

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT PENUKAR KALOR DESORBER JENIS *FINNED TUBE* PADA SISTEM ADSORPSI *DOUBLE BED ADSORBER* DENGAN SILIKA GEL-AIR SEBAGAI PASANGAN ADSORBEN-ADSORBAT

Aldi Ansyah Kurniawan Lubis¹, Awaludin Martin²

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

¹aldiansyahkurniawan26@gmail.com, ²awaludinmartin01@gmail.com

ABSTRACT

The issue of global warming and the amount of energy consumption is one of the biggest problems of the air conditioning system and refrigeration used today, so technology that is environmentally friendly and also energy efficient is needed. The adsorption cooling system is one of the technologies for air conditioning and refrigeration systems that are energy efficient and environmentally friendly because the refrigerants used do not contain haolocarbon and not using compressors in the system so that it saves energy. In this study a double bed adsorber adsorption system with silica gel-water is designed as an adsorbent-adsorbate. as an adsorbent-adsorbate. The adsorption cooling system contains 2 adsorber and finned and tube pieces as heat exchangers. Where the fin uses 1 mm thick alumanium and the tube uses copper outer diameter of 9.52 mm with a time of adsorption and desorption for 20 minutes.

Keywords : *Adsorption, Design, Adsorben, Adsorbat.*

1. Pendahuluan

Teknologi mesin pendingin saat ini mempengaruhi kehidupan dunia modern, tidak hanya terbatas untuk peningkatan kualitas dan kenyamanan hidup, namun juga sudah menyentuh hal-hal esensial penunjang kehidupan manusia. Teknologi mesin pendingin memiliki kontribusi langsung pada kerusakan lingkungan, diantaranya penipisan lapisan ozon dan pemanasan global melalui kebocoran dan buangan refrigeran sintesis CFC (*chlorofluorocarbon*) dan HFC (*hydrofluorocarbon*) ke lingkungan [1]

Pentingnya kelestarian lingkungan hidup dan isu-isu mengenai penghematan energi di Era Global ini menuntut manusia untuk lebih sadar dan arif dalam pemanfaatan teknologi. Berdasarkan data statistik PLN (Persero) tahun 2013, pencapaian rasio elektrifikasi seluruh Indonesia baru mencapai 78,06% pada tahun 2013. Kelistrikan di Indonesia di dominasi oleh sistem pengkondisian udara di gedung-gedung besar. Rasio ini dengan pertumbuhan jumlah pelanggan rumah tangga dari 42.219.780 pelanggan pada akhir tahun 2012 menjadi 50.116.127 pelanggan pada akhir tahun 2013 [2].

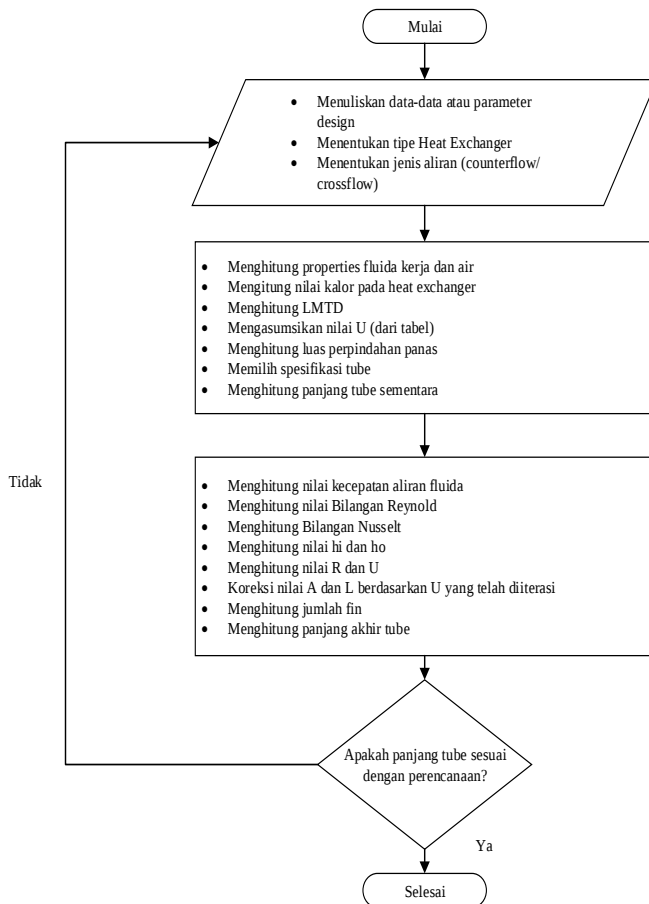
Maka perancangan sistem pendingin adsorpsi ini diharapkan mampu untuk menjawab tantangan kerusakan lingkungan dan upaya penghematan energi [3].

Beberapa penelitian yang dilakukan didalam negeri maupun diluar negeri meneliti sekaligus mengembangkan sistem pendingin adsorpsi diantaranya adalah Ramiji (2014), melakukan penelitian *double bed adsorber cooling* dengan

kapasitas pendinginan sebesar 0,65 kW dengan temperatur desorpsi 90 °C dengan temperatur adsorpsi 40 °C dengan kondensor dan evaporator *finned tube aluminium heat exchanger* dengan kadar methanol 455 ml dengan waktu 1200 s menghasilkan temperatur evaporasi 15 °C [4], sedangkan penilitan yang dilakukan penulis menggunakan silika gel-air sebagai pasangan *adsorben-adsorbat* dan menggunakan 3,4 kg silika gel untuk 1 L air.

2. Metodologi

Jenis alat penukar kalor yang dirancang dalam penelitian ini adalah *shell and tube*. Dimana *shell* dari alat penukar kalor ini adalah tabung yang terbuat dari baja, sehingga panas akan lebih terjaga di dalam tabung. Dan dalam tube menggunakan *fin* untuk memperluas perpindahan panasnya. Diagram alir perancangan dapat dilihat dari gambar 1.



Gambar 1 Diagram Alir Perancangan

Pada penelitian ini pasangan *adsorbent* dan *adsorbat* yang digunakan adalah pasangan *silica gel*-air. Hal ini karena *silica gel*-air dapat bekerja pada temperatur rendah yaitu antara 50°C-100 °C seperti yang terlihat pada Tabel 1 [5].

Tabel 1 Karakteristik Pasangan *adsorption cooling*

Refrigerant	AC, ACI	AC, ACI	AC, ACI	AC, ACI	Mix gel	water
Characteristic	Ammonia	Nitrogen	Hydrogen	Helium	water	water
Operating pressure	vac	vacuum	vacuum	vac	vacuum	vacuum
Generating temperature °C	40-20	40-10	40-10	40-10	50-10	20-10
Adsorption capacity kg/kg	1.25	1.40	1.18	1.18	1.30	1.17
Refrigerant boiling point °C	-34	0	79	-48	100	100
Refrigerant latent heat of vaporization kJ/kg	1368	1182	842	217	226	226
Adsorption heat kJ/kg	100-200	100-200	120-400	100-200	200-200	220-420
Cooling density	Cooling power	200 W/kg	100-100 W/kg	-	180 W/kg	90-150 W/kg
	Cooling effect	-	-	100-100 kJ/kg	57 kJ/kg	-

2.1 Parameter Perhitungan

Berdasarkan [6], maka dapat dirancang alat penukar kalor (adsorber) dengan menggunakan persamaan-persamaan [6] :

Untuk mencari nilai Q_h dan Q_c , persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$Q_h = Q_c = \dot{m} \cdot \Delta h = \dot{m} \cdot CP \cdot \Delta T \quad (1)$$

Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai *Logarithmic Mean Temperature Difference* (LMTD) atau dilambangkan dengan ΔT_{lm} .

$$\Delta T_{lm} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2})} \quad (2)$$

Kecepatan rata-rata dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$V_{air} = \frac{\dot{m}_h}{\rho \cdot A} \quad (3)$$

Dimana V kecepatan fluida akan digunakan untuk menghitung nilai bilangan Reynold sehingga dapat mengetahui jenis aliran dari fluida tersebut. Persamaan yang digunakan adalah:

$$Re = \frac{\rho V D_i}{\mu} \quad (4)$$

Setelah menghitung bilangan Reynold, maka selanjutnya adalah menghitung nilai Bilangan Nusselt. Bilangan Nusselt ditentukan berdasarkan konstruksi *tube* dan jumlah bilangan reynoldnya. Persamaan yang digunakan untuk mencari bilangan nusselt dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Nusselt Number [6]

Arrangement	Range of Re_D	Correlation
In-line	0-100	$Nu_D = 0.9 Re_D^{0.4} Pr^{0.36} (Pr/Pr_s)^{0.25}$
	100-1000	$Nu_D = 0.52 Re_D^{0.5} Pr^{0.36} (Pr/Pr_s)^{0.25}$
	1000- 2×10^5	$Nu_D = 0.27 Re_D^{0.63} Pr^{0.36} (Pr/Pr_s)^{0.25}$
	$2 \times 10^5 - 2 \times 10^6$	$Nu_D = 0.033 Re_D^{0.8} Pr^{0.4} (Pr/Pr_s)^{0.25}$
Staggered	0-500	$Nu_D = 1.04 Re_D^{0.4} Pr^{0.36} (Pr/Pr_s)^{0.25}$
	500-1000	$Nu_D = 0.71 Re_D^{0.5} Pr^{0.36} (Pr/Pr_s)^{0.25}$
	1000- 2×10^5	$Nu_D = 0.35 (S_T/S_L)^{0.2} Re_D^{0.6} Pr^{0.36} (Pr/Pr_s)^{0.25}$
	$2 \times 10^5 - 2 \times 10^6$	$Nu_D = 0.031 (S_T/S_L)^{0.2} Re_D^{0.8} Pr^{0.36} (Pr/Pr_s)^{0.25}$

Setelah bilangan Nusselt diketahui maka menghitung laju perpindahan panas menggunakan persamaan:

$$h = \frac{k}{D} Nu \quad (5)$$

untuk menghitung nilai *total thermal resistance* (R) menggunakan persamaan:

$$R = \frac{1}{h_i A_i} + \frac{R_{f,i}}{A_i} + \frac{\ln(D_o/D_i)}{2\pi k L} + \frac{x}{k A_{fin}} + \frac{R_{f,o}}{A_o} + \frac{1}{h_o A_o} \quad (6)$$

Selanjutnya adalah menghitung nilai *overall heat coefficient*, U dengan cara iterasi, sehingga nilai U yang diinputkan sama/hampir sama dengan nilai outputnya atau hasil akhirnya. Untuk menghitung nilai U menggunakan persamaan:

$$U = \frac{1}{R} \quad (7)$$

Setelah nilai U didapat, maka dihitung nilai luas surface area (A_s) dengan persamaan :

$$A_s = \frac{Q}{U \cdot \Delta T_{lm}} \quad (8)$$

Kemudian mencari Luas *tube* per fin dengan persamaan :

$$A_{tube} = \pi \times D \times l \quad (9)$$

Selanjutnya dapat menghitung banyaknya fin dengan persamaan :

$$n = \frac{A_s}{A_{fin} + A_{tube}} \quad (10)$$

Langkah terakhir adalah menghitung panjang *tube* dengan persamaan :

$$L_{tube} = n \times x \quad (11)$$

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil dari perancangan desorber pada sistem adsorpsi *double bed adsorber* dengan pasangan silika gel-air sebagai pasangan adsorben-adsorbat dapat dilihat pada tabel 3:

Tabel 3 Data Masukan

Parameter	Hot Fluid (liquid)	Cold Fluid (gas)
T _{in} (°C)	80	33
T _{out} (°C)	70	75
m (kg/s)	0,049	0,034
Q (KW)	2,08	2,08
T _{ave} (°C)	75	54

Dengan menggunakan tabel *properties of saturated water* (Tabel A-9), maka diperoleh karakteristik fluida pada tabel 4:

Tabel 4 Properties Fluida

Parameter	Hot Fluid (liquid)	Cold Fluid (gas)
ρ (kg/m ³)	974,7	0,1002
C _p (J/kg.°C)	4193	1906,4
k (W/m.°C)	0,667	0,02072
u (kg/ms)	0,378·10 ⁻³	1,074·10 ⁻⁵
Pr	2,38	1
Material Tube : Tembaga, k = 385 W/m.°C		
D _o tube = 9,525 mm & D _i tube = 8,407 mm		
Arah Perpindahan Panas = <i>Counter Flow</i>		

Dengan bantuan *Ms. Office Excel*, maka data parameter perancangan dan properties fluida yang telah didapatkan akan dihitung sesuai dengan rumus/persamaan untuk merancang desorber, dan hasil yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 5:

Tabel 5 Hasil Perancangan Desorber

Parameter	Nilai
Bilangan Reynold air	19637
Bilangan Reynold refrigeran	356288
Bilangan Nusselt air	180,2
Bilangan Nusselt refrigeran	860,98
Laju perpindahan panas air (W/m ² .°C)	14314,99
Laju Perpindahan panas refrigeran (W/m ² .°C)	1848,85
Banyak fin	655,41
Panjang Tube (m)	7,2

Pembuatan desorber ini menggunakan *tube* berbahan tembaga. Dimana *tube* ini dipotong sepanjang 200 mm. Hasil dari *tube* yang telah dipotong dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2 Tube Sepanjang 200 mm

Setelah *tube* dipotong, ujung *tube* di *flare* (diperbesar) agar dapat disambung dengan *u-tube* maupun *tube* tembaga lainnya seperti pada gambar 3.



Gambar 3 Flare pada Ujung Tube

Kemudian membuat komponen untuk alat penukar kalor. Mula-mula fin setebal 1 mm diukur dan dipotong sesuai perancangan. Kemudian pada fin dilakukan proses *drill* sehingga akan terbentuk lubang-lubang untuk koil yang akan dimasukkan seperti gambar 4.



Gambar 4 Proses drill pada tube

Setelah fin terlubang, kemudian koil yang telah dipotong-potong diawal dimasukkan kedalam

lubang fin, kemudian dilakukan pengelasan seperti terlihat pada gambar 5 dan gambar 6.



Gambar 5 Proses Memasukkan Tube pada Fin



Gambar 6 Proses Pengelasan

Setelah semuanya selesai, maka perancangan alat penukar kalor telah selesai. Alat penukar kalor dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7 Alat Penukar Kalor Desorber

4. Simpulan

Simpulan dari penelitian ini yaitu telah berhasil dilakukan perancangan dan pembuatan desorber tipe *shell and tube* pada sistem Adsorpsi *Double Bed Adsorber* dengan pasangan silika gel-air sebagai pasangan adsorben-adsorbat. Desain desorber pada penelitian ini didapatkan OD tube 9,525 mm, ID tube 8,407 mm, panjang tube 7,09 m, dan jumlah fin adalah 644.

Daftar Pustaka

- [1] McMullan, J. T. 2002. Refrigeration and The Environment-Issues and Strategies for the Future. *International Journal of Refrigeration* Vol.25, pp.89-99.
- [2] Ramadoni, Syahputra. 2006. "Transmisi Dan Distribusi Tenaga Listrik". Yogyakarta: LP3M UMY.
- [3] Panjaitan, J. 2016. Perancangan evaporator jenis tube in tube heat exchanger pada sistem adsorpsi kapasitas 5000 BTU/h dengan pasangan karbon aktif-metanol sebagai adsorben-adsorbat. *JOM Fteknik*. 3 (2): 1-5
- [4] Ramiji, 2014. "Parametric study and simulation of a heat-driven adsorber for air conditioning system employing actived carbon-methanol working pair". *International Collage of Advanced Technology Sarawak (ICATS)*. 324-333.
- [5] Masoud, A. R. 2012." Theoretical And Experimental Investigation Of Silica Gel/Water Adsorption Refrigeration Systems." *School of Mechanical EngineeringCollege of Engineering and Physical Science The University of Birmingham*.
- [6] Cengel, Yunus A, and Michael Boles. 2006. *Thermodynamics An Engineering Aproach*. Book. 5th Intern. McGraw-Hill.