

LAPORAN PRAKTIKUM KONSERVASI ENERGI

HVAC

(Heating Ventilating Air Conditioning)

“Diajukan untuk memenuhi salah satu tugas mata kuliah Konsevasi Energi di Semester VI”

Disusun Oleh :

Abdul Rahman 131711001

Kelompok :

Ervina Fitriana Bekti 131711011

Ilham Nursya’ban S. 131711044

Ridwan Wijaya 131711053



DEPARTEMEN TEKNIK KONVERSI ENERGI

POLITEKNIK NEGERI BANDUNG

2016

1. Latar Belakang

Audit Energi merupakan langkah awal dalam kegiatan konservasi energi. Audit energi mengidentifikasi dimana saja energi dikonsumsi dan berapa banyak energi yang dikonsumsi dalam sebuah fasilitas eksisting, gedung dan bangunan.

Informasi yang dikumpulkan dari kegiatan audit energi dapat digunakan untuk memperkenalkan ukuran konservasi energi atau teknologi penghematan energi.

Keterbatasan pasokan energi pada dasawarsa ini menjadi isu yang sangat penting untuk ditanggapi, baik di skala nasional maupun internasional. Keadaan tersebut dipengaruhi oleh faktor utama yaitu mulai terjadinya pengurangan produksi dan suplai energi yang kontradiktif dengan penggunaan energi yang semakin membesar seiring meningkatnya jumlah pengguna.

Dari faktor tersebut, maka dibutuhkan keseriusan untuk melaksanakan langkah penghematan energi, yang kini populer dengan istilah konservasi energi. Menurut Peraturan Menteri ESDM No. 14 Tahun 2012, Konservasi energi adalah upaya sistematis, terencana, dan terpadu guna melestarikan sumber daya energi dalam negeri serta meningkatkan efisiensi pemanfaatannya.

Oleh karena itu kegiatan konservasi energi sangat penting dilakukan untuk meningkatkan efisiensi dan mengefektifkan suatu alat yang digunakan sehingga rugi-rugi yang terjadi dapat dimanfaatkan kembali dan tidak terbuang sia-sia.

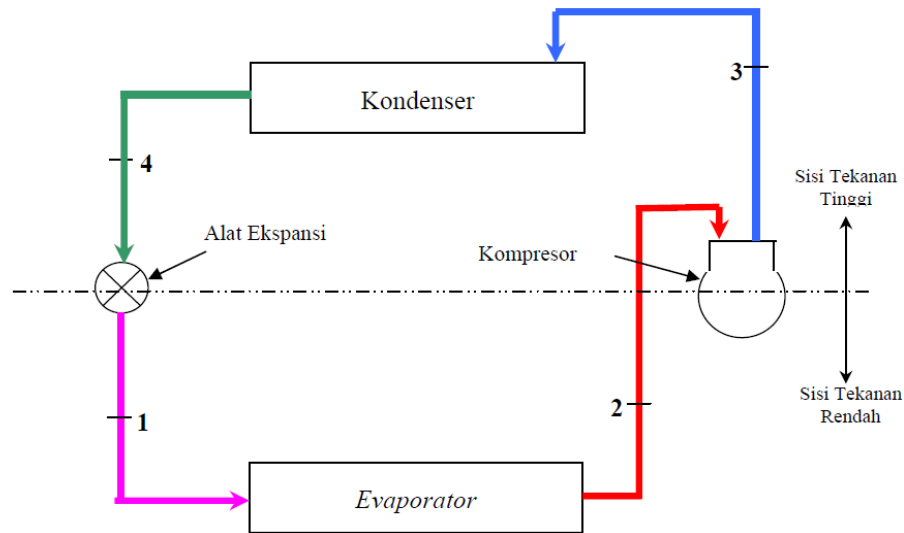
2. Tujuan

1. Mahasiswa dapat mengetahui sistem HVAC
2. Mahasiswa dapat mengoperasikan rangkaian dan alat ukur pada sistem HVAC
3. Mahasiswa dapat mengidentifikasi konservasi energi yang terjadi pada sistem HVAC
4. Mahasiswa dapat mengetahui penghematan setelah dilakukan konservasi energi pada sistem HVAC

3. Dasar Teori

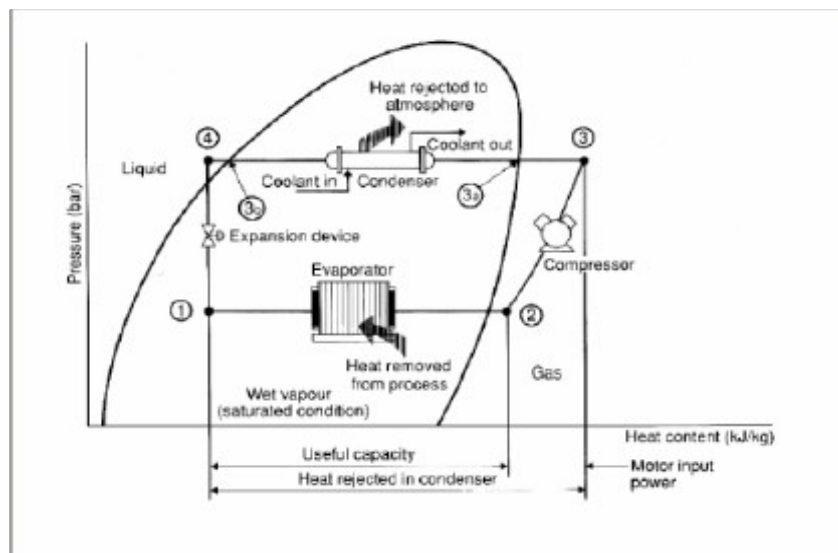
Mesin Pengkondisi Udara (Air Conditioning) digunakan untuk mengolah udara agar profil udara sesuai yang diinginkan. Pengaturan profil udara meliputi temperatur udara, kelembaban udara, kebersihan udara, dan kecepatan udara di dalam ruangan. Mesin pengkondisi udara bekerja seperti mesin refrigerasi yang lain, yaitu memindahkan kalor dari daerah bertemperatur rendah ke daerah bertemperatur tinggi (lingkungan). Dalam proses pemindahan energi ini dibutuhkan energi input berupa kerja.

Fluida kerja dalam mesin AC ini adalah refrigerant (freon). Refrigerant akan menyerap kalor di sisi evaporator dan akan melepaskannya di sisi kondensor. Diagram siklus refrigerasi kompresi uap ditunjukkan oleh Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1 Siklus Refrigerasi Kompresi Uap

(sumber: *Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia*, 2006)



Gambar 2 Siklus Refrigerasi Kompresi Uap pada Diagram P-H

(sumber: *Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia*, 2006)

Keterangan:

1 – 2 : Proses Evaporasi = Refrigeran masuk dalam fasa cair dan tekanan rendah dan menyerap kalor dari lingkungan sekitar. Selama proses penyerapan kalor refrigeran

akan berubah fasa dari cair menjadi gas. Pada saat keluar dari evaporator, refrigeran telah menjadi uap panas lanjut (*superheated*).

2 – 3 : Proses Kompresi = Uap panas lanjut ini akan masuk ke kompresor dimana tekanannya akan dinaikkan. Pada proses ini suhu juga akan meningkat karena refrigeran menerima energi dari kerja kompresor. Maka refrigeran keluaran kompresor memiliki suhu paling tinggi dan berada pada tekanan yang tinggi pula.

3 – 4 : Proses Kondensasi = Uap refrigeran akan dialirkan menuju kondensor. Pada proses kondensasi refrigeran akan melepas kalor ke lingkungan. Selama proses ini refrigeran akan berubah fasa dari gas menjadi cair. Proses pelepasan kalor pada kondensor ini dapat dibantu dengan aliran udara maupun air. Jumlah kalor yang dilepas jumlah sama dengan kalor yang diserap di evaporator ditambah kerja kompresor.

4 – 1 : Proses Ekspansi = Cairan refrigeran yang sudah didinginkan dan bertekanan tinggi akan dialirkan melalui peralatan ekspansi yang dapat berupa katup ekspansi atau pipa kapiler. Alat ekspansi ini akan mengurangi tekanan refrigeran dan mengendalikan aliran menuju evaporator. Proses ekspansi terjadi pada entalpi konstan sehingga tidak ada kalor yang diserap maupun dilepas.

Dari penjelasan tersebut dapat diketahui bahwa mesin refrigerasi tidak hanya berfungsi sebagai mesin refrigerasi saja tapi juga bisa berfungsi sebagai mesin pompa kalor (*heat pump*). Kalor yang dilepas pada kondensor jumlahnya cukup besar tapi pada umumnya dibuang begitu saja. Hal ini bisa dimanfaatkan untuk memanaskan air dengan media heat exchanger. Untuk mengetahui performa pada AC maka digunakan parameter-parameter berikut:

1. Kalor yang diserap di evaporator

$$QE = \dot{m} \times (h_2 - h_1)$$

Ket:

\dot{m} = Laju alir refrigeran (kg/s)

h_2 = Entalpi refrigeran keluar evaporator (kJ/kg)

h_1 = Entalpi refrigeran masuk evaporator (kJ/kg)

2. Kalor yang dilepas di kondensor $Q_C = \dot{m} \times (h_3 - h_4)$

Ket:

\dot{m} = Laju alir refrigeran (kg/s)

h_3 = Entalpi refrigeran keluar kompresor (kJ/kg)

h_4 = Entalpi refrigeran keluar kondensor (kJ/kg)

3. COP (*Coefficient of Performance*)

COP adalah nilai yang menunjukkan performa dari mesin refrigerasi. COP didapat dari perbandingan energi yang diserap di evaporator dengan kerja kompresor.

$$COP = \frac{h_2 - h_1}{h_3 - h_2}$$

4. Kalor yang diserap air

$$Q_W = \dot{m}_W \times C_p \times (T_o - T_i)$$

Ket:

\dot{m}_W = Laju alir air (kg/s)

C_p = Kalor jenis air (kJ/kg.°C)

T_i = Suhu air masuk (°C)

T_o = Suhu air keluar (°C)

Adapun standar untuk sistem HVAC adalah sebagai berikut:

Tabel 1 Standar ASHRAE Mengenai Pengkondisi Udara

Equipment type	Size category	Minimum efficient	Test Procedure
Air cooled, with condenser, electrically operated	< 150 tons	2,8 COP 3,5 IPLV	ARI 550/590
Air cooled, with condenser, electrically operated	All capacities	3,10 COP 3,45 IPLV	ARI 550/590
Water cooled, electrically operated, positive displacement (reciprocating)	All capacities	4,20 COP 5,20 IPLV	ARI 550/590
Water cooled, electrically operated, positive displacement (rotary screw and scroll)	<150 tons	4,45 COP 5,20 IPLV	ARI 550/590
	≥150 tons - < 300 tons	4,90 COP 5,60 IPLV	
	≥300 tons	5,5 COP 6,15 IPLV	
Water cooled, electrically operated, centrifugal	<150 tons	5,0 COP 5,25 IPLV	ARI 550/590
	≥150 tons - < 300 tons	5,55 COP 5,90 IPLV	
	≥300 tons	6,1 COP 6,40 IPLV	
Air cooled absorption single effect	All capacities	0,6 COP	ARI 560
Water cooled absorption single effect	All capacities	0,6	
Absorption double effect, Indirect fired	All capacities	1 COP 1,05 IPLV	
Absorption double effect, direct fired	All capacities	1 COP 1 IPLV	

Keterangan: COP = kW of cooling/kW

4. Prosedur Kerja dan Gambar

A. Prosedur Kerja

Sebelum konservasi

1. Nyalakan AC
2. Catat parameter-parameter yang dibutuhkan :
 - Temperatur refrigeran masuk HE (*heat exchanger*)
 - Temperatur refrigeran keluar HE (*heat exchanger*)
 - Temperatur refrigeran masuk evaporator
 - Temperatur refrigeran keluaran evaporator
 - Tekanan masuk HE (*heat exchanger*)
 - Tekanan keluar HE (*heat exchanger*)
 - Tekanan masuk evaporator
 - Tekanan keluar evaporator
3. Catat setiap perubahan waktu 5 menit selama 4 kali atau 20 menit.
4. Matikan AC

Setelah Konservasi

1. Pasangkan selang dari masukan *heat exchanger* (HE) ke sumber air.
2. Nyalakan AC
3. Catat parameter-parameter yang dibutuhkan :
 - Temperatur refrigeran masuk HE (*heat exchanger*)
 - Temperatur refrigeran keluar HE (*heat exchanger*)
 - Temperatur air masuk HE (*heat exchanger*)
 - Temperatur air keluar HE (*heat exchanger*)
 - Temperatur air dalam HE (*heat exchanger*)
 - Temperatur refrigeran masuk evaporator
 - Temperatur refrigeran keluaran evaporator

- Tekanan masuk HE (*heat exchanger*)

- Tekanan keluar HE (*heat exchanger*)

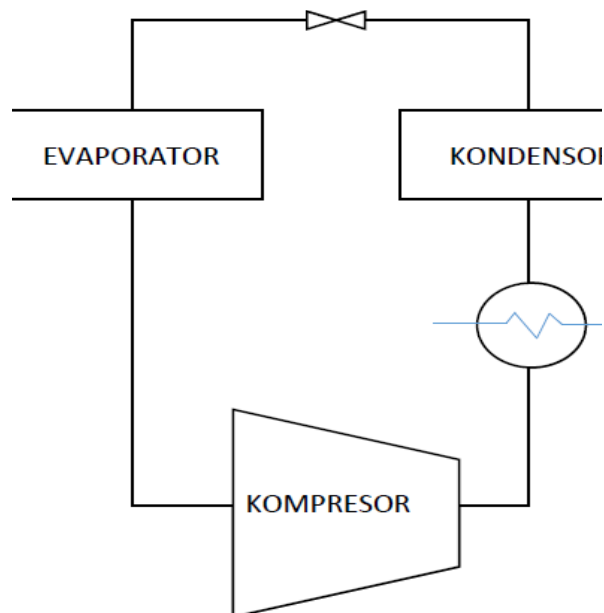
- Tekanan masuk evaporator

- Tekanan keluar evaporator

4. Catat setiap perubahan waktu 5 menit selama 4 kali atau 20 menit.

5. Matikan AC

B. Gambar



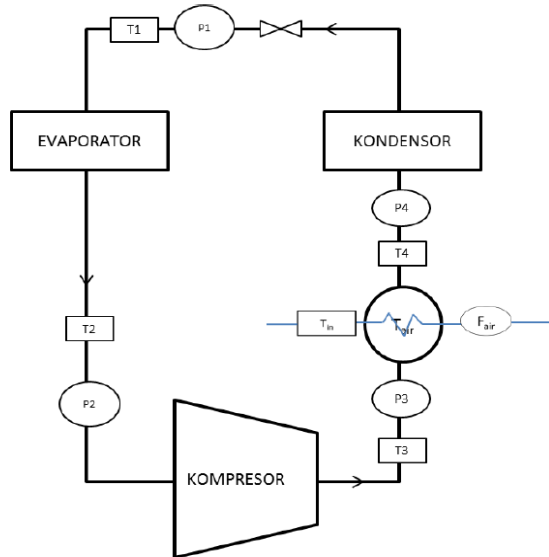
5. Alat Ukur dan Pengukuran

A. Alat Ukur

- 1) Termometer
- 2) Manometer
- 3) Klampmeter
- 4) Stopwatch
- 5) Gelas Ukur

- Temperature di setting 18 °C

B. Titik Pengukuran



Keterangan:

- T1 = Temperatur refrigeran keluar kondensor
- T2 = Temperatur refrigeran keluar evaporator
- T3 = Temperatur refrigeran keluar kompresor
- T4 = Temperatur refrigeran keluar heat exchanger
- P1 = Tekanan refrigeran keluar kondensor
- P2 = Tekanan refrigeran keluar evaporator
- P3 = Tekanan refrigeran keluar kompresor
- P4 = Tekanan refrigeran keluar heat exchanger
- T_{in} = Temperatur air masuk heat exchanger
- T_{air} = Temperatur air di dalam heat exchanger

6. Tabel Hasil Pengukuran
A. Data Pengukuran (Aktual)

Waktu	T ₁ °C	T ₂ °C	T ₃ °C	T ₄ °C	P ₁ (bar)	P ₂ (bar)	P ₃ (bar)	P ₄ (bar)	Volt	Arus
0	-1,1	29,5	104,9	19,8	1,6	1,1	9,9	9,3	223,3	2,5
5	-0,8	29,6	107,3	18,2	1,6	1,1	9,9	9,3	223,4	2,6
10	-0,8	29,5	107,4	17,3	1,6	1,1	9,9	9,3	233,7	2,6
15	-0,5	29,7	108,7	-	1,6	1,1	9,9	9,3	233,6	2,5
20	-0,4	29,7	109,8	26,8	1,7	1,1	9,9	9,3	233,3	2,5

H1	H2	H3	H4	COP
354,6 8	373,9 5	415,6 7	219	3,7140 46
354,8 6	374,0 2	417,4	217,4 5	3,6092 67
354,8 6	373,9 5	417,4 7	216,5 7	3,6162 68
355,0 4	374,0 8	418,4 1		8,4385 29
354,9 3	374,2	419,2	225,8 7	3,2962 22
3			7	22

Tabel diatas menggunakan aplikasi Retrop dan perhitungan COPnya menggunakan rumus

$$COP = \frac{(h_2 - h_1)}{(h_3 - h_2)}$$

Sedangkan tabel yang diatas ini menggunakan rumus

$$COP = \frac{(h_2 - h_4)}{(h_3 - h_2)}$$

Waktu	T ₁ °C	T ₂ °C	T ₃ °C	T ₄ °C	T _{in} °C	T _{air} °C	T _{HE} °C	P ₁ (bar)	P ₂ (bar)	P ₃ (bar)	P ₄ (bar)	Volt	Arus (A)
0	-7,2	30,1	100,9	26,8	20,1	27,6	-	0,5	0,06	8,7	8,4	222,8	2,3
5	-11,5	30,3	88,9	26,7	20,1	27,5	41,5	0,34	0,06	8,61	8,4	222,7	2,2
10	-8,4	30	97,5	26,6	20,1	27,4	41,3	0,6	0,27	8,61	8,6	222,5	2,2
15	-7,4	30,4	101,6	26,5	20,1	27,3	32,9	0,8	0,34	8,9	8,6	222,3	2,2
20	-5,8	30,4	105,7	26,4	20,1	27,3	31,2	0,96	0,55	9,3	8,7	222,2	2,2

B. Setelah Konservasi

H1	H2	H3	H4	COP
352,87	375,55	413,36	225,86	0,599841
350,67	375,68	405,42	225,76	0,840955
352,01	375,25	411,52	225,67	0,64075
352,27	375,41	414,18	225,57	0,596853
352,94	375,16	416,76	225,47	0,534135

Tabel diatas menggunakan aplikasi Retrop dan perhitungan COPnya menggunakan rumus

$$COP = \frac{(h_2 - h_1)}{(h_3 - h_2)}$$

H1	H2	H3	H4	COP
352,87	375,55	413,36	225,86	3,959006
350,67	375,68	405,42	225,76	5,041022
352,01	375,25	411,52	225,67	4,124069
352,27	375,41	414,18	225,57	3,864844
352,94	375,16	416,76	225,47	3,598317

Sedangkan tabel yang diatas ini menggunakan rumus $COP = \frac{(h_2 - h_4)}{(h_3 - h_2)}$

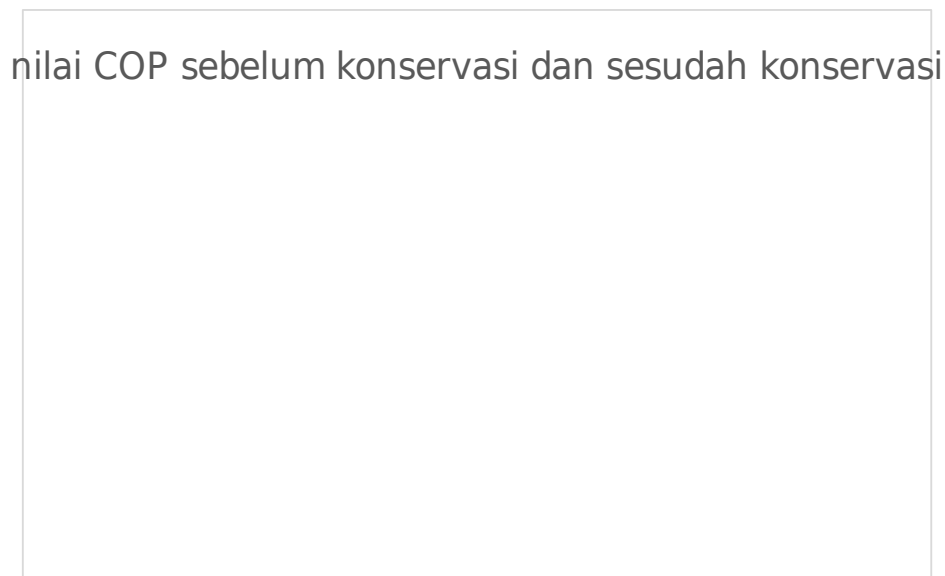
Jawaban :

1. Dari percobaan yang dilakukan menggunakan suhu ruangan yang diatur 18 °C dan dilakukan sebelum konsevasi maka akan diperoleh parameter berupa temperatur refrigeran masuk dan keluar HE, Evaporator, Kondensor, Kompresor serta Tekanan masuk dan keluar HE, Evaporator, Kondensor, Kompresor. pengambilan data ini dilakukan setiap 5 menit sekali selama 4 kali.
Dalam proses pengolahan data untuk mencari entalpy, menggunakan aplikasi Refprop dalam mencari datanya supaya lebih mudah dan digunakan untuk perhitungan COP. Dari data yang di peroleh ternyata data h1 dan h4 berbeda jauh hal ini dikarekan proses pelepasan kalor di katup Ekspansi terlalu besar kemungkinan isolasi yang digunakan sudah tidak efisien (harus diganti). Sedangkan sesuai dalam teori $h1=h4$ bisa dilihat dalam Diagram p-h.
2. Dari data aktual yang diperoleh ternyata h1 tidak sama dengan h4 (tidak sesuai dengan teori) dimana h4 adalah keluaran dari kondensor dan dapat diidentifikasi bahwa keluaran kalor yang di lepas pada kondensor terlalu besar sehingga kerja katup ekspansi akan semakin berat oleh karena itu untuk memanfaatkan kalor tersebut digunakanlah HE (Heat Exchanger) dimana HE memanfaatkan panas tersebut untuk memanaskan air yang sebelumnya terdapat air dengan suhu lingkungan dimasukan kedalam HE. Hal ini digunakan untuk memanfaatkan kalor yang terbuang percuma menjadi berguna dan dapat digunakan.
3. Dari spesifikasi AC, kapasitas pendinginan adalah 9000 Btu/jam maka standar SNI untuk COPnya adalah 2,6 (teori). Sedangkan pada data aktual yang diperoleh didapat COPnya rata-rata 3,6. Berarti performa AC yang digunakan sudah bagus. Dimana semakin besar nilai COPnya maka kinerja kompresor akan semakin rendah (pemakaian kwh semakin sedikit) dan kinerja Evaporator semakin tinggi (semakin dingin). Hal tersebut akan berpengaruh pada cost atau kwh yang di dapat (hemat).
4. Langkah Konservasi yang dapat dilakukan (rekomendasi)
 - 1) Menggunakan Heat Exhanger untuk memanfaatkan panas yang keluar di kondensor
 - 2) Pengaturan sett point temperatur menggunakan temperatur ruangan
 - 3) Menggunakan kapasitor pada masukan daya kompresor
 - 4) Mengganti freon hidrokarbon
 - 5) Menggunakan inverter

5. Setelah dilakukan Konservasi menggunakan Heat Exhanger didapat nilai COP yang semakin tinggi berarti kinerja AC semakin lebih baik hal tersebut diliat pada nilai perubahan h4 yang semakin tinggi dibandingkan dengan sebelum konservasi dan nilainya pun semakin konstan.
6. Perbandingan data sebelum dan sesudah konservasi menggunakan Heat Exchanger

Kondisi	Nilai COP menit ke-				
	0	5	10	15	20
Tanpa Heat Exchanger	3,71404 6	3,60926 7	3,61626 8	8,43852 9	3,29622 2
Menggunakan Heat Exchanger	3,95900 6	5,04102 2	4,12406 9	3,86484 4	3,59831 7

Berikut ini adalah grafik dari Waktu terhadap COP



Setelah Konservasi dengan menambahkan Heat Exhanger dalam sistem HVAC didapat nilai COP semakin tinggi artinya kinerja HVAC semakin baik dan Efisien. Namun dalam konservasi ini harus menambahkan space khusus untuk penempatan Heat Exhangernya.

*nilai COP yang tinggi terdapat pada grafik disebabkan adanya eror.

Analisa Ekonomi

Diketahui :

- Pemakaian Daya Listrik Sebelum menggunakan HE.

Daya didapatkan dari konsumsi listrik yaitu:

$$P = V.I.\cos \Phi$$

$$= 223,3 \times 2,5 \times 0,92$$

$$= 513,59 \text{ Watt jika kita kalikan dengan harga per Kwh yaitu Rp. 1.300}$$

$$= \text{Rp. } 667,667 / \text{Jam}$$

- Setelah menggunakan Heat Exchanger

$$P = V.I.\cos \Phi$$

$$= 222,8 \times 2,3 \times 0,98$$

$$= 502,19 \text{ Watt jika kita kalikan dengan harga per Kwh yaitu Rp. 1.300}$$

$$= \text{Rp. } 652,84 / \text{Jam}$$

Dari perhitungan analisis ekonomi diatas dapat kita ketahui ketika menggunakan Heat Exchanger dan sebelum menggunakan Heat Exchanger terdapat perbandingan yang terlihat dari konsumsi listrik yaitu dengan menggunakan Heat Exchanger konsumsi listrik menurun karena kerja dari compressor menjadi ringan dikarenakan kalor yang dikompresikan compressor tidak terlalu besar.

KESIMPULAN

Setelah dilakukan pengambilan data aktual dan setelah konservasi maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Kinerja sistem HVAC yang digunakan sudah bagus, karena sudah melebihi dari standar minimum COP yang ditetapkan.
2. Konservasi menambahkan Heat Exchanger sangat tepat karena dapat memanfaatkan panas keluaran kondensor sehingga daya kompresor semakin rendah dan daya yang digunakan pun semakin sedikit serta menaikkan nilai COP.
3. Nilai COP standar SNI pada kapasitas AC 9000 Btu/jam adalah 2,6, pada data aktual diperoleh COP rata rata 3,6 dan setelah konservasi diperoleh COP rata rata.
4. Berarti sistem HVAC semakin bagus dari standar , data aktual dan setelah konservasi.
5. Setelah dilakukan konservasi dengan menambahkan Heat Exchanger didapat nilai konsumsi daya yang lebih rendah yaitu 513,59 Watt dibandingkan dengan sebelum menggunakan Heat Exchanger 502,19 Watt bila dikonversikan kedalam rupiah perbedaan harganya Rp. 15 /jam. Dilihat dari benefit yang didapatkan bukan hanya penuruna nilai konsumsi daya tapi air yang dipanaskan oleh HE yang dapat digunakan untuk kegiatan sehari-hari.

Lampiran :

- **Data Aktual**

Entalpy dicari menggunakan Aplikasi REFPROP

2: R12: Specified state points

	Temperature (°C)	Pressure (bar)	Density (kg/m ³)	Enthalpy (kJ/kg)
1	-1,1000	1,6000	8,9212	354,68
2	-0,80000	1,6000	8,9100	354,86
3	-0,80000	1,6000	8,9100	354,86
4	-0,50000	1,6000	8,8988	355,04
5	-0,40000	1,7000	9,4775	354,93
6	29,500	1,1000	5,3923	373,95
7	29,600	1,1000	5,3904	374,02
8	29,500	1,1000	5,3923	373,95
9	29,700	1,1000	5,3885	374,08
10	29,900	1,1000	5,3847	374,20
11	104,90	9,9000	41,953	415,67
12	107,30	9,9000	41,593	417,40
13	107,40	9,9000	41,579	417,47
14	108,70	9,9000	41,387	418,41
15	109,80	9,9000	41,227	419,20
16	19,800	9,3000	1331,7	219,00
17	18,200	9,3000	1337,3	217,45
18	17,300	9,3000	1340,5	216,57
19		9,3		
20	26,800	9,3000	1306,1	225,87
21				

- Setelah Konservasi

Entalpy dicari menggunakan Aplikasi REFPROP

3: R12: Specified state points

	Temperature (°C)	Pressure (bar)	Density (kg/m ³)	Enthalpy (kJ/kg)	E (kJ/kg)
4	-7,4000	0,80000	4,4755	352,27	
5	-5,8000	96,000	1447,5	197,50	0
6	30,100	0,060000	0,28804	375,55	
7	30,300	0,060000	0,28785	375,68	
8	30,000	0,27000	1,3014	375,25	
9	30,400	0,34000	1,6387	375,41	
10	30,400	0,55000	2,6608	375,16	
11	100,20	8,7000	36,994	413,36	
12	88,900	8,6100	38,113	405,42	
13	97,500	8,6100	36,928	411,52	
14	101,60	8,9000	37,742	414,18	
15	105,70	9,3000	39,042	416,76	
16	26,800	8,4000	1305,5	225,86	
17	26,700	8,4000	1305,9	225,76	
18	26,600	8,6000	1306,4	225,67	
19	26,500	8,6000	1306,7	225,57	
20	26,400	8,7000	1307,2	225,47	
21					