

Pengaruh Setting Temperatur Chilled Water Outlet Tetap Terhadap Performasi Absorpsi Chiller Dengan Metode Siklus Pemanasan Ulang Dua Tingkat

I Gusti Agung Bagus Wirajati ^{a)} & Made Sucipta ^{b)}

^{a)} Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bali

^{b)} Jurusan Teknik Mesin, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Badung
e-mail: agungwira2@yahoo.com

Abstrak

Studi ini menyelidiki unjuk kerja mesin adsorpsi chiller siklus pemanasan kembali dua tingkat. Tulisan ini akan menjabarkan prinsip kerja mesin adsorpsi chiller dan juga menjabarkan hasil eksperimen. Unjuk kerja dari mesin ini dievaluasi dengan memberikan sumber panas yang bervariasi dan waktu mass recovery yang berbeda. COP (Coefficient of performance) dan kapasitas pendinginan dihitung dan dianalisa untuk mendapatkan pengaruh dari kondisi eksperimen yang diberikan tersebut. Hasil eksperimen telah menunjukkan bahwa baik COP dan kapasitas pendinginan meningkat seiring dengan peningkatan sumber panas yang diberikan dan waktu dari mass recovery sangat efektif untuk memperbaiki unjuk kerja dengan tidak meningkatkan sumber panas yang diberikan.

Kata kunci: Adsorpsi, Chiller, Mass recovery, COP, Kapasitas pendinginan

Abstract

Influence of Fixed Temperature of Chilled Water Outlet Setting toward Performance of Chiller Absorption with Two Level Heating Cycle Method

The study investigated the performance of re-heat two stage cycle. This paper presents the working principle and the experimental results of the reheat two stage adsorption cycle. The performance of the cycle was evaluated under different heat source temperature and mass recovery time. Coefficient of performance (COP) and cooling capacity have been calculated to analyze the influences of experimental conditions. The experimental results shown in both COP and cooling capacity increased along with heat source temperature increased, and mass recovery time is very effective to improve the performance without increasing heat source temperature.

Key words: Adsorption, Chiller, Mass recovery, COP, Cooling capacity

1. Pendahuluan

Pada daerah tropis seperti Indonesia, penggunaan mesin-mesin refrigerasi dan tata udara sangatlah luas. Hotel, industri perikanan dan rumah tangga, adalah tempat-tempat umum yang menggunakan peralatan ini.

Namun kecenderungan ini tidak diikuti dengan penerapan teknologi baru dalam bidang sistim refrigerasi dan tata udara.

Sistim konvensional masih banyak digunakan, sementara teknologi terbarunya masih sebatas pilihan dan bukan merupakan keharusan, tetapi sangatlah mendesak untuk segera digunakan sesegera mungkin agar dapat secepat mungkin kita bisa berpartisipasi didalam era penurunan panas global saat ini, baik yang diakibatkan oleh pemakaian refrigeran yang tidak ramah lingkungan yang sering digunakan pada sistim refrigerasi dan tata udara konvensional.

Dalam hal pengurangan refrigerant yang tidak ramah lingkungan yang umumnya digunakan pada sistim refrigerasi dan tata udara konvensional, maka suatu sistim baru yang dikenal sebagai sistim adsorpsi chiller merupakan pilihan yang dapat dipertanggungjawabkan untuk menjawab permasalahan tersebut.

Saat ini sistim adsorpsi memiliki keuntungan yang banyak didalam kemampuannya memanfaatkan sumber panas yang rendah yang hampir mendekati temperatur lingkungan, sehingga pemanfaatan sumber panas dibawah 100 °C bisa dilakukan dan hal ini sangatlah diharapkan, dan telah dilakukan penelitian yang mendalam oleh Kashiwagi, salah satu professor bidang energy pada University of Agriculture and Technology, Japan.

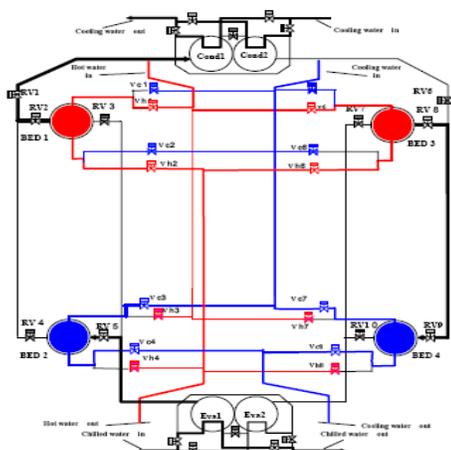
Studi saat ini adalah menganalisa pengaruh dari sumber pemanasan (heat source temperature) dan waktu mass recovery pada unjuk kerja chiller, berdasarkan pada kondisi experiment yang diberikan.

2. Metode penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan unjuk kerja mesin yang terbaik dalam hal COP dan kapasitas pendinginannya berdasarkan pada kondisi experiment yang diberikan. Perlu ditambahkan disini bahwa untuk semua kondisi yang diberikan ada hal penting yakni temperatur keluaran air chiller diatur tetap pada kondisi 9 °C. Hal ini dipatok karena temperatur tersebut sangatlah cocok apabila nantinya diterapkan pada sistim refrigerasi dan tata udara.

2.1. Prinsip Kerja Siklus Pemanasan Ulang Adsorpsi

Sebagai analogi awal (Gambar 1.), ada sepasang heat exchanger, kita sebut saja BED-1 dan BED-2, yang bekerja sebagai adsorber dan desorber. Pada akhir dari masing-masing setengah siklusnya, BED-1 pada kondisi dingin sementara BED-2 dalam kondisi panas. Secara bersamaan BED-1 pada tekanan rendah (P_e) dan harus dinaikkan tekanannya sampai mendekati tekanan kondensor, sementara pada BED-2 pada tekanan tinggi dan harus diturunkan sampai mendekati tekanan evaporator. Dalam hal ini uap semestinya harus dipindahkan dari desorber (BED-1) ke adsorber (BED-2). Proses ini dikenal sebagai proses mass recovery.



Gambar 1. Four-Bed Reheat Adsorption Cycle Scheme

Selanjutnya adalah proses pemanasan ulang (pre-heating) dan pendinginan ulang (pre-cooling). Selama proses ini semua aliran refrigerant terhenti karena semua katup dalam posisi tertutup. Disaat tekanan pada BED-1 mendekati sama dengan tekanan kondensor, dan tekanan pada BED 2 mendekati sama dengan tekanan evaporator, selanjutnya katup yang menghubungkan antara BED-1 dan BED-2 dibuka yang menyebabkan aliran refrigeran kembali terjadi. Untuk mendapatkan satu siklus yang lengkap, proses selanjutnya akan sama seperti pada proses awalnya dengan posisi BED-1

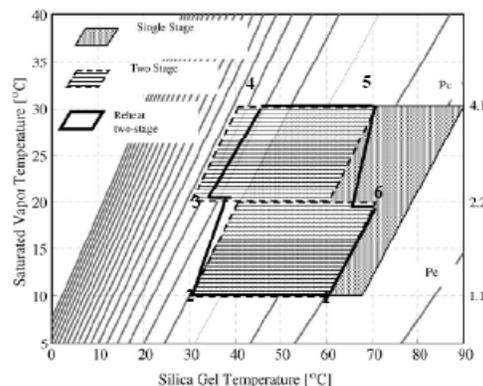
akan bekerja sebagai desober dan posisi BED-2 akan bekerja sebagai adsorber.

Gambar 2 menunjukkan diagram tekanan, temperatur, dan konsentrasi (P-T-X) dari chiller pemanasan ulang dua tingkat. Ada 6 langkah kerja dalam satu siklus lengkapnya yakni proses adsorpsi (1-2), proses mass recovery dengan pendinginan (2-3), proses pemanasan ulang (3-4), proses desorpsi (4-5), proses mass recovery dengan pemanasan (5-6) dan proses pendinginan ulang (6-1).

2.2. Perumusan Unjuk Kerja Mesin

Unjuk kerja dari mesin akan dihitung dengan menggunakan perumusan dari COP dan kapasitas pendinginan, sepeeti pada rumusan berikut:

$$COP = \frac{Q_{evap}}{Q_{in}} = \frac{\dot{m}_{chill} \cdot c_w (T_{chill,in} - T_{chill,out})}{\dot{m}_{hot} \cdot c_w (T_{hot,in} - T_{hot,out})}$$



Gambar 2. Diagram P-T-X dari Re-Heat Two-Stage Chiller

$$Cooling Capacity = \frac{Q_{evap}}{t_{cycle}} = \frac{\dot{m}_{chill} \cdot c_w (T_{chill,in} - T_{chill,out})}{t_{cycle}}$$

Dimana \dot{m}_{chill} , \dot{m}_{hot} , T_{chill} dan T_{hot} adalah laju aliran masa chiller, laju aliran masa air panas, temperatur chiller, dan temperatur air panas. C_w adalah notasi dari masa silica gel (16 kg/bed) dan t_{cycle} adalah waktu siklusnya. Akhiran *in* dan *out* merujuk pada arah aliran keluaran dan masukan. Q_{evap} adalah panas yang masuk evaporator, yang menyediakan efek pendinginan. Q_{in} adalah panas masuk generator, yang merupakan pasokan panas pada siklus refrigerasinya.

2.3. Parameter Experimen

Adapun kondisi experiment diberikan pada Tabel 1. hal yang paling penting dari parameter ini adalah temperatur air keluaran chiller dikondisikan sama pada masing-masing parameter:

Table 1 Experimental conditions

Parameter		Value	Unit
Hot water Cooling water in Chilled water in Chilled water out	Temp	60, 65, 70, 75	°C
	Temp	30	°C
	Temp	14	°C
	Temp	9	°C
Cycle time	RS	$(200+30+420) \times 2 = 1300$	s
	RL	$(600+30+970) \times 2 = 3200$	s
	S	$(30+420) \times 2 = 900$	s

mr = mass recovery, ph/pc = preheating/precooling, ad/des = adsorption/desorption, RS = reheat short cycle, RL = reheat long cycle, S = single stage

3. Hasil dan Pembahasan

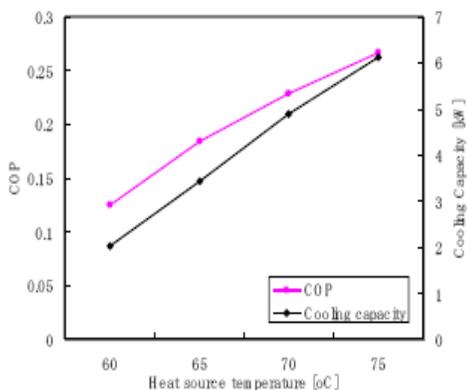
Pengaruh waktu mass recovery dan pengaruh suhu pemanasan terhadap unjuk kerja mesin merupakan dua hal yang akan dibahas lebih lanjut dengan penambahan informasi melalui diagram Duhring untuk memperjelas informasi yang diberikan

3.1. Pengaruh temperatur pemanasan terhadap unjuk kerja mesin

Gambar 3 memberikan kita informasi tentang pengaruh temperatur pemanasan terhadap unjuk kerja mesin.

Temperatur air keluaran chiller yang diterapkan pada mesin selama percobaan berlangsung adalah 9 °C dan waktu siklusnya adalah 1300 s.

Tampak jelas pada Gambar3, bahwa unjuk kerja mesin (COP dan Kapasitas Pendinginan) meningkat seiring dengan peningkatan temperatur pemanasan yang diberikan. Ini diakibatkan karena adanya perbedaan antara tingkat konsentrasi maksimum dan minimumnya. Perbedaan ini akan meningkat seiring dengan peningkatan temperatur pemanasannya, sehingga menyebabkan adanya sejumlah besar refrigeran akan banyak terserap dan terdistribusikan.



Gambar 3. Pengaruh temperatur pemanasan terhadap unjuk kerja mesin

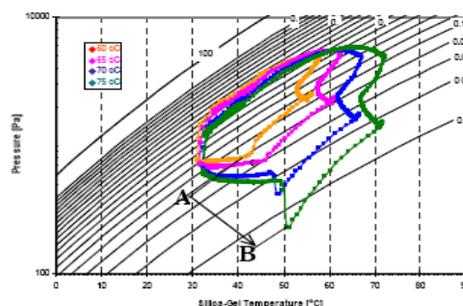
Sebagai bahan perbandingan, penjelasan lebih lanjut akan tampak dengan pada Duhring Diagram pada Gambar 4 berikut.

Tampak bahwa perbedaan konsentrasi bertambah dari A ke B apabila temperatur pemanasan ditingkatkan.

3.2 Pengaruh waktu mass recovery terhadap unjuk kerja mesin

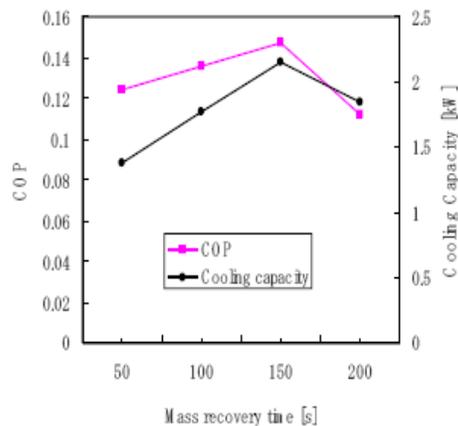
Gambar 5 memberikan kita informasi tentang pengaruh waktu mass recovery terhadap unjuk kerja mesin

Unjuk kerja mesin, dalam hal ini COP dan kapasitas pendinginan, meningkat sampai pada titik tertentu kemudian mengalami penurunan seiring dengan peningkatan waktu mass recovery yang diberikan.



Gambar 4. Pengaruh temperatur pemanasan pada Duhring Diagram.

Unjuk kerja optimum yang mampu dicapai adalah ketika penerapan waktu mass recovery berada pada 150 s. Dalam hal ini tampak dengan jelas bahwa dengan proses mass recovery sangatlah efektif untuk memperbaiki unjuk kerja mesin dengan tanpa meningkatkan temperatur sumber panasnya. Artinya, dengan temperature panas yang sama dandengan memberikan waktu mass recovery yang berbeda akan tampak bahwa hal ini memberikan peningkatan unjuk kerja pada mesin.

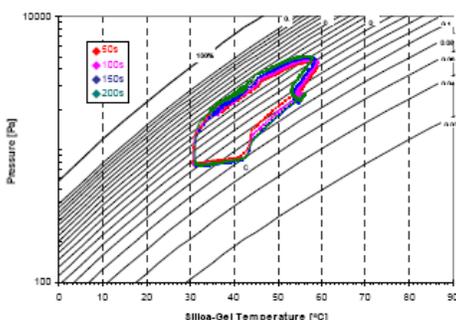


Gambar 5. Pengaruh waktu mass recovery terhadap unjuk kerja mesin

Penjelasan lebih lanjut mengenai pengaruh dari waktu mass recovery terhadap unjuk kerja mesin dapat dilihat pada Duhiring Diagram yang ada pada Gambar 6.

Untuk waktu mass recovery yang lebih kecil dari 150 s, konsentrasi maksimum yang didapatkan rendah. Ini berarti bahwa, nilai optimum dari waktu mass recovery memberikan waktu yang cukup untuk mencapai tingkat konsentrasi maksimum, sehingga menyebabkan unjuk kerja mesin menjadi lebih baik.

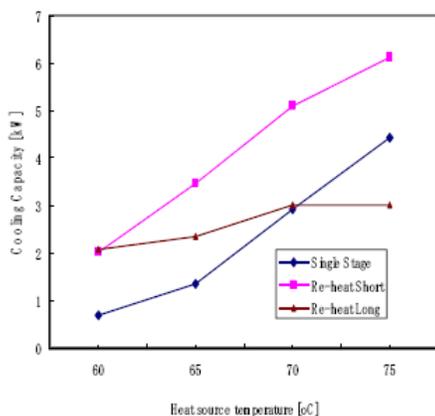
Untuk waktu mass recovery yang lebih panjang dari 150 s, menyebabkan unjuk kerja mesin menjadi rendah. Hal ini kemungkinan besar diakibatkan oleh perpaduan waktu siklus yang diterapkan pada mesin yang tidak tepat, dan juga waktu mass recoverynya tidak mencukupi untuk dapat menghasilkan kapasitas pendinginan yang memadai, sehingga menyebabkan unjuk kerja mesin menjadi rendah.



Gambar 6. Pengaruh waktu mass recovery pada Duhiring Diagram

3.3. Perbandingan Unjuk Kerja Mesin

Gambar 7 berikut ini akan menunjukkan perbandingan unjuk kerja mesin antara yang menggunakan metode konvensional (Single Stage) dengan yang menggunakan metode adsorpsi (Re-heat short dan Re-heat long).



Gambar 7. Perbandingan unjuk kerja antara Re-heat Short, Re-heat Long and Single stage

Pada temperatur pemanasan rendah, COP metode adsorpsi dengan waktu Re-heat siklus panjang lebih baik dari metode adsorpsi dengan waktu Re-heat siklus pendek. Sedangkan untuk metode konvensional (Single Stage) menawarkan COP tertinggi.

Kapasitas pendinginan yang didapatkan oleh metode adsorpsi dengan waktu siklus panjang dan siklus pendek akan lebih baik dibandingkan dengan metode konvensional apabila menerapkan temperatur pemanasan yang rendah. Namun sistem konvensional tetap menawarkan kapasitas pendinginan yang lebih baik apabila diterapkan temperatur pemanasan yang relative besar.

4. Kesimpulan

Dari hasil experiment yang dilakukan dapat kiranya diambil suatu kesimpulan bahwa temperatur pemanasan dan waktu mass recovery yang diterapkan pada mesin adsorpsi chiller adalah parameter yang sangat berpengaruh terhadap peningkatan unjuk kerja mesin. Untuk mendapatkan kapasitas pendinginan yang lebih baik apabila dibandingkan dengan sistem konvensional, maka penggunaan metode re-heat short cycle adalah pilihan terbaik agar unjuk kerja mesin menjadi optimal.

Kedepanya, pemilihan parameter cycle time dan penerapan waktu mass recovery haruslah diperhatikan dengan seksama agar didapatkan peningkatan unjuk kerja mesin tersebut.

Daftar Pustaka

- [1] Saha, B.B., Akisawa, A., Kashiwagi, T., 1997, *Silica Gel Water Advanced Adsorption Refrigeration Cycle*, Energy, 22(4):437-447,
- [2] Akahira, A., Alam, K.C.A., Hamamoto, Y., Akisawa, A., Kashiwagi, T., 2004, *Mass Recovery Process Adsorption Refrigeration Cycle-Improving Cooling Capacity*, International Journal of Refrigeration, 27:225-234,
- [3] Alam, K.C., Hamamoto, Y., Kashiwagi, T., Akisawa, A., 2003, *Advanced Adsorption Chiller Driven by Low Temperature Heat Source*, International Congress of Refrigeration, Washington, DC,