

## Analisis Performa Sistem Pendingin Mesin *Mini Water Chiller*

Suryadimal<sup>1</sup>, Riza Muharni<sup>2</sup>, Agus Afrianda<sup>3</sup>, Kaidir<sup>4</sup>, Wenny Martiana<sup>5</sup>, Dytchia Septi Kesuma<sup>6</sup>

<sup>145</sup>Jurusan Teknik Mesin, fakultas Teknik, Universitas Bung Hatta

<sup>236</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat

<sup>1</sup>suryadimal@bunghatta.ac.id, <sup>2</sup>rizamuharni12@gmail.com, <sup>3</sup>agus afrianda@gmail.com, <sup>4</sup>irkaidir@bunghatta.ac.id,

<sup>5</sup>wenny.marthiana@bunghatta.ac.id, <sup>6</sup>dytchia@gmail.com

### Abstract

Chiller is a refrigeration machine whose main function is to cool water on the evaporator side. The water then flows to the AHU (Air Handling Unit) to be cooled and blown into the room. Heat or heat removal starts in the evaporator. This machine has the advantage of being more energy efficient and is used to cool high-rise buildings. This study aims to design and build a chiller with a capacity of 6 KW, using a vapor compression system with the main components being a compressor, condenser, expansion valve and evaporator. For this machine, the compressor used is a Bristol compressor, round tube condenser - continuous fin compact heat exchanger coiled tube evaporator, nominal diameter ¼ inch, TC-70 capillary tube as Expansion valve. Water is cooled from a temperature of 25 – 18 °C by circulating water with a pump with a flow rate of 10 l/minute, and the working fluid used is R-404. The purpose of this study is to analyze how the effect of the cooling load on the performance of the cooling system engine, including refrigeration capacity, compression power and how much is the Coefficient Of Performance (COP) on a mini Water Chiller machine. The COP value increased a round 3,58 where the highest COP value was 3,60 and the lowest was 3,57. This is caused by an increase in heat absorption in the evaporator as the mass flow rate of water for heat absorption in the FCU increases.

Keywords: coefficient of performance; evaporator; chiller

### Abstrak

Chiller adalah mesin refrigerasi yang fungsi utamanya mendinginkan air pada sisi evaporator. Air kemudian dialirkan ke AHU (*Air Handling Unit*) untuk didinginkan dan dihembuskan ke dalam ruangan. Mesin ini memiliki keunggulan lebih hemat energi dan digunakan untuk mendinginkan gedung bertingkat. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun *chiller* berkapasitas 6 KW, menggunakan sistem kompresi uap dengan komponen utama kompresor, kondensor, katup ekspansi dan evaporator. Untuk mesin ini, kompresor yang digunakan adalah kompresor Bristol, round tube condenser - *continuous fin compact heat exchanger coiled tube evaporator*, nominal diameter ¼ inch, TC-70 capillary tube sebagai Expansion valve. Air didinginkan dari suhu 25 – 18 °C dengan mensirkulasikan air dengan pompa dengan debit aliran 10 l/menit, dan fluida kerja yang digunakan adalah R-404. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisa bagaimana efek beban pendingin terhadap kinerja mesin sistem pendingin, meliputi kapasitas refrigerasi, daya kompresi serta berapa besar *Coeffisien Of Performance* (COP) pada mesin *mini water*. Hasil penelitian didapat nilai COP meningkat berkisar antara 3,58 dimana nilai COP tertinggi 3,60 dan terendah 3,57. Hal ini disebabkan oleh peningkatan penyerapan kalor pada *evaporator* seiring meningkatnya laju aliran massa air penyerapan kalor di FCU.

Kata kunci: *coefficient of performance; evaporator; chiller*

### 1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara kepulauan, secara astronomis posisi lintang terletak pada koordinat 6°0 Lintang Utara sampai 110° Lintang Selatan, dengan garis bujur 950 BT (Bujur Timur) - 1410 BT (Bujur Timur) sebagai titik referensi. Di antara wilayah-wilayah tersebut, kecenderungan peningkatan suhu rata-rata di wilayah Indonesia disebabkan oleh terus meningkatnya suhu atmosfer, efek rumah kaca, dan

penipisan lapisan ozon. Untuk kenyamanan termal orang di dalam ruangan, diperlukan sistem ACs, khususnya sistem refrigerasi [1].

Di era yang semakin berkembang ini, banyak industri besar, perkantoran, rumah dan kendaraan di Indonesia yang dilengkapi dengan *Air Conditioner* (AC) untuk menyejukkan dan menyegarkan udara di dalam ruangan [2].

Penggunaan AC *split* pada industri bervolume tinggi, gedung dan perkantoran sangat tidak efisien karena membutuhkan AC yang banyak dan menggunakan listrik yang banyak, sehingga para ilmuwan mencoba membuat udara yang dapat mengkondisikan ruangan salah satunya tinggi volume *chiller* sistem pendingin [3]. *Chiller* adalah mesin yang menggunakan air pendingin sebagai fungsi utama pada sisi *evaporator* [4]. Air dingin didistribusikan ke penukar panas *fan coil unit* (FCU). *Chiller* yang baik adalah mesin dengan nilai COP yang tinggi [5].

Tujuan menghitung COP mesin adalah untuk mengevaluasi seberapa baik mesin bekerja dalam memindahkan energi panas dari satu tempat ke tempat lainnya. Secara umum, semakin tinggi nilai COP, semakin efisien mesin pendingin atau pemanas tersebut dalam melakukan tugasnya. Dalam aplikasi praktis, menghitung COP mesin dapat membantu dalam mengoptimalkan kinerja mesin untuk mengurangi konsumsi energi dan biaya operasional.

Penelitian sebelumnya tentang pengaruh air dingin terhadap kinerja *chiller* berpendingin udara didapat COP meningkat dari 2,55 menjadi 2,89 [6].

Dari penelitian sebelumnya maka dilakukan analisa performa sistem pendingin mesin *mini water chiller* pada labor prestasi mesin Universitas Bung Hatta.

### Sistem AHU ( Air Handling Unit )

Sistem tata udara sentral atau *Air Handling Unit* (AHU) dan *Fan Coil Unit* (FCU) adalah peralatan pengolah udara yang di dalamnya terdapat kipas dan peralatan untuk sirkulasi, penyaringan, pendinginan, pemanasan, dehumidifikasi, humidifikasi, dan pencampuran udara. Peralatan ini merupakan salah satu yang paling banyak mengkonsumsi energi (listrik) yaitu sekitar 50% [7]. Berbagai macam AC yang digunakan untuk sistem air conditioning salah satunya adalah sistem *water chiller* pada Gambar 1 dimana *mini water chiller* sebagai *state of the art* merupakan alat mesin pendingin yang mampu mendinginkan ruangan dengan FCU atau AHU. *Mini water chiller* terdiri dari dua siklus primer dan sekunder. Pada siklus primer refrigeran bersirkulasi dengan empat komponen utama kompresor, kondensor, katup ekspansi dan *evaporator*, pada siklus *refrigerant* sekunder oleh pompa air menuju AHU dan FCU.



Gambar 1. Water Chiller

Sistem FCU (*Fan Coil Unit*) atau AHU (*Air Handling Unit*) ada yang menggunakan koil air dingin sebagai pendingin, namun banyak juga yang menggunakan evaporator sistem refrigerasi jenis ekspansi langsung. Sistem ekspansi langsung merupakan salah satu sistem pengkondisi yang banyak digunakan terutama dalam bentuk *unitary* seperti window unit, split unit dan mobil. Sistem ini juga digunakan pada sistem tata udara sentral. Komponen utama sistem ini terdiri dari evaporator, kompresor, kondensor dan katup ekspansi. Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa fungsi *Fan Coil Unit* merupakan alat yang memiliki fungsi sebagai alat yang mensirkulasikan udara dingin, udara tersebut dialirkan menggunakan *fan* atau *blower* melalui coil pendingin di dalam *Fan Coil Unit* dimana udara yang dikeluarkan menjadi dingin, kemudian udara dingin yang berasal dari *Fan Coil Unit* disalurkan menuju ruangan.



Gambar 2. Fan Coil Unit

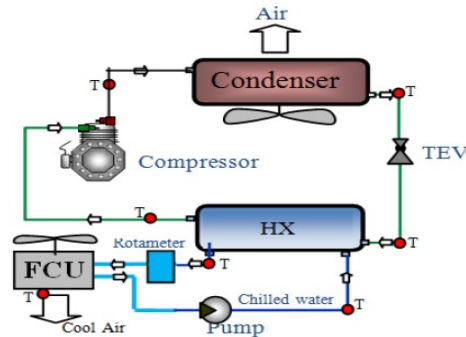
Penelitian sebelumnya [15] tentang debit fluida cair berpengaruh terhadap laju aliran pendinginan mesin pendingin sistem *chiller*, sehingga penyerapan kalor air dapat terjadi secara maksimal ( $Q_{max}$ ) hal ini apabila pendekatan perpindahan kalor antara kedua fluida air dan udara menggunakan koefisien perpindahan kalor NTU sebesar 1,88 mampu melepas kalor 5470 Watt. Sehingga dari peneltian awal tersebut penyerapan energi water *Chiller Fan Coil Unit* mempengaruhi laju perpindahan kalor maksimum ( $Q_{max}$ ) dan *Number Temperatur Unit* sistim.

Penelitian lainnya [16] tentang laju aliran volume (debit) air pendingin berpengaruh terhadap NTU (*Number of Transfer Unit*) dari sistem AC water *chiller*. Semakin besar laju aliran volume maka NTU juga mengalami peningkatan dan NTU (*Number of Transfer Unit*) terbesar diperoleh untuk laju aliran volume air pendingin 11 L/menit yaitu sebesar 2,01.

Penyerapan kalor di sistem *mini chiller* akan mempengaruhi penambahan temperatur air di sisi keluar bila disetting *temperature evaporator* rendah mendekati  $-4^{\circ}\text{C}$  hingga  $10^{\circ}\text{C}$  dapat mengakibatkan terjadinya perubahan *performance* mesin pendingin *chiller* sekitar 33% .

Pada Gambar 3 terdapat gambaran analisa sistim *mini water chiller* secara umum yaitu terdiri dari sistem primer Kompresor, kondensor pipa kapiler dan

evaporator serta sistim sekunder terdiri dari FCU dan pompa seperti pada Gambar 3 di bawah ini.

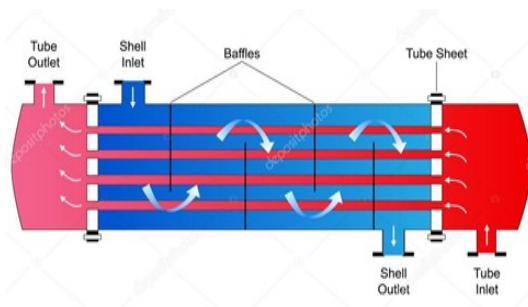


Gambar 3. Sistem mini water chiller

Siklus kompresi uap ialah siklus yang banyak digunakan dalam sistem pengkondisian udara. Dimana refrigeran dikompresikan dan mengalami kondensasi menjadi wujud cair. Selanjutnya cairan tersebut diuapkan kembali pada temperatur rendah. uap yang dikompresikan dapat berada dalam fase uap kering atau kompresi kering dan dalam fase campuran uap-cair atau kompresi basah. Kompresi basah umumnya dihindari karena bersifat merugikan.

Dilihat dari perbandingan panjang pipa kapiler antara kisaran 80-12 cm pada *mini chiller performance* mesin akan mencapai nilai COP berbanding terbaik sebesar 4,05 pada panjang pipa 80 cm [8].

Menurut hukum satu termodinamika jumlah energi kalor yang dilepas oleh fluida panas sebanding dengan fluida dingin. Begitu juga pada *chiller* harus dipertimbangkan dalam design konstruksi tipe penukar kalor tipe *shell* dengan jumlah *tube* 248, panjang 2000 mm, dan jumlah 6 *baffle* dengan media pendingin adalah air. Air terlebih dahulu didinginkan oleh unit *chiller* [9]. Kemudian membandingkan pengaruh transfer panas dengan variasi jumlah *baffle* 2, 3 dan 4 buah [10].



Gambar 4. Heat Exchanger

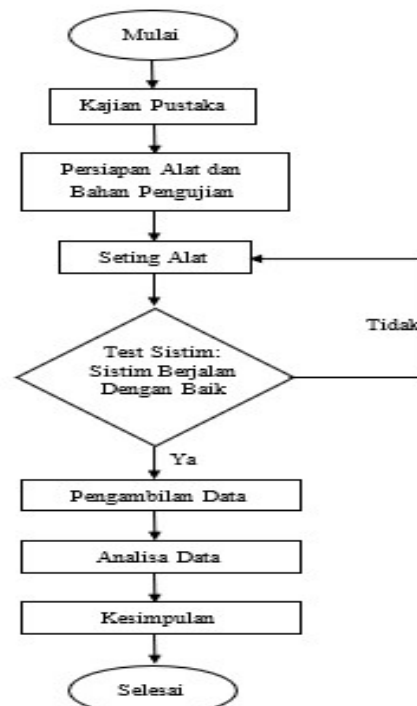
Salah satu usaha untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi pada sistem AC *water chiller* adalah meningkatkan konduktifitas termal fluida

kerja, dalam hal ini adalah *chilled water*. Konduktifitas termal dari fluida penghantar kalor merupakan salah satu unsur terpenting dalam pengembangan efisiensi energi dalam sistem AC.

Siklus refrigerasi kompresi uap merupakan semacam mesin pendingin yang paling sering digunakan saat ini. Mesin pendingin ini terdiri dari empat komponen utama, yaitu kompresor khusus, kondensor, katup ekstensi, dan *evaporator* [11].

## 2. Metodologi Penelitian

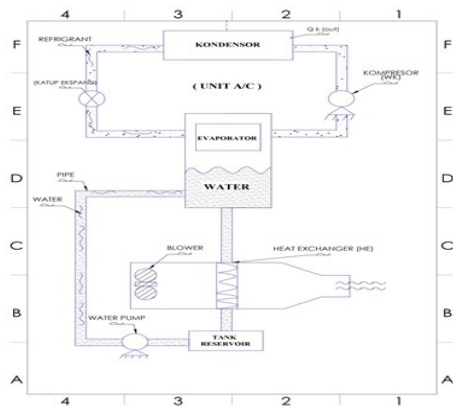
Pada Gambar 5 dapat dilihat sistematika penelitian yang digambarkan dalam diagram alir berikut :



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian



Gambar 6. Mesin mini water chiller



Gambar 7. Skema alat uji

Tahapan Persiapan Pengujian:

1. Pengecekan alat pengujian
2. Tahap Pengujian

Tahapan hasil pengujian dapat diperinci sebagai berikut:

- a. Menghidupkan mesin.
  - b. Pastikan tingkat keadaan sistem bekerja secara normal dan biarkan kondisi sistem *steady state*  $\pm 15$  menit.
  - c. Mencatat data-data sistem primer pada mesin *chiller*, datanya berupa kecepatan air, tekanan pada evaporator, kecepatan udara, tegangan dan arus listrik. Data diambil sebanyak 10 kali dengan variasi kecepatan 40 m/s 5 kali dan 60 m/s 5 kali.
  - d. Mencatat data-data sistem sekunder pada mesin *chiller*, datanya berupa kecepatan air dan suhu pada *water evaporator*, udara FCU, *water FCU*, *Air HR*. Kemudian data tekanan pada *water evaporator* dan *water FCU*. Data diambil sebanyak 10 kali dengan variasi kecepatan 40 m/s 5 kali dan 60 m/s 5 kali.
  - e. Setelah itu diambil juga data entalpi dan entropi pada mesin *chiller* sebanyak 10 kali pengambilan.
  - f. Hasil data diambil dikelompokkan kedalam tabel-tabel agar mudah dianalisa.
3. Langkah terakhir adalah mematikan mesin dan merapikan peralatan-peralatan yang digunakan selama proses pengambilan data pengujian.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Pengambilan data penelitian melalui pengujian mesin *mini water chiller* yang dirancang pada laboratorium prestasi mesin FTI Universitas Bung Hatta. Data yang diambil terdiri dari variabel; kecepatan udara, tekanan dan temperatur pada *evaporator/kondensor*, kecepatan udara, tegangan dan arus listrik di kompresor.

Tabel 1. Data Sistem Primer

Kec Air	Keluar Evaporator	Keluar Kompresor	Keluar Kondensor	Keluar Katup	Kec Udara	Teg Listrik	Arus Listrik				
m <sup>3</sup> /min	P <sub>1</sub> Psi	T <sub>1</sub> °C	P <sub>2</sub> Psi	T <sub>2</sub> °C	P <sub>3</sub> Psi	T <sub>3</sub> °C	P <sub>4</sub> Psi	T <sub>4</sub> °C	m/s	Vol	Amper
0,178	63,2	7,1	215,8	88,2	205,6	39,6	71,2	4	40	220	5,8
0,196	63,8	8,3	220,2	90	210,2	39,8	70,8	4,2	40	220	5,8
0,218	65,2	8,2	223,7	92	211,8	40,1	72	5	40	220	6
0,226	66,3	8,9	230,2	92,2	217,1	39,2	73	5	40	220	6
0,247	66,4	9,1	231,2	92,6	219,7	40,1	74	6	40	220	6
0,178	64,1	9,1	215,1	87	209	39,2	71	1,7	60	220	5,8
0,196	63,3	9,2	220	89,3	210,1	37,2	69	1,6	60	220	5,8
0,218	64,2	9,4	222	89,2	211	38,2	72	2	60	220	6
0,226	65,4	9,6	224	90,4	213,3	37,9	72	2,3	60	220	6
0,247	66,1	10,4	226	88,8	216,8	38,7	73	2,8	60	220	6

Tabel 2. Data Sistem Sekunder

Kec Air	Water Evaporator	Udara FCU	Water FCU	Air HR	Water Evaporator	Water FCU						
m <sup>3</sup> /min	T <sub>4</sub> °C	T <sub>5</sub> °C	T <sub>6</sub> °C	T <sub>7</sub> °C	T <sub>8</sub> °C	T <sub>9</sub> °C						
0,178	12,5	17,6	30	20	14,1	16,6	39	41	0	0	9	1,5
0,196	12,6	17,5	30,2	20	14,4	16,7	47	48,6	0	0	10,1	2
0,218	13	17,6	30,1	20	14,5	16,7	54	53	0	0	12	2
0,226	13,2	17,7	30,4	20	14,8	17	57	57,7	0	0	14	2
0,247	13,4	17,2	30,8	20,3	14,8	17	60,3	61	0	0	16,2	2
0,178	12,7	18,1	29,9	20	14,3	16,8	42,5	42,7	1	0	1	0
0,196	12,5	17,7	29,5	19,8	15	15	48,2	49	2	0	2	0
0,218	12,7	17,8	29,6	19,5	14,5	14,5	53,5	53,8	2	0	3	0
0,226	12,7	17,5	29,3	19,5	14,7	14,7	57,2	58	4	0	4	0
0,247	13,2	17,4	19,8	19,3	15	16,2	60,1	60,4	5	0	5	0

Tabel 3. Data Pengujian Alat

Kec Air	Keluar Evaporator	Keluar Kompresor	Keluar Kondensor	Keluar Katup	Kec Udara	Teg Listrik	Arus Listrik				
m <sup>3</sup> /min	P <sub>1</sub> Bar	T <sub>1</sub> °C	P <sub>2</sub> Bar	T <sub>2</sub> °C	P <sub>3</sub> Bar	T <sub>3</sub> °C	P <sub>4</sub> Bar	T <sub>4</sub> °C	m/s	Vol	Amper
0,178	4,3608	7,1	14,89	88,2	14,19	39,6	4,91	4	40	220	5,8
0,196	4,4022	8,3	15,19	90	14,50	39,8	4,89	4,2	40	220	5,8
0,218	4,4988	8,2	15,44	92	14,61	40,1	4,97	5	40	220	6
0,226	4,5747	8,9	15,88	92,2	14,98	39,2	5,04	5	40	220	6
0,247	4,5816	9,1	15,95	92,6	15,16	40,1	5,11	6	40	220	6
0,178	4,4229	9,1	14,84	87	14,42	39,2	4,90	1,7	60	220	5,8
0,196	4,3677	9,2	15,18	89,3	14,50	37,2	4,76	1,6	60	220	5,8
0,218	4,4298	9,4	15,32	89,2	14,56	38,2	4,97	2	60	220	6
0,226	4,5126	9,6	15,46	90,4	14,72	37,9	4,97	2,3	60	220	6
0,247	4,5609	10,4	15,59	88,8	14,96	38,7	5,04	2,8	60	220	6

Tabel 4. Entalpi dan Entropi

Kec Water	Tegangan Volt	Arus Amper	Kec Air	Entalpi	Entropi				
m/s			m/s	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	h <sub>3</sub> =h <sub>4</sub>	s <sub>1</sub>	s <sub>2</sub>	s <sub>3</sub>
0,178	220	5,8	4	413,55	459,3	249,11	1,76	1,77	1,16
0,196	220	5,9	4	413,22	459	249,37	1,75	1,77	1,16
0,218	220	6	4	413,22	459	249,76	1,75	1,77	1,16
0,226	220	6	4	413,22	459	249,76	1,75	1,77	1,16
0,247	220	6	4	413,22	458,8	249,6	1,75	1,77	1,16
0,178	220	5,8	2	413,73	459,35	248,58	1,75	1,77	1,16
0,196	220	5,9	2	413,71	459,35	245,3	1,75	1,77	1,16
0,218	220	6	2	413,72	459,35	247,28	1,75	1,77	1,16
0,226	220	6	2	413,76	459,35	246,5	1,75	1,77	1,16
0,247	220	6	2	413,63	459,19	247	1,75	1,76	1,16

Dari data-data tabel 1,2,3 dan 4 dapat kita hitung besaran-besaran sebagai berikut:

1. Daya kompresor

Daya aktual dibutuhkan oleh kompresor untuk melakukan kerja kompresi dapat dihitung dengan rumus [7] yakni :

$$P = V \times I \times \cos \phi \text{ (Watt)} \quad (1)$$

Dimana :

P = daya kompresor ( Watt )

V = tegangan ( Volt ) = 220 V

I = kuat arus ( ampere ) = 5,8 A

$\cos \phi = 1$  (asumsi power faktor motor dianggap baik)

$$\begin{aligned} P &= V \times I \times \cos \phi \\ &= 220 \times 5,8 \times 1 \\ &= 1,27 \text{ Watt} \end{aligned}$$

## 2. Kerja kompresi

Kerja kompresi dapat dihitung berdasarkan selisih enthalpi uap dari refrigeran yang keluar kompresor dengan enthalpi uap refrigeran masuk ke kompresor pada proses (1 – 2)

$$W_k = m(h_2 - h_1) \text{ kJ/kg} \quad (2)$$

Dimana :

W<sub>k</sub> = Daya Kompresor (KW)

m = Laju Aliran Fluida (Kg/s)

h<sub>1</sub> = entalpi di evaporator ( kJ/kg)

h<sub>2</sub> = entalpi di kompresor ( kJ/kg)

$$W_k = m(h_2 - h_1) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$W_k = 459,3 - 414,3 = 45 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

## 3. Efek refrigerasi

Efek refrigerasi merupakan efek yang berguna dan diinginkan dari sebuah mesin refrigerasi. Besarnya efek pendingin dapat dihitung sebagai berikut:

$$ER = m(h_1 - h_4) \text{ kJ/kg} \quad (3)$$

Dimana :

ER = Efek Refrigerasi ( kJ/kg)

m = Laju Aliran Fluida (Kg/s)

h<sub>3</sub> = entalpi di kondensor ( kJ/kg)

h<sub>4</sub> = entalpi di katup ekspansi ( kJ/kg)

$$ER = m(h_1 - h_4) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$ER = 413,55 - 252 = 161,55 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

## 4. Coeficient of Performance (COP)

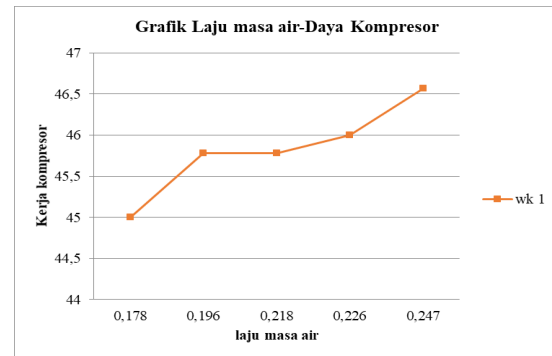
Performance mesin pendingin adalah perbandingan antara kapasitas refrigerasi (KR) dengan adanya daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan kompresor.

$$COP = \frac{\text{Efek Refrigerasi}}{\text{Kerja Kompresor}} \quad (4)$$

$$COP = \frac{161,55}{45} = 3,59$$

Dari pengolahan data di atas selanjutnya dapat dianalisa data-data tersebut melalui grafik perbandingan pada Gambar 8 ini :

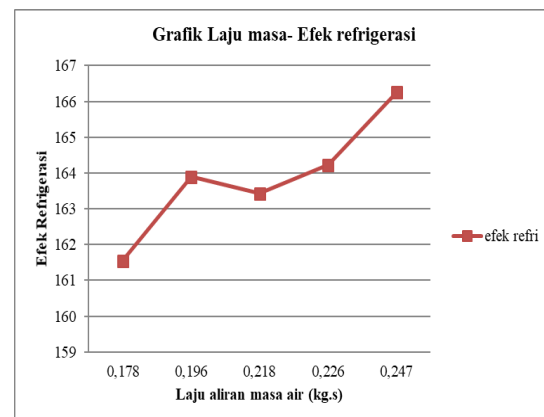
Dari tabel 4 didapat pengaruh laju aliran massa air terhadap daya kompresor seperti gambar 8 di bawah ini.



Gambar 8. Grafik pengaruh laju aliran massa air terhadap daya kompresor

Pada Gambar 8 menunjukkan bahwa peningkatan dalam daya kompresor yang terjadi karena adanya kenaikan jumlah penyerapan masa air di FCU. Hal ini menyebabkan beban evaporator meningkat. Nilai terkecil yang dicapai kompresor sekitar 45 W dan nilai tertinggi sebesar 46,8 W pada saat laju aliran masa air sebesar 0,247 kg/s.

Pada Tabel 2 menunjukkan bahwa laju aliran massa air mempengaruhi efek refrigerasi mesin pendingin.

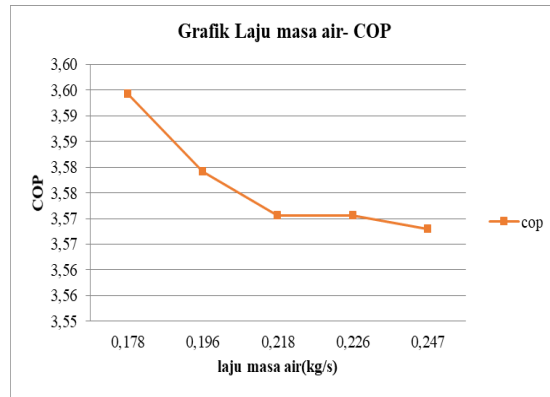


Gambar 9. Grafik pengaruh laju aliran massa air terhadap efek refrigerasi mesin pendingin

Pada Gambar 9 dapat dilihat bahwa efek refrigerasi memiliki grafik yang menurun seiring dengan peningkatan kecepatan aliran masa air. Pada kecepatan aliran masa 0,178, efek refrigerasi

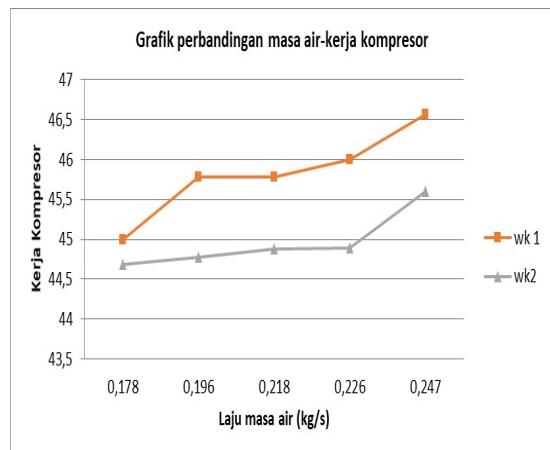
menunjukkan nilai terendah sebesar 161,55 kJ/kg kemudian naik sebesar 166,25 kJ/kg dan turun ke nilai 163,43 kJ/kg. Kemudian, efek refrigerasi naik kembali dan mencapai 166,25 kJ/kg. Hal ini diperkirakan disebabkan karena peningkatan penyerapan energi di FCU.

Tabel 3 menunjukkan bagaimana laju aliran massa air mempengaruhi COP mesin pendingin, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik pengaruh laju aliran massa air terhadap COP mesin pendingin

Pada gambar 10 menunjukkan nilai COP baik dan adanya peningkatan penyerapan kalor pada evaporator seiring dengan peningkatan laju masa air penyerap kalor di FCU. Rata-rata nilai COP berkisar 3,58 dengan nilai tertinggi sebesar 3,60 dan terendah sebesar 3,57. Sementara itu, pada Tabel 4 menunjukkan bahwa perubahan perubahan kecepatan udara mempengaruhi daya kompresor, seperti yang terlihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Grafik pengaruh perbandingan perubahan kecepatan udara terhadap daya kompresor

Pada Gambar 11 terjadi perubahan kecepatan udara mempengaruhi daya kompresor dengan cukup signifikan. Pada kecepatan udara pertama, daya kompresor bergerak dari 45 Watt hingga 45,78 Watt.

Pada kecepatan udara dua dan ketiga stabil diangka 45,78 Watt, kemudian naik lagi sampai 46,57 Watt. Semakin lambat udara bergerak, semakin banyak kalor yang bisa diambil oleh air pendingin sehingga menyebabkan daya kompresor menjadi rendah. Namun, jika kecepatan udara semakin besar, maka semakin sedikit energi yang terserap oleh FCU.

#### 4. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kecepatan aliran air pendingin dari evaporator mempengaruhi kerja kompresor, dengan adanya peningkatan pada laju air yang diserap oleh FCU sebesar 0,178 menyebabkan kenaikan daya pada kompresor. Berikut kesimpulan yang didapat dari analisis performa sistem pendingin mesin mini water chiller:

1. Grafik efek refrigerasi menunjukkan peningkatan seiring dengan meningkatnya laju aliran masa air. Pada laju aliran masa 0,178, nilai terendah efek refrigerasi adalah 161,25 kJ/kg. Pada laju aliran masa air 0,218, mengalami penurunan, kemudian naik lagi menjadi 166,25 kJ/kg. Ini disebabkan oleh peningkatan penyerapan energi di FCU.
2. Nilai COP meningkat berkisar antara 3,58 dimana nilai COP tertinggi 3,60 dan terendah 3,57. Hal ini disebabkan oleh peningkatan penyerapan kalor pada evaporator seiring meningkatnya laju aliran massa air penyerapan kalor di FCU.

#### Daftar Rujukan

- [1] D. H. Kurnia Adam Laksana, Nur Fatowil Aulia, "Evaluasi Kinerja Air-Cooled Water Chiller Dengan Kapasitas 594 kW," *Eksergi*, vol. 17, no. 3, pp. 191–200, 2021.
- [2] R. Muhami and D. S. K. , Fajar Nur Fadhlil Fajar Nur Fadhlil, Muchlisinalahuddin, "Analisa Kebutuhan Beban Pendingin Untuk Aula Kampus III UM Beban Pendingin Untuk Aula Kampus III UM Sumatera Barat," *J. Tek. Mesin*, vol. 15, no. 1, pp. 55–60, 2022.
- [3] N. Firdaus, "Komparasi Metode Estimasi Debit Air Chiller," *PowerPlant*, vol. 6, no. 2, pp. 93–98, 2018.
- [4] F. M. Dewadi, "Analisis Efektivitas Liquid Section Heat Exchanger," *Mechanical Xplore*, vol. 2, no. 1, pp. 28–36, 2021.
- [5] S. A. Syahputra et al., "Perbandingan Coefficient Of Performance ( Cop ) Chiler Water Cooled Dengan Air Cooled," *Atas Saintech Journal Of Engineering*, vol. 2, no. 1, pp. 1–8, 2021.
- [6] Phan Thi Thu Huong et al, " The effect of the chilled water temperature on the performance of an experimental air cooled chiller ", *Vietnam journal of mechanics ( VAST )* vol 43 no. 1 ( 2021 ), pp. 1 - 11 .
- [7] I. G. Wiratmaja, K. R. Dantes, and E. A. J. Artha, "Peningkatan Laju Pendinginan Ruangan Dengan Media Pendingin Kombinasi Udara Dan Air Disisi Kondensor Pada Mesin Pendingin Tipe Split Air Conditioning," *J. Pendidik. Tek. Mesin Undiksha*, vol. 9, no. 1, pp. 50–58, 2021, doi: 10.23887/jptm.v9i1.33220.
- [8] M. Sucipta, I. B. Oka Jeve, and K. Astawa, "Water-Cooled Chiller Terintegrasi Heat Recovery System pada Industri

- Perhotelan di Bali,” J. Energi Dan Manufaktur, vol. 13, no. 2, p. 59, 2020, doi: 10.24843/jem.2020.v13.i02.p03.
- [9] T. B. Sitorus, “Kajian Eksperimental Mesin Pendingin Adsorpsi Tenaga Surya dengan Menggunakan Adsorben Campuran,” J. Rekayasa Mesin, vol. 10, no. 1, pp. 45–52, 2019, doi: 10.21776/ub.jrm.2019.010.01.7.
- [10] A. D. Cappenberg, “Analisis Chiller Dengan Menggunakan R123 Dan R134a Pada Kinerja Pendinginan,” J. Kaji. Tek. Mesin, vol. 5, no. 1, pp. 48–57, 2020, doi: 10.52447/jktm.v5i1.3979.
- [11] R. Safytri, A. Suryatman Margana, and A. P. E. Sukamto, “Analisis Perbandingan Kinerja Mesin Pendingin (Chiller, Cooling Tower, dan Air Handling Unit) Sebelum dan Sesudah Maintenancedi Transmart Buah Batu,” *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar, Bandung*, pp. 361–367, 2020.
- [12] J. Sinaga, Y. Witanto, and A. Nuramal, “Analisa Koefisien Ujuk Kerja Mesin Pendingin ( Chiller ) Unit 1 Pada Power House Performance Coefficient Analysis of Unit 1 Chiller in Power House,” *Rekayasa Mekanika: Mechanical Engineering Scientific Journal*, vol. 6, no. 1, pp. 31–37, 2022.
- [13] H. T. F. Fika Veronika, Seri Anggi Siregar, “Rancang Bangun Alat Sirkulasi Udara Pada Mesin Chiller Menggunakan Arduino Uno Untuk Pemrosesan Pemeliharaan Secara Berkala,” *Prosiding Konferensi Nasional Social & Engineering Polmed (KONSEP)*, pp. 89–96, 2021.
- [14] E. K. Andri Reynaldi, “Analisis Efisiensi Kerja Chiller Pada Mesin Ekstruder Di PT. Arteria Daya Mulia Cirebon,” *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, vol. 45418, no. 103, pp. 459–464, 2012.
- [15] M. D. Kayana, I. N. P. Nugraha, and K. R. Dantes, “Analisa Pengaruh Laju Aliran Fluida Air Pada Saluran Pipa Ahu (Air Handling Unit) Terhadap Capaian Suhu Optimum Mesin Pendingin Mini Water Chiler,” J. Pendidik. Tek. Mesin Undiksha, vol. 7, no. 3, pp. 129–134, 2019, doi: 10.23887/jptm.v7i3.26517.
- [16] H. H. Hosamo, P. R. Svennevig, K. Svidt, D. Han, and H. K. Nielsen, “A Digital Twin predictive maintenance framework of air handling units based on automatic fault detection and diagnostics,” *Energy Build.*, vol. 261, p. 111988, 2022, doi: 10.1016/j.enbuild.2022.111988.
- [17] I. Nofrizal, I., Suryadimal, S., & Iqbal, “Perancangan Evaporator Dan Kondensor Pembuat Es Balok Dengan Menggunakan Mesin Pendingin Kompresi Uap,” *Abstract Of Undergraduate Research, Faculty Of Industrial Technology*, no. 14, p. 2, 2019.
- [18] P. Deva Supriana, K. R. Dantes, and I. N. P. Nugraha, “Pengaruh Variasi Fluida Pendingin Terhadap Capaian Suhu Optimal Pada Rancangan Mesin Pendingin Mini Water Chiller,” *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, vol. 7, no. 1, pp. 36–42, 2019, doi: 10.23887/jtm.v7i1.18584.
- [19] M. A. Muzakkir, “Perbandingan Koefisien Prestasi ( COP ) pada Refrigerator dengan Refrigeran CFC R12 dan HC R134a,” *Jurnal Inovator*, vol. 5, no. 1, pp. 30–39, 2013.
- [20] Aji Abdullah Kharisma, “Perancangan Heat Exchanger Tipe Shell dan Tube Secara Metoda Matematis dan Simulasi Software,” J. Rekayasa Mesin, vol. 20, no. 2, pp. 27–34, 2021, doi: 10.36706/jrm.v20i2.66.
- [21] I. K. G. I. G. W. N. P. N. Arnawa, “The Effect of Variations Temperature in Expansion Valve on The (COP) Coefficient of Performance from An Air Conditioning Engine Prototype Mini Water Chiller,” *International Journal of Mechanical Engineering Technologies and Applications*, no. 9, pp. 62–71, 2022.
- [22] Rahayu deny danar dan alvi furwanti Alwie, A. B. Prasetyo, R. Andespa, P. N. Lhokseumawe, “Analisa Performa Sistem Refregerasi Kompresi Uap Menggunakan Dobel Katup Disusun Secara Paralel Dengan Refrigeran Mc 134,” *International Journal of Mechanical Engineering Technologies and Applications*, vol. 2, no. 1, 2020.
- [23] K. Komarudin and I. E. M. Manik, “Analisis Water Balancing Primary Loop Chiller System Terhadap COP (Coefficient Of Performance),” *Bina Teknika*, vol. 14, no. 1, p. 1, 2018, doi: 10.54378/bt.v14i1.257.