



Analisis *Coefficient of Performance* (COP) dengan Pemanfaatan Energi Panas Discharge Kompresor Sistem *Heat Exchanger Double Tube* pada AC 1 PK untuk Pemanas Air

Nailul Atifah¹, Angga Riyana², Fifit Astuti^{3*}

^{1,2,3*}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang

¹dosen00410@unpam.ac.id, ²anggariana1234@gmail.com, ^{3*}dosen01140@unpam.ac.id

Abstract

Hot water has become an important part of everyday life. Utilization of waste heat is increasingly relevant in the modern era, due to very significant technological advances. One of them is the refrigeration system which regulates temperature by transferring heat energy from inside to outside the room. Basically, this heat can be used to heat water by absorbing heat before it reaches the condenser. Reusing waste heat from the condenser can save the electricity needed to heat water, making it an efficient way to utilize wasted energy. This research aims to determine the effect of variations in HE (heat exchanger) pipe length on the performance of the Coefficient of Performance COP, and the required electrical power consumption using heat exchanger calculation analysis for the CoolPack application. This research uses an experimental method on a 1 PK split AC with variations without a heat exchanger and with a 3 pass, 5 pass double tube heat exchanger. The results of this research show that without a heat exchanger the average COP is 3.68 and the electric power is 0.063 kWh, with a 3 pass heat exchanger the average COP is 4.1 with an increase of 11.4% from the data without using a heat exchanger and an electric power of 0.054 kWh, with a 5 pass heat exchanger the average COP is 4.66 with an increase of 26.6% from the data without using a heat exchanger and an electric power of 0.052 kWh. This shows that the better the heat dissipation in the condenser, the greater the heat absorbed by the evaporator, making the COP higher and the compressor work lower. Therefore, the use of electrical power is lower and the performance of an Air Conditioning system is more efficient.

Keywords: heat energy, condenser, AC, heat exchanger, coefficient of performance (COP)

Abstrak

Air panas telah menjadi bagian penting dalam kehidupan sehari-hari. Pemanfaatan panas terbuang semakin relevan di era modern, karena kemajuan teknologi yang sangat signifikan. Salah satunya pada sistem refrigerasi yang mengatur suhu dengan memindahkan energi kalor dari dalam ke luar ruangan. Pada dasarnya panas ini dapat dimanfaatkan untuk memanaskan air dengan menyerap kalor sebelum mencapai kondensor. Penggunaan kembali panas buangan dari kondensor dapat menghemat listrik yang dibutuhkan untuk memanaskan air, sehingga menjadi cara yang efisien untuk memanfaatkan energi yang terbuang. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi panjang pipa *heat exchanger* (HE) terhadap performa *Coefficient of Performance* (COP), dan konsumsi daya listrik yang dibutuhkan dengan menggunakan analisa perhitungan *heat exchanger* aplikasi CoolPack. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen pada AC split 1 PK dengan variasi tanpa *heat exchanger* dan dengan *heat exchanger double tube* 3 laluan, 5 laluan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada tanpa *heat exchanger* rata-rata COP 3.68 dan daya listrik 0.063 kWh, dengan *heat exchanger* 3 laluan rata-rata COP 4.1 dengan kenaikan 11.4% dari data tanpa menggunakan *heat exchanger* dan daya listrik 0.054 kWh, dengan *heat exchanger* 5 laluan rata-rata COP 4.66 dengan kenaikan 26.6% dari data tanpa menggunakan *heat exchanger* dan daya listrik 0.052 kWh. Hal ini menunjukkan bahwa semakin baik pembuangan panas pada kondensor semakin besar kalor yang diserap evaporator membuat COP semakin tinggi, dan kerja kompresor semakin rendah. Oleh karena itu, penggunaan daya listrik semakin rendah dan kinerja dari sebuah sistem *Air Conditioning* lebih efisien.

Kata Kunci: energi panas, kondensor, AC, *heat exchanger*, *coefficient of performance* (COP)

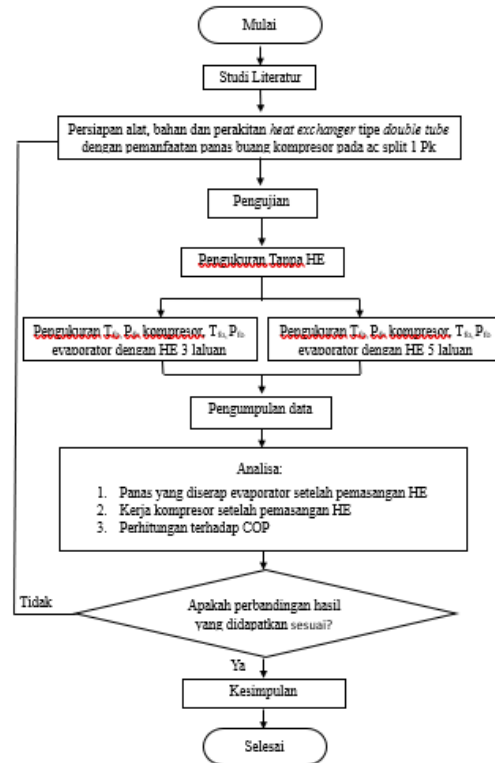
1. Pendahuluan

Air panas sangat penting untuk berbagai kebutuhan sehari-hari, seperti mandi, mencuci, dan sanitasi, serta untuk memberikan manfaat bagi kesehatan. Di era modern, pemanfaatan panas terbuang semakin populer berkat dukungan teknologi seperti sistem refrigerasi [1]. Untuk menciptakan suhu yang diinginkan, sistem ini menyerap kalor dari ruangan dan memindahkannya ke luar [2]. Mesin pendingin banyak digunakan untuk mengkondisikan udara di gedung bertingkat, kantor, dan hotel. Ini dilakukan dengan menyerap panas dari reservoir dingin ke reservoir panas [3], menurunkan suhu dan kelembapan. Seringkali, panas yang keluar dari kondensor mesin pendingin dibuang sia-sia [4]. Padahal, panas ini dapat digunakan untuk memanaskan air dengan menyerap kalor sebelum masuk ke kondensor [5]. Hal ini akan menghemat listrik dan mendaur ulang energi dengan baik. Penukaran panas ini dapat memanaskan air tanpa energi tambahan [6].

Kinerja mesin kalor dapat digambarkan dengan nilai efisiensi termal, juga dikenal sebagai rasio efisiensi termal COP [7]. COP adalah rasio antara jumlah panas yang digunakan dan jumlah kerja yang dilakukan. Efisiensi siklus pendingin COP, yang dihitung sebagai rasio panas yang diserap di evaporator terhadap kerja kompresor [8], dapat dimanfaatkan dengan merancang alat penukar panas pada split AC. Sebagai penukar panas, kondensor mempengaruhi efisiensi AC. Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan analisis getaran pada kompresor mesin pendingin dengan variasi putaran (RPM), sebelum masuk kondensor aliran freon panas tersebut dibelokkan kedalam tangki yang berisi air dingin [2]. Analisa tahapan thermal tangki pada kondensor AC dengan memodifikasi *water heater* dalam waktu pengujian selama 100 menit sampai dengan tekanan dan temperatur steady, performa AC tanpa *water heater* nilai PF (*performance factor*) sebesar 16,8 sedangkan AC yang menggunakan *water heater* hanya 11,1 [9]. Pada penelitian ini dilakukan pengembangan cara untuk memanfaatkan panas buangan kompresor AC untuk pemanas air. Harapannya kinerja dari sebuah sistem *Air Conditioning* lebih efisien.

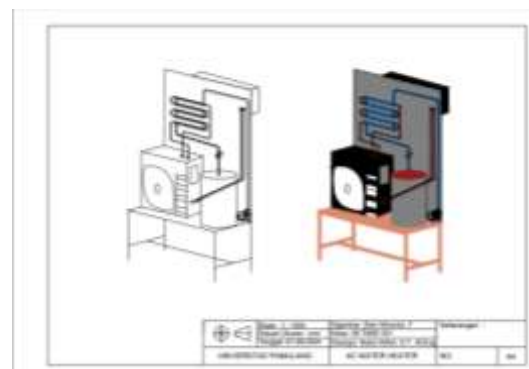
2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental untuk lebih jelasnya tahapan dapat dilihat pada diagram alir pada Gambar 1. Berikut adalah tahapan penelitian yang akan dilakukan:



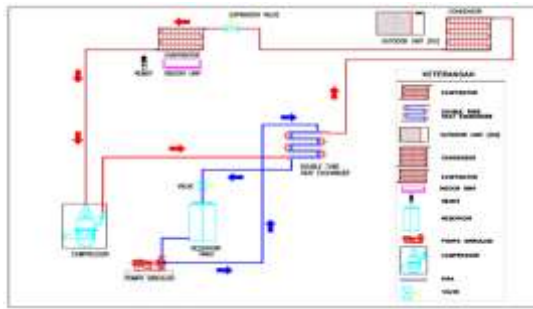
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Metode penelitian ini, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 menggunakan AC split 1 PK dengan pipa keluaran kompresor yang diubah untuk memanaskan air di tangki yang akan digunakan untuk mandi, yaitu teknik yang digunakan untuk mengevaluasi dan mengidentifikasi variasi yang tepat dari penelitian yang telah dilakukan dengan menambah variasi.



Gambar 2. AC water heater

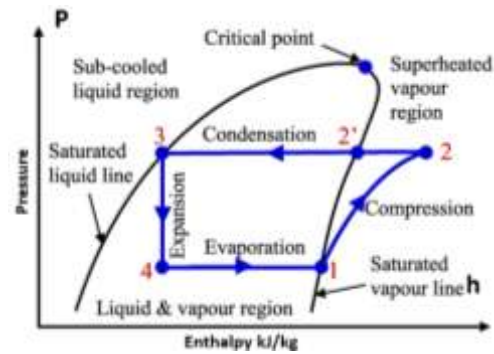
Subyek penelitian ini digambarkan seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Skema AC Water

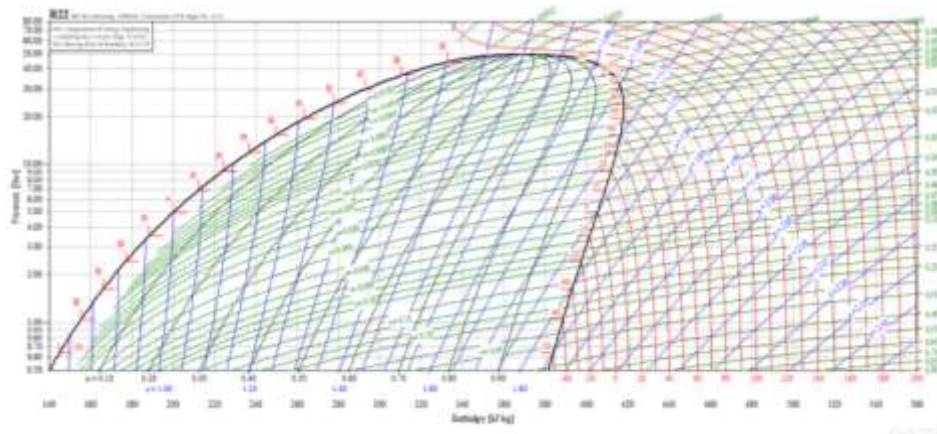
2.1. Dasar Perhitungan dan Pengambilan Data

Perhitungan performansi sistem refrigerasi dasar seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4 dan 5 didasarkan pada diagram hubungan temperatur (T) dengan entropi (s) dan tekanan (P) dengan entalpi (h) untuk siklus kompresi uap standar[10][11].



Gambar 4. Siklus Refrigerasi Diagram PH [11]
Scientific African Volume 10, November 2020

COP dihitung dengan membagi efek pendinginan ($Q_{evaporator}$) yang diserap pada evaporator dengan kerja kompresi ($W_{compression}$) yang dilakukan oleh kompresor.



Gambar 5. Diagram PH R22 [12]

Efek refrigerasi adalah jumlah panas yang diserap oleh refrigeran dalam evaporator untuk setiap satuan massa refrigeran. Efek refrigerasi dihitung dengan persamaan 1, dimana: h_1 & h_4 = entalpi uap refrigeran yang keluar dan masuk evaporator (kJ/kg).

Kalor yang diserap evaporator dihitung dengan rumus persamaan 1:

$$Q_c = h_1 - h_4$$

$$Q_{evaporator} = \dot{m}(h_1 - h_4) \quad (1)$$

Dimana:

$Q_{evaporator}$: Jumlah kalor yang diserap oleh refrigeran di dalam evaporator (kW)

h_1 : Entalpi keluar evaporator masuk kompresor (kJ/kg)

h_4 : Entalpi keluar katup ekspansi (kJ/kg)

$(h_1 - h_4)$: Perbedaan entalpi state 1 dengan entalpi state 2 yang terjadi pada evaporator (kJ/kg)

Besarnya kerja kompresi (W_c) sama dengan selisih entalpi uap refrigeran yang keluar kompresor dengan entalpi uap refrigeran yang masuk ke kompresor. Kerja kompresor di hitung menggunakan persamaan 2 dimana: h_1 & h_2 = entalpi uap refrigeran pada sisi hisap dan keluar kompresor (kJ/kg).

Kerja kompresor dihitung menggunakan rumus persamaan 2 :

$$W_c = h_2 - h_1$$

$$W_{compression} = \dot{m}(h_2 - h_1) \quad (2)$$

Dimana:

$Q_{compression}$: Besarnya kerja kompresi (kW)

h_2 : Entalpi keluar kompresor (kJ/kg)

h_1 : Entalpi keluar evaporator masuk kompresor (kJ/kg)

$(h_2 - h_1)$: Perbedaan entalpi state 2 dengan entalpi state 1 yang terjadi pada kompresor (kJ/kg)

Untuk menyatakan unjuk kerja suatu siklus kompresi uap, yang ditinjau adalah kerja kompresi, laju aliran massa refrigeran, kapasitas kondensor, kapasitas evaporator dan laju pendinginan. Daya input Kompresor (W_c) daya input kompresor merupakan besarnya daya listrik yang digunakan oleh kompresor dihitung dengan persamaan 3 sebagai berikut:

$$W_c = V \times I \cos\phi \text{ (kW)} \quad (3)$$

Dimana:

W_c : Daya input kompresor, dalam (kW)

I : Kuat arus saat kompresor bekerja, dalam Ampere (A)

V : Tegangan listrik saat kompresor bekerja, dalam Volt (V)

$\cos\phi$: Faktor daya

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Data Hasil Pengujian

Pengujian terhadap COP dengan *heat exchanger* 3 laluan, dan 5 laluan dilakukan penambahan pemasangan *heat exchanger double tube*. Pengambilan data pengujian AC 1 PK R22 sebelum dilakukan penambahan pemasangan tanpa *heat exchanger double tube* (Tabel 1), data hasil pengujian setelah dilakukan penambahan pemasangan dengan *heat exchanger double tube* 3 laluan (Tabel 2), dan data hasil pengujian setelah dilakukan penambahan pemasangan dengan *heat exchanger double tube* 5 laluan (tabel 3):

a. Tanpa Menggunakan Heat Exhanger

Pencarian nilai entalpi dapat dilakukan dengan memasukan data yang sudah dikumpulkan pada aplikasi *CoolPack*, Berikut ini adalah diagram P-h tanpa menggunakan *Heat Exchanger*.

Tabel 1. Data tanpa menggunakan Heat Exchanger

waktu	Sistem Refrigerant					h1	h2	h3 = h4	Kalor yang diserap evaporator	Kalor yang dibuang kondensor	Kerja Kompresor	COP
	kondensor			Evaporator								
	P _f	T _{fi}	T _{fo}	P _f	T _f							
		Coolpack	Coolpack		Coolpack							
Menit	Psi	°C	°C	Psi	°C	kJ/Kg	kJ/Kg	kJ/Kg	kJ/Kg	kJ/Kg	kJ/Kg	
5	268	47.83	73.563	55	-8.1	402.513	442.301	260.251	142.262	182.05	39.788	3.58
10	265	47.35	72.907	56	-7.58	402.513	441.997	259.591	142.922	182.406	39.484	3.62
15	265	47.35	72.602	57	-7.07	402.711	441.721	259.591	143.12	182.13	39.01	3.67
20	265	47.35	72.602	57	-7.07	402.711	441.721	259.591	143.12	182.13	39.01	3.67
25	263	47.02	72.15	57	-7.07	402.711	441.512	259.139	143.572	182.373	38.801	3.7
30	260	46.53	71.176	58	-6.56	402.908	440.927	258.468	144.44	182.459	38.019	3.8
35	260	46.53	71.176	58	-6.56	402.908	440.927	258.468	144.44	182.459	38.019	3.8
nilai Rata-rata	263.71	47.14	72.31	56.86	-7.14	402.71	441.59	259.30	143.41	182.29	38.88	3.69

b. Data Menggunakan Heat Exchanger

Pencarian nilai entalpi dapat dilakukan dengan memasukan data yang sudah dikumpulkan pada

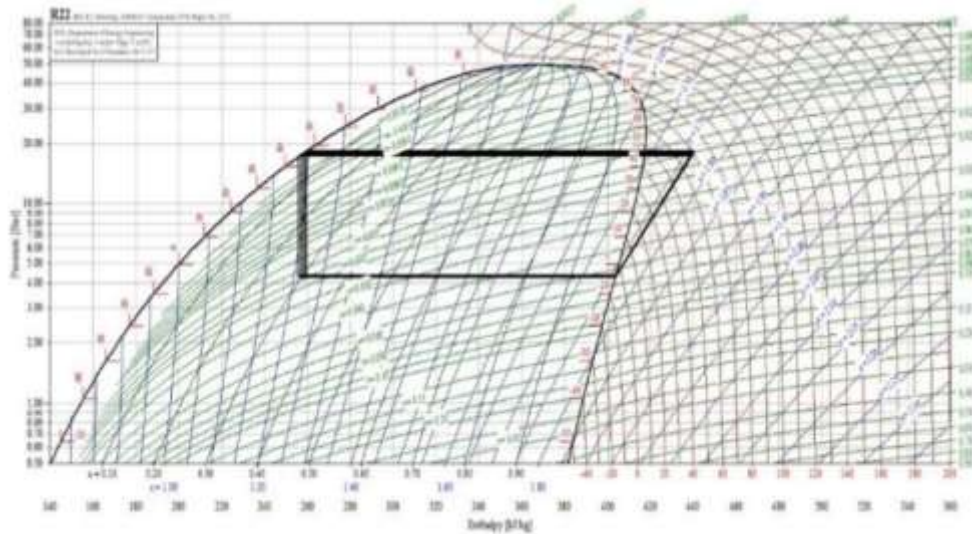
aplikasi *CoolPack*, Berikut ini adalah diagram P-h dengan menggunakan *Heat Exchanger* 3 laluan:

Tabel 2. Data menggunakan Heat Exchanger

waktu	Sistem Refrigerant					h1	h2	h3 = h4	Kalor yang diserap evaporator	Kalor yang dibuang kondensor	Kerja Kompresor	COP
	kondensor			Evaporator								
	P _f	T _{fi}	T _{fo}	P _f	T _f							
		Coolpack	Coolpack		Coolpack							
									Q _c = h ₁ – h ₄	Q _k = h ₂ – h ₃	W _k = h ₂ – h ₇	
Menit	Psi	°C	°C	Psi	°C	kJ/Kg	kJ/Kg	kJ/Kg	kJ/Kg	kJ/Kg	kJ/Kg	
5	250	44.87	67.75	56	-4.6	403.658	438.841	256.208	147.45	182.633	35.183	4.19
10	250	44.87	67.479	56	-4.13	403.836	438.597	256.208	147.628	182.389	34.761	4.25
15	250	44.87	70.208	57	-4.6	403.658	439.889	258.658	145	181.231	36.231	4.01
20	255	45.7	68.89	62	-4.6	403.658	439.366	257.336	146.322	182.03	35.708	4.1
25	255	45.7	68.619	63	-4.13	403.836	439.121	257.336	146.5	181.785	35.285	4.15
30	260	46.53	70.208	62	-4.6	403.658	439.889	258.468	145.19	181.421	36.231	4.01
35	265	47.35	71.151	62	-4.6	403.658	440.404	259.591	144.067	180.813	36.746	3.92
nilai Rata-rata	255.00	45.70	69.19	59.71	-4.47	403.71	439.44	257.69	146.02	181.76	35.74	4.09

Dari data yang diambil untuk menentukan pencarian nilai entalpi pada penambahan *heat exchanger* 3 laluan. Berikut ini data dari hembusan evaporator dan

hasil air panas yang dihasilkan selama 35 menit dengan metode pengambilan data dilakukan per 5 menit.



Gambar 6. Memasukan data dengan *Heat Exchanger* 3 Laluan (Diagram P-h)

c. Dengan *Heat Exchanger* 5 Laluan

Pencarian nilai entalpi dapat dilakukan dengan memasukkan data yang sudah dikumpulkan pada

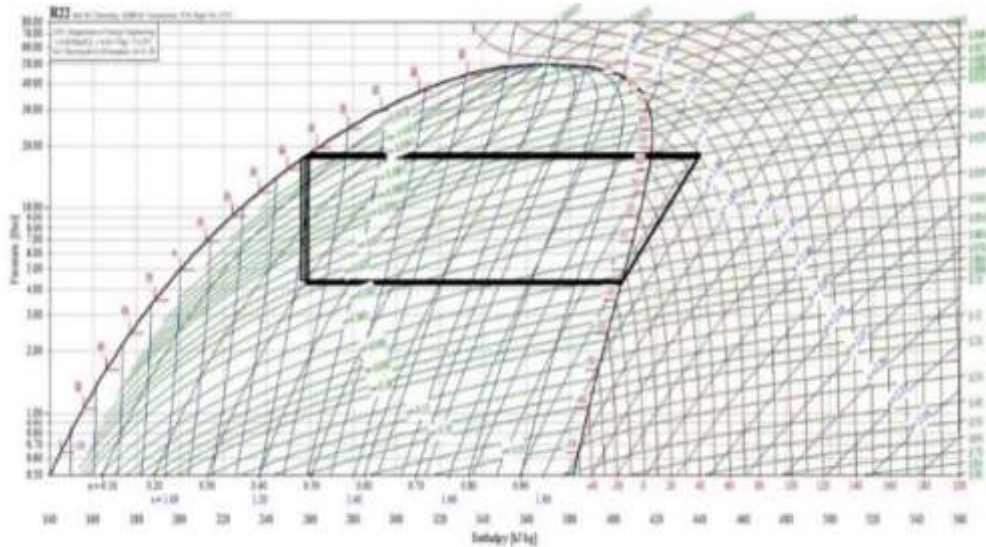
aplikasi *CoolPack*, Berikut ini adalah diagram P-h dengan menggunakan *Heat Exchanger* 5 laluan.

Tabel 3. Pengambilan Data dengan *Heat Exchanger* 5 Laluan

waktu	Sistem Refrigerant					h1	h2	h3 = h4	Kalor yang diserap evaporator	Kalor yang dibuang kondensor	Kerja Kompresor	COP
	kondensor			Evaporator								
	P _f	T _{fi}	T _{fo}	P _f	T _f							
		Coolpack	Coolpack									
Menit	Psi	°C	°C	Psi	°C	kJ/Kg	kJ/Kg	kJ/Kg	Q _c = h ₁ – h ₄	Q _k = h ₂ – h ₃	W _k = h ₂ – h ₂	
5	250	44.87	67.209	64	-3.66	404.013	438.354	256.208	147.805	182.146	34.341	4.3
10	255	45.7	68.349	64	-3.66	404.013	438.878	257.336	146.677	181.542	34.865	4.21
15	260	46.53	69.757	63	-4.13	403.836	439.644	258.468	145.368	181.176	35.808	4.06
20	260	46.53	69.757	63	-4.13	403.836	439.664	258.468	145.368	181.196	35.828	4.06
25	260	46.53	70.028	62	-4.6	403.658	439.889	258.486	145.172	181.403	36.231	4.01
30	265	47.35	71.435	61	-5.09	403.471	440.663	259.591	143.88	181.072	37.192	3.87
35	265	47.35	71.435	61	-5.09	403.471	440.663	259.591	143.88	181.072	37.192	3.87
nilai Rata-rata	259.29	46.41	69.71	62.57	-4.34	403.76	439.68	258.31	145.45	181.37	35.92	4.05

Dari data yang diambil untuk menentukan pencarian nilai entalpi pada penambahan *Heat Exchanger* 5 laluan. Berikut ini data dari hembusan evaporator dan

hasil air panas yang dihasilkan selama 35 menit dengan metode pengambilan data dilakukan per 5 menit.



Gambar 7. Memasukan data dengan Heat Exchanger 5 Luan (Diagram P-h)
 Sumber: dari data yang di input dalam aplikasi CoolPack

3.2 Perhitungan Sistem Refrigerasi COP

Dari data-data hasil pengujian tanpa menggunakan *heat exchanger* (Tabel 1), dengan menggunakan *heat exchanger* 3 luan (Tabel 2) dan menggunakan *heat exchanger* 5 luan (Tabel 3) yang telah didapatkan, maka ditentukan perhitungan sistem refrigerasi COP tanpa dengan *heat exchanger* 3 luan, dan 5 luan.

a. Perhitungan sistem refrigerasi tanpa *heat exchanger*

$$\begin{aligned} h_1 &= 402.71 \text{ kJ/kg} \\ h_2 &= 441.59 \text{ kJ/kg} \\ h_3 &= h_4 = 259.60 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

1. Efek Refrigerasi (Q_c)
 $Q_c = h_1 - h_4 = 402.71 - 259.60 = 143.11 \text{ kJ/kg}$
2. Kerja Kompresi (W_k)
 $W_k = h_2 - h_1 = 441.59 - 402.71 = 38.8 \text{ kJ/kg}$
3. Kalor Buang Kondensor (Q_k)
 $Q_k = h_2 - h_3 = 441.59 - 259.60 = 181.99 \text{ kJ/kg}$
4. COP (*Coefficient Of Performance*)

$$\text{COP} = \frac{ER}{Wk} = \frac{143.11 \text{ kJ/kg}}{38.8 \text{ kJ/kg}} = 3.68$$

b. Perhitungan sistem refrigerasi dengan *heat exchanger* 3 luan

Dari P-h diagram didapat:

$$\begin{aligned} h_1 &= 404.31 \text{ kJ/kg} \\ h_2 &= 441.51 \text{ kJ/kg} \\ h_3 &= h_4 = 251.16 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

1. Efek Refrigerasi (Q_c)
 $Q_c = h_1 - h_4 = 404.31 - 251.16 = 153.15 \text{ kJ/kg}$
2. Kerja Kompresi (W_k)
 $W_k = h_2 - h_1 = 441.51 - 404.31 = 37.2 \text{ kJ/kg}$
3. Kalor Buang Kondensor (Q_k)

$$Q_k = h_2 - h_3 = 441.51 - 251.16 = 190.35 \text{ kJ/kg}$$

4. COP

$$\text{COP} = \frac{ER}{Wk} = \frac{153.15 \text{ kJ/kg}}{37.2 \text{ kJ/kg}} = 4.1$$

c. Perhitungan sistem refrigerasi dengan *heat exchanger* 5 luan

Dari P-h diagram didapat:

$$\begin{aligned} h_1 &= 418 \text{ kJ/kg} \\ h_2 &= 446 \text{ kJ/kg} \\ h_3 &= h_4 = 237 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

1. Efek Refrigerasi (Q_c)
 $Q_c = h_1 - h_4 = 418 \text{ kJ/kg} - 250 \text{ kJ/kg} = 168 \text{ kJ/kg}$
2. Kerja Kompresi (W_k)
 $W_k = h_2 - h_1 = 454 \text{ kJ/kg} - 418 \text{ kJ/kg} = 36 \text{ kJ/kg}$
3. Kalor Buang Kondensor (Q_k)
 $Q_k = h_2 - h_3 = 454 \text{ kJ/kg} - 250 \text{ kJ/kg} = 204 \text{ kJ/kg}$
4. COP

$$\text{COP} = \frac{ER}{Wk} = \frac{168 \text{ kJ/kg}}{36 \text{ kJ/kg}} = 4.66 \text{ kJ/kg.}$$

3.3. Perhitungan Konsumsi Daya Listrik

Pengujian terhadap konsumsi daya dari data-data hasil pengujian tanpa menggunakan *heat exchanger* (Tabel 4), dengan menggunakan *heat exchanger* 3 luan (Tabel 5) dan menggunakan *heat exchanger* 5 luan (Tabel 6) yang telah didapatkan:

a. Tanpa *heat exchanger*

Dari data yang diambil kemudian dilakukan penghitungan daya, berikut adalah tabel perhitungan daya listrik Tanpa *Heat Exchanger*

Tabel 4. Data konsumsi daya Listrik *Design* tanpa *Heat Exchanger*

Pemakaian Daya				
No. data	Ampere	Tegangan	daya	kWh
	Ampere	V	Watt	kWh
1	4.200	225.000	756.000	0.063
2	4.300	225.000	774.000	0.065
3	4.300	224.000	770.560	0.064
4	4.200	225.000	756.000	0.063
5	4.210	224.000	754.432	0.063
6	4.100	225.000	738.000	0.062
7	4.000	225.000	720.000	0.060
Rata - rata	4.187	224.714	752.729	0.063

b. Dengan *Heat Exchanger* 3 laluan

Dari data yang diambil kemudian dilakukan penghitungan daya, berikut adalah tabel perhitungan daya listrik dengan *Heat Exchanger* 3 laluan

Tabel 5. Konsumsi daya listrik dengan penambahan *Heat Exchanger* 3 laluan

Pemakaian Daya				
No. data	Ampere	Tegangan	daya	kWh
	Ampere	V	Watt	kWh
1	3.5	225	630	0.0525
2	3.58	224	641.536	0.053461
3	3.59	224	643.328	0.053611
4	3.6	225	648	0.054
5	3.63	224	650.496	0.054208
6	3.6	224	645.12	0.05376
7	3.6	225	648	0.054
Rata- rata	3.59	224.43	643.78	0.054

c. Dengan *Heat Exchanger* 5 laluan

Dari data yang diambil kemudian dilakukan penghitungan daya, berikut adalah tabel perhitungan daya listrik dengan *heat exchanger* 5 laluan

Tabel 6. Konsumsi daya listrik dengan penambahan *Heat Exchanger* 5 laluan

Pemakaian Daya				
No. data	Ampere	Tegangan	daya	kWh
	Ampere	V	Watt	kWh
1	3.3	225	594	0.0495
2	3.5	224	627.2	0.052267
3	3.5	224	627.2	0.052267
4	3.5	225	630	0.0525
5	3.5	224	627.2	0.052267
6	3.5	224	627.2	0.052267
7	3.5	225	630	0.0525
Rata- rata	3.47	224.43	623.26	0.052

3.4. Perhitungan Sistem Refrigerasi Daya Listrik

Maka ditentukan perhitungan pemakaian daya tanpa, dengan *heat exchanger* 3 laluan, dan 5 laluan

Perhitungan sistem refrigerasi tanpa *heat exchanger*:

Daya aktual Kompresor:

$$P_{\text{aktual}} = V \cdot I \cdot \cos\theta$$

$$P_{\text{aktual}} = 224.71 \text{ Volt} \cdot 4.19 \text{ A} \cdot 0,8$$

$$P_{\text{aktual}} = 752.73 \text{ Watt} = 0.75 \text{ Kw}$$

Perhitungan sistem refrigerasi dengan *heat exchanger* 3 laluan:

Daya aktual Kompresor:

$$P_{\text{aktual}} = V \cdot I \cdot \cos\theta$$

$$P_{\text{aktual}} = 224.43 \text{ Volt} \cdot 3.59 \text{ A} \cdot 0,8$$

$$P_{\text{aktual}} = 643.78 \text{ Watt} = 0.643 \text{ Kw}$$

Perhitungan sistem refrigerasi dengan *heat exchanger* 5 laluan:

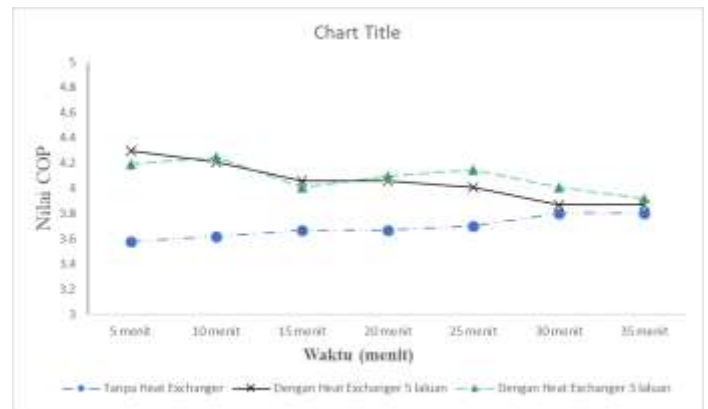
Daya actual Kompresor:

$$P_{\text{aktual}} = V \cdot I \cdot \cos\theta$$

$$P_{\text{aktual}} = 224,43 \text{ Volt} \cdot 3,47 \text{ A} \cdot 0,8$$

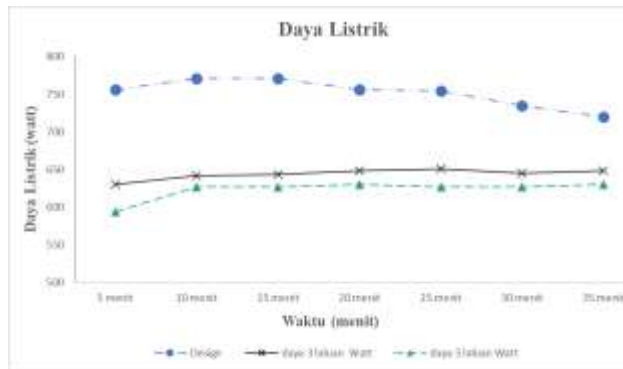
$$P_{\text{aktual}} = 623,26 \text{ Watt} = 0,623 \text{ Kw}$$

Berdasarkan data hasil pengujian tanpa menggunakan *heat exchanger*, dengan menggunakan *heat exchanger* 3 laluan, dan menggunakan *heat exchanger* 5 laluan, maka dapat diambil sebuah data:



Gambar 8 . Grafik COP (Coefficient Of Performance)

Berdasarkan Gambar 8, semakin panjang pipa *double tube* dengan perpindahan panas secara konveksi antara panas pipa *discharge* pipa bagian dalam dan air yang mengalir pada tube bagian luar, menjadi penambahan pembuangan panas secara langsung. Dengan adanya tambahan pembuangan panas maka semakin baik perubahan fasa dari gas ke liquid, hal ini berpengaruh pada daya kompresor menurun dari hasil pengujian tanpa *heat exchanger* (38.8 kJ/kg), dengan *heat exchanger* 3 laluan (37.2 kJ/kg), dan dengan penambahan *heat exchanger* 5 laluan (36 kJ/kg).



Gambar 9. Grafik Daya Listrik

Bedasarkan Gambar 9, nilai rata-rata yang didapat dari konsumsi daya listrik dari pengujian tanpa *heat exchanger* sebesar 0.063 kWh, dengan *heat exchanger* 3 laluan sebesar 0.054 kWh, dan dengan *heat exchanger* 5 laluan 0.052 kWh. Hal tersebut menunjukkan semakin bertambah pembuangan panas dengan semakin panjang pipa *double tube* berpengaruh untuk penurunan yang signifikan terhadap konsumsi daya Listrik.

4. Kesimpulan

Penambahan *heat exchanger double tube* sebagai alat alternatif penghasil air panas dengan menyerap panas buang dari pipa *discharge* kompresor AC berpengaruh signifikan terhadap COP dan konsumsi daya listrik. semakin panjang pipa *double tube* dengan perpindahan panas secara konveksi antara panas pipa *discharge* pada pipa bagian dalam dan air yang mengalir pada *tube* bagian luar, menjadi penambahan pembuangan panas secara langsung. Berikut ini adalah faktor perubahan Dengan adanya tambahan pembuangan panas, diantaranya:

1. Dengan adanya tambahan pembuangan panas tanpa *heat exchanger* 181.99 kJ/kg, dengan *heat exchanger* 3 laluan 190.35 kJ/kg, dan dengan *heat exchanger* 5 laluan 204 kJ/kg
2. Menjadikan kerja kompresor semakin rendah dari tanpa *heat exchanger* 38.8 kJ/kg, dengan *heat exchanger* 3 laluan 37.2 kJ/kg, dan dengan *heat exchanger* 5 laluan 36 kJ/kg
3. Untuk nilai kalor yang di serap semakin besar akibat adanya tambahan pembuangan panas dari data tanpa *heat exchanger* 143.11 kJ/kg, dengan *heat exchanger* 3 laluan 153.15 kJ/kg, dan dengan *heat exchanger* 5 laluan 168 kJ/kg.

Pada data pengambilan selama 35 menit setiap pengujian, pada pengujian pertama tanpa menggunakan *heat exchanger* didapatkan nilai rata-rata COP 3.68 dan daya listrik 0.063 kWh, pengujian kedua dengan penambahan *Heat Exchanger* 3 laluan didapatkan nilai rata-rata COP 4,1 terjadi kenaikan

11,4% nilai daya listrik 0.054 kWh terjadi penurunan 14,2% dari data pengujian tanpa *heat exchanger*, dan pengujian ketiga dengan penambahan *heat exchanger* 5 laluan didapatkan nilai rata-rata COP 4.66 terjadi kenaikan 26,6% nilai daya listrik 0.052 kWh terjadi penurunan 17,4% dari data pengujian tanpa *heat exchanger*. Dapat disimpulkan semakin baik pembuangan panas pada kondensor semakin besar kalor yang di serap evaporator membuat COP semakin tinggi, dan kerja kompresor semakin rendah maka penggunaan daya listrik semakin rendah. Hal ini efisien bagi kinerja dari sebuah sistem AC.

Daftar Rujukan

- [1] Aliansyah, R., Prasetyo, B. Y., Mitrakusuma, W. H., 2023. Rancang Bangun Pemanas Air dengan Memanfaatkan Discharge Line pada AC Split. *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, 14 (1), pp. 208-212.
- [2] Hidayat, R., Wilis, G. R, 2017. Analisis Getaran pada Kompresor Mesin Pendingin dengan Variasi Putaran (RPM). *Engineering: Jurnal Bidang Teknik*, 15 (2), pp. 65-72.
- [3] Yuono, L. D., Budiyanto, E., Ansori, A., 2022. Analisa kerja alat uji prestasi mesin pendingin udara dengan kapasitas daya kompresor 1 PK. *Turbo Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 11 (1), pp. 143-152.
- [4] Muliadi, N., 2022. Pengolahan Data Baru Air Conditioner Engine. S.Tr. Semarang: Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang.
- [5] Nugraha, Y. H., Prasetyo, B. Y., & Mitrakusuma, W. H., 2023. Investigasi Performa Integrasi Heat Recovery Dan Ac Split Dengan Variasi Aliran Air. *Journal Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, 14 (1), pp. 218-222.
- [6] Dzaky, M. I., et al., 2024. Perancangan Heat Exchanger Sistem Pemanas Air Berbasis Sistem Refrigerasi R410a. *Jurnal Foundry*, 7 (1), pp. 34-41.
- [7] Cengel, Y. A., 2015. *Thermodynamics: An Engineering Approach Introduction And Basic Concepts*. 8th Ed. 2015.
- [8] Muhsin, Z., Djuanda., Rasyid, A. R., Munandar., 2017. Analisis Unjuk Kerja (COP) Mesin Pendingin Hibrid dengan Menggunakan Refrigeran R-22. *Jurnal Teknik Mesin Teknologi*, 17 (1), pp. 49-58.
- [9] Dermawan. A. P., et al., 2020. Analisa Tahapan Thermal Tangki Pada Kondensor AC Sebagai Water Heater. *Jurnal Mesin Material Manufaktur dan Energi*, 1 (1), pp. 36-41.
- [10] Rasta, I. M., 2009. Pemanfaatan Energi Panas Terbuang pada Kondensor AC Sentral Jenis Water Chiller untuk Pemanas Air Hemat Energi. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CakraM*, 3 (2), pp. 114-120.
- [11] B. O. Bolaji, B. O., 2020. Theoretical assessment of new low global warming potential refrigerant mixtures as eco-friendly alternatives in domestic refrigeration systems. *Scientific African, Elsevier*, 10, pp. e00632.
- [12] HVAC-R & Solar Engineering Resource., Refrigerants Pressure Enthalpy Charts. [Online] Tersedia di: <https://hvac-eng.com/refrigerants-p-h-diagram/>