

## Pengaruh Beban Pemanasan Air Terhadap Efisiensi Kondensor Pada Sistem *Heat Pump*

I N. Suarnadwipa<sup>1)</sup>, Made Ricki Murti<sup>2)</sup>

<sup>1),2)</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Udayana  
Kampus Bukit Jimbaran, Bali 80362

### Abstrak

Pada penelitian ini, variabel yang diteliti adalah laju aliran volume air yang merupakan beban pemanasan air di kondensor pada sistem *heat pump*. Sistem ini menggunakan fluida kerja R-134a. Kondensor yang digunakan tipe *concentric tube* dan evaporator dari tipe *fin tube*. Pengukuran yang dilakukan meliputi pengukuran laju aliran volume refrigeran, pengukuran daya input kompresor dengan wattmeter, temperatur refrigeran di setiap titik kondisi dan temperatur air sisi masuk dan keluar kondensor. Dari hasil penelitian diperoleh temperatur pemanasan air menurun, laju panas kondensor pada sisi refrigeran dan sisi air mengalami penurunan dengan meningkatnya laju aliran volume air (beban pemanasan air) dan efisiensi kondensor yang dihasilkan maksimum terjadi pada beban pemanasan 4 liter/menit sebesar 84%.

**Kata kunci:** Beban pemanasan air, efisiensi kondensor, sistem *heat pump*

### Abstract

*In this study, it was investigated the water volume rate of water heating load in the condenser on the heat pump system. The heat pump system uses R-134a as the working fluid. In this experiment, it is used the concentric tube type condenser and the fin tube type evaporator. The measurements conducted include measurement of refrigerant volume flow rate, compressor input power with wattmeter, refrigerant temperature at every point of condition and inlet-outlet condenser water temperature. As the result, it showed that the water heating temperature decreased, the condenser water side and refrigerant side heat rate decreased with the increasing of the water volume flow rate (water heating load) and the maximum condenser efficiency of about 84% is obtained at 4 liter / minute heating load.*

**Keywords:** Heating load of water, condenser efficiency, heat pump system

## 1. PENDAHULUAN

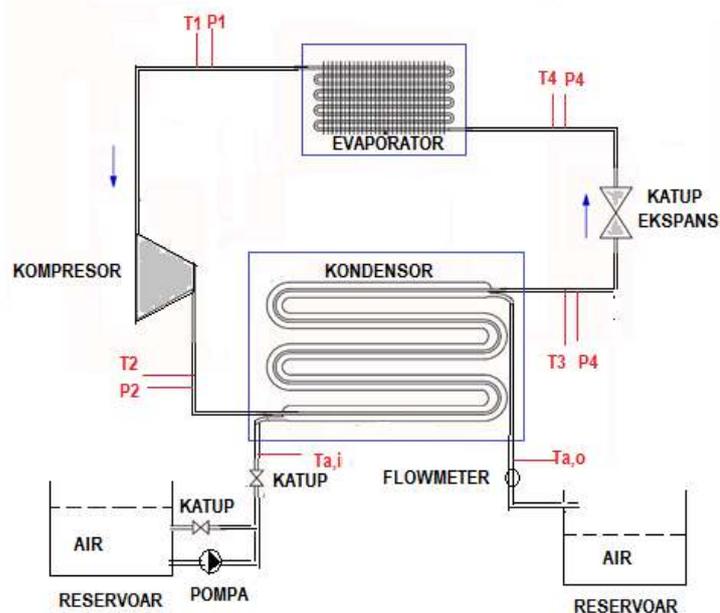
Aplikasi *heat pump* dapat diterapkan pada beberapa proses yang meliputi pengeringan, pemanas air, pemanas udara ruangan, dan yang lainnya. Beberapa penelitian tentang *heat pump* yang telah dilakukan untuk berbagai aplikasi diantaranya adalah analisis *heat pump* kompresi uap untuk pengering gabah [1]. Selanjutnya performansi *heat pump* menggunakan *counter flow heat exchangers* [2], hasil yang didapat bahwa nilai *Coefficient Of Performance* (COP) pada *heat pump* yang menggunakan *counter flow heat exchanger* adalah lebih besar dibandingkan pada *heat pump* yang tidak menggunakan *counter flow heat exchanger*, efisiensi yang didapat pada *heat pump* menggunakan *counter flow heat exchanger* lebih besar dibandingkan pada *heat pump* tanpa menggunakan *heat exchanger*. Penelitian berikutnya menggunakan pemanas air sumber panas ASHP (*Air Source Heat Pump*) [3], hasil dari pemanas air ASHP memberikan koefisien kinerja rata-rata harian (COP) sebesar 2,36 dan total energi listrik 4,15 kWh.

Berkaitan dengan hal diatas, penelitian yang dilakukan pada topik yang sama yaitu pada sistem *heat pump* kompresi uap yang difungsikan atau diaplikasikan sebagai pemanas air. Unjuk kerja *heat pump* dipengaruhi oleh kemampuan komponen-komponennya diantaranya kemampuan pelepasan panas pada kondensor, kemampuan penyerapan panas pada evaporator, kemampuan kompresi dan ekspansinya. Variabel yang lain yang dapat mempengaruhi unjuk kerja *heat pump* meliputi refrigeran yang digunakan, temperatur lingkungan, kelembaban udara, temperatur air sisi masuk kondensor, kecepatan fluida kerja di evaporator maupun kecepatan fluida kerja di kondensor. Pada penelitian ini variabel yang diteliti adalah kecepatan fluida kerja atau laju aliran volume air yang dialirkan yang merupakan beban pemanasan pada kondensor. Refrigeran setelah proses kompresi temperaturnya menjadi tinggi, kemudian dimanfaatkan sebagai sumber panas untuk memanaskan air melalui komponen kondensor. Tidak semua panas yang dilepas oleh refrigeran yang mampu diserap oleh air. Kemampuan penyerapan panas oleh air pada kondensor dapat diukur atau diketahui dari efisiensi yang dihasilkan oleh unit kondensor. Pada penelitian, dilakukan variasi laju aliran volume air yang dialirkan ke kondensor yang mana merupakan beban pemanasan pada kondensor dan bertujuan menganalisis pengaruh variabel laju aliran volume air terhadap efisiensi kondensor pada sistem *heat pump*.

## 2. METODE

### 2.1. Prosedur Penelitian

Alat pengujian menggunakan *heat pump* untuk memanaskan air yang dilengkapi dengan dua reservoir yaitu reservoir air dingin dan reservoir air panas. Sistem *heat pump* menggunakan fluida kerja R-134a. Kondensor yang digunakan tipe *concentric tube* dan evaporator dari tipe *fin tube*. Laju aliran volume air divariasikan mulai 2 liter/menit, 3 liter/menit, 4 liter/menit, dan 5 liter/menit. Skematik alat pengujian ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar1. Skematik Alat Pengujian *Heat Pump*

Laju aliran volume air yang dipanaskan divariasikan dengan mengatur katup baypass dan katup sisi masuk kondensor. Pencatatan data meliputi temperatur sisi masuk kompresor ( $T_1$ ),

temperatur sisi masuk kondensor ( $T_2$ ), temperatur sisi masuk katup ekspansi ( $T_3$ ), temperatur sisi masuk evaporator ( $T_4$ ), temperatur air sisi masuk kondensor ( $T_{a,i}$ ), temperatur air sisi keluar kondensor ( $T_{a,o}$ ), Tekanan sisi masuk kompresor ( $P_1$ ), tekanan sisi masuk kondensor ( $P_2$ ), tekanan sisi masuk katup ekspansi ( $P_3$ ) dan tekanan sisi masuk evaporator ( $P_4$ ), mengukur daya kompresor dengan menggunakan wattmeter, mengukur aliran refrigeran dengan flowmeter.

## 2.2. Persamaan

Laju perpindahan panas yang dilepas refrigeran (R-134a) pada kondensor ditentukan dengan persamaan [4]:

$$\dot{q}_{kond} = \dot{m}_{ref}(h_2 - h_3) \quad (1)$$

$\dot{q}_{kond}$  = kalor yang dilepas oleh kondensor (Watt)

$h_3$  = henthalpi sisi keluar kondensor (J/kg)

$h_2$  = henthalpi sisi masuk kondensor (J/kg)

$\dot{m}_{ref}$  = laju aliran massa refrigeran (kg/s)

Laju perpindahan panas yang diserap air ditentukan dengan persamaan [5]:

$$\dot{q}_{air} = \dot{m}_{air} \cdot c_p \cdot (T_{a,o} - T_{a,i}) \quad (2)$$

$\dot{q}_{air}$  = laju pemanasan air (Watt)

$\dot{m}_{air}$  = laju aliran massa air pada kondensor (kg/s)

$c_p$  = kalor spesifik air yang dipanaskan (J/kg K)

$T_{a,i}$  = temperatur air sisi masuk kondensor ( $^{\circ}$ C)

$T_{a,o}$  = temperatur air sisi keluar kondensor ( $^{\circ}$ C)

Efisiensi kondensor ( $\eta_{kond}$ ) ditentukan dengan persamaan [6]:

$$\eta_{kond} = \frac{\dot{q}_{air}}{\dot{q}_{kond}} \times 100\% \quad (3)$$

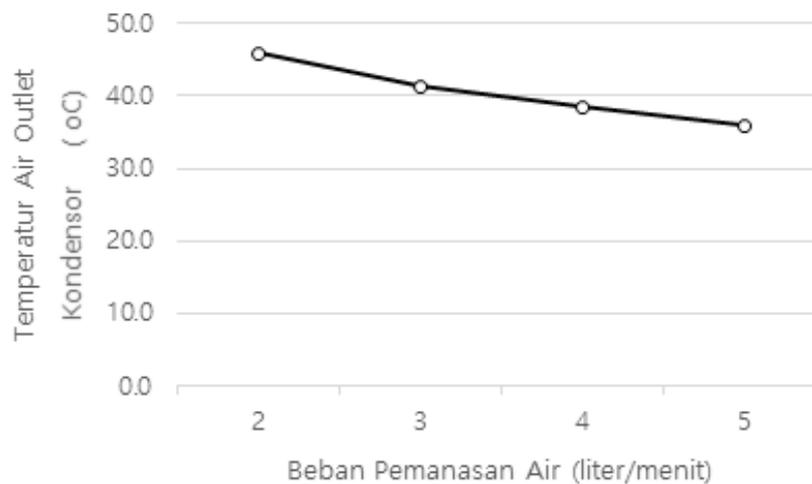
## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian dengan melakukan variasi beban pemanasan air (laju aliran volume air) pada kondensor terhadap efisiensi kondensor pada sistem *heat pump* ditabelkan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Temperatur Air Sisi Keluar Kondensator, Daya kompresor, Laju Panas dilepas refrigeran, Laju Panas diterima Air, Efisiensi, dan Variasi Beban Pemanasan Air ( $\dot{V}_a$ )

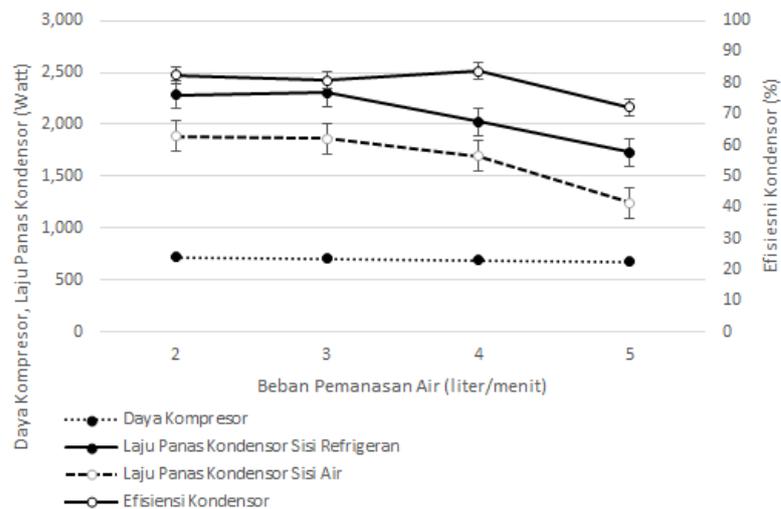
$\dot{V}_a$ (liter/menit)	$T_{a.o}$ (°C)	$\dot{W}_{kom}$ (Watt)	$\dot{q}_{kond}$ (Watt)	$\dot{q}_a$ (Watt)	$\eta_{kond}$ (%)
2	45.9	719	2285	1885	82
3	41.3	709	2302	1860	81
4	38.5	689	2026	1695	84
5	35.9	678	1727	1246	72

Dari tabel diatas dapat ditampilkan dengan beberapa grafik dibawah ini seperti yang ditunjukkan pada gambar 2 dan gambar 3. Pada gambar 2 menampilkan hubungan capaian temperatur air pada sisi keluar kondensator. Dengan bertambahnya beban pemanasan pada sistem *heat pump* atau dengan bertambah besarnya laju aliran air yang dipanaskan pada sistem *heat pump*, maka temperatur pemanasan air yang dicapai semakin rendah.



Gambar 2. Beban Pemanasan Air terhadap Temperatur Air Keluaran Kondensator

Dari persamaan matematis, laju panas yang diserap oleh air ditentukan oleh besarnya aliran volume air dan beda temperatur air sisi keluar dan sisi masuk kondensator, sedangkan panas spesifiknya relatif konstan. Dengan memperbesar laju aliran maka beban pemanasan sistem *heat pump* bertambah. Hubungan laju aliran volume atau laju aliran massa air berbanding terbalik dengan perolehan temperatur pemanasan air.



Gambar 3. Beban Pemanasan Air Terhadap Daya Input Kompresor, Laju Panas Kondensator Sisi Refrigeran, Laju Panas Kondensator Sisi Air, dan Efisiensi Kondensator.

Pada gambar 3 menunjukkan bahwa dengan meningkatnya beban pemanasan air atau dengan meningkatnya aliran air yang dipanaskan menyebabkan daya input kompresor relatif sedikit lebih rendah. Penurunan daya kompresor yang disebabkan oleh menurunnya temperatur sisi keluar kondensator menyebabkan tekanan kondensator menjadi rendah, sehingga beda tekanan antara tekanan kondensator dan tekanan evaporator mengecil. Diketahui bahwa daya kompresor berbanding lurus dengan beda tekanan sistem *heat pump*, maka peningkatan beban pemanasan menyebabkan penurunan daya input kompresor.

Demikian juga laju panas kondensator yang terjadi baik sisi refrigeran (sebagai pelepas panas) dan sisi air (sebagai penyerap panas) terjadi penurunan. Laju panas kondensator sisi refrigeran selalu lebih besar dibandingkan sisi air karena refrigeran merupakan sumber panas dan sebagai penerima panasnya adalah air. Diketahui bahwa semua panas dari refrigeran tidak semuanya mampu diserap oleh air. Besarnya laju panas kondensator dari refrigeran menuju air ditentukan secara umum oleh nilai koefisien perpindahan panas keseluruhan dan beda temperatur rata-rata logaritma. Dengan meningkatkan laju aliran air menyebabkan peningkatan kecepatan air, kemudian meningkatkan koefisien konveksi fluida air, kemudian meningkatkan nilai koefisien perpindahan panas keseluruhan. Tetapi sebaliknya yang terjadi pada beda temperatur rata-rata logaritma mengalami penurunan. Penurunan beda temperatur rata-rata logaritma lebih dominan dibandingkan dengan peningkatan nilai koefisien perpindahan panas keseluruhan, sehingga menyebabkan penurunan laju energi panas pada kondensator.

Efisiensi kondensator yang dihasilkan mengalami penurunan dengan meningkatnya beban pemanasan, tetapi pada beban pemanasan 4 liter/menit mengalami peningkatan dan mencapai titik maksimum kemudian menurun lagi. Efisiensi kondensator merupakan rasio laju panas yang diserap oleh fluida air dengan laju panas yang diberikan refrigeran pada kondensator. Secara umum penurunan efisiensi disebabkan penurunan laju panas yang diterima lebih besar dibandingkan penurunan laju panas yang diberikan, kecuali pada laju aliran air 4 lt/menit.

#### 4. SIMPULAN

Dari pembahasan diatas simpulan yang diperoleh adalah temperatur pemanasan air menurun, laju panas kondensor pada sisi refrigeran dan sisi air mengalami penurunan dengan meningkatnya laju aliran volume air (beban pemanasan air) dan efisiensi kondensor yang dihasilkan maksimum terjadi pada beban pemanasan 4 liter/menit sebesar 84%.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Damawidjaya Biksono, Leopold Oscar Nelwan, Tineke Mandang, Dyah Wulandani, Yogi Sirodz Gaos, *Analisis Sistem Heat Pump Kompresi Uap untuk Pengeringan Gabah*, Jurnal Keteknikaan Pertanian, Vol 4, No 2, 2016.
- [2] Kusnandar, Gusniawan, *Analisa Performansi Heat Pump menggunakan Counter Flow Heat Exchangers*, Jurnal Teknologi Terapan, Vol 2, No 2, 2016.
- [3] Stephen Loh Tangwe, Michael Simon, Edson L. Meyer, *Design of a Heat Pump Water Heater Performance Monitoring System: To determine Performance of a Split Type System*, Journal of Engineering, Design and Technology, Vol. 14 Issue: 4, pp.739-751, 2016.
- [4] W.F. Stoecker, *Refrigeration and Air Conditioning*, McGraw-Hill, 1958.
- [5] C. P. Arora, *Refrigeration and Air Conditioning*. 2<sup>nd</sup> Edition. Newdelhi: Tata McGraw Hill Publishing Company Limited, 1996.
- [6] Incropera, Frank P, David D. Hewitt, *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, Fourth edition. New York, John Willey & Sons; 1996.