

Analisis Kinerja Dan Efisiensi Energi Mesin *Water Cooled Chiller* Di Gedung *Capital Place Tower* Jakarta

ASRI¹, KOMARUDIN²

^{1,2}Program Studi Teknik Mesin, Universitas Dian Nusantara, Jakarta
511211010@mahasiswa.undira.ac.id, komarudin@undira.ac.id

Abstract

This study aims to calculate the COP (Coefficient of Performance) value of the chiller and determine whether the value is better than the standard value. The analysis includes taking data on temperature, pressure, evaporator and condenser water flow, amperage and voltage in the compressor on the chiller, then calculating the COP to determine the efficiency of the chiller machine performance. The results of the calculation state that the highest COP value of chiller No. 2 is 7.4 and the lowest is 7.0 in the efficient category referring to the chiller standard of 7.22. While the highest COP of chiller no. 3 is 7.4 and the lowest is 5.1 in the inefficient category referring to the chiller standard of 7.22. The results of the calculation of the capacity of chiller No. 2 at 100% compressor load, the resulting cooling capacity is only 77.29-90%, the potential for increasing efficiency that can be optimized in chiller No. 2 is 22.71-39.38%. Chiller No. 3 at 100% compressor load produces only 83.34-66.89% of the cooling capacity, while the potential efficiency increase that can be optimized in chiller No. 3 is 33.11-37%. To increase chiller efficiency, set the chilled water temperature setpoint not too low between 7-8°C adjusted to actual needs, load changes and environmental conditions.

Keywords: *Coefficient Of Performance, Efficiency, Water Cooled Chiller System Performance*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan menghitung nilai COP (*Coefficient of Performance*) *chiller* dan mengetahui apakah nilainya lebih baik dari nilai standarnya. Analisis meliputi pengambilan data temperatur, tekanan, *water flow* evaporator dan kondenser, amper dan tegangan dalam kompresor pada *chiller*, kemudian dihitung COP untuk mengetahui efisiensi kinerja mesin *chiller*. Hasil perhitungan tersebut menyatakan nilai COP *chiller* No.2 tertinggi 7,4 dan terendah 7,0 dalam kategori efisien mengacu pada standar *chiller* yaitu 7,22. Sedangkan COP *chiller* no.3 tertinggi 7,4 dan terendah 5,1 dalam kategori tidak efisien mengacu pada standar *chiller* yaitu 7,22. Hasil perhitungan kapasitas *chiller* No.2 pada beban kompresor 100% kapasitas pendinginan yang dihasilkan hanya 77,29-90%, potensi peningkatan efisien yang bisa dioptimalkan pada *chiller* No.2 adalah 22,71-39,38%. *Chiller* No.3 pada beban kompresor 100% kapasitas pendinginan yang dihasilkan hanya 83,34-66,89%, potensi peningkatan efisiensi yang bisa dioptimalkan pada *chiller* No.3 adalah 33,11-37%. Untuk meningkatkan efisiensi *chiller*, atur setpoint suhu air dingin tidak terlalu rendah antara 7-8°C disesuaikan dengan kebutuhan aktual, perubahan beban dan kondisi lingkungan.

Kata Kunci: *Coefficient of Performance, Efisiensi, Kinerja Sistem Water Cooled Chiller*

1. PENDAHULUAN

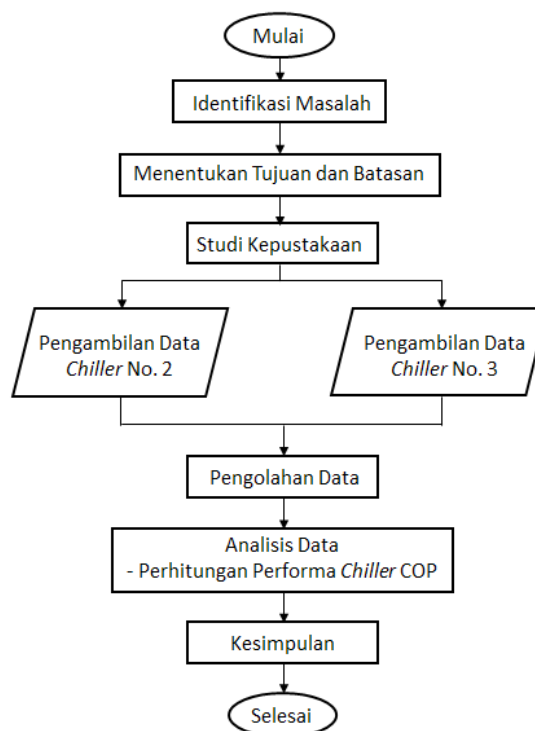
Gedung *Capital Place* Jakarta merupakan gedung perkantoran premium di kawasan pusat bisnis Jakarta yang menggunakan sistem *water cooled chiller* sebagai sumber utama pendinginan ruangan. Dengan luas bangunan yang besar dan tingkat hunian yang tinggi, sistem pendingin di gedung ini menjadi faktor krusial dalam menjaga kenyamanan dan produktivitas penghuni.

Chiller model CVHE/G adalah alat pengkondisian udara central di Gedung *Capital Place Tower* Jakarta dengan alat refrigasi kompresi uap siklus tertutup yang memungkinkan sirkulasi *refrigerant* secara efisien. Sehingga, mengkondensasikan panas ke air pendingin, menurunkan tekanan refrigeran, dan menyerap panas dari air sirkulasi di evaporator untuk menghasilkan pendingin udara sentral di gedung.

Di balik performa pendinginan mesin *chiller* yang terlihat optimal, mesin tersebut sering menyimpan potensi inefisiensi energi yang signifikan. Utamanya bisa berasal dari pemborosan konsumsi daya akibat sistem kontrol yang tidak baik dan terdapat komponen yang tidak berjalan maksimal. Salah satu masalah umum yang sering luput adalah kemacetan pada pipa air pendingin yang menghambat aliran air secara efisien dan memaksa mesin untuk bekerja lebih keras yang merugikan dalam mencapai suhu yang diinginkan. Sehingga permasalahan – permasalahan tersebut, perlu untuk analisis dan dicarikan solusi yang tepat.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Diagram Alir



Gambar 1. Diagram Alir

2.2 Prosedur Pengambilan Data

Alur penelitian menggunakan metode pengumpulan data dan pengamatan langsung pada panel monitor mesin *water cooled chiller* dan pengambilan data dari *lay out Trane Tracer* di ruang *control room*, BMS (*Building Management Sistem*).

- a. Pengamatan langsung di layar monitor mesin *chiller*
 - Melakukan pengukuran temperatur air masuk dan keluar pada *evaporator* dan kondensor.
 - Mengukur daya listrik yang digunakan oleh kompresor setiap jam selama periode pengamatan.
 - Tekanan *refrigerant* R123 pada sisi tekanan tinggi dan rendah (psi).
 - Laju aliran air pada *evaporator* dan kondensor (m^3/h).
 - Parameter kelistrikan: tegangan (V), arus (A), daya (kW), faktor daya.
- b. Analisa Data
 - Menghitung nilai COP dan membandingkan dengan standar efisiensi energi.
 - Menganalisis data untuk menemukan faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja *chiller*.
- c. Kesimpulan dan Rekomendasi
 - Menyusun laporan hasil analisis.
 - Memberikan rekomendasi untuk meningkatkan efisiensi energi sistem pendingin.

2.3 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Maret-Juni 2025 di ruang control *Building Management System* (BMS) dan ruang *Chiller Basement 1*, Gedung *Capital Place Tower* JL. Jenderal Gatot Subroto Kav.18, Kuningan Barat, Mampang Prapatan, Jakarta Selatan, DKI Jakarta, 12710, Indonesia.

2.4 Spesifikasi Data

Hasil monitoring *chiller* adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Hasil Monitoring *Chiller*

Parameter	Nilai
Evaporator Entering Water Temperature	13.5°C
Evaporator Leaving Water Temperature	8.1°C
Evaporator Saturation Refrigerant Temp.	3.0°C
Evaporator Refrigerant Pressure	-9.2 PSIG
Evaporator Approach Temperature	5.1°C
Evaporator Water Flow	2542.0 GPM
Condensor Entering Water Temperature	31.5°C
Condensor Leaving Water Temperature	32.3°C
Condensor Saturation Refrigerant Temp.	34.4°C
Condensor Refrigerant Temperature	4.0 PSIG
Condensor Approach Temperature	2.1°C
Condensor Water Flow	3052.0 GPM
Chiller control signal	100 %
Average motor current% RLA	81.2%

Oil Differential pressure	24.48 PSID
Oil Pump Discharge Pressure	17.4 PSIG
Compressor Starts	1897
Compressor Running Time	20550;52 Hr:Min
Oil Tank Pressure	-7.2 PSIG
Active Current limit setpoint	100.0%
Starter motor current L1%RLA	78.5%
Starter Motor current L1	656.0 A
Start Input Voltage AB	400.0 V
Average Motor Current% RLA	80.6%
Starter Motor Current L2% RLA	83.9%
Starter Motor Current L2	703.9 A
Starter Motor Input Voltage BC	399.0 V
Starter Motor Current L3 %	79.9%
Starter Motor Current L3	668.0 A
Starter Input Voltage CA	402.0 V

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kinerja Performa Dari *Chiller Tipe Water Cooled*

Perhitungan Performansi *chiller* yang dihitung berdasarkan *Cooling Capacity* (kW), COP, (*Coefficient of Performance*) Konsunsi Daya Listrik kW), panas yang dibuang kondensor dan faktor faktor yang mempengaruhi konsumsi daya listrik.

a. Kapasitas Pendinginan

Kapasitas pendinginan pada sistem refrigasi *chiller water cooled* digunakan untuk menganalisis kemampuan sistem dalam menyerap panas dan menganalisis efisiensi sistem dalam kondisi beban berbeda, kapasitas pendinginan dapat di hitung dengan rumus.

Diketahui:

$$\begin{aligned}\rho &= 1000 \text{ kg/m}^3 \\ V &= 0.164 \text{ m}^3/\text{s} \\ C_p &= 4.2 \text{ kJ/}^\circ\text{C} \\ \Delta T_{ch} &= 13.5^\circ\text{C} - 8.1^\circ\text{C} = 5.4^\circ\text{C}\end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned}Q_c &= \rho \times V \times C_p \times \Delta T_{ch} \\ Q_c &= 1000 \times 0.164 \times 4.2 \times 5.4 \\ Q_c &= 3719 \text{ kW}\end{aligned}\tag{1}$$

b. *Coefficient of Performance* (COP)

Adalah perbandingan antara kapasitas pendinginan (Kw) dengan daya listrik yang di konsumsi (Kw), COP menunjukkan efisiensi energi dari *chiller*. Rumus COP:

$$COP = \frac{Q_c}{W_{in}}\tag{2}$$

Dimana:

$$\begin{aligned}Q_c &= \text{Kapasitas Pendinginan (kW)} \\ W_{in} &= \text{Kerja Kompresi (kW)}\end{aligned}$$

Diketahui:

$$\begin{aligned} Q_c &= 3719. \text{ kW (I)} \\ W_{in} &= 484.80 \text{ kW} \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} COP &= \frac{Q_c}{W_{in}} \\ COP &= \frac{3719.52}{484.80} \\ COP &= 7.67 \end{aligned}$$

c. Panas Yang Diserap Oleh Air Di Kondensor (Qair)

Panas yang diserap oleh air dikondensor yaitu untuk mengetahui jumlah panas yang diserap oleh air dikondensor saat sitem berjalan dengan beban yang berbeda beda secara teoritis. Qair dapat dinyatakan dengan:

Diketahui:

$$\begin{aligned} \rho &= 1000 \text{ kg/m}^3 \\ V &= 0.193 \text{ m}^3/\text{s} \\ \Delta T_{cw} &= 0.8^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Maka:

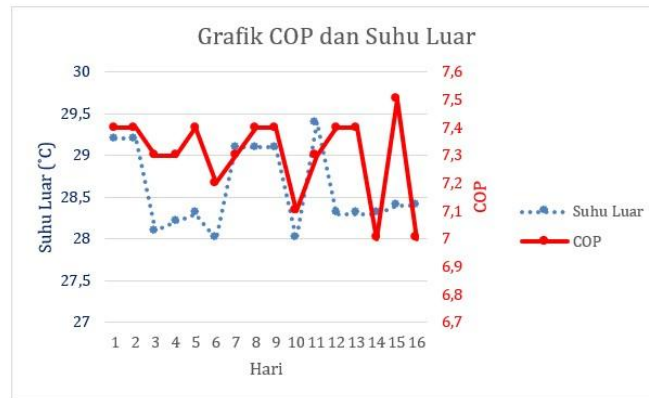
$$\begin{aligned} Q_{air} &= \rho \times V \times C_p \times \Delta T_{cw} \\ Q_{air} &= 1000 \times 0.193 \times 4.18 \times 0.8 \\ Q_{air} &= 645. \text{ kW} \end{aligned} \quad (3)$$

3.2 Analisis Hasil Tabel, dan Gambar Grafik Chiller No. 2

Tabel 2. COP dan Suhu Luar (Hari)

No.	Tanggal	Waktu	kW/TR	COP	Suhu Luar (°C)
1	4/3/2025	10.00 WIB	0,472	7,4	29,2
2	5/3/2025	10.00 WIB	0,473	7,4	29,2
3	6/3/2025	10.00 WIB	0,477	7,3	28,1
4	10/3/2025	10.00 WIB	0,480	7,3	28,2
5	11/3/2025	10.00 WIB	0,470	7,4	28,3
6	13/3/2025	10.00 WIB	0,484	7,2	28
7	17/3/2025	10.00 WIB	0,480	7,3	29,1
8	18/3/2025	10.00 WIB	0,471	7,4	29,1
9	19/3/2025	10.00 WIB	0,474	7,4	29,1
10	20/3/2025	10.00 WIB	0,489	7,1	28
11	21/3/2025	10.00 WIB	0,467	7,3	29,4
12	24/3/2025	10.00 WIB	0,471	7,4	28,3
13	25/3/2025	10.00 WIB	0,473	7,4	28,3
14	26/3/2025	10.00 WIB	0,500	7,0	28,3
15	27/3/2025	10.00 WIB	0,467	7,5	28,4
16	28/3/2025	10.00 WIB	0,496	7,0	28,4

Coefficient of Performance (COP) 7,0-7,5, konsumsi daya (kW/TR), dan suhu luar harian. Nilai COP berkisar antara 7,0 dan 7,5, dan kW/TR berkisar 0,467 dan 0,500. Suhu luar berubah dari 28,0°C hingga 29,4°C.



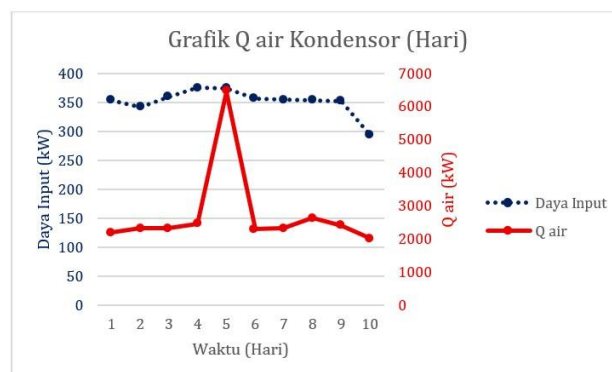
Gambar 2. Grafik COP dan Suhu Luar

Suhu luar relatif stabil di kisaran 28–29,5 °C, sedangkan COP berfluktuasi antara 7,0–7,5. Tidak terlihat korelasi langsung antara keduanya, menandakan perubahan COP dipengaruhi faktor operasional lain selain suhu luar.

Tabel 3. Q air Kondensor (Hari)

Tanggal	Daya input (kW)	Q air (kW)
17-03-2025	354,1	2189
18-03-2025	342,1	2339
19-03-2025	358,9	2339
20-03-2025	375,0	2469
24-03-2025	374,7	6450
25-03-2025	356,4	2293
26-03-2025	354,6	2339
27-03-2025	354,1	2642
28-03-2025	351,8	2400
29-03-2025	293,9	2009

Daya input berkisar antara 293.9 kW dan 375.0 kW, dan nilai Q air berubah signifikan dari 2009 kW hingga 6450 kW. Peningkatan drastis pada tanggal 24 Maret 2025 terdapat peningkatan drastis.



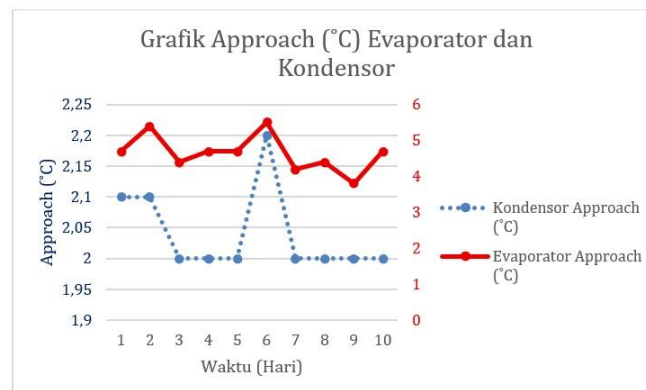
Gambar 3. Grafik Q air Kondensor (Hari)

Daya input relatif stabil di kisaran 350–380 kW, sedangkan Q air mengalami lonjakan signifikan pada hari ke-5 melebihi 6.000 kW sebelum kembali normal. Lonjakan ini kemungkinan disebabkan peningkatan beban pendinginan atau kondisi operasi yang tidak biasa.

Tabel 4. *Approach Temperature* Evaporator dan Kondensor (°C)

Tanggal	Evaporator Approach Temp. (°C)	Kondensore Apporach Temp. (°C)
19-03-2025	4,7	2,1
20-03-2025	5,4	2,1
21-03-2025	4,4	2,0
22-03-2025	4,7	2,0
23-03-2025	4,7	2,0
24-03-2025	5,5	2,2
25-03-2025	4,2	2,0
26-03-2025	4,4	2,0
27-03-2025	3,8	2,0
28-03-2025	4,7	2,0

Nilai suhu *approach* menunjukkan perbedaan suhu antara fluida dan refrigeran, menjadi proses perpindahan panas. *Approach temperature* evaporator berkisar antara 3,8°C dan 5,5°C, tercatat suhu tertinggi antara 5,5°C, dan kondensor lebih rendah dan konsisten antara 2,0°C dan 2,2°C.



Gambar 4. Grafik *Approach* (°C) Evaporator dan Kondensor.

Kondensor *approach* stabil di kisaran 2,0–2 °C, sedangkan evaporator *approach* fluktuatif antara 3,8–5,5 °C. Kenaikan evaporator *approach* pada hari ke-6 dapat mengindikasikan penurunan efisiensi perpindahan panas, meskipun kondisi kondensor tetap stabil sepanjang periode pengamatan.

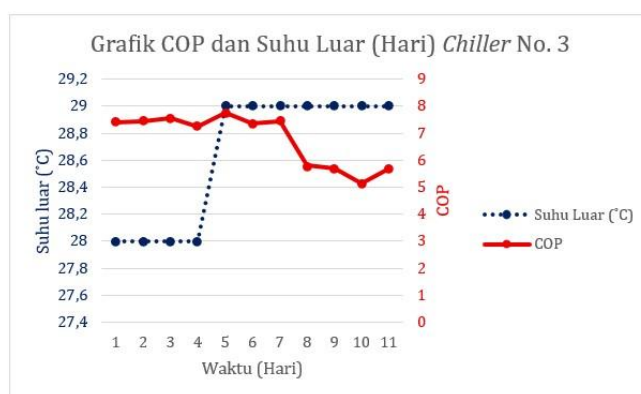
3.3 Analisis Hasil Tabel, dan Gambar Grafik Chiller No. 3

Tabel 5. Data COP dan Suhu Luar (Hari) Chiller No. 3

No.	Tanggal	Waktu (WIB)	kW/TR	COP	(Suhu luar) ambient °C
1	16-06-2025	10.00	0,475	7,40	28
2	17-06-2025	10.00	0,471	7,46	28
3	18-06-2025	10.00	0,467	7,55	28
4	19-06-2025	10.00	0,485	7,25	28
5	20-06-2025	10.00	0,453	7,76	29

6	21-06-2025	10.00	0,478	7,35	29
7	23-06-2025	10.00	0,471	7,46	29
8	24-06-2025	10.00	0,605	5,80	29
9	25-06-2025	10.00	0,616	5,70	29
10	26-06-2025	10.00	0,683	5,14	29
11	30-06-2025	10.00	0,618	5,69	29

Nilai variasi COP berkisar antara 5,19 hingga 7,46, sementara suhu luar relatif stabil berada antara 28°C dan 29°C. Perubahan nilai COP disebabkan oleh fluktuasi nilai kW/TR yang terekam selama periode pengamatan.



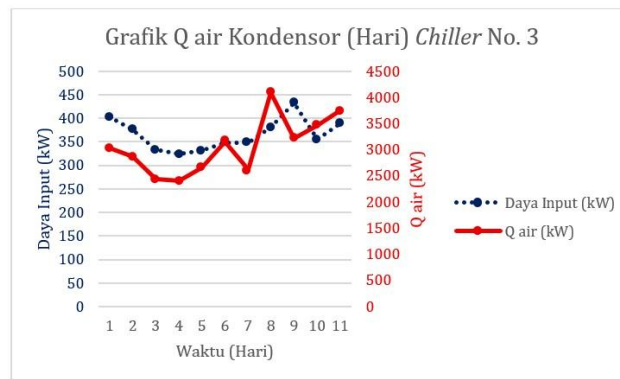
Gambar 5. Grafik COP dan Suhu Luar (Hari) Chiller No. 3

Suhu luar stabil di kisaran 28-29 °C, namun COP mengalami penurunan signifikan.mulai hari ke 8 dan seterusnya. Tren ini menunjukkan kenaikan suhu luar yang berdampak buruk pada efisiensi kinerja chiller, terutama setelah suhu tinggi tercapai.

Tabel 6. Q air Kondensor (Hari) Chiller No.3

Tanggal	Daya Input (kW)	Q air (kW)
16-06-2025	403,90	3032
17-06-2025	376,38	2863
18-06-2025	334,14	2432
19-06-2025	324,16	2404
20-06-2025	331,18	2662
21-06-2025	348,61	3154
23-06-2025	348,61	2613
24-06-2025	380,61	4090
25-06-2025	433,41	3218
26-06-2025	355,90	3470
30-06-2025	388,99	3743

Daya Q air berkisar 2400 kW - 4098 kW dan daya input berkisar 324.14 kW - 433.41 kW. Peningkatan Q air biasanya berkorelasi dengan daya input, menjadi hubungan linier antara energi yang digunakan dan kapasitas perpindahan panas pada kondensor.



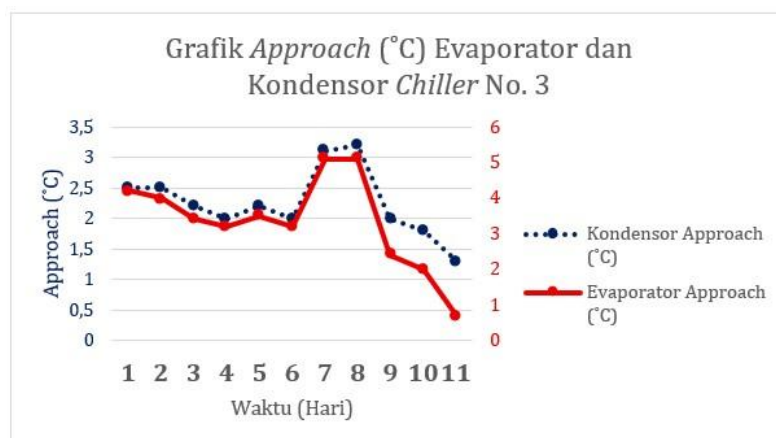
Gambar 6. Grafik Q air Kondensor (Hari) Chiller No. 3

Daya input berada di kisaran 324–433 kW dengan sedikit kenaikan pada hari ke-8 hingga ke-10. Perbedaan tren ini mengindikasikan efisiensi *chiller* bervariasi selama periode tersebut.

Tabel 7. Approach Temperature Evaporator dan Kondensor ($^{\circ}\text{C}$) Chiller No.3

Tanggal	Evaporator Approach Temp. ($^{\circ}\text{C}$)	Kondensor Approach Temp. ($^{\circ}\text{C}$)
16-06-2025	4,2	2,5
17-06-2025	4,0	2,5
18-06-2025	3,4	2,2
19-06-2025	3,2	2,0
20-06-2025	3,5	2,2
21-06-2025	3,2	2,0
23-06-2025	5,1	3,1
24-06-2025	5,1	3,2
25-06-2025	2,4	2,0
26-06-2025	2,0	1,8
30-06-2025	0,7	1,3

Suhu masuk dan keluar komponen evaporator dan kondensor menunjukkan perbedaan suhu, yang berfungsi sebagai indikator efisiensi perpindahan panas.



Gambar 7. Grafik Approach ($^{\circ}\text{C}$) Evaporator dan Kondensor Chiller No. 3

Kondensor *approach* cenderung stabil di kisaran 2–3 °C, sementara evaporator *approach* fluktuatif dan meningkat signifikan pada hari ke-7–8 sebelum turun drastis hingga 0,5 °C di hari ke-11. Perubahan ini mengindikasikan variasi kinerja perpindahan panas di kedua komponen.

Tabel 8. Tabel perbandingan nilai COP *Chiller* 1 dan *Chiller* 2

<i>Chiller</i> Nomor	COP Tertinggi	COP Terendah
2	7,4	7,0
3	7,4	5,1

Nilai COP *chiller* no.2 dan *chiller* no.3 dapat diketahui bahwa *chiller* no.3, memiliki nilai COP yang jauh lebih rendah dari *chiller* no.2 dan jauh dari nilai desain *chiller trane*, yaitu nilai standar COP desain sentrifugal kapasitas 1000 TR dengan nilai COP 72.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa performa kinerja *chiller* nomor 2 dan *chiller* nomor 3 berdasarkan COP *chiller* nomor 2 menunjukan performa yang lebih stabil dengan rentang COP antara 7.4 sampai dengan 7.0 yang mengindikasikan tingkat efisiensi yang baik selama pengoperasian sistem *chiller*, sedangkan untuk *chiller* nomor 3 memiliki rentang COP antara 7.4 sampai dengan 5.1 ini menunjukan bahwa efisiensi *chiller* nomor 3 tidak stabil di bawah standar spesifikasi *chiller* desainya yaitu standar nilai COP 7.22, dengan demikian dari segi performa *chiller* nomor 2 lebih baik dari *chiller* nomor 3.

5. DAFTAR REFRENSI

- [1] Pudjanarsa, Astu, Ir., MT dan Djati Nursuhud, Prof. 2013. Mesin Konversi Energi (Edisi ke-3). Yogyakarta: [PENERBIT ANDI].
- [2] Rohman, J. (2023). “Analisis Kinerja Refrigerasi *Water Chiller* Pada Pengkondisian Udara di Gedung WTC Mangga Dua Jakarta.”. Universitas Tidar.
- [3] Andrean, M., Wijana, T., & Rachmanto, T. (2023). “Analisa Penggunaan Energi Elektrik Dan Biaya Pada Mesin *Chiller* Di *Transmart* Kota Bandung.”. Universitas Mataram. 6(2).
- [4] Rindika, Asep., & Saputra, Indra. (2020). “Analisa Performansi Tipe *Water Cooled Chiller Centrifugal* Kapasitas 2000 TR Pada Gedung *Central Park Mall* Jakarta Barat”. Politeknik Negeri Balikpapan. ISBN: 978-602-51450-2-5.
- [5] Ardiansyah, Rozi., & Suryadimal. (2021). “Analisa Kinerja Mesin Pendingin *Mini Water Chiller* Dengan Aliran Silang Pada Evaporator Kapasitas 1 1/2 PK.”. Universitas Bung Hatta.
- [6] Syahputra, Sofyan Anwar., Fadlan S., & Joel P. (2021). “Perbandingan *Coefficient Of Performance (COP) Chiller Water Cooled* Dengan *Air Cooled*”. Universitas Cut Nyak Dhien. Vol. 2 No.1.

- [7] Samudra, Bambang Jaka., Maryadi, & Amiral Aziz. (2021). “Detail Desain *Chiller* Sistem HVAC Pada Bangunan Gedung Bertingkat”. Universitas Islam As-Syafi’iyah. Vol.03 No.1.
- [8] Syahputra, Hendrik. (2021). “Kaji Eksperimental Performansi Mesin Pendingin Tipe *Chiller* Untuk *Cold Storage* dan *Indoor* Menggunakan *Coolant Ethylene Glycol*”. Universitas Riau.
- [9] Mahardika, Yoval Sulthan. (2022). “Analisis Pengaruh *Freon* R-123 dan R-134a Pada *Engine Chiller* Di Kapal KM. *Portlink*”. Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
- [10] Cappenberg, Audri Deacy. (2020). “Analisis *Chiller* Dengan Menggunakan R123 dan R134a Pada Kinerja Pendinginan”. Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta. Vol. 5 No.1.
- [11] Ir. Ali Mahmudi, M. E. (2006). “Buku Bahan Ajar Pompa Dan Kompresor”. 11.
- [12] Septian. (2024). “*Operator Training Trane Centrifugal Chiller Model CVHE/G Capital Place Tower Jakarta*”. PT. Trane Indonesia.