

**UNJUK KERJA SOLAR ASSISTED HEAT PUMP
WATER HEATER DENGAN VARIASI REFRIGERAN
CFC-12, HFC-134A DAN HCR-134A**

Wibawa Endra Juwana¹

Abstrak : An experimental study was conducted to determine the performance of a solar assisted heat pump water heater (SAHPWH). The system utilised flat unglazed aluminium collectors to absorb solar and ambient energy and used to evaporate the working fluid. The system was tested with refrigerant CFC-12, HFC-134a, and HCR-134a. Compressor was controlled by constant rotation. CFC-12 and HFC-134a admission based on working pressure and HCR-134a 30% - 40% from weight CFC-12 or HFC-134a. Solar radiation was 600 W/m² and water volume was 50 litre. Experimental results was indicated that HCR-134a has heat capacities, COP heat pump standart, COP actual was higher than CFC-12 and HFC-134a. The highest water temperature was produced by HCR-134a was 64^oC.

Keywords: SAHPWH, HCR-134a, HFC-134a, CFC-12, COP

PENDAHULUAN

Solar assisted heat pump water heater merupakan salah satu aplikasi dari sistem *heat pump* dengan penambahan kolektor yang menyatu dengan evaporator untuk menyerap panas dari sinar matahari dimana bertujuan untuk meningkatkan temperatur refrigeran pada evaporator. Dalam aplikasinya *solar assisted heat pump water heater* digunakan untuk memanaskan air dengan memanfaatkan energi panas yang keluar dari kondensor.

Kerja *solar assisted heat pump water heater* membutuhkan suatu refrigeran yang berfungsi sebagai medium pembawa panas yang dalam siklusnya menyerap panas pada tingkat temperatur rendah dan melepaskan panas yang diserapnya pada tingkat temperatur yang lebih tinggi. Fakta di lapangan menunjukkan bahwa refrigeran yang digunakan di Indonesia sebagian besar masih menggunakan refrigeran yang mengandung CFC (*Chloro Fluoro Carbon*) yang dapat menghancurkan lapisan ozon (O₃) dan HCFC (*Hydro Chloro Fluoro Carbon*) yang pada ketinggian lebih rendah molekulnya dapat menyerap radiasi infra merah sehingga dapat menambah pemanasan global.

Untuk mencegah penggunaan refrigeran sintetik (CFC dan HCFC) maka pemerintah membuat kebijakan untuk menjalankan program penghapusan BPO dengan mengeluarkan beberapa ketetapan yang mengatur pembatasan impor bahan perusak lapisan ozon. Disamping langkah – langkah diatas, telah dilakukan beberapa tindakan untuk membatasi penggunaan CFC dan senyawa perusak ozon lainnya yaitu dengan mengganti refrigeran sintetik dengan refrigeran alternatif seperti *Hydro Fluoro Carbon* (HFC) atau refrigeran alami seperti *hydrocarbon* (HC), amonia (R717), air (R718) dan CO₂. Sebagai refrigeran alternatif kebanyakan orang masih meragukan prestasi kerja dari refrigeran tersebut apabila diaplikasikan dalam keperluan sehari-hari, misalnya pada *solar assisted heat pump water heater*, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai unjuk kerja dari refrigeran-refrigeran alternatif untuk masa depan ini

¹ Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin FT UNS

DASAR TEORI

a. Tinjauan Pustaka

Hawladar, M.N.A., Chou, S.K., Ullah, M.Z., 2001, melakukan penelitian tentang prestasi dari sistem *solar assisted heat pump water heater*. Pada evaporator ditambahkan kolektor surya plat rata dan refrigeran yang digunakan R-134a. Dari penelitian tersebut diperoleh hasil bahwa temperatur air dalam tangki kondensor akan meningkat sebanding dengan waktu dan bersamaan dengan itu nilai COP (*coefficient of performance*) dan efisiensi kolektor turun. Nilai rata – rata COP berkisar antara 4 – 9 dan efisiensi kolektor yang diperoleh bervariasi antara 40% - 75% untuk temperatur air di dalam tangki kondensor antara 30°C - 50°C.

Ito S., Miura N. and Wang K., 1999 melakukan penelitian prestasi *solar assisted heat pump water heater* dengan memperluas kolektor. Energi surya dapat digunakan untuk memanaskan refrigeran di dalam evaporator dari sebuah *heat pump*. Dengan menggunakan sebuah kolektor surya sebagai media penguap, temperatur penguapan dari refrigeran di evaporator akan naik karena penyerapan energi panas radiasi surya oleh evaporator, sehingga menghasilkan unjuk kerja pompa kalor yang lebih tinggi

Anderson, T. N. Morrison G. L. and Behnia M., 2002, melakukan studi eksperimen untuk menentukan unjuk kerja dari sebuah *solar-boosted heat pump water heater*. Sistem menggunakan kolektor aluminium datar tanpa penutup kaca (*unglazed*) untuk menyerap energi surya. Energi yang terserap ditransfer ke tangki air dengan menggunakan sebuah lilitan pipa kondenser. Sistem diuji dengan fluida kerjanya adalah R-22. COP yang dihasilkan 5-7 dicapai dibawah kondisi hari yang cerah dan COP berkisar 3-5 dibawah kondisi malam hari yang cerah.

PT. Citra Total Buana Biru (2005) mengadakan penelitian mengenai unjuk kerja dari refrigeran hidrokarbon. Hycool bekerja dengan efektif dalam proses pendinginan dengan volume yang lebih sedikit dapat dicapai unjuk kerja proses yang lebih cepat. Hal ini menyebabkan kompresor tidak harus bekerja keras setiap saat untuk mencapai pendinginan yang diperlukan. Dengan Hycool mesin menjadi hemat energi listrik maupun bahan bakar dibandingkan freon. Selain itu Hycool dapat digunakan sebagai pengganti langsung freon (*drop in substitute*).

b. Prinsip Kerja *Solar Assisted Heat Pump Water Heater* (SAHPWH)

Pada dasarnya sistem SAHPWH bekerja berdasarkan siklus refrigerasi kompresi uap. SAHPWH ini terdiri dari empat komponen utama, yaitu kompresor, kondensor, katup ekspansi, dan kolektor surya plat datar sebagai *evaporator*.

Energi surya digunakan untuk memanaskan refrigeran di dalam evaporator yang dilengkapi dengan kolektor surya plat.

c. Perhitungan SAHPWH

1. COP Heat Pump.

$$\text{COP}_{\text{HP}} = \frac{Q_{\text{kond}}}{W_{\text{komp}}} = \frac{\dot{m}_{\text{ref}}(h_2 - h_3)}{\dot{m}_{\text{ref}}(h_2 - h_1)}$$

dimana:

h_1 = Enthalpi refrigeran masuk kompresor (kJ/kg)

h_2 = Enthalpi refrigeran masuk kondensor (kJ/kg)

h_3 = Enthalpi refrigeran keluar kondensor (kJ/kg)

2. Laju aliran massa refrigeran.

$$\dot{m}_{\text{ref}} = \rho \cdot Q \quad (\text{kg/s})$$

dimana:

ρ = Densitas refrigeran (kg/m^3)
 Q = Debit aliran refrigeran (m^3/s)

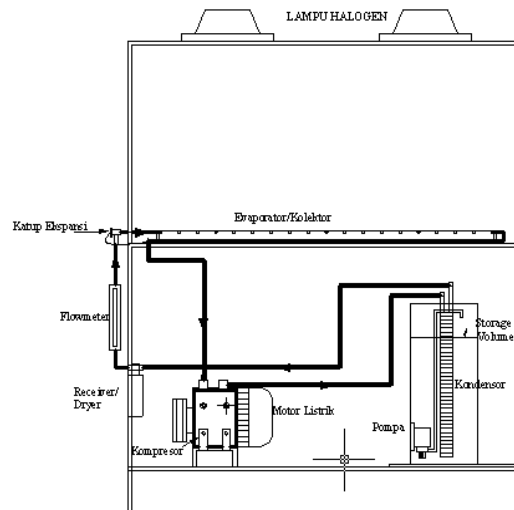
3. Kapasitas pemanasan (Q_{kond}).

$$Q_{\text{kond}} = \dot{m}_{\text{ref}} (h_2 - h_3)$$

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Refrigeran yang digunakan pada penelitian ini CFC-12, HFC-134a, HCR 134a (Hycool). Sedangkan energi surya disimulasikan dengan menggunakan lampu halogen. Skema alat diperlihatkan pada gambar 1.



Gambar 1. Skema Alat Penelitian *Solar Assited Heat Pump Water Heater*

Jalannya Penelitian

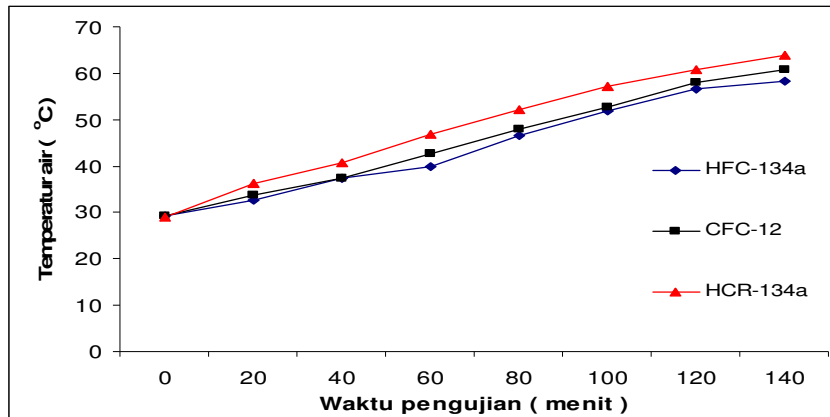
- a. Tahap Persiapan
 - Persiapan dan pemasangan seluruh alat ukur yang digunakan dalam pengujian, seperti: *inverter*, *stroboscope*, timbangan digital, pompa vakum, *display* termokopel, dan alat pendukung lainnya.
 - Kalibrasi seluruh termokopel dan alat ukur lainnya
- b. Tahap Pengujian
 - Sebelum *di-charging*, sistem harus divakum terlebih dahulu. Kemudian dидiamkan beberapa saat untuk memastikan apakah sistem mengalami kebocoran. Apabila tekanan *pressure gauge* naik, maka sistem mengalami kebocoran sehingga harus dilakukan tindakan untuk mengatasinya.
 - Mengisi pelumas kompresor kedalam sistem.
 - Mengisi refrigeran sampai tekanan tertentu dan mencatat berat refrigeran yang dimasukkan kedalam sistem.
 - Mengisi tengki air sebesar 50 liter.
 - Nyalakan lampu halogen sebanyak 2 buah dan mengatur radiasi pada permukaan 600 W/m^2 .
 - Menjalankan SAHPWH.
 - Mencatat data temperatur refrigeran, tekanan refrigeran, laju aliran massa refrigeran dan temperatur air setiap 20 menit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Pengaruh Waktu Pengujian Terhadap Temperatur Air

Gambar 2. menunjukkan grafik Temperatur air terhadap waktu pengujian. Dari grafik tersebut terlihat bahwa semakin lama waktu pengujian maka temperatur air akan semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena air mendapat transfer panas secara terus menerus dari kondensor. Panas tersebut berpindah karena adanya perbedaan temperatur antara refrigeran yang berada didalam kondensor dengan temperatur air.

Dari grafik 2. juga ditunjukkan bahwa HCR-134a menghasilkan temperatur air yang lebih besar bila dibandingkan dengan CFC-12 dan HFC-134a.

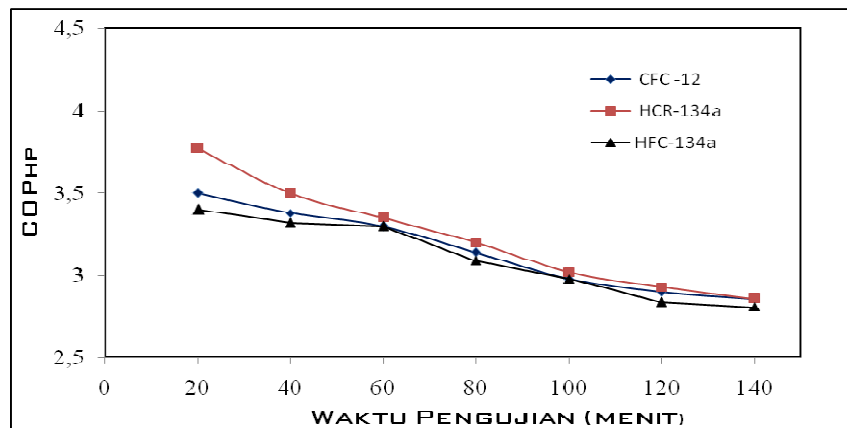


Gambar 2. Grafik Temperatur Air Terhadap Waktu Pengujian

b. Pengaruh waktu pengujian terhadap COP_{HP}

Gambar 3. menunjukkan hubungan COP_{HP} terhadap waktu pengujian. Terlihat bahwa semakin lama waktu pengujian maka COP_{HP} akan semakin menurun. Lamanya waktu pengujian menyebabkan temperatur dan tekanan refrigeran yang masuk kondensor akan semakin tinggi. Hal ini menyebabkan Δh pada kondensor yang dihasilkan akan semakin rendah, sehingga akan menurunkan nilai COP.

Semakin rendahnya Δh kondensor disebabkan oleh perbedaan entalpi antara sisi masuk dan sisi keluar kondensor yang semakin kecil. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu pengujian, temperatur air semakin meningkat. Sehingga beda temperatur antara air dengan refrigeran dalam kondensor semakin kecil.

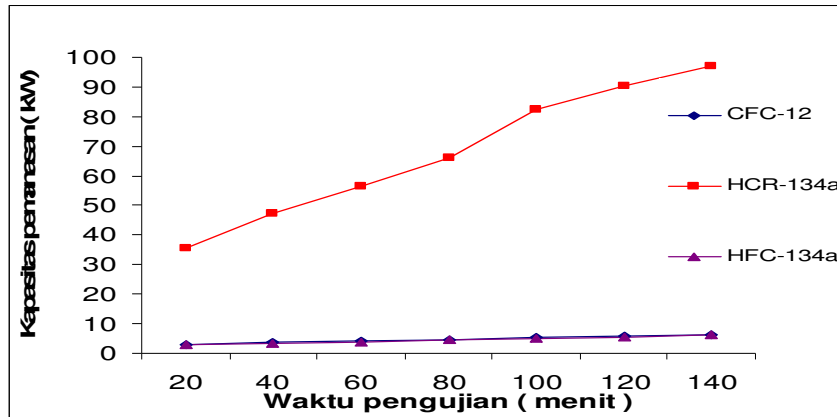


Gambar 3. Grafik COP_{HP} Terhadap Waktu Pengujian

c. Pengaruh Waktu Pengujian Terhadap Kapasitas Panas (Q_{kond})

Gambar 4. menunjukkan grafik kapasitas pemanasan yang dilepas kondensor terhadap lama waktu pengujian. Kapasitas pemanasan akan semakin naik seiring dengan naiknya temperatur air. Peningkatan ini disebabkan oleh laju aliran massa refrigeran.

Pada gambar tersebut juga terlihat bahwa kapasitas pemanasan HCR-134a jauh lebih tinggi dari refrigeran CFC-12 dan HFC-134a, hal ini disebabkan karena Δh yang dihasilkan HCR-134a dan laju aliran massa refrigeran HCR-134a sangat tinggi bila dibandingkan dengan refrigeran CFC-12 dan HFC-134a. Tingginya laju aliran massa refrigeran HCR-134a bila dibandingkan dengan refrigeran CFC-12 dan HFC-134a disebabkan oleh debit refrigeran HCR-134a yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan debit refrigeran CFC-12 dan HFC-134a yang berada dalam sistem.



Gambar 4.. Grafik Kapasitas Panas Terhadap Waktu Pengujian.

Tingginya kapasitas pemanasan HCR-134a mengakibatkan kerja kompresor HCR-134a lebih tinggi bila dibandingkan dengan CFC-12 dan HFC-134a, Hal tersebut mengakibatkan panas dan getaran pada kompresor juga semakin tinggi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan, dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Temperatur air yang dihasilkan SAHPWH dengan menggunakan refrigeran HCR-134a lebih tinggi bila dibandingkan refrigeran CFC-12 dan HFC-134a.
2. Semakin lama waktu pengujian maka COP akan mengalami penurunan.
3. Refrigeran HCR-134a mempunyai COP_{HP} , dan COP_{aktual} yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan refrigeran CFC-12 dan HFC-134a.
4. Laju aliran massa refrigeran HCR-134a lebih besar bila dibandingkan dengan refrigeran CFC-12 dan HFC-134a. Hal ini mengakibatkan kapasitas pemanasan yang dihasilkan refrigeran HCR-134a lebih besar daripada refrigeran CFC-12 dan HFC-134a.
5. Refrigeran HFC-134a menghasilkan COP yang paling rendah dibandingkan dengan HCR-134a dan CFC-12. Namun HFC-134a merupakan sebuah refrigeran yang aman terhadap lingkungan, tidak mudah terbakar (*non-flammable*) dan juga tidak beracun (*non-toxic*) sehingga aman digunakan dalam waktu jangka panjang.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, T. N. Morrison G. L. and Behnia M., 2002, Experimental Analysis of a Solar-Boosted Heat Pump Water Heater With Integral Condenser, *Proceedings of Solar 2002* – Australian New Zealand Solar Energy Society
- Ari Darmawan., Nathanael P. Tandian., Willy Adriansyah., 2004, *Training Manual*, Institut Teknologi Bandung, Jakarta.
- Cengel, Y.A., and Boles, M.A., 1992, *Thermodynamics An Engineering Approach*, 1th Ed, McGraw-Hill, New York
- Chaturvedi, S. K., Chen, D. T. and Kheireddine, A., 1998, Thermal Performance Of A Variable Capacity Direct Expansion Solar Assisted Heat Pump, *Energy Conversion Management*, Vol. 39, pp. 181-191
- Citra Total Buana Biru, PT., 2005, *Hycool*, Tambun, Bekasi.
- Hawladar, M.N.A., Chou, S.K., Ullah, M.Z., 2001, The performance of a solar assisted heat pump water heating systems, *Applied Thermal Engineering*, Vol. 21, pp. 1049-1065
- Ito S., Miura N. and Wang K., 1999, Performance of a Heat Pump Using Direct Expansion Solar Collectors, *Solar Energy*, Vol. 65, No. 3, pp. 189-196
- Jansen, Ted.J., 1995, *Solar Engineering Technology*, 1th Ed, Prentice – Hall, Inc, Englewood Cliffs, New jersey
- Laipradit, P., Tiansuwan, J., *Simulation Analysis Of CO2 Heat Pump Water Heaters :Comparative With Other Natural Working Fluids*, Thermal Technology Division School of Energy and Materials King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok, Thailand
- Moran, M. J., and Shapiro, H. N., 2000, *Fundamentals of Engineering Thermodynamics*, 4th Edition, New York.