

RANCANG BANGUN *WATER HEATER* DENGAN MEMANFAATKAN PANAS *AIR CONDITIONING*

Hendradinata¹, Ferry Irawan¹, Aan Pra Kesuma¹

¹Teknik Pendingin dan Tata Udara, Politeknik Sekayu, Sekayu 30711, Indonesia

E-mail: hendradinata.mr@gmail.com

ABSTRAK

Rancang Bangun *Water Heater* Dengan Memanfaatkan Panas *Air Conditioning* adalah media mesin *Air Conditioning* yang dimodifikasi untuk menghasilkan fungsi ganda selain fungsi utamanya. Yang dilakukan untuk memanfaatkan panas yang keluar dari kompresor yang digunakan untuk memanaskan air untuk mandi. Pada rancang bangun ini, dibagi menjadi beberapa tahap yaitu penentuan komponen, perhitungan dan perancangan. Hasil analisa perhitungan perencanaan alat penukar kalor tipe helix (spring) pada tabung *water heater* dari panas buang pada kompresor dibutuhkan panjang pipa 2,22 meter dengan jumlah lilitan 3 lilitan dimasukan dalam tabung dengan dimensi : Diameter 34 cm dan tinggi 37 cm volume air yang bisa ditampung 30 liter dengan suhu air mencapai 60 °C.

Kata kunci: Rancang Bangun, *Water Heater*, Suhu

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Air Conditioning (AC) Split merupakan alat pengkondisian udara yang tidak asing lagi khususnya di daerah-daerah yang memiliki cuaca atau suhu yang panas. Sehingga penggunaan *AC Split* terus meningkat dari waktu ke waktu seiring dengan berkembangnya teknologi.

Manusia selalu berusaha untuk membuat keadaan sekelilingnya menjadi lebih baik dan hidup yang lebih nyaman seiring dengan perkembangan pola pikir dan kebutuhan hidup. Manusia senantiasa menginginkan hal baru, demi efisiensi dan hidup yang lebih praktis. Hal tersebut dapat dilakukan dengan berbagai cara antara lain dengan memaksimalkan fungsi peralatan yang ada yaitu dengan memodifikasi alat tersebut salah satunya memanfaatkan panas yang terbuang dari system *AC Split*, yang digunakan untuk memanaskan air. Oleh karena itu penulis mengambil judul tentang “ **Rancang Bangun *Water Heater* Dengan Memanfaatkan Panas *Air Conditioning***”

1.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

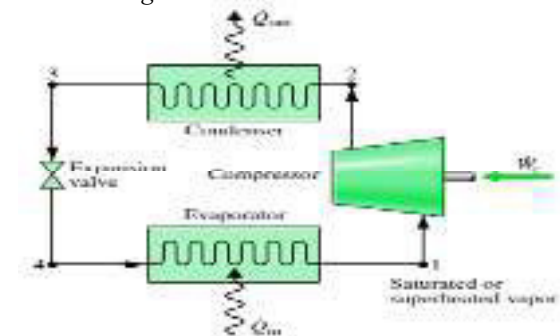
1. Merancang serta mengaplikasikan *water heater* dengan memanfaatkan panas *air conditioning*.
2. Mengetahui Pengaruh kinerja Mesin Air Conditioning sebelum dan sesudah modifikasi ditinjau dari COP actual sebelum dan sesudah dimodifikasi.

2. Tinjauan Pustaka dan Landasan Teori

2.1 Sistem Pengkondisian Udara

Sistem tata udara atau pengkondisian udara (*air conditioning*) adalah penerapan sistem refrigerasi untuk menjaga temperatur permukaan atau ruangan pada sebuah bangunan agar tetap dingin selama pada musim panas. Sistem pengkondisian udara (refrigerasi) membuang panas dari sebuah sistem atau ruangan ke lingkungan (luar). (Bill Whitman, 2009, Hal : 921).

Cara Kerja Siklus Kompresi Uap Pada *Air Conditioning* :



Gambar 1. Siklus Kompresi Uap (M.J. Moran And H.N. Shapiro, 2006, Hal: 457)

- a. Proses 1-2 adalah proses kompresi yang dilakukan oleh kompresor, yaitu meningkatkan tekanan dan suhu refrigeran gas yang dihisap dari *suction* dan kemudian mengkompresi hingga tekanan dan suhu tertentu.
- b. Proses 2-3 adalah proses kondensasi (panas laten) yang berlangsung di kondensor, yaitu panas lanjut dari kompresor didinginkan hingga mencapai suhu kondensasi dan kemudian mengembun. Pada saat ini kondisi refrigeran

- adalah *liquid* pada suhu dan tekanan kondensasi (konstan).
- Proses 3-4 adalah proses ekspansi dimana tekanan refrigeran cair langsung turun karena mengalami proses ekspansi adiabatik (proses yang terjadi tanpa kehilangan atau penambahan panas) yaitu entalpi tidak berubah dan mengalami penyempitan sehingga suhu dan tekanan refrigeran turun.
 - Proses 4-1 adalah proses evaporasi, yaitu penguapan refrigeran cair di evaporator dengan disertai penyerapan kalor (Q_{in}). Pada kondisi ini suhu dan tekanan adalah konstan. (Widodo Sapto dan Syamsuri Hasan, 2008, Hal: 132).

2.2 Jenis-jenis Sistem Tata Udara

Tabel 1. Tipe mesin refrigerasi

NO	TIPE MESIN REFRIGERASI
1	<i>split</i> < 65.000 Btu/hr
2	<i>Variable Refrigerant Value</i>
3	<i>Split duct</i>
4	<i>Air Cooled Chiller</i> < 150 TR (<i>recip</i>)
5	<i>Air Cooled Chiller</i> < 150 TR (<i>screw</i>)
6	<i>Air Cooled Chiller</i> > 150 TR (<i>recip</i>)
7	<i>Air Cooled Chiller</i> > 150 TR (<i>screw</i>)
8	<i>Water Cooled Chiller</i> < 150 TR (<i>recip</i>)
9	<i>Water Cooled Chiller</i> < 150 TR (<i>screw</i>)
10	<i>Water Cooled Chiller</i> > 150 TR (<i>recip</i>)
11	<i>Water Cooled Chiller</i> > 150 TR (<i>screw</i>)
12	<i>Water Cooled Chiller</i> > 300 TR (<i>centrifugal</i>)

Sistem Chiller digunakan pada gedung komersial dengan kapasitas pendinginan lebih dari 600.000 Btu/jam (176 kW). Sistem ini memakai media air sejuk yang disalurkan dengan pompa ke koil pendingin di *Fan Coil Unit* (FCU) untuk ruangan yang kecil atau di AHU (*Air Handling Unit*) untuk ruangan yang besar atau ruangan yang terbagi dalam lantai yang sama atau lantai berbeda.

2.3 Komponen Utama Tata Udara

1. Kompresor

Kompresor adalah sebuah alat yang berfungsi untuk menerima gas bertekanan rendah dari keluaran evaporator dan menaikkan tekanannya yang akan menuju ke kondensor. (A. R. Trott and T. Welch, 2000, Hal: 36)

2. Kondensor

Fungsi kondensor dalam siklus kompresi uap adalah menerima panas, gas yang bertekanan tinggi dari keluaran kompresor dan didinginkan untuk melepaskan *superheat* dan kemudian panas laten, sehingga refrigeran akan mengembun kemudian menjadi cair. Sebagai tambahan, cairannya biasanya sedikit *subcooled*. Hampir semua keadaan, media pendinginnya biasanya

menggunakan udara atau air. (A. R. Trott and T. Welch, 2000, Hal: 63)

3. Katup Ekspansi

Fungsi katup ekspansi adalah untuk mengendalikan aliran refrigeran dari sisi kondensasi bertekanan tinggi ke sistem bertekanan rendah evaporator. Dalam kebanyakan keadaan, pengurangan tekanan tercapai melalui alur aliran variabel, baik modulasi atau dua posisi. Katup ekspansi dapat diklasifikasikan menurut metode kontrol. (A. R. Trott and T. Welch, 2000, Hal: 93).

4. Evaporator

Evaporator berfungsi untuk menerima refrigeran bertekanan rendah, cairan bersuhu rendah dari katup ekspansi dan mendekati kontak termal dengan beban. Refrigeran mengambil panas latennya dari beban dan evaporator meninggalkan sebagai gas kering. Evaporator diklasifikasikan menurut pola aliran refrigeran dan fungsinya. (A. R. Trott and T. Welch, 2000, Hal: 83)

2.4 Prestasi Kompresi Uap

Kinerja dari suatu system refrigerasi dapat ditentukan dari besaran-besaran sebagai berikut :

1. Kerja Kompresi Uap dan Daya Kompresor

Untuk menghitung kerja kompresi dan daya kompresor dapat menggunakan persamaan sebagai berikut : (M.J. Moran And H.N. Shapiro, 2006, Hal: 458)

$$\text{Kerja Kompresor (} W_c \text{)} = (h_2 - h_1)$$

$$\text{Daya Kompresor (} \dot{W}_c \text{)} = I \times V \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

W_c = Kerja Kompresor

$\dot{W}_c$ = Daya Kompresor

I = Arus Listrik

V = Tegangan Listrik

h_1 = Enthalpy pada titik 1

h_2 = Enthalpy pada titik 2

2. Laju Aliran Massa Refrigeran

Untuk dapat menghitung laju aliran massa refrigerant maka dapat dihitung dengan membagi kapasitas pendinginan dengan efek refrigerasi : (M.J. Moran And H.N. Shapiro, 2006, Hal: 458)

$$\dot{m} = \frac{W_c}{h_2 - h_1} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan :

$\dot{m}$ = Laju aliran massa refrigerant

$\dot{W}_c$ = Daya Kompresor

h_1 = Enthalpy pada titik 1

h_2 = Enthalpy pada titik 2

3. Pembuangan Kalor dan Daya Kondensor

Dari kesetimbangan energi, kalor yang dilepaskan dikondensor haruslah sama dengan jumlah efek refrigerasi dan kalor yang ekuivalen dengan kerja yang diberikan kepada refrigeran selama proses kompresi di kompresor (M.J. Moran And H.N. Shapiro, 2006 Hal: 458)

Pembuangan Kalor = $h_2 - h_3$

$$Q_{out} = \dot{m} (h_2 - h_3) \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan :

Q_{out} = Daya Kondensor

$\dot{m}$ = Laju aliran massa refrigerant

h_2 = Enthalpy pada titik 2

h_3 = Enthalpy pada titik 3

4. Efek Refrigerasi dan Kapasitas Pendinginan

Proses efek refrigerasi terjadi pada siklus 4-1 seperti pada gambar 1 diatas. Berikut ini persamaan yang dapat digunakan untuk mengetahui efek refrigerasi dari suatu system. (M.J. Moran And H.N. Shapiro, 2006. Hal: 457)

Efek Refrigerasi = $h_1 - h_4$

$$\text{Kapasitas Pendingin} = \dot{m} h_1 - h_4 \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan :

$\dot{m}$ = Laju aliran massa refrigerant

h_1 = Enthalpy pada titik 1

h_4 = Enthalpy pada titik 4

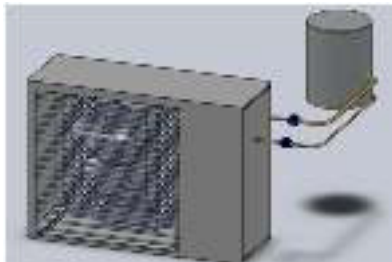
5. Coefficient Of Performance

Untuk menghitung *coefficient of performance* digunakan rumus sebagai berikut: (W.F.Stoecker dan J.W. Jones. Hal. 200)

$$\text{COP}_{\text{aktual}} = \frac{\text{Kapasitas Pendinginan}}{\text{Daya Kompresor}} \dots \dots \dots (5)$$

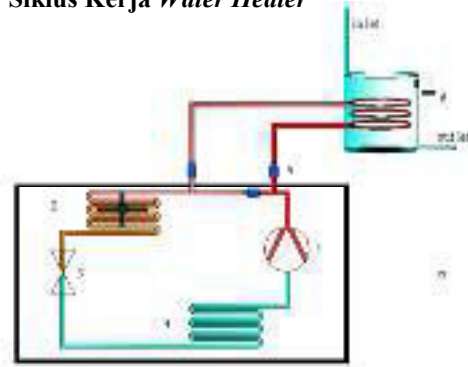
2.5 Rancang Bangun Water Heater

Water Heater Dengan Memanfaatkan Panas *Air Conditioning* adalah media mesin *Air Conditioning* yang dimodifikasi untuk menghasilkan fungsi ganda selain fungsi utamanya. Yang dilakukan untuk memanfaatkan panas yang keluar dari kompresor yang digunakan untuk memanaskan air. Pada pembuatan *water heater* ini, dibutuhkan air kapasitas ± 30 liter sebagai media air yang di panaskan.



Gambar 2. Rancangan Bangun Water Heater

2.6 Siklus Kerja Water Heater



Gambar 3. Siklus Water Heater

Keterangan:

1 : Kompresor

2 : Kondensor

3 : Pipa Kapiler

4 : Evaporator

5 : Solenoid Valve

6 : Thermostat

Penjelasan :

Cara kerja *water heater* dapat dilihat dari diagram siklus kerja *water heater*, misalnya refrigeran masuk ke kompresor melalui pipa tembaga dalam bentuk uap, dalam kompresor refrigeran ditekan sehingga refrigeran keluar berbentuk uap yang sangat panas (*vapour super heated*) dan bertekanan tinggi. Uap bertekanan ini dalam siklus *air conditioning* masuk kedalam kondensor, akan tetapi dalam *water heater* ini panas refrigerant tidak langsung melalui kondensor melainkan dimasukkan kedalam wadah yang berisi air untuk dipanaskan, barulah dari wadah tersebut refrigerant masuk kedalam kondensor. Cairan refrigeran masuk ke pipa kapiler dan mengalami penurunan tekanan secara drastis sehingga terjadi *flash evaporation* seterusnya masuk ke evaporator untuk diubah lagi menjadi uap. *Water heater* menggunakan *solenoid valve*, sehingga dapat mengaktifkan dua siklus yaitu siklus kompresi uap biasa dan siklus *water heater*.

2.7 Persamaan Volume Tabung Water Heater

Tabung adalah prisma tegak beraturan yang bidang alas dan tutupnya berbentuk lingkaran dan sisi tegaknya berupa bidang lengkung. Volume tabung dirumuskan sebagai berikut : (Sumadi, 2008, Hal: 141)

$$V = La \times t \dots \dots \dots (6)$$

V = volume tabung

La = luas alas, $\pi \times r \times r$

t = tinggi tabung

2.8 Persamaan Luas Permukaan Pipa *Water Heater*

Mencari luas permukaan tabung ekuivalen dengan mencari luas ketiga sisi tersebut yang dirumuskan dengan: (Sumadi, 2008, Hal: 137)

Luas permukaan

$$= (2 \times \text{luas lingkaran}) + \text{luas persegi panjang}$$

$$= (2 \times \pi \times r \times r) + (p \times l) = 2\pi (r^2 + (r \times t))$$

Jadi, luas permukaan tabung dirumuskan sebagai berikut.

$$\text{Luas permukaan} = 2\pi (r^2 + (r \times t)) \dots \dots \dots (7)$$

3. Bahan dan Metode Penelitian

3.1 Deskripsi Alat Uji

Alat

Alat yang digunakan dalam proses pembuatan *water heater* yaitu :

1. Palu
2. Gergaji Besi
3. Mesin Las Listrik
4. Obeng (+/-)
5. Mistar Siku
6. Meteran
7. Kunci Pass
8. *Banding Tools*
9. *Flaring/Swaging tools*
10. *Tubing cutter*

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam proses pembuatan dapat dilihat sebagai berikut :

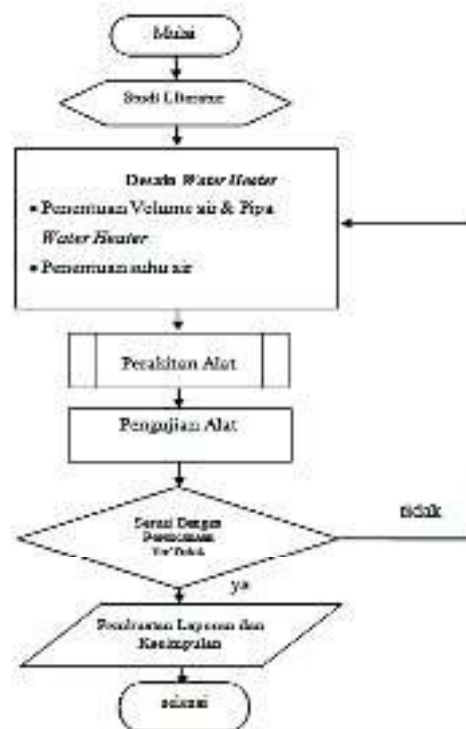
1. *AC Split* 1 PK
2. Tabung penampung air
3. Refrigeran 22 (R22)
4. Elektroda
5. Kawat Las Tembaga
6. *Gast Torch*
7. Cat Besi

3.2 Spesifikasi *Water Heater*

Adapun spesifikasi *water heater* sebagai berikut :

1. AC Split LG : MODEL LS-Q096ACM
2. Kapasitas : 9000 Btu/h
3. Input : 770 W
4. Ampere : 4.3 A
5. Phase : 1 Ø
6. Voltage : 220 – 240 V
7. Frekuensi : 50 Hz
8. Refrigeran : R 22 0.42 Kg

3.3 Diagram Alir



Gambar 4. Diagram Alir Rancang Bangun

3.4 Perencanaan *Water Heater*

Perencanaan adalah langkah yang harus dilakukan dalam rancang bangun sebelum masuk ke tahap perakitan sesuai dengan diagram alir (Gambar 4) yang meliputi sebagai berikut :

3.4.1 Perhitungan Volume Penampungan *Water Heater*

Water Heater ini dibuat untuk proses memanaskan air yang memanfaatkan panas kompresor sebagai pemanasnya dengan kapasitas ± 30 liter dengan spesifikasi sebagai berikut:

Dimensi ruang pemanas air yaitu $t = 37$ cm, $d = 34$ cm dengan volume $0.03 \text{ m}^3 / 30$ liter
Volume penampungan: (Persamaan 6)

$$\begin{aligned}
 &= \pi \times r^2 \times t \\
 &= 22/7 \times 17^2 \text{ cm} \times 37 \text{ cm} \\
 &= 22/7 \times 0.0289 \text{ m}^2 \times 0.37 \text{ m} \\
 &= 0.03 \text{ m}^3 / 30 \text{ liter}
 \end{aligned}$$

3.4.2 Penentuan Pipa *Water Heater*

Water Heater memanfaatkan panas yang keluar dari kompresor untuk memanaskan air. Pipa yang digunakan untuk memanaskan air berukuran sama dengan pipa keluaran kompresor yaitu pipa tembaga berdiameter 3/8 inchi. Adapun panjang pipa yang digunakan untuk membuat *water heater* sebagai berikut :

Dimensi 1 lilitan pipa yaitu menggunakan panjang pipa / $p = 74$ cm, $d = 24$ cm, di buat menjadi 3 lilitan dengan panjang total = 222 cm . Adapun luas permukaan pipa *water heater* dapat dihitung sebagai berikut :

- a. Luas permukaan :
- $$= 2\pi (r^2 + (r \times t))$$
- $$= 2 \times 3,14 (0,47625^2 \text{ cm} + (0,47625 \text{ cm} \times 222 \text{ cm}))$$
- $$= 6,28 (0,2268 \text{ cm} + 105,727 \text{ cm}^2)$$
- $$= 6,28 (105,95 \text{ cm}^2)$$
- $$= 665,38 \text{ cm}^2 = 0,0665 \text{ m}^2$$



Gambar 5. Lilitan Pipa Water Heater

- b. Suhu air yang dicapai yaitu 40° C

3.5 Proses Perakitan

Prosedur perakitan mesin *water heater* dapat diambil garis besar langkah-langkah sebagai berikut :

1. Persiapan meliputi pembelian komponen atau pemanfaatan komponen bekas.
2. Perakitan kerangka *water heater* dan komponen refrigerasi seperti *solenoid valve*.
3. Perakitan sistem pemipaan seperti pada gambar.
4. Perakitan sistem kelistrikan *wiring diagram*.
5. Pengecatan dan *finishing* atau penambahan.

3.6 Prosedur Pengujian

Adapun prosedur ini meliputi beberapa teknik atau prosedur pengujian *water heater* yaitu teknik pengukuran data, teknik pengambilan data, teknik perhitungan/analisis data.

3.7 Prosedur Keselamatan Kerja

Dalam proses pembuatan alat, Penulis memperhatikan keselamatan kerja baik bagi diri sendiri, benda kerja, maupun lingkungan sekitar. Untuk itu, perlu pemahaman yang khusus mengenai keselamatan kerja agar hal-hal yang tidak diinginkan dapat diminimalisir. Pemahaman konsep keselamatan kerja itu sendiri meliputi :

a. Secara teori

1. Mempelajari petunjuk-petunjuk keselamatan kerja yang ada.
2. Melihat kebersihan tempat kerja.
3. Menanyakan kepada pembimbing/dosen instruktur jika ada hal-hal yang belum diketahui.

b. Secara praktek

1. Mempersiapkan peralatan keselamatan kerja.
2. Menggunakan pakaian keselamatan kerja.
3. Tidak melakukan hal-hal yang dapat membahayakan keselamatan, misalnya membiarkan kabel listrik yang bertegangan tetap ada di daerah tempat kerja.

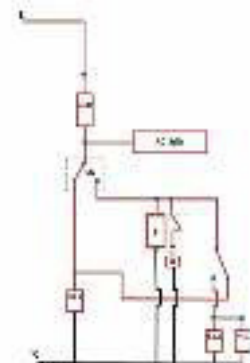
4. Jangan menggunakan peralatan yang tidak sesuai dengan fungsinya karena dapat merusak peralatan dan bahkan benda kerja itu sendiri.
5. Melakukan pekerjaan sesuai dengan prosedur yang ada, baik dari buku pedoman maupun arahan dari orang yang lebih memahami.

4 Hasil dan Pembahasan

4.1 Langkah Kerja

Berikut adalah langkah-langkah pembuatan *water heater* :

- a. Tahap Modifikasi
- b. Pembuatan Kerangka
- c. Penginstalasian Sistem Kelistrikan



Gambar 6. wiring diagram water heater

Keterangan :

- L : Listrik
 N : Netral Listrik
 MCB : Mini Circuit Breaker
 PB : Push Button
 T : Thermostat
 R : Relay
 SV 1,2,3 : Solenoid Valve

- d. Proses Pemvakuman
- e. Pengisian Refrigeran

4.2 Analisis Data

4.2.1 Data Sebelum Dimodifikasi

Dari data hasil pengukuran dan hasil analisa yang telah didapatkan, dilakukan perhitungan COP_{actual} . Sebagai sampel perhitungan diambil pada menit terakhir pengujian yaitu menit 150.

Diketahui :

$$Q_{in} = 9000 \text{ Btu/hr (name plate)} = 2,637 \text{ kW}$$

$$\text{Volt} = 220 \text{ V}$$

$$\text{Arus} = 3,3 \text{ A}$$

$$W_c = 220 \text{ V} \cdot 3,3 \text{ A} = 726 \text{ W}$$

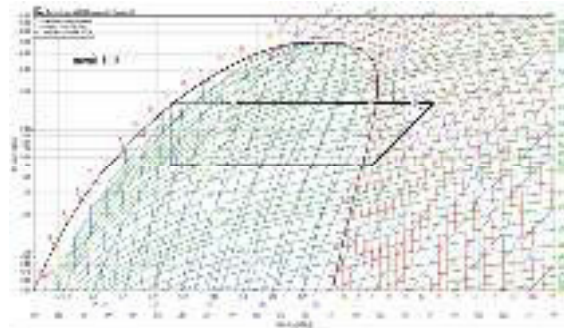
Coefficient Of Performance actual (COP_{actual})
 sesuai dengan persamaan 2.5:

$$COP_{actual} = \frac{Q_{in}}{W_c} = \frac{2637 \text{ Watt}}{726 \text{ Watt}} = 3,63$$

4.2.2 Data Setelah Dimodifikasi

Dari data hasil pengukuran dan hasil analisa yang telah disusun dalam tabel, dilakukan

perhitungan COP. Sebagai sampel perhitungan diambil pada menit terakhir pengujian yaitu menit 150, Setelah hasil pengolahan data dari tabel ke diagram P-h dengan penambahan 1 atm bar (*absolute*) didapat entalpi spesifik dapat di lihat pada gambar 7.



Gambar 7. p-h diagram setelah dimodifikasi

Data pengujian yang didapatkan dari *Air Conditioner* setelah di modifikasi didapatkan sebagai berikut:

Dari hasil penarikan dengan diagram Ph R22 dapat di ketahui ;

$$h_1 = 412.7 \text{ kJ/kg}$$

$$h_2 = 463 \text{ kJ/kg}$$

$$h_3=h_4 = 250 \text{ kJ/kg}$$

Kerja Kompresi Uap dan Daya Kompresor sesuai dengan persamaan 2.1 :

$$\text{Kerja Kompresor (Wc)} = h_2 - h_1$$

$$\text{Kerja Kompresor (W)} = 463 \text{ kJ/kg} - 412.7 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{Kerja Kompresor (Wc)} = 50.3 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{Daya Kompresor } (\dot{W}_c) = I \times V$$

$$\text{Daya Kompresor } (\dot{W}_c) = 3 \text{ A} \times 219 \text{ V}$$

$$\text{Daya Kompresor } (\dot{W}_c) = 657 \text{ Watt}$$

$$\text{Daya Kompresor } (\dot{W}_c) = 0.657 \text{ kW}$$

$$\text{Daya Kompresor } (\dot{W}_c) = 0.657 \text{ kJ/s}$$

Laju Aliran Massa Refrigeran sesuai dengan persamaan 2.2 :

$$\dot{m} = \frac{\dot{W}_c}{h_2 - h_1}$$

$$\dot{m} = \frac{0.657 \text{ kJ/s}}{50.3 \text{ kJ/kg}}$$

$$\dot{m} = 0.0130 \text{ kg/s}$$

Pembuangan Kalor dan Daya Kondensor sesuai dengan persamaan 2.3 :

$$\text{Pembuangan Kalor} = h_2 - h_3$$

$$\text{Pembuangan Kalor} = 463 \text{ kJ/kg} - 250 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{Pembuangan Kalor} = 213 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{Daya Kondensor } (Q_{out}) = \dot{m} (h_2 - h_3)$$

$$\text{Daya Kondensor } (Q_{out}) =$$

$$0.0130 \text{ kg/s} (213 \text{ kJ/kg})$$

$$\text{Daya Kondensor } (Q_{out}) = 2.769 \text{ kJ/s}$$

Efek Refrigerasi dan Kapasitas Pendingin sesuai dengan persamaan 2.4 :

$$\text{Efek Refrigerasi} = h_1 - h_4$$

$$\text{Efek Refrigerasi} = 412.7 \text{ kJ/kg} - 250 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{Efek Refrigerasi} = 162.7 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{Kapasitas Pendingin} = \dot{m} h_1 - h_4$$

$$\text{Kapasitas Pendingin} = 0.0130 \text{ kg/s} (162.7 \text{ kJ/kg})$$

$$\text{Kapasitas Pendingin} = 2.11 \text{ kJ/s}$$

Coefficient Of Performance actual (COPaktual) sesuai dengan persamaan 2.5:

$$\text{COP}_{\text{aktual}} = \frac{\text{Kapasitas Pendinginan}}{\text{Daya Kompresor}} = \frac{2.11 \text{ kJ/s}}{0.657 \text{ kJ/s}} = 3.2$$

4.3 Perbandingan Data

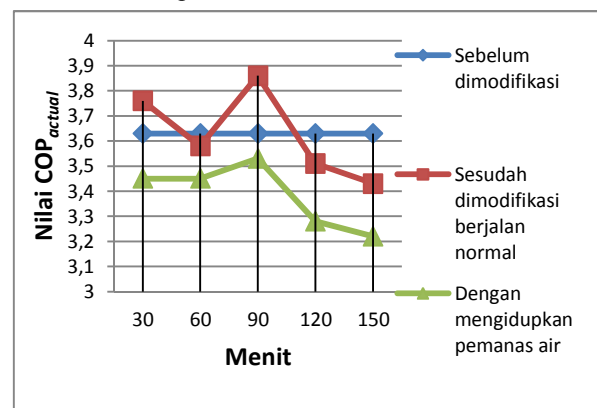
Tabel 2. Data Hasil Perbandingan

Poin Nilai Rata-Rata	Sebelum, dimodifikasi	Sesudah dimodifikasi (Normal)	Sesudah dimodifikasi (water heater)
COP actual	3.63	3.58	3.34

Dari data tabel 2 dapat disimpulkan bahwa setelah dimodifikasi hasil data yang didapatkan mendekati hasil data sebelum dimodifikasi. Perbedaan hasil data yang didapatkan merupakan pengaruh dari modifikasi alat tersebut, karena didalamnya terjadi penambahan pipa dan komponen-komponen lain.

4.4 Grafik Nilai COP

Diagram grafik merupakan gambar atau garis untuk mengetahui naik turunnya suatu keadaan dalam sebuah penelitian.



Gambar 8. grafik data sesudah dimodifikasi (water heater)

5. Kesimpulan

Setelah melakukan rancang bangun *Water Heater*, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. *Air conditioning* dapat dirancang dan diaplikasikan sebagai *water heater* dengan memanfaatkan panas pada system tersebut.

2. Pemakaian bahan bakar minyak bumi dan gas dapat diminimalisir, karena *air conditioner* tidak menggunakan bahan bakar minyak bumi dan gas sebagai bahan utama untuk menghidupkan sistem pada *air conditioning*.
3. Suhu air yang dicapai ialah 40°C

DAFTAR PUSTAKA

- Moran, M., J, Saphiro. 2006. *Fundamentals of Engineering Thermodynamics*. Jhon Wiley & Sons, Inc: London.
- Sapto Widodo, Syamsuri Hasan, 2008. *Sistem Refrigerasi dan Tata Udara Jilid 2 untuk SMK*, Jakarta, Departemen Pendidikan nasional.
- Sumadi, dkk.2008. *Matematika Sekolah Menengah Kejuruan (SMK)/Madrasah Aliyah Kejuruan (MAK) Kelas XI Kelompok Teknologi, Kesehatan, dan Pertanian*, Jakarta, Departemen Pendidikan nasional.
- Trott AR, T Welch. 2000. *Refrigeration and Air-Conditioning*. Buttrworth-Heinemann. Oxford.
- W.F Stoecker dan J.W Jones. 1982. *Refrigerasi dan Sistem Pengkondisian Udara*. Erlangga, Jakarta.
- Whitman, B, dkk. 2009. *Refrigeration & Air Conditioning Technology 6th Edition*. Delmar Cengage Learning: Clifton Park, USA