

VARIASI HEAT RECOVERY TIME TERHADAP UNJUK KERJA CHILLER SISTEM ADSORPSI 2 BED PADA TEMPERATUR DESORPSI 70°C

Tomi Sinaga^[1], Awaludin Martin^[2], Nasruddin^[3]

Laboratorium, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Riau

tommysinaga826@yahoo.co.id, awaludinmartin@yahoo.com, nasruddin@eng.ui.ac.id

Abstract

Adsorption cooling system double bed with silica gel as adsorbent and water as the adsorbate is expected to reduce the use of refrigerant in the vapor compression system that utilizes refrigerant chlorofluorocarbon (CFC) and hydrochlorofluorocarbon (HCFC) that could potentially damage the ozone layer and increase global warming. This study aims to increase the value of the COP (Coefficient Of Performance) and SCP (Specific Cooling Power) adsorption cooling system double bed by testing. The method in this research is by means of heat and mass recovery time of the system. Methods of heat recovery time is done to improve the performance of adsorption double bed system-water pair silica gel as adsorbent-adsorbate. Based on test data and calculations are obtained, the lowest temperature of the water coming out of the evaporator is 12.57 °C with a change in average highest temperature was 2.44°C. The highest COP value of the adsorption cooling system amounted to 0.49 in heat recovery time 40 s and cycle time 500 s.

Keywords: *adsorption, heat recovery, cooling system, silica gel.*

1 Pendahuluan

Proses pendinginan dan pemanasan merupakan suatu proses yang mengkonsumsi hampir setengah dari total energi yang tersedia di seluruh dunia. Sistem pendinginan banyak digunakan seperti dalam industri makanan, industri kimia dan farmasi, transportasi, penyejuk ruangan dan supermarket [1]. Banyaknya penggunaan pendinginan dalam hal tersebut merupakan pengaplikasian dari siklus sistem kompresi uap dengan menggunakan refrigerant sebagai media pendingin. Banyaknya penggunaan pendinginan dengan sistem kompresi uap mengakibatkan penggunaan refrigerant semakin meningkat yang akhirnya berdampak negatif bagi lingkungan dan timbulnya pemanasan global serta efek rumah kaca [2]. Timbulnya pemanasan global dan efek rumah kaca akibat dari sistem kompresi uap telah menjadi perhatian di seluruh dunia sehingga perlu di kembangkan suatu sistem dengan pemanfaatan sumber energi terbarukan.

Sistem pendingin adsorpsi merupakan salah satu alternatif yang ramah lingkungan untuk menjawab isu dan masalah pemanasan global dan semakin tipisnya lapisan ozon. Sistem pendingin yang ramah lingkungan [3] karena menggunakan refrigerant alami dan bekerja dengan cara penyerapan secara fisika oleh pasangan adsorben-adsorbat dan energi yang digunakan untuk sistem ini sangat kecil yaitu bisa memanfaatkan panas matahari maupun panas buang dari pembakaran. Pada sistem *adsorption cooling* merupakan sistem pendingin yang memiliki nilai nol pada ODS (*Ozone Depleting Substance*) dan GWP (*Global Warming Potential*)

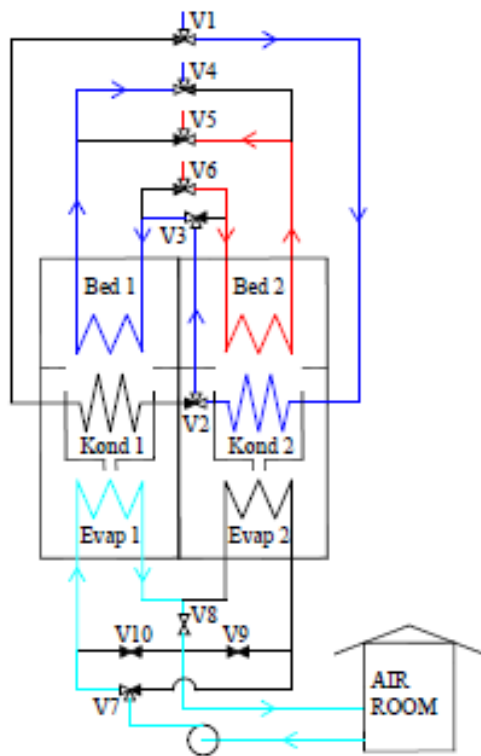
karena menggunakan refrigeran yang memiliki nilai nol pada ODS dan GWP [4]. Tetapi, dibandingkan dengan sistem pendingin kompresi uap, sistem pendingin adsorpsi memiliki nilai COP (*Coefficient Of Performance*) dan SCP (*Specific Cooling Power*) yang lebih rendah. Pemilihan pasangan adsorben-adsorbat merupakan hal yang sangat penting dalam sistem pendingin adsorpsi dikarenakan untuk menghasilkan COP dan SCP yang lebih tinggi [5].

Rendahnya nilai COP pada sistem pendingin adsorpsi dikarenakan perpindahan panas dan massa yang lambat dan mengakibatkan laju reaksi lebih lambat, dan waktu siklus lebih lama [6]. Untuk meningkatkan perfromansi kinerja dari sistem pendingin adsorpsi (*adsorption cooling*) dilakukan eksperimen dengan sistem *heat and mass recovery time*.

2 Metode

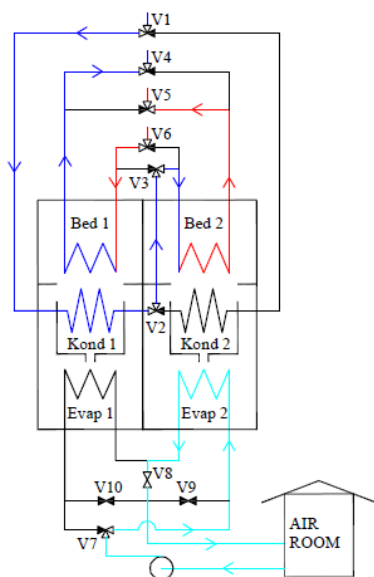
Siklus dasar pengoperasian dari sistem pendingin adsorpsi dengan *double-bed* terdiri dari dua phase. Pada phase I proses adsorpsi terjadi di adsorber I dan desorpsi di adsorber II. Pada phase ke II adsorpsi terjadi di adsorber II dan desorpsi terjadi di adsorber I. Skematik dari proses adsorpsi-desorpsi dapat dilihat pada Gambar 1. Pada phase I adsorpsi terjadi pada adsorber I dan desorpsi terjadi di adsorber II. Pada *adsorption cooling* ini digunakan katup untuk mengatur aliran masuk dan keluar air dari sistem yang dikontrol secara otomatis menggunakan software PLC OMRON. Sementara pengambilan data tekanan, waktu, dan temperatur menggunakan NI 9203 dan NI 9213 dimana data analog yang dihasilkan dari *termokopel* dan *pressure transmitter* akan di ubah

menjadi data digital dengan menggunakan DAQ Assist pada LabVIEW™2017.



Gambar 1 Model sistem *chiller* adsorpsi.

Pada saat *heat recovery*, *hot water* mengalir melalui adsorber 1 kemudian masuk ke *heat exchanger*, sementara *cooling water* mengalir melalui katup V4. Proses *heat recovery time* dapat dilihat pada Gambar 2.

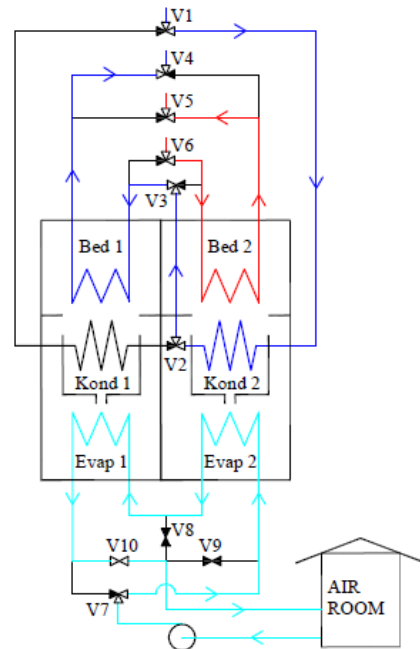


Gambar 2 Proses *heat recovery* time.

Adsorber 1 yang sebelumnya lebih dingin menyebabkan temperatur *hot water* menurun sehingga temperatur *hot water* akan mendekati

temperatur *cooling water*. Dengan kata lain, dalam proses ini *hot water* berubah menjadi *cooling water*. Adsorber yang dipanaskan menyebabkan uap air terlepas dari adsorben kemudian masuk dan terkondensasi di kondensor 1. *Cooling water* dialirkan ke kondensor 1 melalui V1, sehingga *cooling water* yang keluar dari kondensor menjadi panas. *Cooling water* yang keluar dari kondensor 1 selanjutnya mengalir melalui adsorber 2 akibatnya temperatur semakin meningkat akibat temperatur adsorber 2 yang sebelumnya masih panas. *Cooling water* kemudian berubah menjadi *hot water*.

Pada proses *mass recovery* perubahan aliran terjadi pada *chilled water*. Katup V7 mengubah aliran menuju ke evaporator 2 kemudian ke evaporator 1 dan kembali ke *heat exchanger* melalui V10. Air yang berada di dalam pipa sepanjang evaporator 2 memiliki temperatur lebih tinggi dan masuk ke evaporator 1 menyebabkan kenaikan tekanan di evaporator 1. Sehingga adsorber 1 dapat menyerap uap air bertekanan rendah dan secara bersamaan evaporator 2 didinginkan oleh *chilled water*. Pada proses *mass recovery time* dapat dilihat pada Gambar 3 dimana evaporator dialiri dengan *chill water*, kondenser dialiri dengan *cool water*, dan adsorber dialiri dengan air dingin ketika proses adsorpsi, dan dialiri air panas ketika proses desorpsi.



Gambar 3 Proses *mass recovery* time.

3 Hasil

Data kondisi pengoperasian sistem *adsorption cooling* dengan *double bed* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Kondisi pengoperasian sistem *adsorption cooling*.

Parameter	Simbol	Nilai	Unit
Temperatur <i>hot water inlet</i>	$T_{hot, in}$	68	$^{\circ}\text{C}$
<i>Hot water mass flow rate</i>	$\dot{m}_{hot, in}$	0,204	kg/s
Temperatur <i>cooling water inlet</i>	$T_{cool, in}$	28	$^{\circ}\text{C}$
<i>Cooling water mass flow rate</i>	$\dot{m}_{cool, in}$	0,238	kg/s
Temperatur <i>chilled water inlet</i>	$T_{ch, in}$	15	$^{\circ}\text{C}$
<i>Chilled water mass flow rate</i>	$\dot{m}_{ch, in}$	0,085	kg/s

Berdasarkan kondisi pengoperasian sistem adsorpsi *double bed* di dapatkan data dan hasil perhitungan COP dan SCP pada *heat recovery time* seperti pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Perhitungan *Heat Recovery Time*.

Waktu Siklus (s)	Waktu <i>heat Recovery</i> (s)	q_r (kW)	q_h (kW)	COP	SCP (kW/kg)
500	30	0,72	1,56	0,46	0,18
	40	0,93	1,90	0,49	0,23
	50	0,87	1,85	0,47	0,22

Pada pengujian dengan *mass recovery time* dengan kondisi pengoperasian yang sama saat *heat recovery time* sistem adsorpsi *double bed* di dapatkan data dan hasil perhitungan COP dan SCP seperti pada Tabel 3.

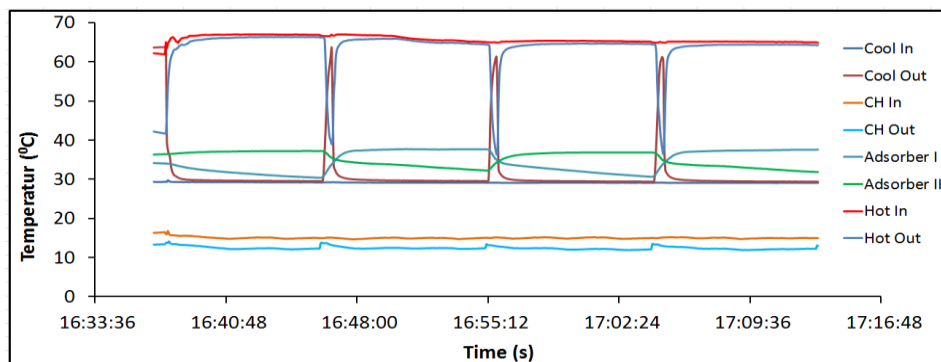
Tabel 3 Hasil Perhitungan *Mass Recovery Time*.

Waktu Siklus (s)	Waktu <i>mass Recovery</i> (s)	q_r (kW)	q_h (kW)	COP	SCP (kW/kg)
500	25	0,82	1,80	0,45	0,20
	35	0,88	1,83	0,48	0,22
	45	0,77	1,65	0,47	0,19

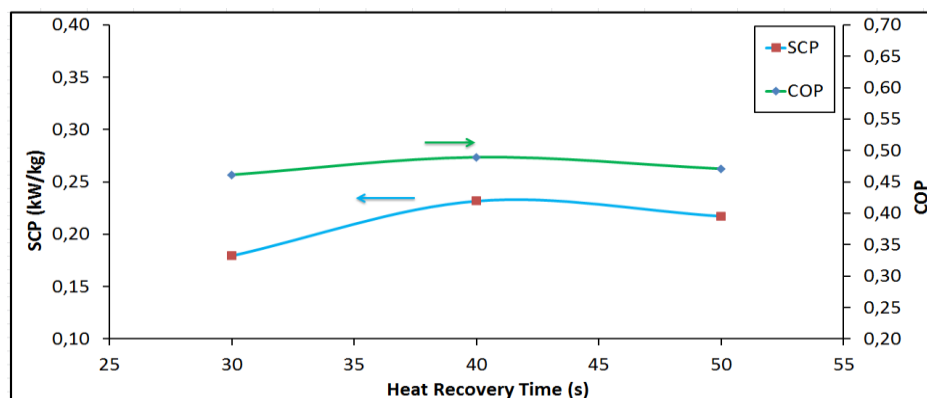
4 Pembahasan

Gambar 4 menunjukkan profil temperatur pengujian pada saat *heat recovery time* dimana waktu siklus adsorpsi-desorpsi adalah 500 s.

Berdasarkan grafik dan perhitungan, dengan *heat recovery time* lebih berpengaruh terhadap nilai COP. Hal ini disebabkan oleh panas untuk melakukan proses desorpsi meningkat. Pada Gambar 5, COP maksimum adalah 0,49 dan SCP (*Specific Cooling Power*) adalah 0,23 kW/kg dengan waktu siklus 500 s pada *heat recovery time* 40 s.



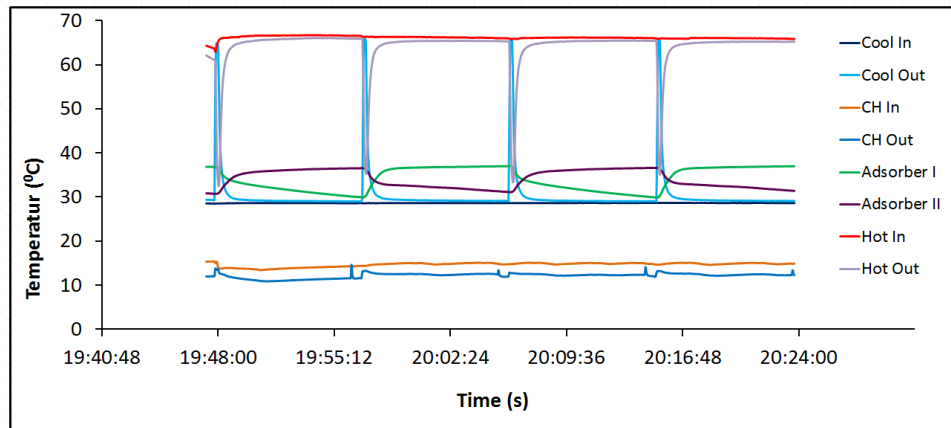
Gambar 4 Profil temperatur pengujian *heat recovery time*.



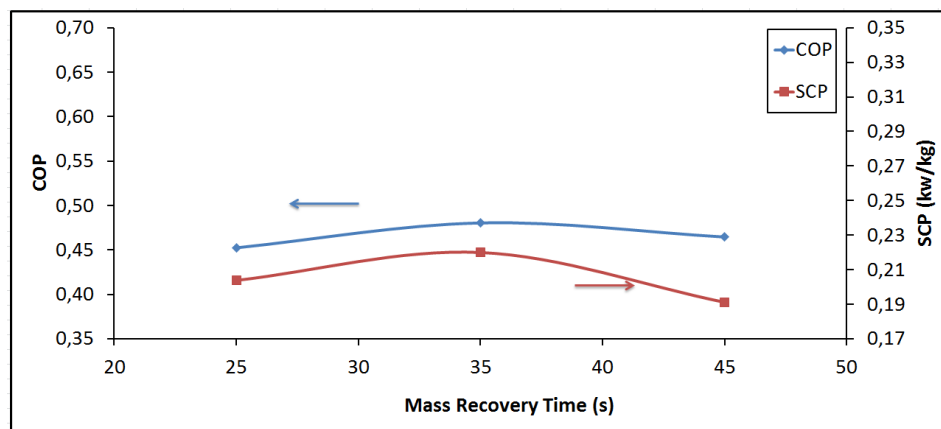
Gambar 5 Pengaruh *heat recovery time* terhadap COP dan SCP dengan waktu adsorpsi-desorpsi 500 s.

Profil temperatur pengujian pada saat *mass recovery time* dapat dilihat pada Gambar 6. Dimana waktu siklus adsorpsi-desorpsi adalah 500 s. Untuk *heat mass recovery time* berpengaruh terhadap nilai COP dan SCP. Hal ini disebabkan bertambahnya volume adsorpsi pada saat *mass recovery time*.

Seperti ditunjukkan pada Gambar 7, COP maksimum adalah 0,48 dan SCP 0,22 kW/kg dengan waktu *mass recovery time* 35 s. Dibandingkan dengan *heat recovery time* COP dan SCP yang dihasilkan pada saat *mass recovery time* lebih kecil hal ini disebabkan oleh waktu siklus yang terlalu singkat.



Gambar 6 Profil temperatur pengujian *mass recovery time*.



Gambar 7 Pengaruh *heat recovery time* terhadap COP dan SCP dengan waktu adsorpsi desorpsi 500 s.

5 Simpulan

Adapun kesimpulan yang didapat setelah melakukan perhitungan adalah sebagai berikut:

- Dengan melakukan pengujian terhadap sistem *adsorption cooling* bahwa dengan *heat recovery* lebih meningkatkan COP sistem hingga 0,49 dengan SCP 0,23 kW/kg dengan *desorption time* 500 s dan *heat recovery time* 40 s.
- Sementara pengujian pada sistem *adsorption cooling* dengan *mass recovery time* meningkatkan COP dan SCP yang lebih rendah dari pada *heat recovery time*. COP maksimum dengan *mass recovery time* adalah 0,48 dan SCP 0,22 kW/kg dengan *mass recovery time* 35 s dan *desorption time* 500 s.

Daftar Pustaka

- [1] Caglar, A. 2012. "Design and Experimental Testing of an Adsorbent Bed For a Thermal Wave Adsorption Cooling Cycle". Thesis for The Degree of Doctor Philosophy in Mechanical Engineering University Middle East Technical.
- [2] Wang, Ruzhu, Wang Liwei, dan Wu, Jingyi. 2014. "Adsorption Refrigeration Technology Theory and Application". Cina: John Wiley dan Sons Singapore Pte. Ltd.
- [3] Sah RP, Choudhury B, Das RK. "A review on adsorption cooling systems with silica gel and carbon as adsorbents". Renew Sustain Energy Rev 2015;45: 123e34.

- [4] Taek Oh, S. 2013. "*Silica gel/Water Based Adsorption Cooling System employing Compact Fin-Tube Heat Exchanger*" Ph.D. Thesis of Mechanical Engineering Graduate School of Engineering Kyushu University.
- [5] L.W. Wang, J.Y. Wu, R.Z. Wang, Y.X. Xu, S.G. Wang, X.R. Li. 2003. "*Study of the Performance of Activated Carbon-Methanol Adsorption Systems Concerning Heat and Mass Transfer*". *Applied Thermal Engineering* 23: 1605–1617.
- [6] Rezk, A. 2012. "*Theoretical And Experimental Investigation Of Silica Gel / Water adsorption Refrigeration Systems*" Thesis of Mechanical Engineering University of Birmingham.