

PENGARUH KADAR AMONIA PADA UNJUK KERJA ALAT PENDINGIN ABSORBSI AMONIA-AIR

FA Rusdi Sambada dan I Gusti Ketut Puja

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Sanata Dharma

Kampus III Paingan Maguwoharjo Depok Sleman
Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia

Phone: +62-274-883037, FAX: +62-274-886529, E-mail: rusdisambada@yahoo.co.id

ABSTRAK

Di negara-negara berkembang seperti Indonesia, khususnya di daerah pedesaan kebutuhan akan sistem pendingin dirasakan semakin meningkat. Sistem pendinginan yang ada saat ini kebanyakan bekerja dengan sistem kompresi uap menggunakan energi listrik. Pada kenyataannya belum semua daerah memiliki jaringan listrik sehingga diperlukan sistem pendingin yang dapat bekerja tanpa adanya energi listrik. Salah satu sistem pendingin yang tidak memerlukan energi listrik adalah sistem pendingin absorpsi amonia-air. Sistem pendingin absorpsi amonia-air hanya memerlukan energi panas untuk dapat bekerja. Energi panas dapat berasal dari pembakaran kayu, batubara, energi surya dan sebagainya. Secara konstruksi alat pendingin absorpsi amonia-air cukup sederhana sehingga dapat dibuat di bengkel-bengkel sederhana. Unjuk kerja alat pendingin menggunakan amonia yang dijual di pasar lokal belum banyak diketahui. Amonia yang banyak dijual di pasar lokal mempunyai kadar amonia yang berbeda-beda. Tujuan yang ingin dicapai oleh peneliti adalah mengetahui unjuk kerja (temperatur terendah dan koefisien unjuk kerja atau COP) yang dapat dicapai alat pendingin absorpsi amonia-air dengan menggunakan amonia yang banyak dijual di pasar lokal. Alat pendingin absorpsi amonia-air yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari 3 (tiga) komponen utama yakni (1) generator yang juga sekaligus berfungsi sebagai absorber, (2) keran pemisah generator dan evaporator dan (3) evaporator yang sekaligus berfungsi sebagai kondensor. Variabel yang divariasikan adalah kadar amonia (22,5% dan 30%) dan tekanan desorpsi (65 psi dan 145 psi). Sebagai pendingin kondensor dalam penelitian ini digunakan air. Variabel yang diukur pada penelitian ini adalah temperatur generator (T1), temperatur pipa penghubung (T2), temperatur evaporator (T3), temperatur lingkungan sekitar evaporator (T4), tekanan evaporator atau tekanan desorpsi (P) dan waktu pencatatan data (t). Hasil penelitian menunjukkan temperatur evaporator terendah yang dapat dicapai adalah -5°C pada variasi tekanan 145 psi menggunakan amoniak dengan kadar 22,5%. COP tertinggi yang dapat dicapai adalah 0,92 pada variasi tekanan 145 psi dan menggunakan amoniak dengan kadar 30%.

Kata kunci: pendingin absorpsi, amonia, kadar amonia

1. Pendahuluan

Di negara-negara berkembang seperti Indonesia, khususnya di daerah pedesaan atau di daerah terpencil, kebutuhan akan sistem pendingin untuk pengawetan/penyimpanan bahan makanan, hasil panen, hasil perikanan atau vaksin imunisasi masal untuk mengontrol wabah penyakit dan keperluan lainnya dirasakan semakin meningkat. Sistem pendinginan yang ada saat ini kebanyakan bekerja dengan sistem kompresi uap menggunakan energi listrik dan refrijeran sintetik seperti : R-11, R-12, R-22, R-134a, dan R-502. Masalah yang ada dengan sistem pendingin kompresi uap adalah

belum semua desa atau daerah terpencil memiliki jaringan listrik sehingga sistem pendingin sederhana yang dapat bekerja tanpa adanya jaringan listrik merupakan alternatif pemecahan permasalahan kebutuhan sistem pendingin di daerah pedesaan atau terpencil seperti ini. Selain itu refrijeran sintetik mempunyai dampak negatif pada lingkungan seperti merusak lapisan ozon dan menimbulkan pemanasan global.

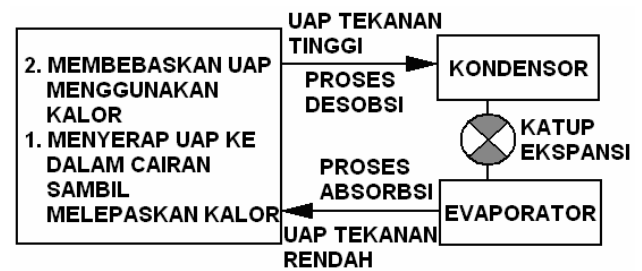
Salah satu sistem pendingin yang tidak memerlukan energi listrik adalah sistem pendingin absorpsi amonia-air. Sistem pendingin absorpsi amonia-air hanya



memerlukan energi panas untuk dapat bekerja. Energi panas dapat berasal dari pembakaran kayu, bahan bakar minyak dan gas bumi. Tetapi energi panas juga dapat berasal dari buangan proses industri, biomassa, biogas atau dari energi alam seperti panas bumi dan energi surya. Amonia dan air bukan merupakan refrigeran sintetik sehingga resiko kerusakan alam seperti yang dapat disebabkan sistem pendingin kompresi uap karena menggunakan refrigeran sintetik tidak terjadi. Disain pendingin energi panas untuk negara-negara berkembang haruslah sederhana dan mudah perawatannya dengan kata lain harus dapat dibuat dan diperbaiki oleh industri lokal. Tujuan yang ingin dicapai oleh peneliti adalah mengetahui unjuk kerja (temperatur terendah dan koefisien unjuk kerja atau COP) yang dapat dicapai alat pendingin absorpsi amonia-air dengan menggunakan amonia yang banyak dijual di pasar lokal.

Penelitian pendingin adsorpsi menggunakan zeolit-air dengan energi surya yang pernah dilakukan mendapatkan harga COP sistem pendingin adsorpsi surya menggunakan zeolit-air akan mendekati konstan pada temperatur pemanasan 160°C atau lebih [1]. Eksperimen sistem pendingin adsorpsi surya menggunakan zeolit-air dan mendapatkan harga COP sebesar 0,12 [2,3]. Pengtesan pada sistem pendingin adsorpsi surya menggunakan zeolit-air dengan kolektor plat datar dan kondensor berpendingin udara mendapatkan COP yang rendah sebesar 0,054 modifikasi yang dilakukan dengan memvakumkan sistem dan penggunaan reflektor datar tidak banyak menaikkan harga COP [4]. Dengan pemanasan sampai 150°C didapatkan energi pendinginan sebesar 250 kJ per kilogram zeolit [5]. Sebuah penyimpan dengan volume 125 L dapat didinginkan menggunakan kolektor seluas 3 m^2 mendapatkan COP sebesar 0,25 dengan menggunakan kolektor parabola secara terpisah dari sistem pendingin sehingga setiap kali diperlukan proses pemvakuman. Sistem yang dipakai tidak menggunakan kondensor, penelitian ini juga mendapatkan kapasitas adsorpsi zeolit mencapai optimal dengan pemanasan tabung zeolit sebesar 250°C [6]. Penelitian-penelitian tersebut menggunakan zeolit yang diproduksi di Jerman, Slovnaft-Czech, dan Perancis. Pada penelitian ini dibuat model pendingin absorpsi amonia-air menggunakan 2 (dua) kadar konsentrasi amonia yang berbeda (22,5% dan 30%) untuk mengetahui temperatur terendah dan koefisien unjuk kerja (COP) yang dihasilkan.

Pendingin absorpsi umumnya terdiri dari 4 (empat) komponen utama yaitu: (1) absorber, (2) generator, (3) kondensor dan (4) evaporator. Pada penelitian ini model pendingin absorpsi yang dibuat terdiri dari dua komponen karena komponen absorber dan generator disatukan, dan komponen kondensor dan evaporator disatukan.



Gambar 1. Siklus pendinginan absorpsi

Siklus pendinginan absorpsi terdiri dari proses absorpsi (penyerapan) refrigeran (amoniak) kedalam absorber (air) dan proses pelepasan refrigeran dari absorber (proses desorpsi) proses ini dapat dilihat pada Gambar 1. Proses absorpsi dan desorpsi terjadi pada absorber (pada penelitian ini pada generator). Pada proses desorpsi generator memerlukan energi panas dari sumber panas. Energi panas dapat berasal dari pembakaran kayu, bahan bakar minyak dan gas bumi, buangan proses industri, biomassa, biogas atau dari energi alam seperti panas bumi dan energi surya, untuk kepraktisan pada penelitian ini digunakan pemanas listrik yang dapat diatur dayanya sebagai sumber panas. Energi panas menaikkan temperatur campuran amoniak-air yang ada di dalam generator. Karena amoniak mempunyai titik didih yang lebih rendah dibanding air maka amoniak akan mendidih terlebih dahulu. Uap amoniak ini mengalir dari generator menuju evaporator melalui kondenser. Di dalam kondenser uap amoniak mengalami pendinginan dan mengembun. Cairan amoniak di dalam tabung kondensor (juga berfungsi sebagai evaporator) mengalami ekspansi sehingga tekanannya turun. Karena tekanan amoniak di dalam evaporator turun maka temperaturnya pun turun sampai dibawah 0°C . Evaporator umumnya diletakkan di dalam kotak pendingin. Di dalam kotak pendingin tersebut diletakkan bahan-bahan yang akan didinginkan. Karena mendinginkan bahan maka cairan amoniak dalam evaporator akan menguap dan mengalir kembali ke dalam generator. Di dalam generator uap amoniak tersebut diserap oleh air, proses ini disebut absorpsi. Siklus tersebut akan berlangsung terus selama ada sumber panas. Selama proses desorpsi pendinginan di dalam evaporator tidak dapat terjadi karena seluruh amoniak berada di dalam generator, oleh karena proses pendinginan tidak berlangsung secara kontinyu maka pendinginannya dikatakan berlangsung secara *intermitten*.

2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental yakni dengan membuat model alat pendingin absorpsi amonia-air (seperti pada Gambar 2.).



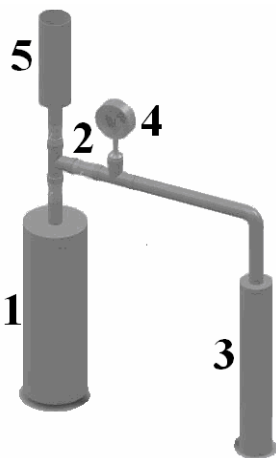
Alat pendingin absorpsi ammonia-air terdiri dari (1) generator yang juga sekaligus berfungsi sebagai absorber, (2) keran pemisah generator dan evaporator, (3) evaporator yang sekaligus berfungsi sebagai kondensor, (4) manometer dan (5) tabung pengisian ammonia-kedalam alat. Saluran pemasukan ini dapat diganti katup untuk pemvakuman alat.

Variabel yang divariasikan adalah kadar ammonia (22,5% dan 30%) dan tekanan desorpsi (65 psi dan 145 psi). Sebagai media pendingin kondensor dalam penelitian ini digunakan air. Variabel yang diukur pada penelitian ini adalah temperatur generator (T_1), temperatur pipa penghubung (T_2), temperatur evaporator (T_3), temperatur lingkungan sekitar evaporator (T_4), tekanan evaporator (P) dan waktu pencatatan data (t). Untuk pengukuran temperatur digunakan termokopel dan untuk pengukuran tekanan digunakan manometer.

Penelitian diawali dengan penyiapan alat seperti pada Gambar 2. Alat divakumkan menggunakan pompa vakum kemudian diisi dengan ammonia-air. Konsentrasi ammonia-air divariasikan. Pengambilan data dilakukan dengan memvariasikan tekanan desorpsi (65 psi dan 145 psi). Pengambilan data dilakukan tiap menit dengan mencatat di setiap titik yang diinginkan. Data yang dicatat adalah temperatur generator (T_1), temperatur pipa penghubung (T_2), temperatur evaporator (T_3), temperatur lingkungan evaporator (T_4), tekanan generator (P) dan waktu pencatatan data (t). Setelah pengambilan data selesai dilakukan perhitungan dan analisis unjuk kerja alat pendingin. Unjuk kerja pendingin absorpsi umumnya dinyatakan dengan koefisien prestasi absorpsi (COP) dan dapat dihitung dengan persamaan:

$$COP = \frac{T_3}{T_1} \quad (1)$$

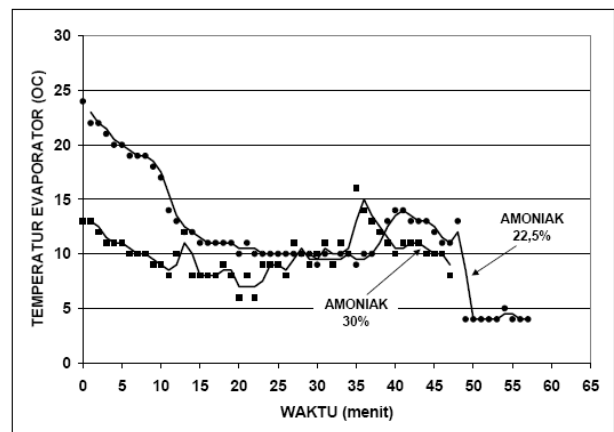
T_1 adalah temperatur generator dan T_3 adalah temperaturevaporator



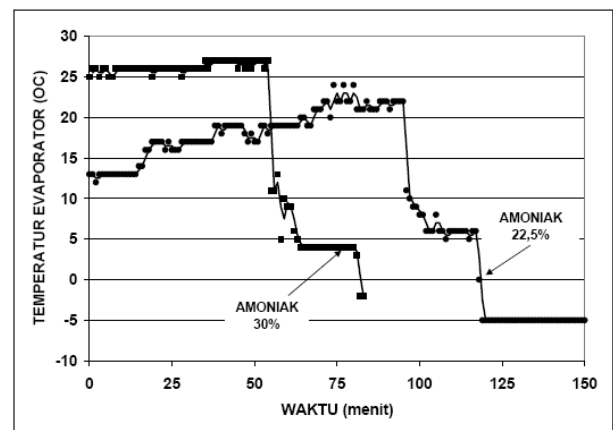
Gambar 2. Alat pendingin absorpsi

3. Hasil dan Pembahasan

Pada pendinginan absorpsi terdapat tiga proses utama yakni desorpsi, kondensasi dan absorpsi. Proses desorpsi adalah proses pelepasan ammonia dari absorber (air) saat generator dipanaskan. Proses kondensasi adalah proses pendinginan dan penguapan uap ammonia yang terdesorpsi menjadi ammonia cair. Ammoniak cair yang dihasilkan ditampung di evaporator. Proses absorpsi adalah proses penyerapan ammonia oleh absorber (air). Saat proses absorpsi berlangsung, kalor di sekitar evaporator akan terserap. Proses penyerapan kalor ini akan menyebabkan temperatur evaporator turun.



Gambar 3. Grafik temperatur evaporator pada variasi tekanan 65 psi



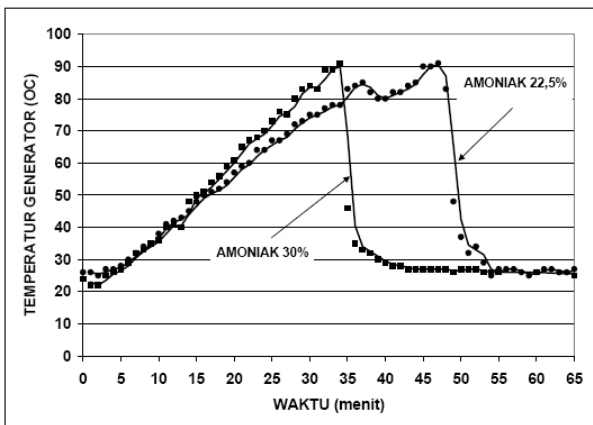
Gambar 4. Grafik temperatur evaporator pada variasi tekanan 145 psi

Hasil penelitian dengan menggunakan variasi tekanan 65 psi dan 145 psi menunjukkan kadar ammonia 22,5% dapat mencapai temperatur evaporator yang lebih rendah dibandingkan pada saat proses absorpsi (Gambar 3 dan 4). Hal tersebut disebabkan pada akhir proses desorpsi kandungan ammonia dalam air di dalam generator untuk ammonia 22,5% lebih sedikit dibandingkan ammonia 30%. Kandungan ammonia dalam

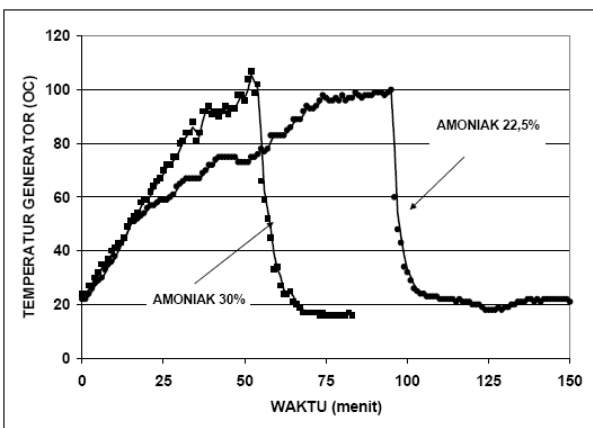


air di generator yang lebih sedikit menyebabkan proses absorpsi berlangsung dengan lebih baik sehingga temperatur pendinginan (temperatur evaporator) yang dicapai lebih rendah. Pada Gambar 3 dan 4 juga terlihat temperatur evaporator dengan variasi tekanan 145 psi lebih rendah dibandingkan variasi tekanan 65 psi. Hal tersebut disebabkan pada tekanan yang lebih tinggi akan dihasilkan pengembunan amoniak yang lebih banyak untuk temperatur pendinginan evaporator yang sama pada saat proses desorpsi.

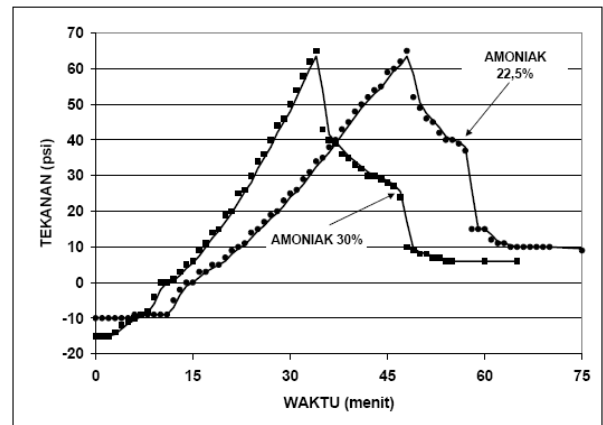
Proses desorpsi menggunakan amoniak 22,5% baik pada variasi tekanan 65 psi maupun 145 psi berlangsung lebih lama dibandingkan proses desorpsi menggunakan amoniak 30% (Gambar 5, 6, 7 dan 8). Hal tersebut disebabkan pada campuran amoniak-air yang lebih rendah kadar amoniaknya mempunyai kapasitas panas yang lebih besar sehingga kenaikan temperaturnya menjadi lebih lambat (Gambar 5 dan 6). Kenaikan temperatur yang lebih lambat ini menyebabkan kenaikan tekanan pada proses desorpsi juga menjadi lebih lama (Gambar 7 dan 8).



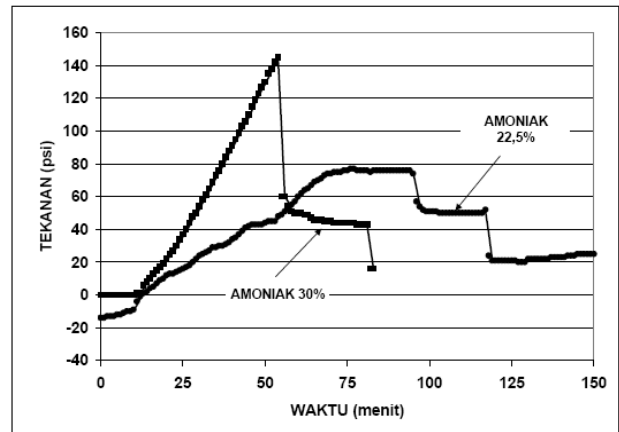
Gambar 5. Grafik temperatur generator pada variasi tekanan 65 psi



Gambar 6. Grafik temperatur generator pada variasi tekanan 145 psi



Gambar 7. Grafik tekanan dalam alat pada variasi tekanan 65 psi

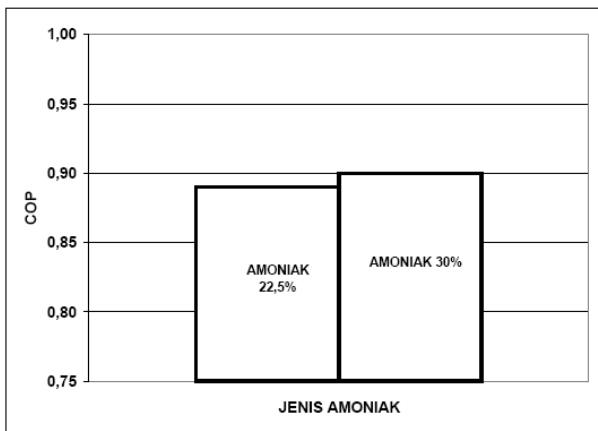


Gambar 8. Grafik tekanan dalam alat pada variasi tekanan 145 psi

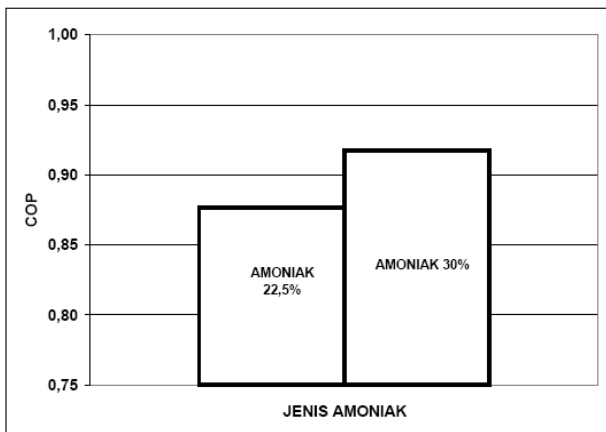
Koefisien unjuk kerja (COP) merupakan ukuran keefektifan suatu alat pendingin. COP merupakan perbandingan antara kerja pendinginan yang dihasilkan dengan kerja masukan, dalam hal ini kerja pemanasan. Koefisien unjuk kerja (COP) yang dihasilkan pada variasi tekanan 65 psi dan 145 psi dengan menggunakan amoniak 30% lebih tinggi jika dibandingkan COP yang dihasilkan dengan menggunakan amoniak 22,5% (Gambar 9 dan 10). Dari Gambar 3 dan 4 dapat dilihat bahwa temperatur evaporator yang dihasilkan dengan menggunakan amoniak 22,5% lebih rendah dibandingkan amoniak 30%, artinya kerja pendinginan dengan menggunakan amoniak 22,5% lebih besar dibandingkan amoniak 30%. Walaupun kerja pendinginan dengan menggunakan amoniak 22,5% lebih besar tetapi proses desorpsi menggunakan amoniak 22,5% berlangsung lebih lama jika dibandingkan proses desorpsi dengan menggunakan amoniak 30% (Gambar 5, 6, 7 dan 8). Pemanasan yang lebih lama memerlukan kerja pemanasan yang lebih banyak. Secara keseluruhan perbandingan kerja pendinginan dengan kerja masukan



menggunakan amoniak 22,5% lebih kecil dibandingkan amoniak 30%.



Gambar 9. Grafik COP yang dihasilkan pada variasi tekanan 65 psi



Gambar 10. Grafik COP yang dihasilkan pada variasi tekanan 145psi

Dari hasil penelitian secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa proses pendinginan absorpsi telah berlangsung. Hal ini ditunjukkan dengan turunnya temperatur evaporator pada setiap proses absorpsi. Semakin tinggi tekanan yang digunakan, semakin banyak uap amoniak yang terdesorpsi. Semakin banyak amoniak yang terdesorpsi menyebabkan semakin banyak kalor yang dapat terserap pada saat proses absorpsi berlangsung, sehingga temperatur evaporator menjadi lebih rendah. Variasi tekanan juga berpengaruh pada unjuk kerja alat (COP) yang dihasilkan. Semakin tinggi COP alat semakin tinggi pula kapasitas pendinginan yang dihasilkan. Variasi lain yang dilakukan adalah dengan memvariasikan kadar amoniak-air yang digunakan sebagai refrigeran.. Semakin rendah kadar amoniak-air maka jumlah air atau absorber akan semakin banyak. Jumlah absorber ini akan mempengaruhi kecepatan proses absorpsi. Semakin

cepat uap amoniak diserap oleh absorber, maka semakin cepat proses pendinginan terjadi.

4. Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan:

1. Temperatur evaporator terendah yang dapat dicapai adalah -5°C pada variasi tekanan 145 psi menggunakan amoniak dengan kadar 22,5%.
2. COP tertinggi yang dapat dicapai adalah 0,92 pada variasi tekanan 145 psi dan menggunakan amoniak dengan kadar 30%.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada saudara Budi Harianto atas bantuannya dalam proses pengambilan data pada penelitian ini. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada segenap staf laboratorium Konversi Energi Fakultas Sains dan Teknologi USD atas ketersediaan peralatan dan fasilitas lab.

Daftar Pustaka

- [1] Hinotani, K. (1983), Development of Solar Actuated Zeolite Refrigeration System. *Solar World Congress*, Vol.1, Pergamon Press, pp. 527-531.
- [2] Grenier, Ph. (1983), Experimental Result on a 12 m³ Solar Powered Cold Store Using the Intermittent Zeolite 13x-Water Cycle. *Solar World Congress*, Pergamon Press, pp. 353-358, 1984
- [3] Pons, M. (1986), Design of solar powered solid adsorption ice-maker. *ASME J. of Solar Engineering*, 108, 332-337, 1986.
- [4] Zhu, Z. (1987), *Testing of a Solar Powered Zeolite-Water Refrigerator*. M. Eng. Thesis, AIT, Bangkok.
- [5] Kreussler, S (1999), *Experiments on Solar adsorption refrigeration Using Zeolite and Water*. Laboratory for Solar Energy, university of Applied Sciences Germany.
- [6] Ramos, Miguel (2003), *Evaluation Of A Zeolite-Water Solar Adsorption Refrigerator*. *ISES Solar World Congress (June, 14-19, 2003)*, Goteborg, Sweden



