

PERANCANGAN DAN EKSPERIMEN ALAT PENUKAR KALOR SOLUSI PEMANFAATAN ENERGI *REFRIGERANT* KELUAR KOMPRESOR AC SEBAGAI PEMANAS AIR

Ali Akbar^{1*}, Mohamad Hakam^{2*}, Nopem Ariwiyono³, Umami Habibah⁴

Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo¹

Teknik Desain dan Manufaktur, Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya^{2,4}

Teknik Permesinan Kapal, Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya³

Jl. Raya Gelam No. 250, Pagerwaja, Gelam, Candi, Sidoarjo, 61271

E-mail: aliakbar@umsida.ac.id^{1*}, m_hakam@ppns.ac.id^{2*}, nopem@ppns.ac.id³

ABSTRAK

Sistem pendingin terdiri dari 3 komponen pokok, yaitu evaporator, kompresor, dan kondensor. Penelitian ini membahas panas yang diakibatkan oleh kompresor yang dimanfaatkan untuk pemanasan air. Pemanfaatan kalor dilakukan dengan menambahkan peralatan pemanas air yang dimasukkan dalam sebuah wadah berisi air, sebelum aliran fluida referigiran masuk ke dalam kondensor. Penelitian dilakukan dengan menambah pemanas air dan membandingkan nilai yang diperoleh antara peralatan normal (tanpa pemanas air) dan peralatan yang sudah ditambah pemanas air. Peralatan pemanas air diletakkan setelah komponen kompresor pada sistem pendingin. Penelitian awal adalah mengukur temperatur keluaran kompresor yang digunakan untuk mengetahui potensi panas yang akan dimanfaatkan untuk memanaskan air, menghitung perpindahan panas yang terjadi pada proses pemanasan air, dan selanjutnya dilakukan eksperimen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peralatan yang ditambah water heater memberikan pengaruh pada kerja kompresor (Q_{Comp}) yang lebih ringan jika dibandingkan dengan tanpa adanya tambahan water heater. Sedangkan COOP lebih tinggi jika menggunakan tambahan water heater.

Kata Kunci: Heat exchanger, Kompresor, Pemanas air, Sistem referigirasi

ABSTRACT

The cooling system consists of 3 main components, namely the evaporator, compressor, and condenser. This study discusses the heat generated by the compressor used for heating water. Utilization of heat is done by adding water heating equipment that is inserted into a container filled with water before the refrigerant fluid flows into the condenser. The study was conducted by adding a water heater and comparing the values obtained between normal equipment (without a water heater) and equipment that has added a water heater. Water heating equipment is placed after the compressor component in the cooling system. The initial research is to measure the compressor output temperature, which is used to determine the potential heat that will be used to heat water, calculate the heat transfer that occurs in the water heating process, and then carry out experiments. The results showed that the equipment that was added with a water heater had an effect on the work of the compressor (Q_{Comp}), which was lighter when compared to without the addition of a water heater. The COOP is higher if you use an additional water heater.

Keyword : Heat exchanger, compressor, Refrigeration system, Water heater

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan air panas saat ini sangat tinggi, baik untuk rumah tangga, kantor, pabrik, rumah sakit, dan lainnya. Disebabkan tingginya kebutuhan air panas, maka dibutuhkan peralatan yang efisien untuk memanaskannya. Sebagai contoh pemanas air dengan memanfaatkan energi surya atau pemanas air dengan pemanfaatan energi listrik menjadi energi panas. Namun, jika dilihat dari segi efisiensi, kedua contoh teknologi pemanas tersebut masih kurang

efisien. Misalkan saja, pemanas air dengan memanfaatkan energi listrik yang membutuhkan daya sangat besar, sedangkan untuk pemanas air dengan pemanfaatan energi surya masih tergolong mahal dari segi biaya konstruksi. Maka dari itu, dibutuhkan suatu teknologi pemanas air yang lebih efisien dan lebih murah dari segi biaya juga konstruksi.

Pada sistem mesin pendingin terdapat energi panas yang terbuang cukup besar. Hal tersebut dapat dimanfaatkan menjadi pemanas air. Elemen pemanas

air tersebut berupa *heat exchanger*. *Heat exchanger* tersebut tidak membutuhkan suplai daya tambahan,

tetapi hanya ditambahkan saja pada sistem mesin pendingin tersebut. *Heat exchanger* tersebut secara skematis diletakkan diantara kompresor dan kondensor. *Heat exchanger* tersebut dialiri oleh *refrigerant* dalam kondisi *superheated* yang berasal dari keluaran kompresor sehingga dapat dimanfaatkan sebagai pemanas melalui panas yang dipancarkan dari pipa-pipa pada *heat exchanger*. *Heat exchanger* tersebut dalam mekanismenya dicelupkan ke dalam bak yang berisikan air sebagai fluida dingin.

Heat exchanger yang digunakan untuk pemanas air ini adalah dengan susunan secara vertikal. Karakteristik *heat exchanger* salah satunya dipengaruhi oleh adanya gap rasio yaitu perbandingan antara jarak *transverse tube* dengan diameter *tube*.

1.2 Metodologi Penelitian

1.3.1 Langkah Penelitian

(a) Perumusan masalah

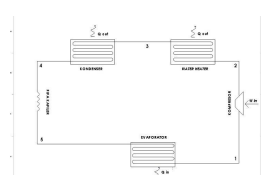
Perumusan masalah merupakan penjabaran dari identifikasi masalah yang diperlukan untuk membentuk kerangka merencanakan metode penelitian.

(b) Studi literatur

Untuk mendapatkan referensi atau literatur yang berkaitan dengan penelitian dan memperkuat adanya penelitian.

(c) Perencanaan dan perancangan peralatan eksperimen

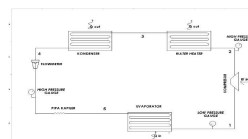
Dilakukan persiapan peralatan yaitu merencanakan dan merancang peralatan yang akan digunakan dalam eksperimen. Hal tersebut dilakukan untuk memastikan bahwa alat tersebut dalam kondisi baik untuk pengambilan data. Pada Gambar 1 merupakan sistem AC dengan penambahan *water heater* yang digunakan dalam eksperimen ini. Pada eksperimen ini, komponen pada sistem AC tersebut diantaranya adalah AC Indoor, AC Outdoor, kompresor, dan pipa kapiler. Adapun skema sistem AC dengan penambahan *water heater* yang lengkap seperti pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Skema system AC dengan *water heater*

(d) Pengambilan data

Pengambilan data dilakukan untuk mendapatkan informasi yang dibutuhkan dalam penyelesaian



permasalahan. Data yang didapatkan berupa temperatur dan tekanan pada setiap titik yang ditentukan pada Gambar 2 di bawah ini:

Gambar 2. Titik pengukuran untuk pengambilan data

(e) Pengolahan data

Setelah diperoleh data dari hasil percobaan, maka data tersebut dapat dilihat dari perubahan temperatur air terhadap waktu. Selain itu, pengolahan data dilakukan dengan cara menghitung kalor yang diserap oleh air, menghitung kerja isentropis kompresor dan kerja nyata kompresor, menghitung kalor yang terbuang pada kondensor, menghitung kapasitas pendinginan, dan menghitung *Coefficient of Performance (COP)* pada sistem AC.

(f) Pengambilan kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat diambil kesimpulan berdasarkan hasil karakteristik perpindahan panas pada *water heater* dengan susunan vertikal sehingga dapat dijadikan acuan untuk pengembangan jenis *water heater* lainnya atau macam-macam variasi untuk penelitian selanjutnya.

1.3.2 Perencanaan *water heater*

Perencanaan *water heater* diperlukan agar eksperimen dilakukan secara efisien baik dari segi waktu ataupun bahan dan alat yang akan digunakan. Perencanaan *water heater* ini dimulai dengan mencari temperatur dari keluaran kompresor untuk mencari potensi panas yang bisa diberikan terhadap air. Selanjutnya adalah mencari waktu yang dibutuhkan untuk memanaskan air sampai temperatur 45°C. Langkah terakhir adalah mencari panjang *tube* yang sesuai untuk memanaskan air tersebut berdasarkan analisa perpindahan panas.

(a) Mencari temperatur keluaran kompresor

Pemanas air ini terletak setelah *refrigerant* melewati kompresor, sehingga dibutuhkan data temperatur masuk kompresor juga temperatur keluar kompresor. Data temperatur keluar kompresor diperoleh dari pengujian sistem AC *split* standar tanpa *water heater*.

(b) Mencari kapasitas kalor *water heater*

Kapasitas kalor *water heater* diperoleh dari data temperatur keluaran dari kompresor dan data keluaran *water heater* ditentukan sebesar 50°C karena sesuai pada batasan masalah bahwa temperature keluaran *water heater* diharapkan memiliki selisih 5°C dengan temperatur akhir air setelah pemanasan.

(c) Perhitungan waktu pemanasan air

Pada perhitungan waktu pemanasan air, hal yang perlu diperhatikan adalah kapasitas volume bak,

temperatur akhir air yang diinginkan, dan temperatur awal air, juga kapasitas pendinginan pada AC. Berikut persamaan untuk perhitungan waktu pemanasan air:

$$t = \frac{m \cdot C_p \cdot (\Delta T)}{Q}$$

Dimana:

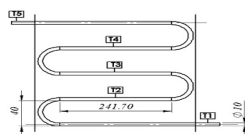
- t = waktu pemanasan air (s)
- m = jumlah air yang dipanaskan (kg)
- C_p = kalor jenis air (J/kg.K)
- ΔT = selisih temperatur air yang ingin dicapai dan temperatur awal air (K)

(d) Perhitungan Panjang pipa

Untuk menghitung panjang pipa yang diharapkan untuk pemanas air, parameter yang dibutuhkan adalah *Overall* Perpindahan Panas (U). Pada perhitungan ini, perpindahan panas secara konduksi pada pipa dapat diabaikan karena tebal pipa dianggap tipis, sehingga *Overall* Perpindahan Panas (U) terdiri dari perpindahan panas dari konveksi pada aliran internal pipa juga konveksi alami dari air.

(e) Geometri *water heater*

Pembuatan geometri *water heater* meliputi diameter tube (D), panjang pipa per luan, dan jarak antar tube *water heater*.



Gambar 3. Bentuk perencanaan *water heater*

2. PEMBAHASAN

2.1 Variasi Eksperimen

Pengambilan data dilakukan dengan cara membandingkan data sistem referigerasi yang diberi tambahan *water heater* dan tanpa tambahan *water heater* dan diisi air yang tetap sebanyak 10 liter.

2.2 Perhitungan Data

2.3.1 Contoh Data Perhitungan

Untuk contoh perhitungan data, digunakan satu contoh data, yaitu pada volume air pada tangki sebesar 10 liter dg St/d = 8. Data-data yang diperoleh pada eksperimen dengan volume air pada tangki sebesar 10 liter adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Data eksperimen pada St/= 8 dengan *water heater*

Waktu operasi 60 menit	Volume Air dalam Tangki 10 Liter	Temperatur (°C)				
		T _{out} evaporat	T _{out} kompresor	T _{out} kodensor	T _{out} kapiler	T _{air}
		15,9	84	33,8	9,5	45,5
		Tekanan (bar)				
		Suction	Discharge	Kondensor		
		5,55	17,31	17,19		

Sedangkan sebagai perbandingan, data eksperimen tanpa tambahan *water heater* adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Data eksperimen tanpa tambahan *water heater*

Temperatur (°C)			
T _{out} evaporator	T _{out} kompressor	T _{out} kodensor	T _{out} kapiler
18,9	89,8	38,1	8,2
Tekanan (bar)			
Suction	Discharge	Kondensor	
5,49	17,08	16,95	

Nilai entalpi di setiap titik, dicari dengan menggunakan table *enthalpy* dengan mencantumkan nilai tekanan dan temperatur pada setiap titik. Sedangkan untuk nilai entalpi di keluaran kapiler memiliki nilai yang sama dengan entalpi pada keluaran kondensor karena terjadi proses entalpi dan fungsi kapiler hanya menurunkan tekanan dan temperature saja. Untuk mencari entalpi keluaran *water heater*, maka dicantumkan nilai tekanan *discharge* dan temperturnya, karena sesuai batasan masalah bahwa tidak ada penurunan tekanan sepanjang *water heater* maka tekanan *discharge* atau tekanan keluaran kompresor sama dengan tekanan keluaran *water heater*.

Pada Tabel 1, dapat dilihat data temperatur dan tekanan di setiap titik. Temperatur keluaran evaporator adalah sebesar 15,9°C dan tekanan sebesar 5,55 bar. Temperatur keluaran kompresor adalah sebesar 84°C dan tekanan sebesar 17,31 bar terjadi kenaikan karena mengalami proses kompresi setelah *refrigerant* masuk ke kompresor. Kemudian mengalami penurunan temperatur saat memasuki *water heater*. Kemudian selanjutnya masuk ke kondensor dan mengalami penurunan tekanan dan temperatur. Temperatur pada keluaran kondensor adalah sebesar 33,8°C dan tekanan keluaran kondensor adalah sebesar 17,19 bar. Setelah dari kondensor kemudian *refrigerant* masuk ke pipa kapiler untuk menurunkan tekanan dari *refrigerant* tersebut sebelum masuk ke evaporator. Temperatur pada kapiler tersebut adalah sebesar 9,5°C, sedangkan untuk tekanan pada pipa kapiler adalah sebesar 6,6 bar.

2.3.2 Perhitungan pada *refrigerant*

Propertis *refrigerant* yang digunakan berdasarkan pada tabel thermodinamika. Berikut adalah nilai entalpi untuk sistem AC dengan penambahan *water heater*:

- h_{out} evaporator = 415,23 kJ/kg
- h_{out} kompressor = 453,63 kJ/kg
- h_{out} kondensor = 241,38 kJ/kg
- h_{out} water heater = 442,91 kJ/kg
- h_{out} kapiler = 241,38 kJ/kg
- h_{out} isentropis kompresor = 445,35 kJ/kg

Sedangkan untuk nilai entalpi dengan tanpa *water heater* adalah sebagai berikut

- h_{out} evaporator = 418,28 kJ/kg
- h_{out} kompressor = 458,82 kJ/kg
- h_{out} kondensor = 247,82 kJ/kg

- $h_{out \text{ kapiler}} = 247,82 \text{ kJ/kg}$
- $h_{out \text{ isentropis kompresor}} = 449,195 \text{ kJ/kg}$

2.3 Perhitungan eksperimen

2.3.1 Perhitungan \dot{Q} Evaporator

Nilai dari panas yang diserap refrigeran pada evaporator dapat diketahui dengan mengalikan laju alir massa *refrigerant* dengan selisih entalpi antara keluaran evaporator dengan keluaran kapiler.

a) Dengan *water heater*

$$\dot{Q}_{\text{evaporator}} = \dot{m}_{\text{refrigerant}} (h_{\text{out evaporator}} - h_{\text{out kapiler}})$$

$$\dot{Q}_{\text{evaporator}} = 0,013 \text{ kg/s} \left[415,23 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 241,38 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right]$$

$$\dot{Q}_{\text{evaporator}} = 2,260 \text{ kW}$$

b) Tanpa *water heater*

$$\dot{Q}_{\text{evaporator}} = \dot{m}_{\text{refrigerant}} (h_{\text{out evaporator}} - h_{\text{out kapiler}})$$

$$\dot{Q}_{\text{evaporator}} = 0,0125 \text{ kg/s} \left[418,28 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 247,82 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right]$$

$$\dot{Q}_{\text{evaporator}} = 2,131 \text{ kW}$$

2.3.2 Perhitungan \dot{w} input aktual kompresor

\dot{w} input aktual kompresor adalah daya yang dibutuhkan oleh kompresor. Besarnya nilai daya aktual yang dibutuhkan kompresor dapat diperoleh dengan mengalikan massa alir *refrigerant* tergantung kompresor yang digunakan. Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut:

a) Dengan *water heater*

$$\dot{W}_{\text{kompresor}} = \dot{m}_{\text{refrigerant}} (h_{\text{out kompresor}} - h_{\text{in kompresor}})$$

$$\dot{W}_{\text{kompresor}} = 0,013 \text{ kg/s} (453,71 - 415,23) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\dot{W}_{\text{kompresor}} = 0,500 \text{ kW}$$

b) Tanpa *water heater*

$$\dot{W}_{\text{kompresor}} = \dot{m}_{\text{refrigerant}} (h_{\text{out kompresor}} - h_{\text{in kompresor}})$$

$$\dot{W}_{\text{kompresor}} = 0,0125 \text{ kg/s} (458,82 - 418,28) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\dot{W}_{\text{kompresor}} = 0,517 \text{ kW}$$

2.3.3 Perhitungan \dot{w} isentropis kompresor

\dot{w} isentropis kompresor dapat diperoleh dengan mengalikan massa alir *refrigerant* dengan selisih antara entalpi keluaran kompresor dengan input kompresor. Perbedaan dengan perhitungan \dot{w} isentropis kompresor adalah terletak dari nilai entalpi keluaran kompresor. Nilai entalpi keluaran kompresor pada perhitungan ini diperoleh dari nilai entropi masukan kompresor dimana terjadi proses isentropi saat kompresi, sehingga nilai entropi masukan dan keluaran kompresor adalah sama. Setelah diperoleh entropi yang sama, selanjutnya adalah memasukkan data tekanan *discharge* dan data entropi untuk memperoleh entropi yang digunakan untuk menghitung \dot{w} isentropis kompresor.

Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut:

a) Dengan *water heater*

$$W_{\text{isentropis}} = \dot{m}_{\text{refrigerant}} (h_{\text{kompresor isentropis}} - h_{\text{in kompresor}})$$

$$W_{\text{isentropis}} = 0,013 \text{ kg/s} (445,32 - 415,23) \text{ kJ/kg}$$

$$W_{\text{isentropis}} = 0,3853 \text{ Kw}$$

b) Tanpa *water heater*

$$W_{\text{isentropis}} = \dot{m}_{\text{refrigerant}} (h_{\text{kompresor isentropis}} - h_{\text{in kompresor}})$$

$$W_{\text{isentropis}} = 0,0125 \text{ kg/s} (449,19 - 418,28) \text{ kJ/kg}$$

$$W_{\text{isentropis}} = 0,3864 \text{ Kw}$$

2.3.4 Perhitungan efisiensi kompresor

Efisiensi kompresor diperoleh dari perbandingan antara kerja isentropis kompresor dengan kerja kompresor. Berikut adalah perhitungan efisiensi kompresor:

a) Dengan *water heater*

$$\tilde{\eta}_{\text{kompresor}} = \frac{W_{\text{isentropis kompresor}}}{W_{\text{kompresor}}} \times 100\%$$

$$\tilde{\eta}_{\text{kompresor}} = \frac{0,3853 \text{ kW}}{0,500 \text{ kW}} \times 100\%$$

$$\tilde{\eta}_{\text{kompresor}} = 76,6 \%$$

b) Tanpa *water heater*

$$\tilde{\eta}_{\text{kompresor}} = \frac{W_{\text{isentropis kompresor}}}{W_{\text{kompresor}}} \times 100\%$$

$$\tilde{\eta}_{\text{kompresor}} = \frac{0,3864 \text{ kW}}{0,517 \text{ kW}} \times 100\%$$

$$\tilde{\eta}_{\text{kompresor}} = 74,74 \%$$

2.3.5 Perhitungan kalor yang diserap air (Q_{air})

Kalor yang diserap air merupakan kalor yang diberikan oleh *water heater* terhadap air. Kalor yang diserap oleh air dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$Q_{\text{Air}} = \frac{m_{\text{air}} \times C_{p \text{ air}} \times (T_{\text{air akhir}} - T_{\text{air awal}})}{t_{\text{akhir}} - t_{\text{awal}}}$$

$$Q_{\text{Air}} = \frac{100 \text{ kg} \times 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \times (44,7 - 44,4) \text{ C}}{900 \text{ s}} \left(\frac{\text{kW}}{1000} \right) \left(\frac{\text{s}}{\text{J}} \right)$$

$$Q_{\text{Air}} = 0,139 \text{ kW}$$

Selanjutnya dapat diperoleh entalpi masukan kondensor ($h_{\text{in kondensor}}$) dari persamaan kalor yang diserap air, dimana sesuai dengan persamaan kesetimbangan energi kalor yang diserap air sama dengan kalor yang diberikan *water heater*. Berikut adalah perhitungannya:

$$Q_{\text{Air}} = Q_{\text{water heater}}$$

$$Q_{\text{Air}} = \dot{m}_{\text{refrigerant}} (h_{\text{in water heater}} - h_{\text{in kondensor}})$$

$$h_{\text{in kondensor}} = \frac{\dot{m}_{\text{refrigerant}} (h_{\text{in water heater}} - Q_{\text{Air}})}{\dot{m}_{\text{refrigerant}}}$$

$$h_{\text{in kondensor}} = \frac{0,013 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times 453,71 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - (0,139 \text{ kJ/s})}{0,013 \text{ kg/s}}$$

$$h_{\text{in kondensor}} = 442,99 \text{ kJ/kg}$$

2.3.6 Perhitungan Q kondensor

a) Dengan *water heater*

$$\dot{Q}_{\text{kondensor}} = \dot{m}_{\text{refrigerant}} (h_{\text{in kondensor}} - h_{\text{out kondensor}})$$

$$\dot{Q}_{\text{kondensor}} = 0,013 \text{ kg/s} \left[442,99 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 241,38 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right]$$

$$\dot{Q}_{\text{kondensor}} = 2,621 \text{ kW}$$

b) Tanpa *water heater*

$$Q_{\text{condensator}} = \dot{m}_{\text{refrigerant}} (h_{\text{in kondensator}} - h_{\text{out kondensator}})$$

$$Q_{\text{condensator}} = 0,0125 \text{ kg/s} \times 458,82 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 247,82 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$Q_{\text{condensator}} = 2,637 \text{ kW}$$

2.3.7 Perhitungan COP system

Nilai COP aktual diperoleh dengan membandingkan antara panas yang diserap oleh *refrigerant* pada evaporator ($Q_{\text{evaporator}}$) dengan daya kompresor ($\dot{w}_{\text{kompresor}}$).

a) Dengan *water heater*

$$\dot{w}_{\text{kompresor}} = \frac{Q_{\text{evaporator}}}{\text{COP}}$$

$$\dot{w}_{\text{kompresor}} = \frac{2,621 \text{ kW}}{0,500 \text{ kW}}$$

$$\dot{w}_{\text{kompresor}} = 4,518$$

b) Tanpa *water heater*

$$\dot{w}_{\text{kompresor}} = \frac{Q_{\text{evaporator}}}{\text{COP}}$$

$$\dot{w}_{\text{kompresor}} = \frac{2,131 \text{ kW}}{0,517 \text{ kW}}$$

$$\dot{w}_{\text{kompresor}} = 4,12$$

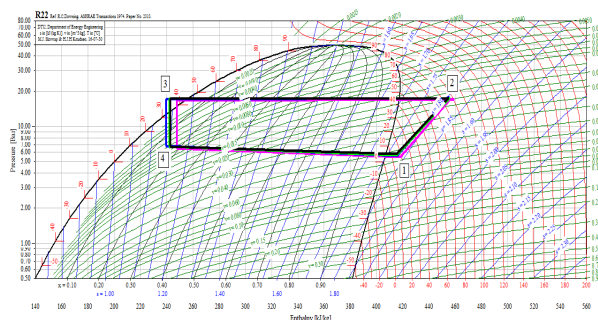
2.3.8 Analisis coefficient of performance terhadap waktu

Pada eksperimen dengan tambahan *water heater* memiliki nilai COP yang lebih besar jika dibandingkan dengan tanpa adanya tambahan *water heater*, dikarenakan kerja kompresor yang rendah. Sesuai dengan persamaan COP sebagai berikut:

$$\text{COP} = \frac{\text{Kapasitas Pendinginan}}{\text{Kerja Kompresor}} = \frac{Q_{\text{evaporator}}}{W_{\text{kompresor}}}$$

Dilihat dari persamaan diatas bahwa *Coefficient of Performance* (COP) pada sistem AC dipengaruhi oleh kapasitas pendinginan dan kerja kompresor. Kapasitas pendinginan pada untuk seluruh eksperimen memiliki perbedaan yang tidak terlalu signifikan, sehingga pada kasus ini, kerja kompresor yang paling mempengaruhi dari nilai COP.

2.3.9 Diagram P-h



Gambar 4. Diagram P-h pada variasi St/d = 8
Volume air 10 liter

Keterangan:

- = Tanpa *water heater*
- = Pada waktu awal
- = Pada waktu pertengahan
- = Pada waktu akhir

Pada diagram P-h diatas merupakan perbandingan plot pada kondisi waktu awal sistem AC, waktu pertengahan. Pada diagram diatas menunjukkan hal yang signifikan adalah pada titik kondensator (titik 3), dimana semakin lama waktu pemanasan air dalam tangki maka grafik akan semakin bergeser ke kanan. Hal tersebut juga terjadi pada titik ekspansi (titik 4), dimana ikut bergeser seiring bertambahnya waktu. Akan tetapi, pada titik evaporasi (titik 2), kondisi yang terjadi cenderung sama. Sedangkan untuk kondisi kompresor pada waktu terakhir menunjukkan tekanan dan temperatur terbesar dibandingkan dengan pada waktu awal dan waktu pertengahan.

Perbandingan dengan kondisi tanpa *water heater*, untuk seluruh variasi memiliki perbedaan yang signifikan. Hal yang signifikan terlihat pada titik 2 (titik kompresor) dan titik 3 (kondensator). Dimana pada titik 2 memiliki kecenderungan garis lebih ke kanan, begitu juga dengan titik 3 yang lebih mendekati kubah atau dalam kondisi campuran. Sedangkan untuk titik evaporasi dan titik keluaran kapiler cenderung sama. Hal tersebut berarti bahwa dengan *water heater*, kerja kompresor bisa lebih ringan karena semakin garis ke kanan pada titik kompresor maka kerja kompresor semakin besar. Sedangkan jika melihat titik kondensator yang semakin dekat ke dalam kubah pada kondisi tanpa *water heater*, maka kapasitas *refrigerant* atau kapasitas pendinginan pada kondisi tanpa *water heater* lebih rendah dibandingkan dengan adanya *water heater*. Sehingga hal tersebut juga berpengaruh terhadap *Coefficient of Performance* (COP) pada sistem dimana dengan adanya penambahan *water heater*, COP akan semakin meningkat.

3. KESIMPULAN

Dari penelitian yang sudah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Penambahan *water heater* akan meringankan kerja kompresor
2. Penambahan *water heater* meningkatkan COP jika dibandingkan dengan sistem referigerasi tanpa adanya tambahan *water heater*.

PUSTAKA

- [1] A. R. Trott, and T. Welch, "Refrigeration and Air-Conditioning" Great Britain: Butterworth-Heinemann, 2000.

- [2] Althouse, et al., "Modern Refrigeration and Air Conditioning," United State of America:The Goodheart-Willcox Company, Inc, 2004.
- [3] Bachtiar and Ary, "Studi Pengaruh Beban Panas terhadap Karakteristik Perpindahan Panas pada Heat Exchanger Vertical Channel," Surabaya:Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2004.
- [4] M. J. Moran and Howard N. Shapiro, "Fundamental of Engineering Thermodynamics," Chicester:John Wiley & Sons, Inc, 2000.
- ^[5] Miller, Rex, Mark Richard, "Refrigeration Home & Commercial," Indianapolis:Wiley Publishing, Inc, 2004.
- [6] P. Incropera, et al., "Fundamental of Heat and Mass Transfer," 7th Edition, Asia:John Wiley & Sons (Asia) Pte Ltd, 2007.
- [7] Santoso and Daniel, "Pemanfaatan Panas Buang Pengkondisi Udara sebagai Pemanas Air dengan Menggunakan Penukar Panas Helikal," Semarang: Politeknik Negeri Semarang, 2013.
- [8] Sondex.(2014).*Sondex U-Tube Heat Exchanger - Working Principle* [online].Available: <http://www.sondex.net/Sondex-Global/Products/Heat-Exchangers.aspx>.
- [9] W. F. Stoecker & J. W. Jones, "Refrigerasi dan Pengkondisian Udara," Jakarta: Erlangga, 1982.
- [10] Wang and K. Shan, "Handbook of Air Conditioning and Refrigeration," New York : Mcgraw-Hill, 2000.