

PERANCANGAN EVAPORATOR JENIS TUBE IN TUBE HEAT EXCHANGER PADA SISTEM ADSORPSI KAPASITAS 5000 BTU/h DENGAN PASANGAN KARBON AKTIF-METANOL SEBAGAI ADSORBEN-ADSORBAT

Johannes Panjaitan¹, Awaludin Martin²

Laboratorium Konversi Energy, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Riau

¹Johannesangapanjaitan9323@yahoo.com, ²Awaludinmartin01@gmail.com

Abstract

Global warming and high electrical energy consumption issues have been attention all human in the world. Among various technologies especially refrigeration that being developed to prevent those problem. The refrigeration vapor compression cycle, which impaction on the ozone layer and potential damage of global warming because contains HCFC and CFC and Beside that, the highly electrical energy consumption might be happen. In this research proposed a designing and manufacturing of adsorption cooling system with a double bed adsorbed with capacity 5000 Btu/h. The methanol was used as adsorption and activated carbon as adsorbent, which have characteristic zero Ozone Depletion Potential (ODP) and zero Global Warming Potential (GWP) that was expected to be able to decrease damage to the ozone layer and minimize the electrical energy consumption. The method used in this research was the design. The adsorption cooling system contained two adsorbed in a U-tube and circular plate fin with tube from copper and circular plate fin structure from aluminum which a distance fins of 5 mm. An evaporator and a condenser (tube in tube of heat exchanger) with a tube from copper with total heat transfer area was 0.457 m² for evaporator, with desorption/ adsorption phase time was 20 minutes.

Keywords: Adsorption, Methanol, Evaporator, Activated Carbon.

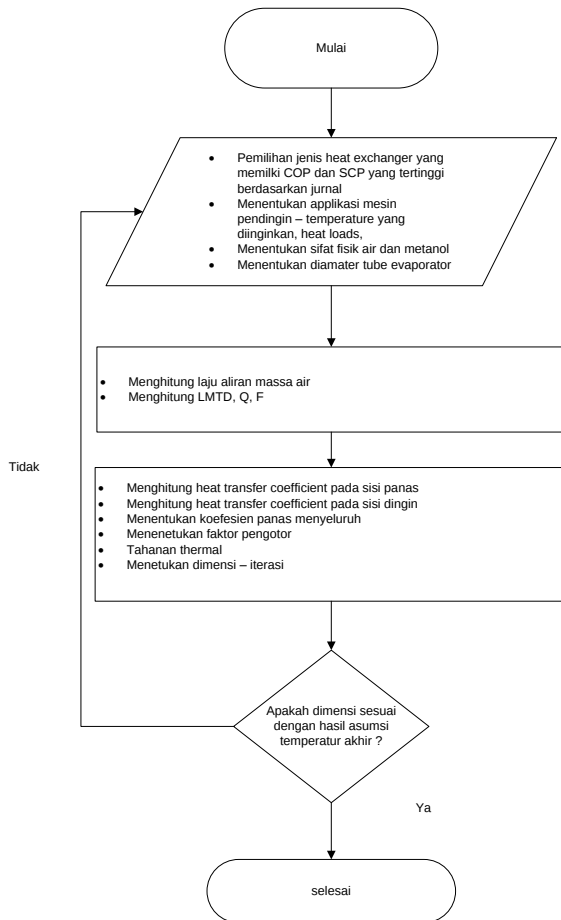
1. Pendahuluan

Saat ini, kebanyakan kegiatan industri dan rumah tangga menggunakan sistem kompresi uap sebagai hal utama aspek kegiatan pendinginan yang mana sistem ini menggunakan jenis refrigerant CFC (*chlorofluorocarbon*) dan HFC (*hydrofluorocarbon*). Refrigeran CFC adalah penyebab terjadinya penipisan lapisan ozon [1] dan refrigeran HFC termasuk gas rumah kaca [2]. Teknologi mesin pendingin memiliki kontribusi langsung pada kerusakan lingkungan diantaranya penipisan lapisan ozon dan pemanasan global melalui kebocoran dan buangan refrigeran sintesis (CFC dan HFC) ke lingkungan [3]. Terlepasnya refrigeran ke lingkungan 60 % dari *service sector* [4]. Dan lagi, menurut data yang diberikan oleh departemen energi AS antara 2003 dan 2004, listrik yang dikonsumsi oleh AC di musim panas adalah 15,4% dari total konsumsi listrik. Di Cina juga, misalnya, di Kota Shanghai, di musim panas konsumsi listrik oleh AC mencapai 45-56% menurut data yang dikumpulkan dari tahun 2010 [5]. Maka untuk menjawab tantangan kerusakan lingkungan dan upaya penghematan energi maka dalam hal ini perancangan mesin pendingin dengan sistem adsorpsi ini diharapkan mampu menjawab tantangan pemanasan global dan kebutuhan energi. Beberapa penelitian yang dilakukan didalam negeri maupun luar negeri meneliti sekaligus mengembangkan sistem pendingin adsorpsi diantaranya

adalah Wang, *et al* (2003) melakukan penelitiannya di China dengan membuat es adsorpsi yang menghasilkan temperatur evaporasi -10,31 °C dengan menggunakan pemanas dari *heater* [5]. Penelitian Taufan (2008), menghasilkan temperatur evaporasi terendah yaitu 14 °C dari suhu mula-mula 20 °C dengan menggunakan metanol sebanyak 250 mL dan mengemukakan terjadinya kekurangan methanol [6]. Peneliti saat ini menggunakan sistem *Double Bed Adsorber* untuk meningkatkan prestasi kinerja mesin pendingin adsorpsi juga menggunakan *U-tube tipe finned and tube heat exchanger*, evaporator dan kondensor yang menggunakan type *tube in tube heat exchanger* sebagai penukar panas.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan metode rancang bangun. Dalam perancangan evaporator dimulai dengan menentukan kapasitas pendinginan yang diinginkan setelah itu kita dapat menentukan jumlah metanol yang dibutuhkan dalam proses pendinginan. Berdasarkan kapasitas penyerapan dapat ditentukan jumlah karbon aktif yang diperlukan dalam penyerapan terhadap metanol. Diagram alir perancangan evaporator jenis *tube in tube heat exchanger* dapat dilihat pada diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram alir perancangan

2.1 Alat dan Bahan

Adapun sistem pendingin adsorpsi dengan *double bed adsorber* terdiri dari beberapa komponen utama diantaranya adalah evaporator, kondensor, dan 2 buah adsorber yang dialiri air panas yang dipanaskan melalui *heater* yang temperatur air panas tersebut diatur pada *temperature controller* dan disirkulasikan melalui pompa sentrifugal untuk proses *desorpsi* (pelepasan) dan menggunakan pompa air untuk proses *adsorpsi* (penyerapan) dimana masing-masing pompa terdapat *flowmeter* yang berfungsi mengatur debit air yang diperlukan pada sirkulasi ke adsorber dan skematik adsorpsi cooling ini dapat dilihat seperti pada Gambar 2 dengan menggunakan bahan methanol sebagai adsorbat dan karbon aktif sebagai adsorben.

2.2 Parameter Perhitungan Adsorpsi Cooling

Dalam penelitian ini, peneliti merancang beberapa sistem diantaranya adalah evaporator, kondensor, dan adsorber. Energy adsorpsi/desorpsi yang digunakan untuk melepas antara karbon dan methanol dengan menggunakan persamaan model Dubinin Astakhov

[7]. Persamaan matematika Dubinin Astakhov (D-A) adalah sebagai berikut:

$$W = W_0 \exp \left[\left(-\frac{A}{E} \right)^n \right] \quad (1)$$

Dimana A adalah potensi adsorpsi dan w adalah jumlah adsorbat yang diserap W_0 adalah kapasitas penyerapan maksimum adsorben dan E adalah energy karakteristik pada sistem adsorpsi dan n adalah parameter heterogenitas. Setelah itu menentukan kapasitas beban pendinginan yang diinginkan [8].

$$Q_{eva} = m_{sorbent} \int_{adsorption\ time} (h_{sat, vapor@T_{evap}} - h_{sat, liquid@T_{cond}}) \frac{d\omega}{dt} \quad (2)$$

setelah menentukan kapasitas beban pendinginan yang diinginkan. Lalu kemudian menentukan massa adsorbat dan adsorben yang diperlukan [8].

$$\dot{m}_{adsorbat} = \frac{Q_{evaporator}}{h_{sat\ adsorbat\ vap@T_{evap}} - h_{sat\ adsorbat\ liq@T_{con}}} \quad (3)$$

setelah laju aliran massa metanol didapatkan, maka kita kan menghitung jumlah metanol yang dibutuhkan dengan menggunakan persamaan berikut [8].

$$m_{adsorbat} = \dot{m} \times t_{cycle} \quad (4)$$

Setelah massa metanol didapatkan, maka massa karbon aktif dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut [8].

$$m_{adsorben} = \frac{m_{adsorbat}}{\Delta x} \quad (5)$$

selanjutnya menghitung beda temperature logaritmik (LMTD) dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [9].

$$\Delta T_{lm} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}} \quad (6)$$

Kecepatan rata-rata dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [9].

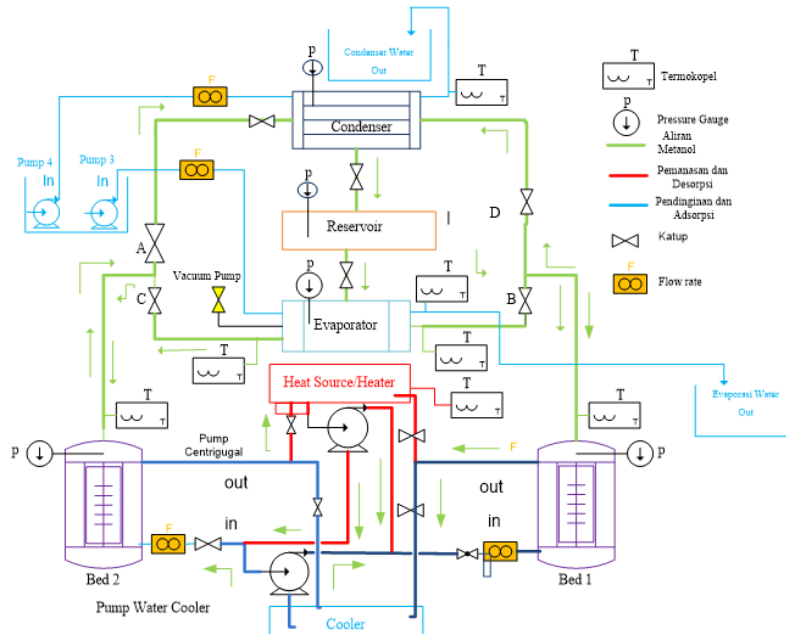
$$V_m = \frac{\dot{m}}{\rho \times A} \quad (7)$$

Lalu Angka Reynold dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut [9].

$$Re = \frac{V \times Dh}{\nu} \quad (8)$$

Jika aliran fluida adalah turbulent maka besar Angka Nusselt dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut [9].

$$Nu = 0,023 (Re)^{0,8} (Pr)^{0,3} \quad (9)$$



Gambar 2 Skematik *adsorption cooling system*

Jika aliran fluida adalah laminar maka besar Angka Nusselt pada tabung licin dengan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut [9].

$$Nu = 1.86(R_e Pr)^{1/3} \left(\frac{d}{L}\right)^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{1/3} \quad (10)$$

koefisien perpindahan panas menyeluruh tanpa factor pengotoran dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut [9].

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_o}} \quad (12)$$

koefisien perpindahan panas menyeluruh dengan factor pengotoran dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut [9].

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i A_i} + \frac{R_{fi}}{A_i} + \ln \frac{D_o}{D_i} \frac{1}{2 \pi K L} + \frac{1}{h_o A_o} + \frac{R_{fo}}{A_o}} \quad (13)$$

Luas coil yang yang dibutuhkan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [9].

$$As = \frac{Q_{evap}}{U \Delta T_{lm}} \quad (14)$$

Panjang coil yang yang digunakan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$L = \frac{As}{n D} \quad (15)$$

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil dari Perancangan evaporator jenis tube in tube heat exchanger pada sistem pendingin adsorpsi adsorpsi double bed adsorber kapasitas 5000 Btu/h dengan pasangan karbon aktif-metanol adsorben-adsorbat adalah sebagai berikut.

1. Evaporator

Tabel 1 Rekapitulasi hasil perancangan Evaporator

Parameter Evaporator	Nilai
Beban Pendinginan	5000 Btu/h
Diamater dalam tembaga (Di)	0,0111 m
Diamater luar tembaga (D0)	0,0127 m
Laju Aliran Metanol	0.001294066 Kg/s
Jumlah Metanol Yang Dibutuhkan	1,6 Kg
Massa Karbon Aktif	6,407659 Kg
Laju Aliran Air	0,0207 Kg/s (1.2 LPM)
Kecepatan Rata-Rata Methanol	0,01663107 m/s
Angka Reynold Metanol	3,978,050,473

Angka Nusselt Metanol	1,323,694,747
Koefesien Perpindahan Panas Pada Sisi Methanol	24772,17205 W/m ² °C
Angka Nusselt Air	277,265
Koefesien Perpindahan Panas Pada Sisi Air	189,85 W/m ² °C
Pengotoran Air	0,0001 m ² °C/W
Pengotoran Metanol	0,00352 m ² °C/W
Panjang Koil	11,45 m
Luas Coil	0,457 m ²
Waktu adsorpsi/desorpsi	20 menit

Evaporator yang dirancang adalah jenis *tube in tube heat exchanger* yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Evaporator *tube in tube heat exchanger*

Evaporator jenis *tube in tube heat exchanger* dirancang menggunakan bahan tembaga sebagai bahan dasar bagian dalam dengan panjang 65 cm dengan membentuk seperti U-tube dimana didalam tube tembaga tersebut mengalir methanol sebagai bahan untuk pendingin sistem adsorpsi yang dapat dilihat seperti pada Gambar 4.



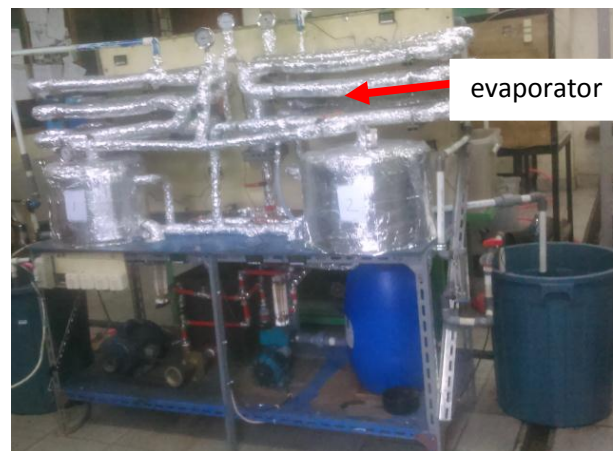
Gambar 4 Tube bagian dalam pada evaporator

Pada tube bagian luar evaporator sebagai tempat untuk wadah air yang akan didinginkan menggunakan tube elastis yang mampu mengikuti alur tube tembaga dengan diameter luar 0,0254 cm yang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Tube bagian luar evaporator

Evaporator jenis *tube in tube heat exchanger* pada sistem adsorpsi kapasitas 5000 Btu/h dengan pasangan karbon aktif-metanol sebagai adsorben-adsorbat dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 adsorpsi cooling system

Kesimpulan

Simpulan yang didapat dari Kajian perancangan evaporator jenis *tube in tube heat exchanger* kapasitas 5000 btu/h dengan pasangan karbon aktif-metanol sebagai *adsorben-adsorbat* adalah Besar luas permukaan koil dengan menggunakan tembaga untuk evaporator dengan pembebanan 5000 Btu/h adalah 0,457 m² dan besar panjang persisi evaporator adalah 65 cm dengan tube bagian dalam berukuran 0,0127 m dan 0,0254 m untuk tube bagian luar.

Ucapan Terimakasih

Tanpa dukungan dan bantuan orang-orang disekitas penulis, perancangan evaporator ini belum tentu dapat diselesaikan dengan baik. Untuk itu Penulis mengucapkan terimakasih buat Dr.Awaludin Martin, Mintarto,ST dan Pipin yang telah membantu pengerjaan pembuatan alat adsorpsi sehingga dapat selesai sedemikian rupa.

Daftar Pustaka

- [1] World Meteorologi Organization Global Ozon Research and Monitoring Project. 2007. *Scientific Assesment of Ozon Depletion 2006* (World Meteorological Organization, Geneva), Report 50.
- [2] Kruse, H, 2000. Refrigerant Use In Europe. ASHRAE Journal, September 2000. Available from: URL: <http://www.ashraejournal.org>.
- [3] Nasruddin. 2003. Natural Refrigerants in Indonesia : Challenge and Opportunity (Presented in ISSM Delft, The Netherland). Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, the University of Indonesia.
- [4] UNEP. 1999. Study on the Potential for Hydrocarbon Replacements in Existing Domestic and Small Commercial Refrigeration Appliances.
- [5] Wang, R.Z., Wu, J.Y., Dai, Y.J. *et al.* (2003) *Adsorption Refrigeration*, China Machine Press, Beijing, ISBN:7-111-09532-4 (in Chinese).
- [6] Taufan. 2008. “Pengujian Alat Pendingin Sistem Adsorpsi dengan Modifikasi pada Komponen Kondensor, Reservoir, Katup Ekspansi dan Evaporator”. Skripsi Sarjana. Program Studi Sarjana Teknik Mesin UI.
- [7] Dubinin, M.M (1975) in progress surface and membrane science (ed D.A cadenhead), academic press, NEW YORK.
- [9] Cengel. Yunus a.1989. Thermodynamics an engineering approach. New York; mc graw hill education.