 405 - 233 = 172 \text{ kJ/kg}$$

$$\dot{m} = Q_w/q_w$$

$$= 170,788 \text{ kW}/(h_2 - h_1)$$

$$= 170,788 \text{ kW}/(405 \text{ kJ/kg} - 379 \text{ kJ/kg}) = 6,57 \text{ kg/s}$$

Maka,

$$Q_c = \dot{m} \times q_c \text{ atau } \dot{m} \times \Delta h$$

$$= 6,57 \text{ kg/s} \times (h_2 - h_3)$$

$$= 6,57 \text{ kg/s} \times 172 \text{ kJ/kg} = 1130,04 \text{ kJ/s}$$

- Koefisien perpindahan kalor (U) pada kondensor

Jika diketahui,

$$h_{in} = 37,1^\circ\text{C}$$

$$h_{out} = 34,2^\circ\text{C}$$

$$\text{maka, } U = \frac{1}{\frac{1}{h_o} + \frac{1}{h_i}} = \frac{1}{\frac{1}{34,2} + \frac{1}{37,1}}$$

$$= \frac{1}{0,029 + 0,027} = 17,86 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$$

- Laju perpindahan kalor (Q) pada kondensor

Jika diketahui,

$$\dot{m} = 6,57 \text{ kg/s}$$

$$h_1 = 379 \text{ kJ/kg}$$

$$h_2 = 405 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{Maka, } Q = \dot{m} \times (h_2 - h_1)$$

$$= 6,57 \text{ kg/s} \times (405 \text{ kJ/kg} - 379 \text{ kJ/kg}) = 170,82 \text{ Watt}$$

- Luas penampang perpindahan kalor (A) pada kondensor

Jika diketahui:

$$Q = 170,82 \text{ Watt}$$

$$U = 17,86 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{LMTD} = 6,37$$

$$\text{Maka, } A = \frac{Q}{U \times \text{LMTD}} = \frac{170,82}{17,86 \times 6,37} = 1,5 \text{ m}^2$$

2) Evaporator

- LMTD evaporator

Jika diketahui,

$$\Delta T1 = 3,5 - 1,4 = 2,1^\circ\text{C}$$

$$\Delta T2 = 6,1 - 3,8 = 2,3^\circ\text{C}$$

$$\text{Maka, LMTD} = \frac{\Delta T1 - \Delta T2}{\ln\left(\frac{\Delta T1}{\Delta T2}\right)} = \frac{2,1 - 2,3}{\ln\left(\frac{2,1}{2,3}\right)} = 2,20$$

- Kapasitas penyerapan kalor (Qe) pada evaporator

Jika diketahui,

$$q_e = h_1 - h_4 = 379 - 233 = 146 \text{ kJ/kg}$$

$$\dot{m} = 6,57 \text{ kg/s}$$

$$\text{Maka, } Q_e = \dot{m} \times q_e \text{ atau } \dot{m} \times \Delta h$$

$$Q_e = \dot{m} \times (h_1 - h_4)$$

$$Q_e = 6,57 \text{ kg/s} \times 146 \text{ kJ/kg} = 959,22 \text{ kJ/s}$$

- Koefisien perpindahan kalor (U) pada evaporator

Jika diketahui,

$$h_{in} = 1,4^\circ\text{C}$$

$$h_{out} = 3,8^\circ\text{C}$$

$$\text{Maka, } U = \frac{1}{\frac{1}{h_o} + \frac{1}{h_i}} = \frac{1}{\frac{1}{3,8} + \frac{1}{1,4}}$$

$$= \frac{1}{0,26 + 0,72} = 1,02 \text{ W/m}^2\text{C}$$

- Laju perpindahan kalor (Q) pada evaporator

Jika diketahui,

$$\dot{m} = 6,57 \text{ kg/s}$$

$$h_1 = 379 \text{ kJ/kg}$$

$$h_2 = 405 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{Maka, } Q = \dot{m} \times (h_2 - h_1)$$

$$= 6,57 \text{ kg/s} \times (405 \text{ kJ/kg} - 379 \text{ kJ/kg}) = 170,82 \text{ Watt}$$

- Luas penampang perpindahan kalor (A) pada evaporator

Jika diketahui,

$$Q = 170,82 \text{ Watt}$$

$$U = 1,02 \text{ W/m}^2$$

$$\text{LMTD} = 2,20$$

$$\text{maka, } A = \frac{Q}{U \times \text{LMTD}} = \frac{170,82}{1,02 \times 2,20} = 76,12 \text{ m}^2$$

- COP sistem pendingin pada set point 3,5°C

Jika diketahui,

$$h_1 = 379 \text{ kJ/kg}$$

$$h_2 = 405 \text{ kJ/kg}$$

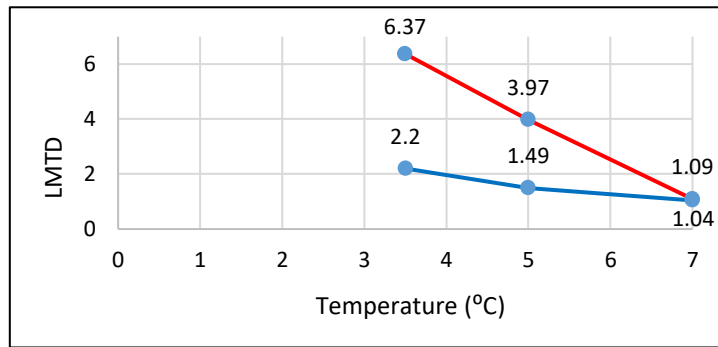
$$h_3 = h_4 = 233 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{Maka, COP} = \frac{(h_1 - h_4)}{(h_2 - h_1)} = \frac{(379 - 233)}{(405 - 379)} = 5,6$$

Tabel 8. Hasil perhitungan dengan variasi suhu

No	Set Point (°C)	Komponen	LMTD	Qc (kJ/s)	Qe (kJ/s)	U (W/m <sup>2</sup> C)	A (m <sup>2</sup> )	COP	Konsumsi listrik (kW)
1	3,5	Kondensor	6,37	1130,04	-	17,86	1,5	5,6	170
		Evaporator	2,2	-	959,22	1,02	76,12		
2	5	Kondensor	3,97	880,6	-	16,61	1,88	6,1	124
		Evaporator	1,49	-	756,28	1,78	46,87		
3	7	Kondensor	1,09	789,23	-	14,7	5,25	8,4	84
		Evaporator	1,04	-	705,17	2,5	32,33		

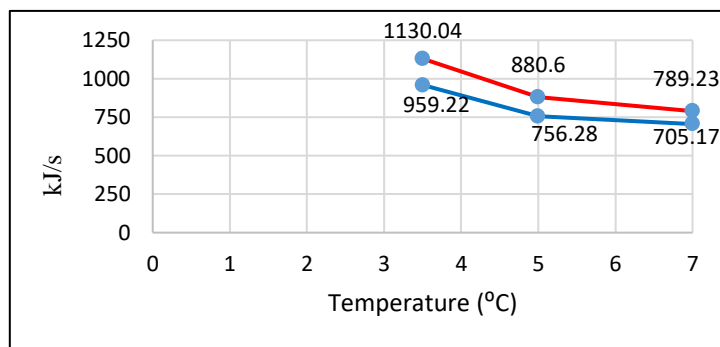
Perbandingan nilai LMTD yang terjadi pada kondensor dan evaporator pada setiap set point. Semakin besar set point semakin kecil nilai LMTD atau semakin kecil pertukaran kalornya. Semakin besar nilai LMTD maka kinerja heat exchanger semakin bagus [5]. Perbandingan nilai LMTD dari variasi set point digambarkan dalam grafik sebagai berikut:



Keterangan: — : Kondensor  
— : Evaporator

**Gambar 3.** Perbandingan variasi suhu terhadap nilai LMTD

Perbandingan perubahan kapasitas pembuangan kalor di kondensor dan penyerapan kalor di evaporator dengan variasi *set point*. Semakin besar *set point* semakin kecil kalor pertukaran kalor yang terjadi begitu sebaliknya. Dapat digambarkan dalam grafik sebagai berikut:

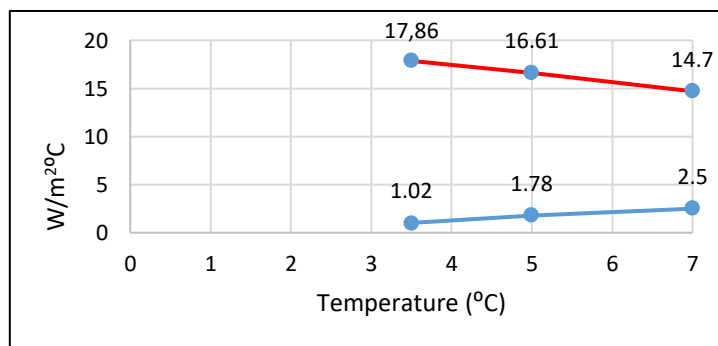


Keterangan: — : Kondensor  
— : Evaporator

**Gambar 4.** Perbandingan variasi suhu terhadap kapasitas kondensor dan evaporator

Koefisien pada kondensor yang semakin meningkat saat *set point* semakin kecil karena adanya perbedaan suhu antara refrigeran dengan lingkungan pada umumnya lebih besar, di sisi evaporator koefisien lebih besar jika *set point* semakin besar karena pada evaporator perbedaan antara suhu refrigeran dengan lingkungan umumnya begitu kecil, serta perbedaan fungsi dari kondensor dan evaporator itu sendiri.

Perubahan koefisien perpindahan kalor pada variasi suhu dapat digambarkan dalam grafik sebagai berikut:

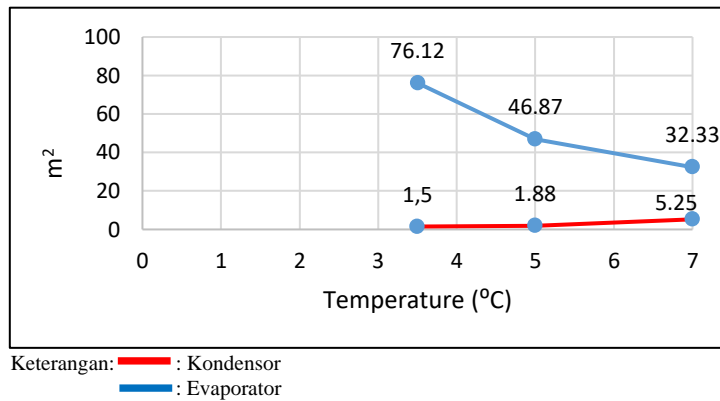


Keterangan: — : Kondensor  
— : Evaporator

**Gambar 5.** Perbandingan variasi suhu terhadap koefisien perpindahan kalor

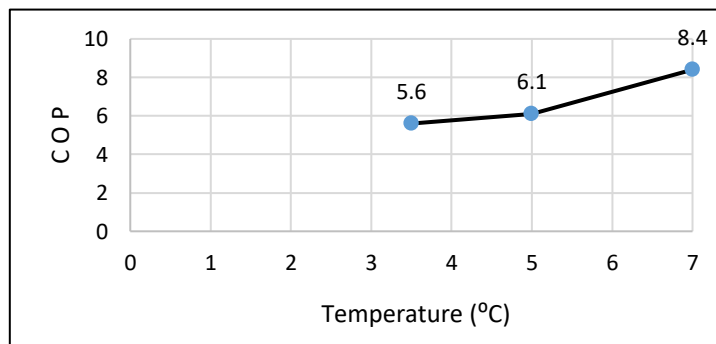
Pada evaporator cairan pendingin pada bentuk cairan menguap dan berubah menjadi uap. Proses ini memerlukan energi panas yang diambil dari lingkungan sekitarnya, sehingga luas permukaan perpindahan panas harus lebih besar agar jumlah panas yang diambil dapat sesuai dengan kebutuhan pendinginan. Di kondensor ini terjadi perubahan fase dari uap menjadi cair dengan cara melepas panas [12]. Kondensor sering digunakan untuk mengembunkan uap menjadi cairan [13]. Proses pelepasan panas yang telah diambil dari ruangan yang akan didinginkan. Karena panas yang dilepaskan dalam proses ini harus dihilangkan ke lingkungan sekitarnya, maka luas permukaan perpindahan panas dapat lebih kecil daripada evaporator.

Perubahan luas penampang perpindahan panas dapat digambarkan dalam grafik sebagai berikut:



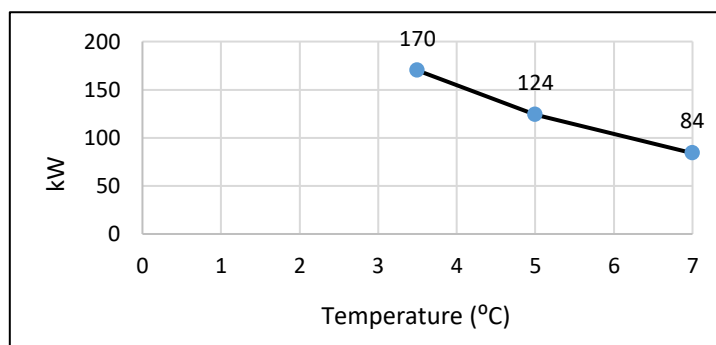
**Gambar 6.** Perbandingan variasi suhu terhadap luas permukaan perpindahan kalor

Menghitung COP dapat membantu optimasi untuk mengurangi konsumsi energi dan biaya operasional [14]. Dari pengujian setiap *set point* mempunyai nilai COP tersendiri, semakin besar *set point* semakin besar nilai COP sistem, yang artinya semakin efisien dalam konsumsi energi listrik ketika pengoperasian [15]. Perbandingan COP dari setiap *set point* dapat digambarkan dalam grafik sebagai berikut:



**Gambar 7.** Perbandingan variasi suhu terhadap nilai COP

Perbandingan perubahan konsumsi energi listrik pada sistem dengan variasi *set point*, menunjukkan semakin besar nilai COP seperti ditunjukkan pada Gambar 7, semakin kecil juga dalam konsumsi energinya. Hal ini dapat digambarkan dalam grafik sebagai berikut:



**Gambar 8.** Perbandingan variasi suhu terhadap konsumsi energi

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dengan mengubah variasi suhu didapatkan hasil pada *set point* 7°C penggunaan daya listrik paling rendah dengan COP 8,4, namun jika dilihat dari nilai LMTD yang kecil, menunjukkan pertukaran kalor yang rendah. Pada aktual *set point* 5°C lebih optimal jika dilihat dari penggunaan listrik serta dalam pertukaran kalornya, dibandingkan *set point* 3,5°C yang memerlukan konsumsi listrik yang tinggi yaitu 170 kW atau 7°C yang membutuhkan konsumsi listrik rendah, namun mempunyai nilai LMTD kecil.

## Daftar Pustaka

- [1] Pranata, Abdi, I., G., dkk. *STUDI KOMPARASI PERBANDINGAN AIR DAN UDARA SEBAGAI MEDIA PENDINGIN KONDENSOR TERHADAP PENCAPAIN SUHU OPTIMAL SIKLUS PRIMER PADA PROTOTIPE WATER CHILLER*. Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha 7 (1): 18-21, 2019.
- [2] Caroline, Cindy, & Ibnu Abdul Rosid. *PENGUKURAN EFISIENSI PERPINDAHAN PANAS PADA HEAT EXCHANGER SHELL AND TUBE DENGAN METODE LOG MEAN TEMPERATURE DIFFERENCE (LMTD)*. SENATIK 2021 7 (1): 279-285 DOI: 10.28989/senatik.v7i1.458, 2022.
- [3] Reynaldi, Andri, & Engkos Koswara. *ANALISIS EFISIENSI KERJA CHILLER PADA MESIN EKSTRUDER DI PT. ARTERIA DAYA MULIA CIREBON*. POLBAN: 10th Industrial Research Workshop and National Seminar: 459-464, 2019.
- [4] Nugraha, Rapi, dkk. *ANALISA PERHITUNGAN KERJA ALAT PENUKAR KALOR BERDASARKAN DATA DESAIN DAN DATA AKTUAL*. EKSERGI Jurnal Teknik Energi 17 (3): 155-162, 2021.
- [5] Astuti, Fina Andika Frida, & Arif Rochman Fachrudin. *PENGARUH KECEPATAN FLUIDA DAN TEMPERATURE TUBE IN TERHADAP KINERJA HEAT EXCHANGER TIPE SHELL AND HELICAL TUBE*. Jurnal POROS TEKNIK 15 (1): 9-14, 2023.
- [6] Nugroho, Adi. *ANALISA KINERJA REFRIGERASI WATER CHILLER PADA PT. GMF AEROASIA*. JTM 4 (1): 26-30, 2015.
- [7] Mariadi, Denny Fachri, dkk. *ANALISIS PERPINDAHAN PANAS PADA KONDENSOR DENGAN METODE LMTD PADA PROSES PIROLISIS AMPAS KELAPA*. JMEMME (Journal of Mechanical Engineering, Manufactures, Materials and Energy) 6 (1): 117-129 DOI: 10.31289/jmemme.v6i1.5984, 2022.
- [8] Akbari, Ricki Fan, dkk. *ANALISIS KINERJA KONDENSOR SISTEM PENDINGIN WATER CHILLER KAPASITAS 300TR*. jurnal ALMIKANIK 3 (4): 1-10, 2021.
- [9] Harini. *ANALISIS PERHITUNGAN LAJU PERPINDAHAN PANAS ALAT PENUKAR KALOR TYPE PIPA GANDA DI LABORATORIUM UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 JAKARTA*. Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur UNJ, Edisi Terbit II: 51-61, 2017.
- [10] Furqan, Muhammad, dkk. *KAJI EKSPERIMENTAL DAN ANALISA KINERJA PENUKAR PANAS UDARA TYPE SHELL AND TUBE JENIS ALIRAN BERLAWANAN*. JURNAL MESIN SAINS TERAPAN 4 (1): 57-64, 2020.
- [11] Syahputra, Syofyan Anwar, dkk. *PERBANDINGAN COEFFICIENT OF PERFORMANCE (COP) CHILLER WATER COOLED DENGAN AIR COOLED*. ATDS-Journal of Engineering 2 (1): 21-28, 2021.
- [12] Ferdynanda, A. H. A, dkk. *RANCANG BANGUN MESIN COLD STORAGE SISTEM PENDINGIN KOMPRESI UAP PADA PENYIMPANAN BUAH NANAS (ANNANAS COMOSUS)*. Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian Unsyiah 3 (1): 426-422, 2018.
- [13] Mahyuddin, & Kamalud Damairi. *ANALISIS KINERJA KONDENSOR SPIRAL TIPE VERTIKAL PADA PROSES KONDENSASI HASIL PIROLISIS PLASTIK HIGH DENSITY POLYETHYLENE (HDPE) DAN POLYPROPYLENE (PP)*. Jurnal Ristech (Jurnal Riset, Sains, dan Teknologi) 2 (2): 24-35, 2020.
- [14] Suryadimal, dkk. *ANALISIS PERFORMA SISTEM PENDINGIN MESIN MINI WATER CHILLER*. Jurnal Teknik Mesin (JTM) 16 (1): 30-36, 2023.
- [15] Suyatno, & Ari Setiawan. *PENGARUH VARIASI EVAPORATOR TERHADAP UNJUK KERJA MESIN PENDINGIN MENGGUNAKAN REFRIGERANT R134a*. Marine Science and Technology Journal 3 (1): 12-18 DOI: 10.31331/maristec.v3il, 2022.