

## UNJUK KERJA PENDINGIN ABSORPSI AMONIA-AIR DENGAN VARIASI TEKANAN DESORBSI

Doddy Purwadianto

Program Studi Teknik Mesin  
Universitas Santa Dharma

Kampus III Paingan, Maguwoharjo, Depok, Sleman  
Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia

Phone: +62-274-883037, FAX: +62-274-886529, E-mail: purwadodi@staff.usd.ac.id

### ABSTRAK

*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. 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.*

*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. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui temperatur pendinginan terendah dan koefisien prestasi (COP) yang dapat dihasilkan sistem pendingin amoniak-air pada beberapa variasi tekanan desorpsi.*

*Sistem pendingin absorpsi yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 3 komponen utama: (1) generator yang sekaligus berfungsi sebagai absorber, (2) keran pemisah generator dan evaporator dan (3) evaporator yang sekaligus berfungsi sebagai kondensor. Variabel yang divariasikan pada penelitian ini adalah tekanan desorpsi (105 psi dan 145 psi) dan penggunaan katup ekspansi pada akhir proses desorpsi (dengan katup dan tanpa katup).*

*Dari penelitian ini didapatkan temperatur evaporator terendah yang bisa dihasilkan adalah 5°C dan COP tertinggi 0,96 yang dihasilkan dengan proses absorpsi tanpa katup dan pada variasi tekanan desorpsi 145 psi.*

*Kata kunci : absorpsi, energi panas, amoniak, unjuk kerja*

### 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, 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.

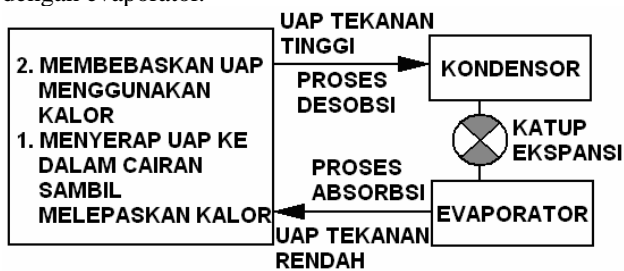
Selain itu refrijeran sintetik mempunyai dampak negatif pada lingkungan seperti merusak lapisan ozon dan menimbulkan pemanasan global. Salah satu sistem pendingin yang tidak memerlukan energi listrik adalah sistem pendingin absorpsi amonia-air. Sistem pendingin absorpsi amonia-air hanya memerlukan energi 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 bukan merupakan refrijeran sintetik sehingga resiko kerusakan alam seperti yang dapat disebabkan sistem pendingin kompresi uap karena menggunakan refrijeran sintetik tidak terjadi.

Disain pendingin energi panas untuk negara-negara berkembang haruslah sederhana, mudah perawatannya



dengan kata lain harus dapat dibuat dan diperbaiki oleh industri lokal serta dapat diterima masyarakat industri sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan, serta mengurangi ketergantungan penggunaan minyak bumi dan listrik.

Pendingin absorpsi umumnya terdiri dari 5 (lima) komponen utama yaitu: (1) absorber, (2) generator, (3) kondensor, (4) evaporator dan (5) katup ekspansi. Pada penelitian ini model pendingin absorpsi yang dibuat terdiri dari tiga komponen karena komponen absorber disatukan dengan generator dan kondensor disatukan dengan evaporator.



Gambar 1. Siklus pendinginan absorpsi

Siklus pendinginan absorpsi terdiri dari proses absorpsi (penyerapan) refrigeran (amoniak) kedalam adsorber (air) dan proses pelepasan refrigeran dari adsorber (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 ammonia-air yang ada di dalam generator. Karena ammonia mempunyai titik didih yang lebih rendah disbanding air maka amoniak akan mendidih terlebih dahulu. Uap amoniak ini mengalir dari generator menuju evaporator melalui kondensor. Di dalam kondensor uap amoniak mengalami pendinginan dan mengembun. Cairan amoniak mengalir ke dalam evaporator dan 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*.

Unjuk kerja pendingin absorpsi umumnya dinyatakan dengan koefisien prestasi absorpsi (COP) dan dapat dihitung dengan persamaan :

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

dengan T3 adalah temperatur evaporator dan T1 adalah temperatur generator.

Beberapa penelitian pendingin adsorpsi menggunakan zeolit-air dengan energi surya yang pernah dilakukan diantaranya mendapatkan bahwa harga COP sistem pendingin adsorpsi surya menggunakan zeolit-air akan mendekati konstan pada temperatur pemanasan 160°C atau lebih [1]. Sebuah eksperimen sistem pendingin adsorpsi surya menggunakan zeolit-air dan mendapatkan harga COP sebesar 0,12 [2]. Penelitian pendingin adsorpsi zeolit-air yang lain mendapatkan COP tertinggi yang dapat dicapai hanya 0,1 [3]. Pengetesan 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]. Penelitian pendingin adsorpsi menggunakan zeolit memperlihatkan bahwa dengan pemanasan 150°C didapatkan energi pendinginan sebesar 250 kJ per kilogram zeolit. Sebuah penyimpanan dengan volume 125 L dapat didinginkan menggunakan kolektor seluas 3 m<sup>2</sup> [5]. COP sebesar 0,25 didapatkan dengan menggunakan kolektor parabola secara terpisah dari sistem pendingin sehingga setiap kali diperlukan proses pemvakuman. Sistem yang dipakai tidak menggunakan kondensor, dan mendapatkan kapasitas adsorpsi zeolit mencapai optimal dengan pemanasan tabung zeolit sebesar 250°C. Penelitian-penelitian tersebut menggunakan zeolit yang diproduksi di Jerman, Slovnaft-Czech, dan Perancis [6]

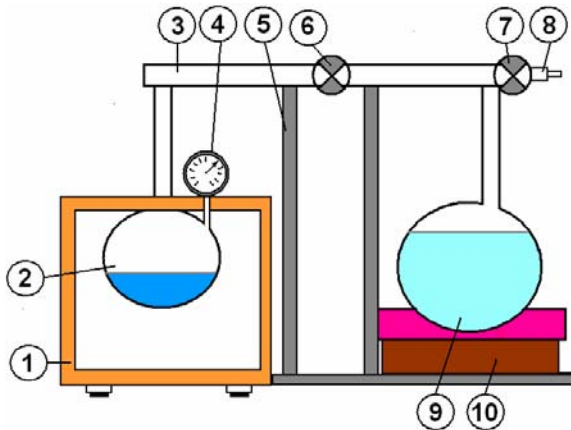
## 2. Metode Penelitian

Sistem pendingin absorpsi terdiri dari 3 komponen utama: generator yang sekaligus berfungsi sebagai absorber, evaporator yang sekaligus berfungsi sebagai kondensor dan katup ekspansi. Secara detil komponen alat penelitian dapat dilihat pada Gambar 2 yakni: (1) kotak pendingin, (2) evaporator, (3) pipa penghubung, (4) manometer, (5) sruktur rangka, (6) katup ekspansi, (7) katup pengisian, (8) saluran pengisian, (9) generator dan (10) pemanas listrik.

Variabel yang divariasikan pada penelitian ini adalah : tekanan desorpsi (105 psi dan 145 psi) dan penggunaan katup ekspansi (tanpa katup dan dengan katup). Variabel yang diukur : temperatur generator (T1), temperatur



pipa penghubung (T2), temperatur evaporator (T3), temperatur fluida pendingin (T4), tekanan generator (P) dan waktu pencatatan data (t).

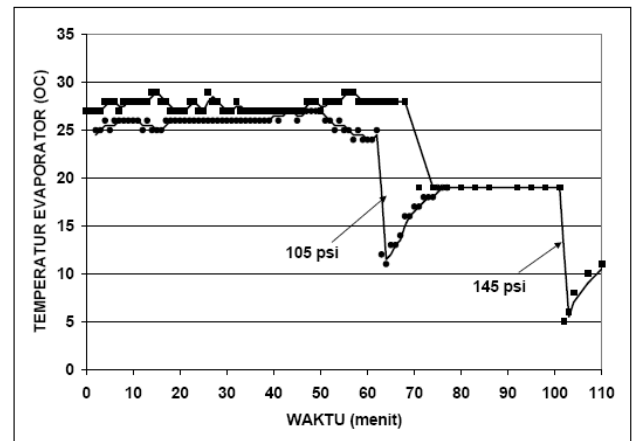


Gambar 2. Skema alat penelitian

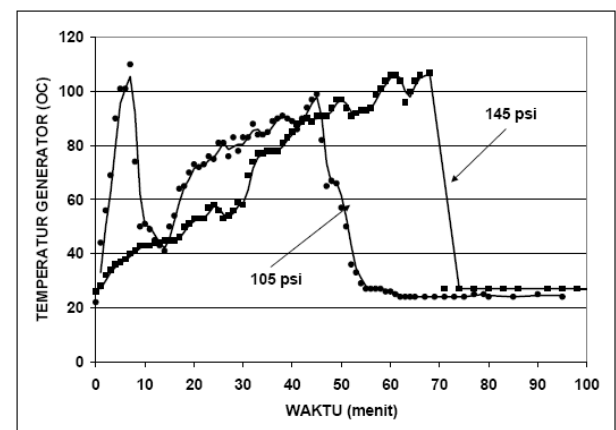
Penelitian diawali dengan penyiapan alat seperti pada Gambar 2, kemudian alat divakumkan menggunakan pompa vakum, alat diisi dengan campuran amonia-air, pengambilan data dilakukan dengan mevariasikan tekanan desorpsi dan penggunaan katup ekspansi. Pada variasi penggunaan katup ekspansi dilakukan 2 (dua) variasi yakni (1) tanpa menggunakan katup ekspansi dan (2) dengan menggunakan katup ekspansi. Variasi tanpa menggunakan katup ekspansi dilakukan dengan membuka katup ekspansi selama proses desorpsi dan absorpsi berlangsung. Variasi menggunakan katup ekspansi dilakukan dengan menutup katup ekspansi setelah proses desorpsi selesai, dilanjutkan dengan pendinginan absorber dan membuka katup ekspansi setelah temperatur absorber mencapai temperatur sekitar.

### 3. Hasil dan Pembahasan

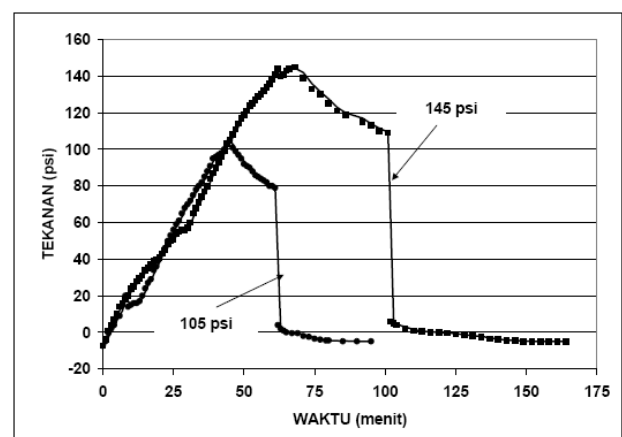
Dari data hasil percobaan dapat diketahui bahwa proses pendinginan (absorpsi) telah berlangsung. Hal ini ditunjukkan dengan turunnya suhu evaporator (T3) pada setiap proses absorpsi.



Gambar 3. Temperatur evaporator pada proses absorpsi tanpa katup ekspansi



Gambar 4. Temperatur generator pada proses absorpsi tanpa katup ekspansi

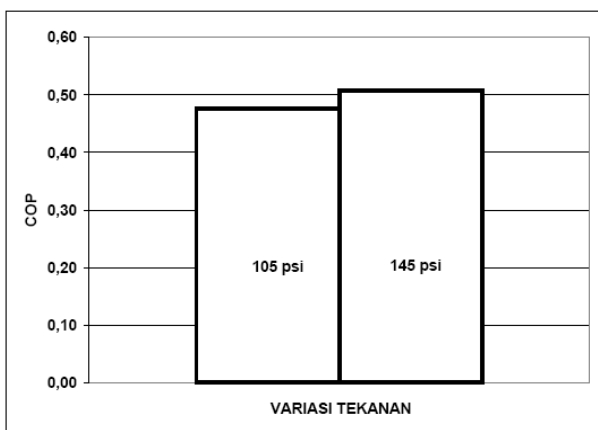


Gambar 5. Tekanan sistem pada proses absorpsi tanpa katup ekspansi

Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa temperatur pendinginan (temperatur evaporator) dengan variasi tekanan 145 psi lebih rendah dibandingkan temperatur

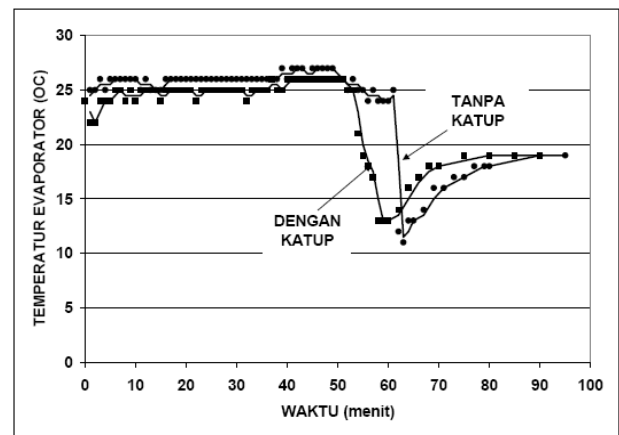


evaporator pada variasi tekanan desorbsi 105 psi. Hal tersebut disebabkan pada tekanan desorbsi yang lebih tinggi diperoleh pengembunan amoniak yang lebih banyak. Temperatur evaporator pada Gambar 3 didapatkan tanpa menggunakan katup ekspansi dan terlihat pada variasi tekanan desorbsi 145 psi turunnya temperatur evaporator adalah secara bertahap sedangkan pada variasi tekanan 105 psi penurunan temperatur evaporator tidak bertahap. Hal tersebut disebabkan proses absorpsi dapat berlangsung dengan baik jika temperatur absorber atau generator sudah cukup dingin setelah proses desorbsi selesai. Pada variasi tekanan desorbsi 145 psi temperatur pada akhir proses desorbsi lebih tinggi jika dibandingkan variasi tekanan 105 psi (Gambar 4). Turunnya temperatur generator yang diikuti turunnya tekanan generator (Gambar 5). Turunnya temperatur dan tekanan generator disebabkan karena pendinginan generator dan bercampurnya uap amoniak dengan air di dalam generator.



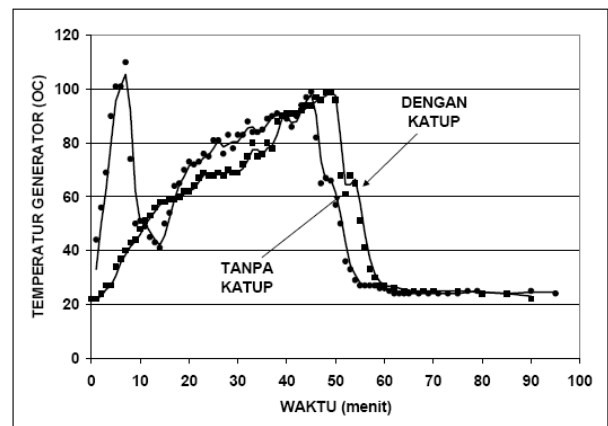
Gambar 6. COP yang dihasilkan pada proses absorpsi tanpa katup ekspansi

COP yang dihasilkan pada variasi tekanan desorbsi 145 psi lebih tinggi dibandingkan pada variasi 105 psi (Gambar 6). Hal tersebut menunjukkan kenaikan kapasitas pendinginan pada variasi tekanan desorbsi 145 psi didapatkan dengan kenaikan daya pemanasan yang sedikit jika dibandingkan variasi tekanan desorbsi 105 psi.



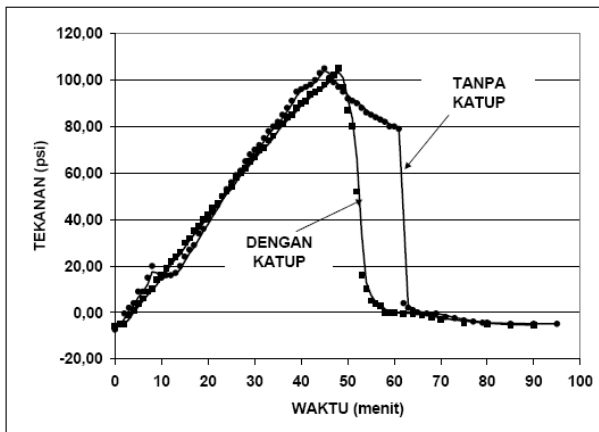
Gambar 7. Temperatur evaporator pada variasi tekanan desorbsi 105 psi

Temperatur pendinginan yang didapatkan pada variasi tanpa menggunakan katup ekspansi sedikit lebih rendah jika dibandingkan temperatur pendinginan yang didapatkan pada variasi dengan menggunakan katup ekspansi (Gambar 7). Hal tersebut disebabkan turunnya temperatur generator pada variasi tanpa menggunakan katup ekspansi lebih cepat dibandingkan variasi dengan menggunakan katup (Gambar 8). Penurunan tekanan pada variasi tanpa menggunakan katup ekspansi berlangsung lebih lama dibandingkan variasi dengan menggunakan katup ekspansi (Gambar 9). Hal tersebut disebabkan proses ekspansi pada variasi tanpa menggunakan katup berlangsung pada saat temperatur generator masih cukup tinggi sehingga proses absorpsi berlangsung lambat.

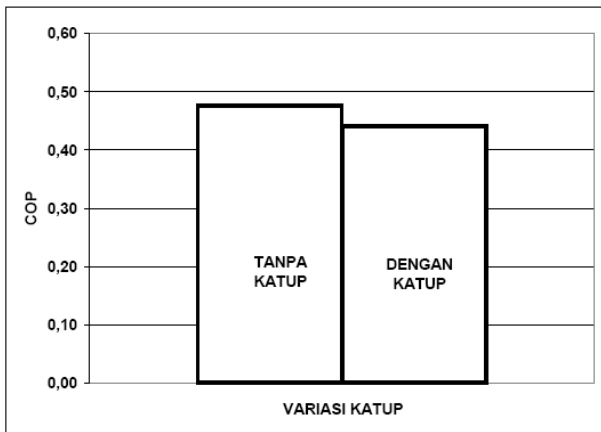


Gambar 8. Temperatur generator pada variasi tekanan desorbsi 105 psi





Gambar 9. Tekanan sistem pada variasi tekanan desorpsi 105 psi



Gambar 10. COP yang dihasilkan pada variasi tekanan desorpsi 105 psi

COP yang didapatkan pada variasi tanpa menggunakan katup lebih baik jika dibandingkan variasi dengan menggunakan katup. Hal tersebut disebabkan karena temperatur evaporator yang dicapai pada variasi tanpa menggunakan katup ekspansi lebih rendah dibandingkan temperatur evaporator yang dicapai dengan menggunakan katup ekspansi sedangkan temperatur generator pada kedua variasi tersebut relatif sama (karena tekanan desorpsi kedua variasi tersebut sama yakni 105 psi).

#### 4. Kesimpulan

1. Dari penelitian ini didapatkan temperatur evaporator terendah yang bisa dihasilkan adalah 5°C dan COP tertinggi 0,96 yang dihasilkan dengan proses absorpsi tanpa katup dan pada variasi tekanan desorpsi 145 psi.
2. Tekanan desorpsi yang semakin tinggi akan menghasilkan temperatur pendinginan yang semakin rendah.

#### Ucapan Terima Kasih

Ucapan terma kasih kami sampaikan kepada cluster Rekayasa Energi Surya Universitas Sanata Darma Yogyakarta terutama Ir. FA. Rusdi Sambada, MT. yang telah membantu penyelesaian penelitian ini. Ucapan terma kasih juga kami sampaikan kepada saudara Budi Harianto atas bantuannya dalam proses pengambilan data pada penelitian ini.

#### 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 m<sup>3</sup> 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



