

PENGARUH PENAMBAHAN *SOLUTION PREHEATER* TERHADAP LAJU PRODUKSI UAP REFRIGERAN PADA GENERATOR MESIN REFRIGERASI SIKLUS ABSORPSI

Reyhan Kiay Demak

Jurusan Teknik Mesin Universitas Tadulako Bumi Tadulako Tondo, Palu

email: reyhan_kade@yahoo.com

Abstract: The effect of Addictive Solution Preheater on Refrigerant Vapor Production Rate of Absorption Cycle on Refrigerant Generator Engine The purpose of this study was to determine the effect of solution preheater absorption cycle that utilizes two springs with different temperatures on the rate of production of the refrigerant vapor in the generator. In this research, testing by simulating the use of two springs with different temperature, high temperature generator is used to heat and temperature is used to heat a heat exchanger (preheater solution) that will heat up the rich solution before entering the generator. The test results showed an increase in the flow rate of refrigerant which is produced by generator with temperature hot water that goes into solution preheater, the temperature of the hot water entering the generator temperature variation of 80° C and hot water preheater from 55 till 70°C entry solution obtained an increase in refrigerant flow rate of 0.000381 kg/s solution without the use of a preheater and preheater with the use of solution increased to 0.000387 kg/s at temperatures up to 55°C maximum performance of 0.0005 kg/s temperature of 70°C.

Keywords: Refrigeration machine, absorption cycle, H₂O-LiBr, solution preheater, the refrigerant vapor.

Abstrak: Pengaruh Penambahan Solution Preheater Terhadap Laju Produksi Uap Refrigeran Pada Generator Mesin Refrigerasi Siklus Absorpsi. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan *solution preheater* pada siklus absorpsi yang memanfaatkan dua sumber air panas dengan temperatur berbeda terhadap laju produksi uap refrigeran pada generator. Pada penelitian ini dilakukan pengujian dengan mensimulasikan penggunaan dua buah sumber air panas dengan temperature berbeda, temperature tinggi digunakan untuk memanaskan generator dan temperature sedang digunakan untuk memanaskan *sebuah heat exchanger (solution preheater)* yang akan memanaskan *rich solution* sebelum memasuki generator. Hasil pengujian menunjukkan adanya peningkatan laju aliran refrigeran yang diproduksi oleh generator seiring dengan meningkatnya temperatur air panas yang masuk ke *solution preheater*, pada temperatur air panas masuk generator 80°C dan variasi temperatur air panas masuk *solution preheater* 55 s.d.70°C didapatkan peningkatan laju aliran refrigerant dari 0.000381 kg/s tanpa penggunaan *solution preheater* dan dengan penggunaan *solution preheater* meningkat menjadi 0.000387 kg/s pada temperatur 55°C hingga capaian maksimal sebesar 0.0005 kg/s temperatur 70°C.

Kata kunci : Mesin refrigerasi, siklus absorpsi, H₂O-libr, *solution preheater*, uap refrigeran.

PENDAHULUAN

Mesin refrigerasi siklus absorpsi adalah mesin refrigerasi yang bekerja dengan memanfaatkan panas untuk menghasilkan kerjarefrigerasi, prinsip kerja siklus absorpsi menyerupai siklus kompresi uap akan tetap ifungsi dari kompresor pada siklus kompresi uap digantikan oleh tiga komponennya itu generator, absorber dan pompa solution. Produksi uap refrigerant terjadi pada generator dengan cara menyerap panas dari sumber panas dan memisahkan refrigerant dari larutan refrigerant dan absorben.

Siklus absorpsi yang bekerja dengan memanfaatkan panas memberikan keunggulan tersendiri karena dapat bekerja dengan menggunakan panas dari sumber panas bumi, Mesin refrigerasi sistem absorpsi menjadi ekonomis apabila terdapat sumber kalor yang murah / Cuma-cuma dengan temperatur 50°C – 200 °C contohnya sumber kalor alternatif seperti panas sisa, radiasi sinar matahari, panas bumi (*geothermal*), dsb. (Kececiler dkk, 1999) beberapa pengamatan menunjukkan potensi sumber air panas bumi di Indonesia dengan kisaran temperatur 60 s.d.100°C (Poorter dkk, 1989), (Marini dkk, 1998), dan

(Sundhoro dkk, 2006). Pada lokasi panas bumi terkadang terdapat beberapa sumber air panas bumi dengan temperatur berbeda, dan apabila terdapat dua sumber air panas dengan temperatur yang berbeda pada sumber air panas geothermal maka memungkinkan untuk memanfaatkan kedua sumber air panas tersebut sehingga dapat menghasilkan daya refrigerasi yang lebih besar daripada hanya menggunakan sebuah sumber air panas saja (Kiay Demak, 2012).

Oleh karena itu pada penelitian ini peneliti melakukan eksperimen dengan mensimulasikan penggunaan dua buah sumber air panas dengan temperatur berbeda, sumber air panas dengan temperatur tinggi dimanfaatkan untuk memanaskan generator sedangkan sumber lain dengan temperatur sedang dimanfaatkan untuk memanaskan sebuah *heat exchanger (solution preheater)* yang berfungsi untuk memanaskan *rich solution* sebelum memasuki generator.

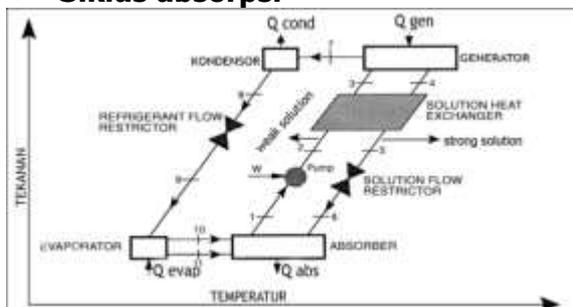
TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan *solution preheater* pada siklus absorpsi yang memanfaatkan dua sumber air panas dengan temperatur berbeda terhadap laju produksi uap refrigeran pada generator.

Data dari penelitian ini selanjutnya dapat disimulasikan dan dapat dimanfaatkan untuk merancang sebuah sistem siklus absorpsi yang bekerja dengan dua sumber air panas dengan temperatur berbeda.

METODOLOGI PENELITIAN

• Siklus absorpsi

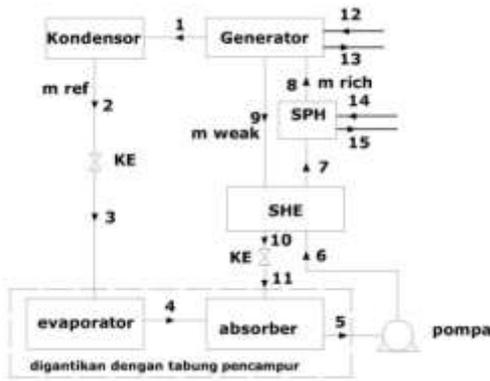


Gambar 1. Siklus mesin refrigerasi sistem absorpsi *single-effect* dengan H₂O-LiBr *solution* (ASHRAE fundamentals handbook, 1997)

Siklus absorpsi menyerupai siklus kompresi uap, perbedaan utama antara kedua sistem adalah pada komponen kompresor yang digerakan oleh energi mekanik pada siklus kompresi uap digantikan perannya oleh tiga komponen pada siklus absorpsi yaitu generator, absorber dan pompa solution. Pada generator panas yang diserap didalam generator akan menguapkan sebagian refrigeran (H₂O) dari *rich solution* yang banyak mengandung refrigeran, uap refrigeran selanjutnya akan dikondensasikan di kondensor dan selanjutnya refrigeran cair tersebut akan diturunkan tekanannya menggunakan katup ekspansi, dan selanjutnya menguap dengan cara menyerap kalor pada evaporator, uap dari ebaporator tersebut akan diserap oleh *weak solution* yang turun dari generator dan selanjutnya dialirkan kembali kedalam generator. Untuk meningkatkan kinerja siklus absorpsi ditambahkan *solution heat exchanger (SHE)* yang berguna untuk menyerap kalor sisa dari *weak solution* ke *rich solution*.

• Peralatan pengujian

Untuk menguji pengaruh penambahan *solution preheater* (SPH) pada mesin refrigerasi siklus absorpsi dengan memanfaatkan dua sumber air panas dengan temperatur berbeda maka dibangunlah suatu rangkaian alat pengujian dimana pada rangkaian alat ini ditambahkan sebuah *heat exchanger* jenis tube in tube dengan dimensi panjang 1 m dan luas permukaan perpindahan kalor 0.0298 m², *heat exchanger* ini berfungsi sebagai *solution preheater* yang akan memanaskan *rich solution* dengan memanfaatkan sumber air panas sedang sebelum memasuki generator. pada peralatan pengujian ini eksperimen dititik beratkan pada kinerja generator, kondensor dan *solution preheater* dalam menghasilkan refrigeran. sedangkan uji kinerja pada evaporator dan absorber dilakukan dengan mensimulasikan hasil eksperimen kedalam persamaan termodinamik.



Gambar 2. Skema susunan peralatan pengujian.

• **Analisa termodinamik siklus absorpsi dengan SPH**

Kesetimbangan energi pada evaporator

$$\dot{Q}_e = \dot{m}_3 \cdot (h_4 - h_3) \quad (2.1)$$

Kesetimbangan massa pada absorber

Kesetimbangan energi pada absorber

$$\dot{m}_4 + \dot{m}_{11} = \dot{m}_5 \quad (2.2)$$

$$\dot{Q}_a = \dot{m}_4 \cdot h_4 + \dot{m}_{11} \cdot h_{11} - \dot{m}_5 \cdot h_5 \quad (2.3)$$

Kesetimbangan energi pada generator

$$\dot{Q}_g = \dot{m}_1 \cdot h_1 + \dot{m}_9 \cdot h_9 - \dot{m}_8 \cdot h_8 \quad (2.4)$$

Kesetimbangan energi pada solution preheater

$$\dot{Q}_{SPH} = \dot{m}_7 \cdot (h_8 - h_7) \quad (2.5)$$

COP tanpa solution preheater

$$COP = \frac{\dot{Q}_e}{\dot{Q}_{gen}} \quad (2.7)$$

COP dengan solution preheater

$$COP = \frac{\dot{Q}_e}{\dot{Q}_{in}} \quad (2.6)$$

$$\dot{Q}_{in} = \dot{Q}_g + \dot{Q}_{SPH}$$

Alat Pengukuran

Pengukuran kinerja alat eksperimen dititik beratkan pada temperatur tiap titik pengamatan yang diukur menggunakan termokopel tipe K yang dihubungkan ke data akuisisi yang akan merekam perubahan temperatur pada interval tertentu kedalam komputer, laju aliran massa rich solution, weak solution dan refrigeran diukur menggunakan flowmeter tipe rotameter dan

tekanan kerja pada sistem diukur menggunakan vacuum pressure gauge.

Prosedur pengujian

Pengujian dilakukan dengan dua tahap:

- a. Tahap 1, pengujian tanpa solution preheater
- b. Tahap 2, pengujian dengan solution preheater dengan variasi temperatur air panas yang masuk solution preheater 55°C – 70°C.

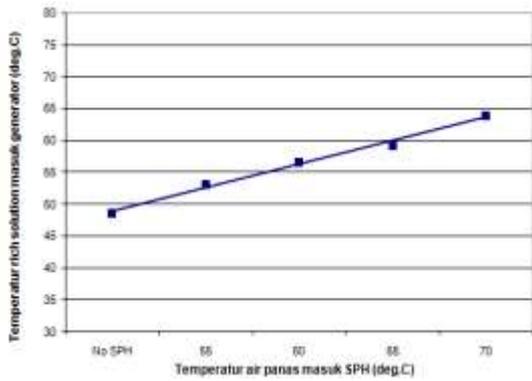
Setiap pengujian dilakukan dengan temperatur air panas yang masuk di generator 80°C, pengamatan dititikberatkan pada kinerja solution preheater, generator dan kondensator dalam menghasilkan cairan refrigeran, data dari eksperimen tersebut selanjutnya disimulasikan dengan mengambil asumsi konsentrasi weak solution pada absorber 55% dan tekanan absorber 1,4 kPa Abs untuk menghitung kinerja evaporator dan absorber.

Fluida kerja

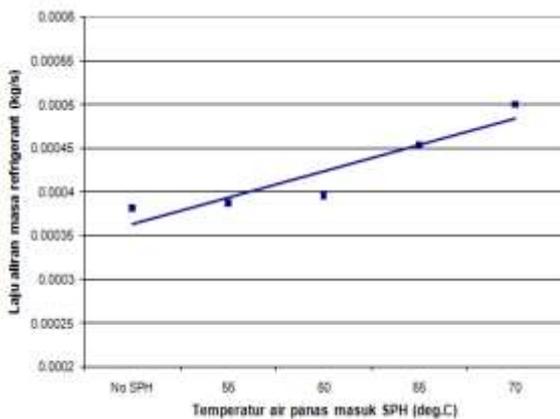
Siklus absorpsi pada pengujian ini menggunakan pasangan refirgeran-absorben air dan lithium bromida (H2O-LiBr) dengan konsentrasi 48%. Fluida pendingin pada kondensator dan absorber menggunakan sumber air domestik dan fluida pemanas pada generator dan solution preheater menggunakan air yang dipanaskan dengan pemanas elektrik. Temperatur air panas yang masuk ke generator 80 °C dan yang masuk ke solution preheater divariasikan dengan kisaran 55°C – 70°C.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari data hasil pengujian yang ditampilkan dalam grafik pada gambar 3 terlihat adanya kenaikan temperatur rich solution sebelum memasuki generator, pada pengujian tanpa SPH temperatur rich solution yang masuk ke generator 48.59 °C dan terjadi peningkatan setelah menggunakan SPH, dari grafik terlihat bahwa temperatur rich solution terus meningkat seiring dengan naiknya temperatur air panas yang masuk kedalam SPH. Temperatur maksimal dapat dicapai pada temperatur air panas masuk generator 70°C sebesar 63.86 °C.

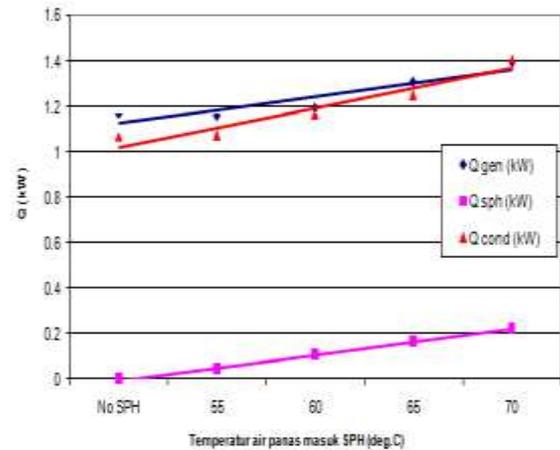


Gambar 3. Grafik pengaruh variasi temperatur air panas masuk SPH terhadap Temperatur rich solution masuk generator



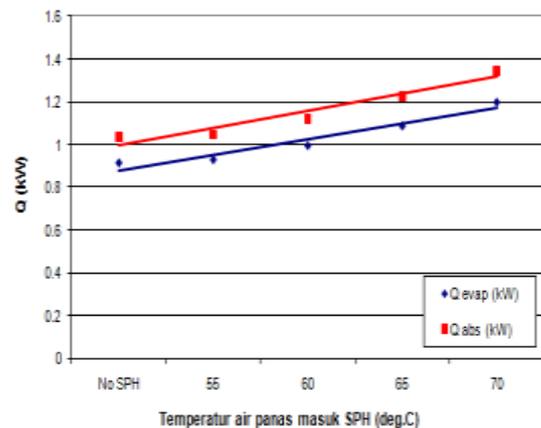
Gambar 4. Grafik pengaruh variasi temperatur air panas masuk SPH terhadap laju aliran massa refrigeran

Peningkatan temperatur rich solution yang masuk ke generator mengakibatkan naiknya laju aliran massa yang dapat diproduksi di generator. Dari grafik pada gambar 4 terlihat adanya peningkatan signifikan laju aliran massa refrigeran pada temperatur air panas masuk SPH 65°C dan 70°C sebesar 0.000453 kg/s dan 0.0005 kg/s secara berurutan. Sedangkan pada temperatur air panas masuk SPH 55°C dan 60°C terjadi peningkatan yang tidak signifikan.



Gambar 5. Grafik pengaruh variasi temperatur air panas masuk SPH terhadap beban kalor pada generator, *solution preheater* dan kondensor.

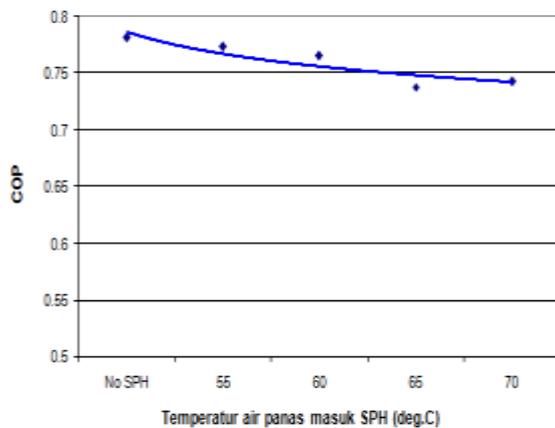
Peningkatan laju aliran refrigeran secara langsung meningkatkan beban kalor pada kondensor (Q_{gen}) seperti yang terlihat pada gambar 5, hal ini disebabkan laju aliran uap dari generator meningkat dan secara langsung membutuhkan beban kalor yang lebih besar yang harus dilepaskan untuk menguapkan uap refrigeran tersebut. Dari grafik tersebut juga dapat diamati bahwa beban kalor *solution preheater* juga meningkat dan juga beban kalor pada generator.



Gambar 6. Grafik pengaruh variasi temperatur air panas masuk SPH terhadap beban kalor pada evaporator dan absorber.

Dari data pengamatan yang ada selanjutnya dilakukan simulasi untuk menghitung efek refrigerasi (Q_{evap}) yang dihasilkan dan beban kalor absorber (Q_{abs}), perhitungan dilakukan dengan mengambil

asumsi bahwa tekanan pada absoerber dan evaporator 1.4 kPa Abs dan temperatur yang bisa dicapai pada evaporator 12°C. Dari hasil perhitungan didapatkan efek refrigerasi (Qevap) meningkat seiring dengan naiknya temperatur air panas yang masuk ke SPH, peningkatan efek refrigerasi dan laju aliran massa refrigeran juga meningkatkan beban kalor pada absorber, proses absorpsi uap refrigeran oleh *weak solution* merupakan reaksi eksoterm yang akan menghasilkan panas, oleh karena itu semakin besar laju aliran massa refrigeran yang masuk dan keluar evaporator harus diiringi dengan meningkatnya beban kalor yang harus dilepaskan didalam absorber.



Gambar 7. Grafik pengaruh variasi temperatur air panas masuk SPH terhadap COP

Pada gambar 7 dapat diamati adanya tren penurunan COP yang terjadi seiring dengan meningkatnya temperatur air panas yang masuk ke SPH, pemanfaatan dua sumber air panas pada siklus absorpsi walaupun menghasilkan peningkatan efek refrigerasi tetapi menghasilkan COP yang lebih rendah, hal ini disebabkan karena peningkatan efek refrigerasi juga diiringi dengan peningkatan beban kalor pada generator dan *solution preheater*.

SIMPULAN

Dari hasil eksperimen yang memanfaatkan dua sumber air panas pada temperatur yang berbeda dengan menggunakan *solution preheater* dapat diambil simpulan:

- a. Penggunaan *solution preheater* dapat meningkatkan laju aliran massa refrigeran yang diproduksi oleh generator.

- b. Peningkatan laju aliran massa refrigeran terjadi karena meningkatnya temperatur *rich solution* yang masuk ke generator dan juga beban kalor yang diserap kedalam sistem melalui generator dan *solution preheater*.
- c. Peningkatan laju aliran massa refrigeran akan meningkatkan efek refrigerasi yang dapat dihasilkan oleh mesin pendingin, akan tetapi justru terjadi penurunan COP yang dapat dicapai, hal ini disebabkan karena peningkatan efek refrigerasi juga diiringi dengan peningkatan beban kalor yang diserap kedalam sistem melalui generator dan *solution preheater*.

DAFTAR RUJUKAN

ASHRAE Fundamentals Handbook, 1997
 Andberg, J.W and Vliet.G.C., 1983, Design Guidelines for Water Lithium Bromide Absorbers, ASHRAE Trans, vol.89, Part 1B, pp-220-232.
 Kececiler, A., Acar, H.I. and Dogan, A., 1999, Thermodynamic analysis of the absorption refrigeration system with geothermal energy: an experimental study, Energy conversion and management, 41, 37-48.
 Kiay Demak, R., Suhanan, Prajitno, 2012, Studi Eksperimental Mesin Refrigerasi Sistem Absorpsi (H2O-Libr) Yang Memanfaatkan Dua Sumber Air Panas Dengan Temperatur Berbeda, Prosiding Seminar Nasional ReTIIke 7, 341-346.
 Marini, L. and Susangkyono, A., 1999, Fluid geochemistrof Ambon Island (Indonesia), Geothermics, 28, 189-204.
 Poorter, R. P. E. Varekamp, J. C. Sriwana, T. Van Bergen, M. J. Erfan, R. D. Suharyono, K. Wirakusumah, A. D. and Vroon, P. Z., 1989, Geochemistry of hot spring and fumarolic gases from the Banda Arc, Netherland Journal of Sea Ressearch, 24 (2/3), 323:331.
 Sundhoro, H. ,Kasbani, Sulaeman, B. Dan Rustama, I., 2006, Geologi dan geokimia panas bumi daerah Songa-Wayau, Halmahera Selatan, Provinsi Maluku Utara, Proceeding pemaparanhasil-hasil dan kegiatan lapangandan non lapangan.