

## Analisis Kinerja Mesin Chiller AKL5500AV Pada PT. XXX

### Performance Analysis of AKL5500AV Chiller Machine at PT. XXX

Irwan Suriaman<sup>1\*</sup>, Dede Ardi Rajab<sup>2</sup>, Daniel Pernando Manulang<sup>3</sup>,

<sup>1 2 3</sup>Sekolah Tinggi Teknologi Wastukencana, Jalan Cikopak No. 53 Purwakarta

\*Corresponding author: irwansuriaman@wastukencana.ac.id

History:

#### Abstrak

Dunia industri semakin maju khususnya bidang teknologi pendinginan ruangan, hal ini dipengaruhi oleh perkembangan sistem informasi yang sangat cepat dan dinamis. Industri bersaing untuk menggunakan teknologi agar lebih efisien dalam operasionalnya. Mesin pendingin banyak mengalami kemajuan. Saat ini berbagai mesin pendingin bukan saja digunakan untuk mendinginkan ruangan, kendaraan tapi mesin pendingin juga diperlukan untuk mendinginkan produk yang dihasilkan. Salah satu kemajuan teknologi mesin pendingin yaitu pada mesin *chiller* AKL5500AV. Mesin ini digunakan untuk mendinginkan produk plastik PBL hasil produksi. Temperatur yang dihasilkan oleh mesin pendingin ini tidak stabil, sehingga berpengaruh terhadap hasil produksi di PT. XXX. Pengujian ini dilakukan dengan metode melakukan analisis indikator temperatur dan indikator tekanan angin pada jam yang berbeda dan kondisi suhu yang berbeda. Untuk mendapatkan hasil yang maksimal, maka dilakukan pengujian pada mesin *chiller* tersebut. Tujuan dilakukan pengujian ini untuk melihat kinerja *chiller* dan mengetahui nilai COP dari *chiller*. Hasil Pengujian tersebut menunjukkan bahwa nilai *Coeffisien of performance (COP)* dan *Performance factor (PF)* yang dihasilkan tidak sesuai standar. Nilai COP *chiller* sebesar 3,04 dan PF adalah 4,04. Hal ini tentunya menjadi masukan bahwa untuk menjaga performa mesin pendingin maka harus dijaga perawatan mesin *chiller* tersebut.

Kata Kunci : *Chiller*, teknologi industri, mesin pendingin

*Abstract. The industrial world is increasingly advanced, especially in the field of air conditioning technology, this is influenced by the development of information systems that are very fast and dynamic. Industries compete to use technology to make their operations more efficient. The cooling machine has made a lot of progress. Currently, various refrigeration machines are not only used to cool rooms and vehicles, but refrigeration machines are also needed to cool the products produced. One of the advances in cooling machine technology is the AKL5500AV chiller machine. This machine is used to cool PBL plastic products produced. The temperature generated by this cooling machine is unstable, so it affects the production results at PT. XXX. This test is carried out by analyzing temperature indicators and wind pressure indicators at different hours and different temperature conditions. To get maximum results, testing is carried out on the chiller machine. The purpose of this test is to see the performance of the chiller and find out the COP value of the chiller. The test results show that the Coefficient of performance (COP) and Performance factor (PF) values produced are not in accordance with the standards. Chiller's COP value was 3.04 and PF was 4.04. This is of course an input that in order to maintain the performance of the cooling machine, maintenance of the chiller machine must be maintained.*

Keywords : *Chiller*, industrial technology, refrigeration machine

## 1 Pendahuluan

### 1.1. Latar Belakang

*Chiller* ialah mesin pendingin yang berfungsi untuk mendinginkan air pada bagian evaporatornya (Stocker, 1992). Sistem pendingin/refrigasi memiliki empat komponen utama yaitu kompresor, evaporator, kondensor, dan katup ekspansi. proses kompresi uap terjadi pada empat bagian pokok, yaitu: kompresor, kondensor, katup ekspansi dan evaporator, yang dihubungkan dengan pipa penyalur fluida komponen kerja. Keakuratan dalam penggunaan energi pada sistem refrigerasi ini berpengaruh pada proses produksi, dapat disimpulkan bahwa sistem pendingin yang digunakan untuk mendinginkan mesin produksi pada dunia industri itu membutuhkan keefisienan energinya (Fahrudin, 2022). pengkondisian udara yang baik (sesuai dengan SOP) (Subardi, 2014), perawatan yang terstruktur, perhitungan pada *cooling load* yang menentukan spesifikasi pengkondisian udara agar bisa digunakan untuk melakukan efisiensi energi. Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka dapat diambil suatu rumusan masalah terkait skripsi ini. Mesin *chiller* di PT. XXX digunakan sebagai pendingin temperatur mesin Kombis TMM 8003 untuk mencegah terjadinya *reject* pada produk *welding*. analisis ini dilakukan untuk melihat pada kinerja mesin *chiller* karena temperatur yang dihasilkan *chiller* tidak sesuai standar, Hal ini dilihat dari indikator temperature *chiller*. Tujuan dilakukan analisis ini agar dapat memberikan gambaran mengenai perawatan yang harus dilakukan pada komponen-komponen yang terdapat pada *chiller* untuk mendapatkan kualitas pendinginan mesin *chiller* yang baik dan temperatur yang sesuai standar (Poernoemo, 2015).

### 1.2 Tujuan Penelitian

1. Melakukan analisis untuk menentukan pengaruh komponen kompresor pada hasil kinerja *chiller*
2. Menentukan nilai *Coeffisien of performance (COP)* dan *Performance factor (PF)* Mesin *Chiller* pada waktu dan temperatur tertentu

### 1.3. Batasan Masalah

Untuk penelitian ini kajian dibatasi dalam ruang lingkup hanya berfokus performa pada mesin pendingin *chiller* yang meliputi:

1. Analisis pada nilai *Coeffisien of Performance (COP)* dan *Performance Faktor (PF)* dari mesin *chiller*
2. Kajian kinerja pada mesin *chiller* yang dilakukan pada waktu yang berbeda dan suhu yang bervariasi

## 2 Kajian Pustaka

### 2.1 Sistem Pendingin

Sistem pendingin merupakan komponen tambahan pada mesin untuk mencegah terjadinya *engine overheat* (Jumhan, 2017). Melalui sistem ini temperatur pada mesin akan terjaga agar tetap stabil. Melalui sistem pendingin adalah suatu media yang berfungsi untuk menyerap panas (Nugroho, 2015). *Air cooler* pada generator adalah sistem pendinginan udara yang berada di dalam rumah generator dengan air sebagai media pendinginnya. Untuk menjaga kondisi operasional dari mesin *chiller* maka temperatur dari air sebagai media pendingin harus dijaga secara kontinyu pada suhu yang diizinkan (Poernoemo, 2015).

## 2.2 Jenis Sistem Pendingin

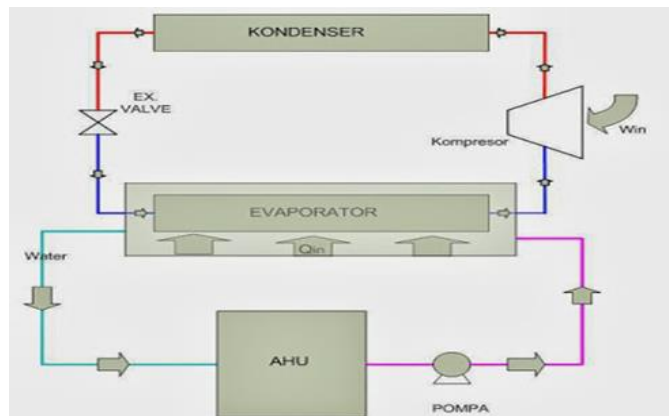
Sistem Pendingin Air (*Coolant*) Sistem ini menggunakan media air sebagai perantara untuk melepaskan panas ke udara (Purnama, dkk., 2022). Komponen utama dalam sistem ini adalah: radiator, berfungsi untuk melepaskan panas. Saluran berupa pipa (*tube*) atau selang karet (*hose*) (Setiawan, 2014).

## 2.3 Pengertian Chiller

*Chiller* adalah mesin pendingin yang berfungsi untuk mendinginkan air pada sisi evaporatornya (Ramdan, 2018). Air dingin yang dihasilkan kemudian didistribusikan ke mesin penukar kalor yang berupa *Fan Coil Unit* atau FCU (Nugroho, 2015). Untuk menjaga kondisi stabil mesin *chiller* maka kinerja dari FCU harus dijaga (Purnama, 2022).

## 2.4 Cara Kerja Chiler

Proses perpindahan kalor yang terjadi pada benda atau material yang bertemperatur tinggi ke temperaur rendah disebut dengan perpindahan panas. Penarikan panas atau kalor dimulai pada evaporator (Setyawan, 2014). *Heat Exchanger* adalah sebuah pipa yang ada pipa lain di dalamnya, berfungsi untuk mengalirkan air pada pipa besar sedangkan pipa di dalamnya berfungsi mengalirkan udara atau *refrigerant* (Nugroho, 2015). Seperti yang terlihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Proses Kerja Chiller (Nugroho, 2015)

- 3 *Heat Exchanger* seperti gambar diatas terjadi proses pertukaran kalor antara refrigeran yang dengan air. panas dari air ditarik ke refrigeran sehingga sesudah melewati *heat exchanger* maka air yang ada didalam akan menjadi semakin dingin (Helber, 2005). Kemudian Air yang sudah menjadi dingin itu akan diteruskan mengalir menuju *Air Handling Unit* atau AHU yang berfungsi untuk mendinginkan udara. AHU terdiri dari *heat exchanger* yaitu pipa dengan kisi-kisi yang mempunyai fungsi utama mendinginkan air dan udara dengan proses pertukaran antara kedua komponen tersebut sehingga menghasilkan suhu yang lebih stabil (Nugroho, 2015).

## 2.5 Coefisien Of Performance (COP)

*Coefisien Of Performance* (COP) adalah perbandingan antara kapasitas pendinginan yang dihasilkan dengan satu kW terhadap ekivalensi termal kompresor yang digunakan dengan satuan kW pada sistem pendingin/ pembeku tersebut (Darsono, 2017). COP ini merupakan indikator yang sangat menentukan kerja dari sistem mesin *chiller* (Nugroho, 2015) yang dijabarkan pada Persamaan 1.

Rumus untuk menghitung COP adalah:

$$\text{COP} = \frac{Q_e}{W_k} \quad (1)$$

$Q_e$  = Energi yang diproses pada evaporator

$W_k$  = Jumlah energy dilepas oleh kondensor

## 2.6 Performance Factor (PF)

*Performance Factor* (PF) adalah suatu nilai yang menunjukkan kemampuan dari peralatan dalam menghasilkan *output* (Darusman, 2017). Nilai *performance factor* yang belum melampaui standar ini mengindikasikan bahwa performansi mesin dan peralatan yang digunakan dalam proses produksi tidak dalam kondisi prima yang dijabarkan pada rumus 1 (Nugroho, 2015).

Rumus menghitung PF sebagai berikut:

$$\text{PF} = \frac{Q_k}{W_k} \quad (2)$$

$Q_e$  = Energi yang diproses pada evaporator

$W_k$  = Jumlah energi diserap kondensor

## 3. Hasil Analisis dan Pembahasan

### 3.1 Hasil Perhitungan

Data yang diperoleh dari hasil pengambilan data yang dilakukan langsung, kemudian dianalisis sehingga distribusi perpindahan panas diperoleh yang terdapat pada Tabel 1 sampai Tabel 5. Terdapat fluktuasi nilai kalor pada setiap pengukuran. Hal ini akibat terjadi pemanasan pada *kiln* sehingga transfer panas terjadi pada setiap bagian yang dianalisis (Nugroho, 2015). Data yang diambil pada penelitian ini disajikan pada tabel 4.1. Data tersebut terkait berapa kali *chiller* berhenti operasi dalam setiap bulannya.

Data *daily cheksheet* pada bulan Juli 2020 disajikan pada Tabel 4.1 dari data tabel mesin *chiller* yang berhenti beroperasi pada Juli adalah operasi *chiller* yang paling banyak terjadi gangguan sehingga kinerja dari mesin pendingin tidak maksimal (Sumanto, 1989). Hal ini berdampak terhadap kualitas produksi dari perusahaan yang banyak menghasilkan produk tidak standar. Selain itu kualitas dari pada pekerja yang tidak memiliki kinerja yang lebih baik (Suriaman, 2022).

Tabel 4. 1 Data temperatur dan tekanan udara di bulan Juli 2020

Tanggal	Waktu pengamatan	Temperatur Ts (C)	Tekanan Ps (Bar)	Temperatur Td (C)	Tekanan Pd (Bar)
1 Juli 2020	09.00	3	0.3	11	4.2
8 Juli 2020	08.00	2	0.3	10	4.2
20 Juli 2020	11.00	2	0.3	11	4.3
27 Juli 2020	09.00	3	0.3	10	4.3
30 Juli 2020	14.00	2	0.3	11	4.2

Tabel di atas menunjukkan hasil pengecekan pada mesin chiller di setiap harinya dan didapat dari *daily ceksheet* pada bulan Juli, Pada saat melakukan pengecekan dilakukan pada waktu yang berbeda-beda untuk melihat dampak terhadap hasil pendinginan dari *chiller* ketika cuaca pagi dan siang hari.

- **Hasil Perhitungan COP dan PF**

Nilai efisiensi mesin *chiller* dapat dihitung dengan rumus interpolasi agar mendapatkan nilai tekanan, temperatur, enthalpi dan entropi kemudian hasil analisis digunakan pada tabel P-h refrigeran yaitu :

Hari Pertama:

Menghitung nilai efisiensi kerja mesin *chiller* pada 1 Juli 2020, pada pkl. 09.00

Data parameter pada jam 09.00,

Ts : 3°C

Ps : 0,3 bar

Td : 11°C

Pd : 4,2 bar

Tabel 4. 2 Data untuk P-h refrigeran penelitian pada hari pertama

No	Tekanan (°C)	Temperatur (°C)	Enthalpi (J)	Entropi (J)
1.	0,3	3	315,4	1,7898
2.	4,2	80,1	350,4	1,7898
3.	4,2	62	208,7	1,3415
4.	0,3	3	208,7	1,1567

Proses analisis untuk menentukan nilai laju aliran, kerja kompresor, daya kondensor, daya evaporator, COP, dan PF dapat dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

Menentukan nilai laju aliran massa yaitu sebesar

$$Q_e = 420 \text{ kW}$$

$$M_r = \frac{Q_e}{h_1 - h_4}$$

$$\begin{aligned} M_r &= \frac{420}{315,4 - 202,5} \\ &= \frac{420}{112,9} \\ &= 3,72 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

Menghitung Kerja Kompresor

$$\begin{aligned} W_k &= M_r (h_1 - h_2) \\ &= 3,72 (350,4 - 315,4) \end{aligned}$$

$$W_k = 130,2 \text{ kW}$$

Jumlah Energi Yang Diserap Evaporator

$$\begin{aligned} Q_e &= M_r (h_1 - h_4) \\ &= 3,72 (315,4 - 208,7) \\ &= 396,92 \text{ kJ/s} \end{aligned}$$

Jumlah Energi yang dilepaskan Kondensor

$$\begin{aligned} Q_k &= M_r (h_2 - h_3) \\ &= 37,2 (350,4 - 202,7) \\ &= 527,124 \text{ kJ/s} \end{aligned}$$

Menghitung nilai COP

$$\begin{aligned} COP &= \frac{Q_e}{W_k} \\ &= \frac{396,92}{130,2} \\ &= 3,04 \end{aligned}$$

Menghitung nilai PF

$$\begin{aligned} PF &= \frac{Q_k}{W_k} \\ &= \frac{527,124}{130,2} \\ &= 4,04 \end{aligned}$$

Untuk hari kedua:

Menghitung nilai efisiensi kerja mesin *chiller* pada 3 Juli 2020 pada pukul 11.00

Data parameter pada kondisi pukul 11.00 adalah sebagai berikut:

- Ts : 2 °C
- Ps : 0,3 bar
- Td : 11 °C
- Pd : 4,2 bar

Tabel 4. 3 Data untuk P-h refrigeran penelitian pada hari kedua

No	Tekanan (bar)	Temperatur (°C)	Enthalpi (J)	Entropi (J)
1	0,3	2	304,4	1,6798
2	4,2	80,1	350,4	1,6798
3	4,2	62	208,7	1,3415
4	0,3	3	208,7	1,0945

Proses menghitung nilai laju aliran, kerja kompresor, daya kondensor, daya evaporator, COP dan PF:

Laju Aliran Massa

$$Q_e = 420 \text{ kW}$$

$$Mr = \frac{Q_e}{h_1 - h_4}$$

$$Mr = \frac{420}{304,4 - 202,5}$$

$$= 4,12 \text{ kg/s}$$

Menghitung Kerja Kompresor

$$W_k = Mr (h_1 - h_2)$$

$$= 4,12 (350,4 - 304,4)$$

$$W_k = 189 \text{ kW}$$

Jumlah energi yang diserap evaporator

$$Q_e = Mr (h_1 - h_4)$$

$$= 4,12 (304,4 - 208,7)$$

$$= 394,28 \text{ kJ/s}$$

Jumlah energi yang dilepaskan kondensor

$$\begin{aligned}
 Q_k &= Mr (h_2 - h_3) \\
 &= 4,12 (350,4 - 202,7) \\
 &= 605,64 \text{ kJ/s}
 \end{aligned}$$

Menghitung nilai COP adalah:

$$\begin{aligned}
 COP &= \frac{Q_e}{W_k} \\
 &= \frac{394,28}{189,52} \\
 &= 2,08
 \end{aligned}$$

Menghitung nilai PF

$$\begin{aligned}
 PF &= \frac{Q_k}{W_k} \\
 &= \frac{605,64}{189,52} \\
 &= 3,19
 \end{aligned}$$

Hari ketiga:

Untuk menentukan nilai efisiensi kerja mesin *chiller* pada 13 Juli untuk pukul 13.00

Data parameter pada pukul 13.00,

Ts : 2°C

Ps : 0,3 bar

Td : 11°C

Pd : 4,2 bar

Tabel 4. 4 Data untuk P-h refrigeran penelitian pada hari ketiga

No	Tekanan (bar)	Temperatur (°C)	Enthalpi (J)	Entropi (J)
1	0,3	2	302,4	1,6798
2	4,2	80,1	350,4	1,6798
3	4,2	62	208,7	1,3415
4	0,3	3	208,7	1.0176

Proses menghitung nilai laju aliran, kerja kompresor, daya kondensor, daya evaporator, COP dan PF:

Laju Aliran Massa



$$Q_{ue} = 420 \text{ kW}$$

$$M_r = \frac{Q_{ue}}{h_1 - h_4}$$

$$M_r = \frac{420}{304,4 - 202,5}$$

$$= 4,12 \text{ kg/s}$$

Menghitung Kerja Kompresor

$$W_k = M_r (h_1 - h_2)$$

$$= 4,12 (350,4 - 304,4)$$

$$W_k = 189,52 \text{ kW}$$

Jumlah energi yang diserap evaporator

$$Q_e = M_r (h_1 - h_4)$$

$$= 4,12 (304,4 - 208,7)$$

$$= 394,28 \text{ kJ/s}$$

Jumlah Energi yang dilepaskan Kondensator

$$Q_k = M_r (h_2 - h_3)$$

$$= 4,12 (350,4 - 202,7)$$

$$= 605,64 \text{ kJ/s}$$

Menghitung nilai COP

$$COP = \frac{Q_e}{W_k}$$

$$= \frac{394,28}{189,52}$$

$$= 2,08$$

Menghitung nilai PF

$$PF = \frac{Q_k}{W_k}$$

$$= \frac{605,64}{189,52}$$

$$= 3,19$$

Hari keempat:

Menghitung nilai efisiensi kerja mesin chiller pada 16 Juli 2020, pada pukul 16.00

Data parameter pada pukul 16.00,

T<sub>s</sub> : 3°C

Ps : 0,3 bar

Td : 11°C

Pd : 4,2 bar

Tabel 4. 5 Data untuk P-h refrigeran penelitian pada hari keempat

No.	Tekanan (bar)	Temperatur (°C)	Enthalpi (J)	Entropi (J)
1.	0,3	3	315,4	1,7898
2.	4,2	80,1	350,4	1,7898
3.	4,2	62	208,7	1,3415
4.	0,3	3	208,7	1,0945

Proses menghitung nilai laju aliran, kerja kompresor, daya kondensor, daya evaporator, COP dan PF:

Laju Aliran Massa

$$Q_e = 420 \text{ kW}$$

$$M_r = \frac{Q_e}{h_1 - h_4}$$

$$M_r = \frac{420}{315,4 - 202,5}$$

$$= 3,72 \text{ kg/s}$$

Menghitung Kerja Kompresor

$$W_k = M_r (h_1 - h_2)$$

$$= 3,72 (350,4 - 315,4)$$

$$W_k = 130,2 \text{ kW}$$

Jumlah Energi Yang Diserap Evaporator

$$Q_e = M_r (h_1 - h_4)$$

$$= 3,72 (315,4 - 208,7)$$

$$= 396,92 \text{ kJ/s}$$

Jumlah Energi yang dilepaskan Kondensor

$$Q_k = M_r (h_2 - h_3)$$

$$= 3,72 (350,4 - 202,7)$$

$$= 527,124 \text{ kJ/s}$$

Menghitung nilai COP



$$COP = \frac{Q_e}{W_k}$$

$$= \frac{396,92}{130,2}$$

$$= 3,04$$

Menghitung nilai PF

$$PF = \frac{Qk}{Wk}$$

$$= \frac{527,124}{130,2}$$

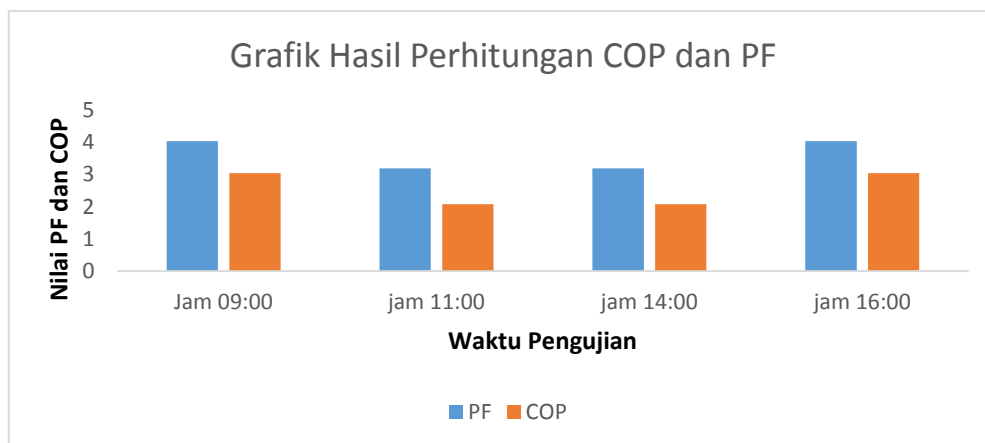
$$= 4,04$$

Tabel 4. 6 Nilai COP dan PF

Waktu Penelitian	m <sub>r</sub> (kg/s)	W <sub>k</sub> (kW)	Q <sub>e</sub> (kJ/s)	Q <sub>k</sub> (kJ/s)	COP (kW)	PF
09.00	3,72	130,2	396,92	527,12	3,04	4,04
11.00	4,12	189,52	394,28	605,64	2,08	3,19
14.00	4,12	189,52	394,28	605,64	2,08	3,19
16.00	3,72	130,2	396,92	527,12	3,04	4,04

Tabel diatas menunjukkan hasil dari perhitungan PF dan COP yang dilakukan pengujian sebanyak 4 kali dalam waktu yang berbeda-beda. Melihat hasil diatas bahwa suhu yang dihasilkan tidak stabil karena nilai PF dan COP yang selalu berubah.

Dari hasil data diatas berdasarkan pengujian yang dilakukan maka bisa kita lihat dari Grafik 4.1, untuk persentase perubahan COP dan PF yang terjadi.



Gambar 4.1 Perhitungan COP dan PF Mesin Chiller AKL5500VA

Tampak dari Grafik 4.1 bahwa hasil data pengujian untuk kinerja mesin *chiller* terjadi perbedaan untuk pukul 09.00 dengan pukul 11.00 hal ini adanya beban pendingin yang tinggi sehingga kinerja *chiller* yang menurun. Namun kinerja mesin *chiller* kembali naik pada pukul 16.00 akibat kebutuhan pendinginan yang semakin meningkat (Wahyu, dkk., 2016).

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan untuk mencari penyebab berkurangnya kinerja dari mesin *chiller* AKL5500AV berdasarkan analisis dari nilai COP dan PF mesin *chiller* di PT. XXX, dapat diketahui kinerja mesin *chiller* di PT. XXX kurang baik. Hal ini terjadi karena suhu yang dihasilkan di bawah standar pendinginan, penyebabnya nilai efisiensi COP = 3,04 dan PF = 4,04 pada jam 09.00 dan 16.00, sedangkan mekanisme standar kerja pendinginan yang seharusnya ada pada mesin *chiller* itu adalah COP = 4,46. Salah satu penyebab yang mempengaruhi efisiensi untuk nilai COP dan PF rendah akibat kurangnya perawatan pada bagian komponen mesin *chiller* sehingga pipa ataupun saluran yang menyalurkan fluida menjadi kotor dan tersumbat sehingga terjadinya *over heat*. Perawatan yang kurang diperhatikan pada setiap komponen mesin ini harus diperbaiki. ketika kenaikan suhu yang tinggi terjadi, maka kerja komponen kompresor akan bertambah untuk menstabilkan kinerja mesinnya untuk menjaga efisiensi dan kualitas suhu pendinginan tetap terjaga dengan baik dan mencegah terjadinya *overheat* pada mesin *extruder*. Jika kinerja kompresor lebih tinggi dan daya yang dikeluarkan oleh mesin *chiller* lebih banyak akan sangat rentan terjadinya *overheat* dan efisiensi mesin menurun.

#### Referensi

- Andri, R., Koswara E., (2018) "Analisis Efisiensi Kerja Chiller Pada Mesin Ekstruder Di PT. Arteria Daya Mulia Cirebon", Jurnal Teknik Mesin POLBAN:15-17.
- Darsono, (2017) " Analisis Kinerja Chiller Di Gedung Senayan City", UNJ, Jakarta (28-31).
- Darusman, (2017) "Penentuan Parameter Termodinamika Pembentukan Kompleks", UNPAD, Bandung 2017 (13-17).
- Jumhan A., (2017) "Analisis Kinerja Sistem Pendingin Ruang Palkah", Undip, Jawa Tengah.
- Nugroho, A., (2015) "Analisa Kinerja Refrigerasi *Water Chiller* Pada PT Gmf Aeroasia." *Jurnal Teknik Mesin Mercuri Buana* 4.1 (2015): 26-30.
- Panjaitan, S., (2018) "Rancang Bangun Mesin *Water Chiller* ", Undip, Jawa Tengah, 2018.
- Poernomo, H., (2015) "Analisis Karakteristik Unjuk Kerja Sistem Pendingin (*Air Conditioning*) Yang Menggunakan Freon R-22 Berdasarkan Pada Variasi Putaran Kipas Pendingin Kondensor." *Kapal* 12.1: 1-8.
- Purnama, D., Nugraha, R., Rizkia, Vika., (2022). Analisis Perbandingan Laju Perpindahan Panas antara *Stainless Steel* dengan CuNi pada *Air Cooler* Generator PLTA. *Jurnal Teknologika*, 2022-12(2) 205-215.
- Ramdan, (2018) "Uji Prestasi Refrigeran r22 Pada Mesin Pendingin Kompresi Uap," UNJ, Jakarta.
- Stocker W.F, Jones J.W, (1992) "Refrigasi dan Pengkondisian Udara", Erlangga, Jakarta 1992.
- Subardi, A., (2014) "Pengaruh Perubahan putaran Kompresor Serta Massa Refrigeran terhadap COP", Unimed, Medan 2014.
- Suriaman, I., Suprayitno, A., Hermanto, A., (2022). Analisis Pengaruh Laju Uap terhadap Efisiensi Turbin Uap Condensing pada PLTU PT. XXX. *Jurnal Teknologika*, 2022-12(2) 205-215.