

Pengaruh Variasi Kosentrasi Larutan Terhadap Performansi Sistem Refrigerasi Absorpsi Air-Ammonia

Suarnadwipa, Denny W.M

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Udayana, Jimbaran, Bali, Indonesia
e-mail: nengah.suarnadwipa@me.unud.ac.id
suarnadwipa@gmail.com

Abstraks

Sistem refrigerasi absorpsi dalam prosesnya menggunakan energi kalor. Energi kalor bisa diperoleh dari energi listrik, energi surya dan energi panas hasil pembakaran yang dibuang ke lingkungan. Performansi merupakan indikator yang sangat penting dalam sistem refrigerasi absorpsi. Sistem yang baik adalah sistem yang bisa memberikan performansi yang tertinggi, sehingga manfaat refrigerasi yang dihasilkan besar dengan input daya yang diberikan rendah. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi performansi sistem refrigerasi absorpsi antara lain; temperatur generator, kosentrasi larutan dan faktor-faktor yang lain. Dalam penelitian ini, peneliti melakukan pengujian pengaruh variasi kosentrasi larutan terhadap performansi sistem refrigerasi absorpsi air-ammonia tipe kontinyu tanpa pompa. Metode pengujian dengan melakukan variasi kosentrasi larutan air-ammonia 18%, 27%, 37%, 47% dan 59% pada temperatur generator 80 °C.. Penelitian menggunakan heater sebagai sumber energi pada generator. Data yang diamati adalah tekanan dan temperatur masuk generator, tekanan dan temperatur masuk kondensor, tekanan dan temperatur masuk *heat exchanger*, temperatur keluar evaporator, temperatur air masuk dan keluar box evaporator serta laju aliran volumetrik air. Selanjutnya dilakukan analisis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi kosentrasi larutan air-ammonia maka performansi sistem yang dihasilkan semakin tinggi. Performansi tertinggi yang dihasilkan adalah 0,829 pada kosentrasi air-ammonia 59% .

Kata kunci :Sistem Refrigerasi Absorpsi, Air-Ammonia, kosentrasi larutan, performansi

1. Latar Belakang

Sistem pendingin absorpsi dalam proses kerjanya tidak menggunakan kompresor, dan sebagai gantinya untuk menggerakkan refrigeran menggunakan energi panas. Sistem absorpsi dapat diklasifikasikan menjadi 2 jenis, yaitu tipe intermittent dan kontinyu. Pada sistem pendingin absorpsi tipe intermittent, siklus regenerasi dan siklus refrigerasi terjadi secara bergantian. Sedangkan pada tipe kontinyu siklus regenerasi dan siklus refrigerasi berlangsung secara kontinyu. Dalam prinsip kerjanya, tipe kontinyu ada yang menggunakan pompa dan ada yang tidak menggunakan pompa. Pasangan refrigeran-absorben yang sudah lama dan masih digunakan sampai sekarang ialah air-ammonia (H_2O-NH). Banyak studi eksperimental maupun teoritis telah

dilakukan untuk mengetahui performansi sistem refrigerasi absorpsi yang menggunakan H_2O -LiBr. Pasangan refrigeran-absorben air-ammonia dipilih karena memiliki sifat mudah menguap dan memiliki fleksibilitas untuk merubah fluida kerja sebagai penyesuaian dari sumber panas dan temperatur pendinginan dengan merubah campuran konsentrasi ammonia. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Sambada F. A. R., dkk (2010), pada sistem absorpsi intermittent nilai COP yang dapat dicapai pada konsentrasi larutan 22,5% lebih rendah dibandingkan dengan nilai COP yang dapat dicapai pada konsentrasi 30%.

Bagaimana performansi sistem absorpsi air-ammonia tipe kontinyu terhadap variasi kosentrasi larutan, apakah variasi kosentrasi larutan hasilnya seperti yang ditunjukkan tipe intermittent?.

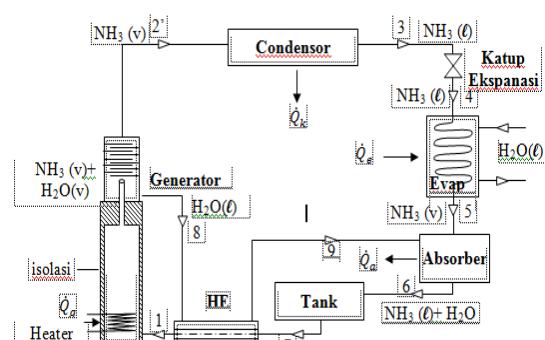
Oleh karena itu, dilakukan penelitian secara eksperimental pada sistem pendinginan absorpsi air-ammonia tipe kontinyu tanpa menggunakan pompa dengan menggunakan ammonia sebagai refrigeran dan air sebagai absorben. Penelitian dilakukan dengan memvariasikan konsentrasi larutan 18%, 27%, 37%, 47%, dan 59% dalam % massa.

2. Metode penelitian

A. Rancangan Penelitian

Variabel Penelitian meliputi variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebasnya adalah konsentrasi larutan ammonia-air 18%, 27%, 37%, 47%, dan 59% pada temperatur generator konstan 80°C. Variabel terikatnya adalah panas generator, energi evaporator, performansi dan kapasitas pendinginan. Fluida kerjanya adalah air sebagai absorben dan ammonia sebagai refrigeran.

Rancangan penelitian dari mesin pendingin sistem absorpsi air-ammonia yang diuji ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Rancangan Penelitian Sistem Absorpsi Air-Ammonia

Alat dan Bahan.

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian:

1. Pipa stainless steel dengan diameter 5/8 inch digunakan untuk rangkaian sistem absorpsi.
2. Pipa Polivinil Chlorida (PVC) diameter 1/2 inch digunakan sebagai rangkaian air yang didinginkan.

3. 1 buah tabung stainless steel diameter 2 inch dengan panjang 32 cm sebagai tabung generator.
4. 1 buah tabung stainless steel diameter 2 inch dengan panjang 15 cm sebagai tabung separator.
5. 1 buah tabung stainless steel diameter 2,5 inch dengan panjang 15 cm sebagai tangki penampung.
6. 1 buah pipa stainless steel dengan diameter 1 inch dan panjang 33 cm digunakan sebagai rangkaian alat penukar kalor yang akan disusun membentuk suatu anulus dengan pipa stainless steel diameter 5/8 inch.
7. Larutan air-ammonia konsentrasi 18%, 27%, 37%, 47%, dan 59%.
8. 1 buah box di evaporator dengan ukuran panjang 40 cm, lebar 14 cm, tinggi 15 cm.
9. 1 buah bak penampung air sebelum didinginkan dengan ukuran panjang 50 cm, lebar 30 cm, tinggi 35 cm.
10. 1 buah botol air mineral dengan volume 1,5 liter yang digunakan untuk menampung air yang telah didinginkan.
11. 1 buah elemen pemanas sebagai sumber panas di generator.
12. 1 buah *thermostat* sebagai alat pengatur temperatur agar mendapatkan variasi temperatur sesuai dengan range nilai yang ditentukan.
13. Katup sebagai pengatur aliran.
14. *Pressure gauge* sebagai alat ukur tekanan.
15. *Stopwatch* sebagai alat pencatat waktu selama pengujian.
16. *Thermocouple*, untuk mengukur perbedaan tegangan yang kemudian dikonversikan menjadi temperatur pada masing-masing titik pengukuran.
17. Multimeter digital, dilengkapi alat konversi temperatur berfungsi untuk membaca perbedaan tegangan yang ditunjukkan oleh *thermocouple* dan sebagai konverter antara perbedaan tegangan dan temperatur.

18. Alat ukur pengukur level batas larutan air-ammonia di dalam tangki penampung.

Prosedur penelitian:

1. Mempersiapkan alat dan bahan.
2. Isi tangki penampung dengan larutan air ammonia konsentrasi 18% sebanyak 500 ml.
3. Operasikan heater dan atur temperatur generator sebesar 80°C.
4. Buka katup aliran separator menuju absorber (titik 8) setelah 10 menit sistem beroperasi.
5. Lakukan pengamatan dan pengukuran setelah sistem steady, catat temperatur dan tekanan pada masing-masing titik pengukuran.
6. Lakukan pengulangan
7. Lakukan variasi konsentrasi larutan 27%, 37%, 47%, dan 59%. dengan prosedur yang sama (point 1 s/d 6).

Data yang dicatat:

tekanan (P_1) dan temperatur (T_1) masuk generator, tekanan (P_2') dan temperatur (T_2') masuk kondensor, tekanan (P_8) dan temperatur (T_8) masuk *heat exchanger*, temperatur keluar evaporator (T_5), temperatur air masuk dan keluar box evaporator ($T_{w,in}$ dan $T_{w,out}$) dan laju aliran volumetrik (v_w). Dari data yang didapat, hentalpi dari masing-masing titik diketahui dengan memplotkan pada diagram temperatur-kosentrasi ammonia, hentalphi-kosentrasi ammonia dalam % massa. Untuk menentukan properties air yang digunakan dalam perhitungan kapasitas pendinginan, dapat dicari dengan menggunakan table properties air.

B. Persamaan Perhitungan Performansi Sistem Absorpsi.

Panas yang diberikan ke generator (q_g) merupakan selisih antara hentapi keluar generator dengan hentapi masuk generator:

$$q_g = q_s + h_2' + h_8 - h_1 \text{ (kJ/kg)} \\ = (h_2 - h_2') + h_2' + h_8 - h_1 \text{ (kJ/kg)} \quad (1)$$

Kalor yang dilepas pada kondensor per satuan massa (q_k) merupakan selisih hentalpi masuk dan hentalpi keluar kondensor:

$$q_k = h_2' - h_3 \text{ (kJ/kg)} \quad (2)$$

Dampak/efek pendinginan adalah panas yang diserap oleh evaporator merupakan selisih hentalpi keluar evaporator dengan hentalpi masuk evaporator:

$$q_e = (h_5 - h_4) \text{ (kJ/kg)} \quad (3)$$

Kapasitas pendinginan/ laju pendinginan didapat dari persamaan:

$$\dot{Q}_r = \rho_w \cdot \dot{V}_w \cdot Cp_w \cdot (T_{w,in} - T_{w,out})$$

Dimana:

$$\dot{Q}_r = \text{kapasitas pendinginan (kJ/s)}$$

$$Cp_w = \text{kalor spesifik air (kJ/kg}^{\circ}\text{K})$$

$$\rho_w = \text{massa jenis air (kg/m}^3)$$

$$\dot{V}_w = \text{laju aliran volumetrik air(m}^3/\text{s})$$

$$T_{w,in} = \text{temperatur air masuk evaporator (}^{\circ}\text{C)}$$

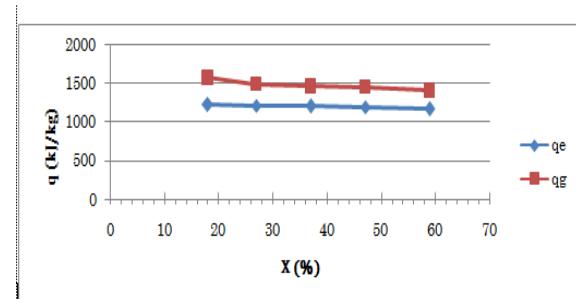
$$T_{w,out} = \text{temperatur air keluar evaporator (}^{\circ}\text{C)}$$

Koefisien prestasi dari sistem refrigerasi (COP) merupakan perbandingan antara besarnya energi yang diserap evaporator dengan energi generator yang diberikan.

$$COP = \frac{\text{energi yang diserap evaporator}}{\text{energi generator}} = \frac{q_e}{q_g} \\ = \frac{h_5 - h_4}{(h_2 - h_2') + h_2' + h_8 - h_1}$$

3. Hasil Dan Pembahasan

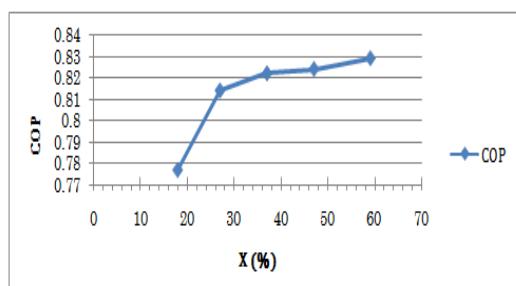
Hasil penelitian ditampilkan dalam bentuk grafik yang ditunjukkan dalam gambar 2, 3 dan 4.



Gambar2. Grafik hubungan konsentrasi larutan terhadap panas generator dan energi evaporator

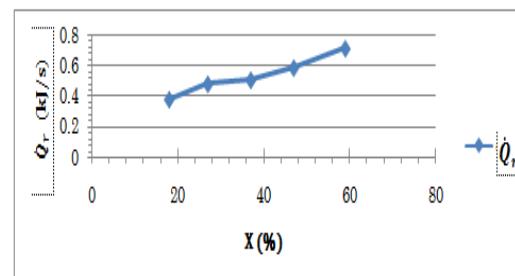
Dari gambar 2, terlihat bahwa hubungan perubahan konsentrasi larutan terhadap panas generator adalah semakin besar konsentrasi larutan maka semakin kecil panas regenerasi yang diberikan. Hal ini disebabkan makin besar konsentrasi maka massa ammonia mengalami peningkatan sedangkan jumlah massa air menurun untuk volume larutan yang tetap, jadi kalor yang digunakan untuk memanaskan larutan didominasi oleh air. Karena jumlah massa air menurun maka panas generator menjadi turun. Pada tekanan yang sama kalor latent penguapan air lebih besar dibandingkan dengan ammonia. Kebutuhan panas maksimum untuk proses regenerasi yang pada temperatur 80°C adalah 1.575 kJ/kg.

Hubungan perubahan konsentrasi larutan terhadap tingkat perpindahan panas evaporator adalah semakin besar konsentrasi larutan maka efek pendinginan mengalami penurunan. Dengan adanya peningkatan konsentrasi larutan akan berdampak pada temperatur ammonia keluar evaporator semakin rendah. Tekanan kerja evaporator terukur semakin ada peningkatan dengan naiknya konsentrasi larutan. Demikian pula tekanan pada generator juga mengalami peningkatan. Kondisi ini menyebabkan efek pendinginan menjadi turun, sehingga kemampuan ammonia untuk penguapan menjadi rendah. Efek pendinginan merupakan selisih hentalpi keluar masuk evaporator. Efek pendinginan maksimal terjadi pada konsentrasi 18% massa ammonia dengan 1.225 kJ/kg.



Gambar 3 Grafik hubungan variasi konsentrasi larutan terhadap COP

Hubungan variasi konsentrasi larutan terhadap performansi (COP) ditampilkan dalam gambar 3, terlihat bahwa hubungan perubahan konsentrasi larutan terhadap nilai COP adalah semakin besar konsentrasi larutan maka semakin tinggi nilai COP yang dihasilkan. Performansi mesin pendingin sistem absorpsi air-ammonia ditentukan oleh nilai COP yang merupakan perbandingan antara jumlah panas regenerasi (q_g) dan efek pendinginan yang dihasilkan (q_e). Penurunan panas generator lebih besar dibandingkan dengan effek pendinginan di evaporator, sehingga dengan meningkatnya konsentrasi larutan maka COP yang dihasilkan mengalami peningkatan. Pada konsentrasi 59% dengan nilai COP yang dicapai 0,829.



Gambar 4. Grafik hubungan perubahan konsentrasi larutan terhadap kapasitas pendinginan

Hubungan variasi konsentrasi larutan air-ammonia terhadap kapasitas pendinginan di tunjukkan dalam gambar 4. Dari gambar 4 terlihat bahwa hubungan variasi konsentrasi larutan ammonia-air terhadap kapasitas pendinginan ialah berbanding lurus. dimana semakin besar konsentrasi larutan maka semakin tinggi kapasitas pendinginan yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena semakin besar nilai konsentrasi larutan yang digunakan maka massa ammonia yang menguap digenerator semakin banyak. Walaupun effek pendinginan yang dihasilkan menurun tetapi jumlah massa ammonia makin meningkat. Peningkatan kapasitas pendinginan didominasi oleh jumlah

massa ammonia. Kapasitas pendinginan tertinggi yang dihasilkan adalah 0,718 kJ/s pada konsentrasi larutan 59%.

second edition, McGraw-Hill Book Company, Singapore.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa peningkatan konsentrasi larutan air-ammonia dalam sistem absorpsi akan menurunkan panas generator, menurunkan effek refrigerasi, meningkatkan kapasitas pendinginan dan meningkatkan performansi (COP) sistem absoppsi. Capaian COP pada konsentrasi 59% adalah 0,829.

Daftar Pustaka

- Ballaney, P.L. (1980), *Refrigeration and Air Conditioning*, Khanna Publisher, Delhi.
- El-Mahi, F.E.A and Abdalla, K.N.E. (2005), Design and Testing of Absorption Refrigeration System, *Sudan Engineering Society Journal*, vol.51 no.44.
- Gosney, W.B. (1982), *Principles of Refrigeration*, Cambridge Univesity Press, Cambridge.
- K. A. Joudi dan A. H. Lafta, (2000), *Simulation of a Simple Absorption Refrigeration System*, Energy Conversion and Management, Vol. 42, hal. 1575-1605.
- Poling, B.E., Thomson, G.H., etc., (2008), *Perry's Chemical Engineers*, eighth edition, McGraw Hill Companies Inc, United States of America.
- Ramgopal, M. (2005), *Vapour Absorption Refrigeration Systems Based on Ammonia-Water*, Department of Mechanical Engineering, Kharagphur.
- Sambada, F. A. R. dan Puja, I Gusti Ketut (2010), *Pengaruh Kadar Amonia Pada Unjuk Kerja Alat Pendingin Absorpsi Amonia-Air*, Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) ke-9.
- Stoecker, W.F. dan Jones, J.W. (1987), *Refrigeration and Air Conditioning*,