



INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research

Volume 4 Nomor 4 Tahun 2024 Page 15134-15142

E-ISSN 2807-4238 and P-ISSN 2807-4246

Website: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative>

Pengaruh *Heat Exchanger* Pada Pipa Ganda Dengan Variasi Jumlah Dan Jarak Sirip

Veny SelviyantyYH^{1✉}, Risal Abu²

Universitas Ekasakti

Email: venyselviyant@gmail.com^{1✉}

Abstrak

Heat Exchanger banyak digunakan diberbagai industri karena mempunyai beberapa keuntungan, *heat exchanger* mempunyai koefisien perpindahan kalor menyeluruh sehingga mampu mentransfer kalor dan mempunyai penurunan tekanan (ΔP) yang rendah, masalahnya untuk memperkecil penurunan tekanan tetapi koefisien perpindahan kalornya tinggi sangat susah. Penelitian ini mencoba memberikan solusi dengan penambahan sirip berbentuk *Delta Wing*, dengan bahan yaitu aluminium, tembaga, Stainless steel serta memvariasikan jarak dan jumlah sirip pada pipa bagian dalam (*tube*) sehingga menghasilkan alat penukar kalor yang memiliki koefisien perpindahan kalor yang tinggi dan mempunyai penurunan tekanan yang rendah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Variasi jarak sirip delta wing Pada aluminium 6.55%, tembaga 6,4 % dan stainless steel 11,61 %, Variasi jumlah sirip delta wing Pada bahan aluminium 18,36 %, tembaga 17,98 %, stainless steel 20,18% berarti pengaruh variasi jarak dan jumlah sirip pada permukaan *tube* dapat meningkatkan koefisien perpindahan kalor dengan peningkatan 3% untuk variasi 4/10 terhadap 4/20 dan menaikkan penurunan tekanan.

Kata Kunci: *Perpindahan Panas, Pipa Ganda, Jumlah Dan Jarak Sirip.*

Abstract

Heat exchangers are widely used in various industries because they have several advantages, heat exchangers have an overall heat transfer coefficient so they are able to transfer heat and have a low pressure drop (ΔP), the problem is to reduce the pressure drop but have a high heat transfer coefficient which is very difficult. This research tries to provide a solution by adding Delta Wing shaped fins, with materials namely aluminum, copper, stainless steel and varying the distance and number of fins on the inner pipe (tube) to produce a heat exchanger that has a high heat transfer coefficient and has a pressure drop. the low one. The results showed that the variation in delta wing fin spacing in aluminum was 6.55%, copper 6.4% and stainless steel 11.61%, variation in the number of delta wing fins in aluminum 18.36%, copper 17.98%, stainless steel 20, 18% means that the effect of varying the distance and number of fins on the tube surface can increase the heat transfer coefficient with an increase of 3% for variations of 4/10 to 4/20 and increase the pressure drop

Keywords: *Heat Transfer, Double Pipe, Number And Spacing Of Fins*

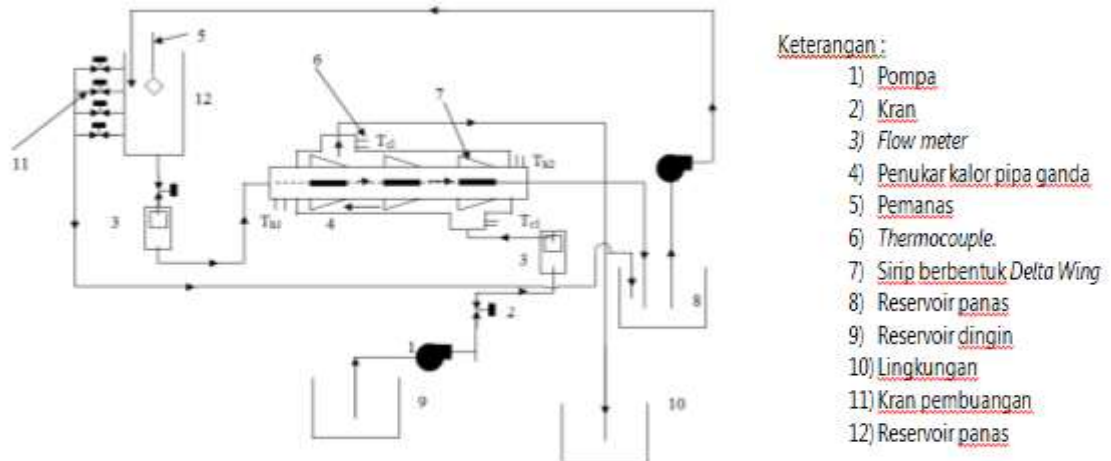
PENDAHULUAN

Heat Exchanger adalah peralatan yang digunakan untuk melakukan proses pertukaran kalor antara dua fluida, baik cair (panas atau dingin) maupun gas, dimana fluida ini mempunyai temperatur yang berbeda. Dalam aplikasi *Heat Exchanger* di lapangan banyak permasalahan yang masih ditimbulkan, misalnya panas yang ditransfer oleh *Heat Exchanger* belum maksimal, terjadinya penurunan tekanan sehingga kerja pompa menjadi berat. Hal ini berindikasi pada tingginya biaya untuk listrik dan perawatan.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan memperluas bidang perpindahan kalor, membuat aliran turbulen dalam pipa serta memakai bahan yang mempunyai konduktivitas yang tinggi. Untuk memperluas permukaan *Heat Exchanger* ada yang dilakukan dengan memperbesar permukaan pipa bagian dalam dan ada yang dilakukan dengan penambahan sirip pada pipa bagian dalamnya yang sekaligus membentuk aliran turbulen pipa bagian luarnya. Namun adanya sirip tersebut akan menaikkan penurunan tekanan (*Pressure Drop*). Hal ini menjadi masalah yang perlu dikaji lebih jauh terutama untuk memperkecil penurunan tekanan tetapi koefisien perpindahan kalornya masih tetap tinggi. Menyadari hal tersebut penulis mencoba memberikan solusi dengan penambahan sirip berbentuk *Delta Wing*, pada berbagai bahan yaitu: aliminium, tambaga, Stainless steel, memvariasi jarak dan jumlah sirip pada pipa bagian dalam (*tube*) serta pada alat penukar kalor pipa ganda

METODE PENELITIAN

Peralatan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah berupa alat penukar kalor pipa ganda dan dilengkapi dengan peralatan atau instrument-instrumen penunjang lainnya



Gambar 1: Skema alat uji

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah

- 1) Variasi jumlah sirip: Jumlah sirip yang digunakan dalam penelitian ini adalah 4 dan 6
- 2) Variasi jarak sirip: Jarak antar sirip dapat divariasikan dari 10 cm, 15 cm, 20 cm. untuk mengetahui pengaruh kerapatan sirip terhadap koefisien perpindahan kalor menyeluruh
- 3) Variasi bahan sirip: Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Aluminium, *Stainless Steel*, Tembaga untuk mengetahui koefisien perpindahan kalor pada masing-masing bahan dengan menggunakan variasi sirip

Pengumpulan data ini dilakukan secara langsung dengan melakukan eksperimen pada alat penukar kalor pipa ganda. Prinsip kerja alat uji ini adalah sebagai berikut:

Air yang ada dalam reservoir dipanaskan menggunakan pemanas (*heater*) sampai temperatur yang diinginkan dan temperatur dijaga agar tetap konstan. Untuk mengetahui suhu air digunakan thermometer digital. Sebelum air dialirkan ke alat uji, kita harus menentukan jenis bahan dengan jumlah dan jarak sirip yang akan digunakan untuk penelitian, yaitu dimulai dari bahan Aluminium dengan jumlah sirip 4 dan jarak 10 cm sampai semua variasi yang dipakai dalam penelitian. Setelah temperatur yang dikehendaki tercapai dan sudah konstan, kemudian air panas tersebut dialirkan ke dalam pipa bagian dalam (*tube*) dengan membuka kran uji dan dialirkan ke pompa untuk dinaikkan kembali ke reservoir. Dengan bantuan pompa, air dingin dialirkan ke dalam pipa bagian luar (*shell*) dari reservoir untuk dibuang ke lingkungan. Jika fluida panas dan dingin tersebut telah mengalir dengan konstan baru diambil data yang diperlukan. Untuk mengetahui suhu yang masuk dan keluar baik dari *Tube* atau *Shell* digunakan Thermometer digital, dan

untuk mengetahui debit yang masuk baik dalam *tube* atau *Shell* digunakan *flow meter*, sehingga akan didapatkan data-data yang diperlukan. Percobaan ini diulang sampai tiga kali kemudian hasilnya di rata-rata sehingga didapatkan hasil yang maksimal

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data eksperimen yang diperoleh dari hasil pengolahan data disusun dalam bentuk tabel dan grafik. Grafik ini terdiri dari beberapa hubungan antar variabel yang diamati, yaitu grafik koefisien perpindahan kalor total (U_c), laju perpindahan kalor (Q_c), penurunan tekanan (ΔP). Dari berbagai grafik tersebut diharapkan dapat mengungkap fenomena yang menjadi permasalahan dalam penelitian ini yaitu adanya pengaruh variasi jarak dan jumlah sirip bentuk delta wing terhadap koefisien perpindahan kalor total dan kenaikan penurunan tekanan pada alat penukar kalor pipa ganda

Tabel 1. Kalibrasi Debit *tube*

No	Gejas ukur				Flow			
	Vol (lit)	t (det)	Debit (lit/s)	Debit rata2 (lit/s)	Vol(m)	t(d)	Debit (lit/s)	Debit rata2
1	0.705	2.9	0.243	0.247	1	4.19	0.238	0.24
	0.720	2.9	0.248		1	4.13	0.242	
	0.640	2.6	0.246		1	4.03	0.245	
2	0.715	2.8	0.255	0.245	1	4.05	0.246	0.24
	0.645	2.6	0.248		1	4.24	0.236	
	0.675	2.8	0.232		1	4.16	0.240	
3	0.685	2.9	0.236	0.242	1	4.17	0.239	0.24
	0.613	2.6	0.236		1	4.23	0.236	
	0.665	2.8	0.235		1	4.05	0.246	
4	0.715	2.9	0.246	0.238	1	4.15	0.240	0.23
	0.655	2.8	0.233		1	4.07	0.245	
	0.660	2.8	0.235		1	4.28	0.233	
5	0.620	2.7	0.229	0.233	1	4.16	0.240	0.23
	0.705	2.8	0.243		1	4.27	0.234	
	0.640	2.9	0.228		1	4.03	0.248	
6	0.620	2.8	0.221	0.227	1	4.28	0.234	0.23
	0.633	2.7	0.227		1	4.17	0.239	
	0.650	2.8	0.234		1	4.13	0.240	

Tabel 2. Kalibrasi Debit *shell*

No	Gejas				Flow meter			
	Vol (lit)	t (det)	Debit (lit/s)	Debit rata2 (lit/s)	Vol(m)	t(d)	Debit (lit/s)	Debit rata2 (lit/s)
1	1.620	3.4	0.476	0.472	1	2.10	0.476	0.48
	1.710	3.6	0.475		1	2.00	0.500	
	1.720	3.7	0.465		1	2.15	0.485	
2	1.745	3.7	0.471	0.473	1	2.18	0.458	0.48
	1.700	3.6	0.483		1	2.00	0.500	
	1.700	3.5	0.485		1	2.00	0.500	
3	1.710	3.6	0.475	0.474	1	2.00	0.500	0.48
	1.810	3.9	0.464		1	2.00	0.500	
	1.595	3.3	0.483		1	2.18	0.487	
4	1.800	3.4	0.471	0.475	1	2.00	0.500	0.48
	1.590	3.3	0.481		1	1.98	0.505	
	1.655	3.5	0.472		1	1.15	0.460	
5	1.745	3.6	0.484	0.470	1	0.94	0.515	0.48
	1.800	3.6	0.481		1	2.15	0.480	
	1.590	3.5	0.462		1	2.05	0.487	
6	1.715	3.6	0.478	0.478	1	1.97	0.507	0.48
	1.890	3.5	0.474		1	2.00	0.500	
	1.895	3.5	0.484		1	2.15	0.485	

Tabel 3. Data penelitian untuk bahan stainless steel

Pilih	Jumlah Serp	SHELL			TUBE		
		$T_1 (^{\circ}\text{C})$	$T_2 (^{\circ}\text{C})$	ΔP (mm)	$T_1 (^{\circ}\text{C})$	$T_2 (^{\circ}\text{C})$	
10	4	21	27	30	77	64	
		21	27	33	77	64	
		21	27	35	76	64	
	6	$T_{1, \text{shell}} = 21$	$T_{2, \text{shell}} = 27$	$\Delta P_{\text{shell}} = 35.3$	$T_{1, \text{tube}} = 76.67$	$T_{2, \text{tube}} = 64$	
		21	28	33	78	63	
		21	28	34	78	63	
		21	28	35	77	63	
		$T_{1, \text{shell}} = 21$	$T_{2, \text{shell}} = 28$	$\Delta P_{\text{shell}} = 39$	$T_{1, \text{tube}} = 77.67$	$T_{2, \text{tube}} = 63$	
		21	28	33	79	60	
	8	21	28	33	78	60	
		21	28	33	78	60	
		21	28	32	78	60	
$T_{1, \text{shell}} = 21$		$T_{2, \text{shell}} = 28$	$\Delta P_{\text{shell}} = 32.67$	$T_{1, \text{tube}} = 78.3$	$T_{2, \text{tube}} = 60$		
21		27	35	78	60		
21		27	36	78	60		
15	4	21	28	33	78	65	
		21	28	33	78	65	
		21	28	32	78	65	
	6	$T_{1, \text{shell}} = 21$	$T_{2, \text{shell}} = 28$	$\Delta P_{\text{shell}} = 32.67$	$T_{1, \text{tube}} = 78.3$	$T_{2, \text{tube}} = 65$	
		21	27	35	78	65	
		21	27	36	78	65	
		21	28	35	78	65	
		$T_{1, \text{shell}} = 21$	$T_{2, \text{shell}} = 27.3$	$\Delta P_{\text{shell}} = 35.67$	$T_{1, \text{tube}} = 78.3$	$T_{2, \text{tube}} = 65.3$	
		21	28	33	78	65	
	20	4	21	28	33	78	65
			21	28	32	78	65
			21	28	32	78	65
6		$T_{1, \text{shell}} = 21$	$T_{2, \text{shell}} = 28.3$	$\Delta P_{\text{shell}} = 32.3$	$T_{1, \text{tube}} = 78.3$	$T_{2, \text{tube}} = 65.3$	
		21	28	34	78	67	
		21	28	33	78	67	
		21	27	33	77	66	
		$T_{1, \text{shell}} = 21$	$T_{2, \text{shell}} = 26.3$	$\Delta P_{\text{shell}} = 33.3$	$T_{1, \text{tube}} = 77.67$	$T_{2, \text{tube}} = 66.3$	
		21	28	33	78	66	

Tabel 4 . Data penelitian untuk bahan Tembaga

Pilih	Jumlah Serp	SHELL			TUBE		
		$T_1 (^{\circ}\text{C})$	$T_2 (^{\circ}\text{C})$	ΔP (mm)	$T_1 (^{\circ}\text{C})$	$T_2 (^{\circ}\text{C})$	
10	4	21	28	36	76	62	
		21	28	35	77	62	
		21	28	35	77	62	
	6	$T_{1, \text{shell}} = 21$	$T_{2, \text{shell}} = 28.3$	$\Delta P_{\text{shell}} = 35.3$	$T_{1, \text{tube}} = 77.3$	$T_{2, \text{tube}} = 62$	
		21	28	36	76	62	
		21	28	36	76	61	
		21	30	38	76	61	
		$T_{1, \text{shell}} = 21$	$T_{2, \text{shell}} = 28.3$	$\Delta P_{\text{shell}} = 35.67$	$T_{1, \text{tube}} = 76.67$	$T_{2, \text{tube}} = 61.3$	
		21	27	33	76	64	
	8	21	27	33	76	64	
		21	28	32	77	63	
		$T_{1, \text{shell}} = 21$	$T_{2, \text{shell}} = 27.67$	$\Delta P_{\text{shell}} = 32.67$	$T_{1, \text{tube}} = 77.67$	$T_{2, \text{tube}} = 63.67$	
21		28	36	78	61		
21		29	36	76	61		
21		30	35	77	61		
15	4	21	28	35	78	65	
		21	27	32	78	65	
		21	28	32	77	63	
	6	$T_{1, \text{shell}} = 21$	$T_{2, \text{shell}} = 27.67$	$\Delta P_{\text{shell}} = 32.67$	$T_{1, \text{tube}} = 77.67$	$T_{2, \text{tube}} = 63.67$	
		21	28	36	78	61	
		21	29	36	76	61	
		21	30	35	77	61	
		$T_{1, \text{shell}} = 21$	$T_{2, \text{shell}} = 29$	$\Delta P_{\text{shell}} = 35.67$	$T_{1, \text{tube}} = 77.67$	$T_{2, \text{tube}} = 61$	
		21	28	35	78	65	
	20	4	21	27	32	78	65
			21	27	32	77	64
			21	27	32	77	64
6		$T_{1, \text{shell}} = 21$	$T_{2, \text{shell}} = 27.3$	$\Delta P_{\text{shell}} = 32.3$	$T_{1, \text{tube}} = 77.67$	$T_{2, \text{tube}} = 64.67$	
		21	28	34	77	63	
		21	28	33	77	63	
		21	28	33	76	62	
		$T_{1, \text{shell}} = 21$	$T_{2, \text{shell}} = 26$	$\Delta P_{\text{shell}} = 33.3$	$T_{1, \text{tube}} = 76.67$	$T_{2, \text{tube}} = 62.3$	
		21	28	33	78	66	

Tabel 5 . Data penelitian untuk bahan Aluminium

Pilih	Jumlah Serp	SHELL			TUBE	
		$T_1 (^{\circ}\text{C})$	$T_2 (^{\circ}\text{C})$	ΔP (mm)	$T_1 (^{\circ}\text{C})$	$T_2 (^{\circ}\text{C})$
10	4	21	28	36	78	63
		21	28	35	79	62
		21	28	35	76	61
	6	$T_{1, \text{shell}} = 21$	$T_{2, \text{shell}} = 28$	$\Delta P_{\text{shell}} = 35.3$	$T_{1, \text{tube}} = 78.67$	$T_{2, \text{tube}} = 62$
		21	28	36	78	62
		21	28	36	78	61
		21	30	38	77	60
		$T_{1, \text{shell}} = 21$	$T_{2, \text{shell}} = 28$	$\Delta P_{\text{shell}} = 38.67$	$T_{1, \text{tube}} = 77.67$	$T_{2, \text{tube}} = 61$
		21	27	33	77	64
	8	21	27	33	77	64
		21	28	32	76	63
		$T_{1, \text{shell}} = 21$	$T_{2, \text{shell}} = 27.3$	$\Delta P_{\text{shell}} = 32.67$	$T_{1, \text{tube}} = 78.67$	$T_{2, \text{tube}} = 63.67$
21		28	36	78	63	
21		28	36	78	62	
21		29	36	77	62	
15	4	21	28	36	77	63
		21	28	35	77	63
		21	28	32	76	63
	6	$T_{1, \text{shell}} = 21$	$T_{2, \text{shell}} = 28.3$	$\Delta P_{\text{shell}} = 36$	$T_{1, \text{tube}} = 77.67$	$T_{2, \text{tube}} = 62.3$
		21	27	33	77	64
		21	27	32	77	63
		21	27	32	76	63
		$T_{1, \text{shell}} = 21$	$T_{2, \text{shell}} = 27$	$\Delta P_{\text{shell}} = 32.3$	$T_{1, \text{tube}} = 76.67$	$T_{2, \text{tube}} = 64.3$
		21	27	34	78	64
	8	21	28	33	78	63
		21	28	33	77	63
		21	28	33	77	63
$T_{1, \text{shell}} = 21$		$T_{2, \text{shell}} = 27.67$	$\Delta P_{\text{shell}} = 33.3$	$T_{1, \text{tube}} = 77.67$	$T_{2, \text{tube}} = 63.67$	
21		27	33	77	63	
21		28	33	77	63	

Data eksperimen yang diperoleh dari hasil pengolahan data disusun dalam bentuk tabel dan grafik. Grafik ini terdiri dari beberapa hubungan antar variabel yang diamati, yaitu grafik koefisien perpindahan kalor total (U_c), laju perpindahan kalor (Q_c), penurunan tekanan (ΔP). Dari berbagai grafik tersebut diharapkan dapat mengungkap fenomena yang menjadi permasalahan dalam penelitian ini yaitu adanya pengaruh variasi jarak dan jumlah

sirip bentuk delta wing terhadap koefisien perpindahan kalor total dan kenaikan penurunan tekanan pada alat penukar kalor pipa ganda

Tabel 6. Tabel koefisien perpindahan kalor total (U_c) dan penurunan tekanan (N/m^2). Terhadap variasi pengujian

Bahan	Variasi	U_c (W/m^2C)	Penurunan Tekanan (N/m^2)
Tembaga	4/10	824.8140	4352.90
	4/15	731.5330	4028.59
	4/20	680.6850	3982.97
	6/10	1186.567	3768.46
	6/15	1158.999	4398.53
	6/20	998.6770	4106.28
Aluminium	4/10	793.7820	4352.90
	4/15	659.5020	4028.59
	4/20	655.7030	3982.97
	6/10	1150.690	4768.46
	6/15	1033.622	4439.22
	6/20	922.5680	4106.28
Stainless Steel	4/10	657.9720	4352.90
	4/15	511.3510	4028.59
	4/20	468.0190	3982.97
	6/10	990.5110	4809.16
	6/15	848.0690	4398.53
	6/20	703.2100	4106.28

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa semakin besar nilai koefisien perpindahan kalor total mempunyai kecenderungan semakin besar pula penurunan tekanan yang terjadi. Hal ini dapat dilihat pada variasi jumlah sirip 6 dengan jarak sirip 10 cm (6/10) penurunan tekanan yang terjadi adalah $4768.46 N/m^2$ sedangkan nilai koefisien perpindahan kalor total pada aluminium adalah $1150.69 W/m^2C$, pada tembaga adalah $1186.567 W/m^2C$, dan pada stainless steel adalah $990.511 W/m^2C$. Sedangkan pada variasi (6/20) penurunan tekanan yang terjadi adalah $4106.28 (N/m^2)$. Nilai perpindahan kalor total pada aluminium adalah $922.568 W/m^2C$, pada tembaga $998.677 W/m^2C$, dan pada stainless steel adalah $703.210 W/m^2C$ (lihat tabel pada gambar 4.3).

Pada variasi jumlah sirip 4 dengan jarak sirip 20 cm penurunan tekanan yang terjadi adalah $3982.97 N/m^2$ sedangkan nilai koefisien perpindahan kalor total pada aluminium adalah $655.703 W/m^2C$, pada tembaga adalah $680.685 W/m^2C$, dan pada stainless steel adalah $468.019 W/m^2C$. Sedangkan pada variasi (4/10) penurunan tekanan yang terjadi adalah $4352.9 (N/m^2)$ nilai perpindahan kalor total pada tembaga $824.814 W/m^2C$, Aluminium $793.782 W/m^2C$, dan pada stainless steel $657.972 W/m^2C$. Hal ini disebabkan fluida yang mengalir pada variasi jumlah sirip 6 dengan jarak sirip 10cm (6/10) cenderung lebih lambat dibandingkan pada variasi (6/20). Begitu juga fluida yang mengalir pada variasi (4/10) lebih lambat dibanding variasi (4/20), sehingga kontak antar fluida panas yang mengalir pada sisi *tube* dengan fluida dingin pada sisi *shell* lebih lama. Dengan demikian jumlah kalor yang ditransfer dari *tube* ke *shell* akan semakin besar.

Besarnya kenaikan tekanan pada masing – masing variasi yang diuji dimungkinkan karena perbedaan jumlah sirip yang dipasang pada masing- masing alat penukar kalor

sehingga lintasan partikel fluida yang melewati saluran menjadi sempit. Selain itu, pola aliran fluida juga turut berpengaruh terhadap kerugian tekanan dimana fluida yang mengalir sepanjang pipa mengalami perubahan seiring dengan penambahan jumlah sirip. Dalam proses perancangan alat penukar kalor pipa ganda faktor kerugian tekanan perlu dipertimbangkan secara matang. Hal ini terkait dengan kehandalan alat penukar kalor dimana alat penukar kalor yang baik adalah memiliki koefisien perpindahan kalor total yang besar, tetapi kerugian tekanannya sekecil mungkin.

Data penelitian memperlihatkan bahwa besarnya laju perpindahan kalor pada alat penukar kalor pipa ganda dengan variasi jumlah sirip 4 dan 6 dengan jarak sirip yang dipakai dalam penelitian pada berbagai bahan yang diuji memberikan hasil yang berbeda. Harga rerata laju perpindahan kalor untuk bahan tembaga pada berbagai variasi jumlah dan jarak sirip tampak lebih besar dibandingkan dengan lainnya. Selanjutnya diikuti oleh bahan aluminium dan yang paling rendah adalah menggunakan bahan stainless steel

Hal ini disebabkan karena bahan tembaga mempunyai nilai konduktivitas bahan yang lebih tinggi dibandingkan dengan aluminium maupun stainless steel sehingga laju perpindahan kalor pada bahan tembaga cenderung lebih besar daripada yang lainnya. Perolehan nilai laju perpindahan kalor pada berbagai bahan tersebut akan mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya jumlah pemasangan sirip pada sisi *tube* selain itu, penurunan tekanan sebagai akibat penambahan sirip pada *tube* di sisi *Shell* juga turut mempengaruhi nilai laju perpindahan kalor. Hal ini dimungkinkan karena fluida yang mengalir pada sisi *shell* menjadi lebih lambat, sehingga transfer kalor dari fluida panas yang berada di *tube* dengan fluida dingin yang berada di *shell* lebih lama

SIMPULAN

Setelah melaksanakan pengujian pada alat penukar kalor pipa ganda dan pengambilan data serta pembahasannya maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

Variasi jarak sirip delta wing berpengaruh terhadap peningkatan nilai koefisien perpindahan kalor total. Pada bahan aluminium pengaruh terbesar pada variasi 4/10 dengan peningkatan 6.55% dibanding pada variasi 4/20, kemudian pada variasi 6/10 mengalami peningkatan 7.35 % dibanding variasi 6/20. Pada bahan tembaga pengaruh terbesar pada variasi 4/10 dengan peningkatan 6,4 % dibanding variasi 4/20, kemudian pada variasi 6/10 mengalami peningkatan 5,62% dibanding variasi 6/20. Pada bahan stainless steel pengaruh terbesar pada variasi 4/10 dengan peningkatan 11,61 % dibanding pada variasi 4/20, kemudian pada variasi 6/10 mengalami peningkatan 11,29 % dibanding pada variasi 6/20.

Variasi jumlah sirip delta wing berpengaruh terhadap peningkatan nilai koefisien perpindahan kalor total. Pada bahan aluminium pengaruh terbesar pada jumlah sirip 6 dengan peningkatan 18,36 % dibanding pada variasi jumlah sirip 4. Pada bahan tembaga pengaruh terbesar pada jumlah sirip 6 dengan peningkatan 17,98 % dibanding pada variasi jumlah sirip 4. Pada bahan stainless steel pengaruh terbesar pada jumlah sirip 6 dengan peningkatan 20,18 % dibanding variasi jumlah sirip 4 (semua diambil pada jarak 10 cm). Variasi jumlah dan jarak sirip delta wing berpengaruh terhadap peningkatan penurunan tekanan. Peningkatan terbesar pada variasi 4/10 dengan peningkatan 3 % dibanding dengan variasi 4/20, kemudian pada variasi 6/10 dengan peningkatan 4,98 % dibanding dengan variasi 6/20. Pada variasi yang sama 4/10 dengan bahan yang berbeda memberikan hasil nilai koefisien perpindahan kalor total yang berbeda. Bahan aluminium mempunyai nilai lebih besar 6.01 % dari stainless steel, dan tembaga mempunyai nilai 7.41 % lebih besar dari stainless steel.

DAFTAR PUSTAKA

- Webster,G,A, and Ainsworth,R,A., *High Temperature Component Life Assessment*, Chapman & Hall., USA 1993.
- Bambang Triatmodjo., *Mekanika Fluida*, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Sularso., "*Dasar-Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin*", PT. Pradnya Paramita, Jakarta. 1980
- Reynold,W.C., Perkins, H. C., 1979, *Termodinamika Teknik*, Edisi kelima, Penerbit Erlangga, Jakarta. Bruce R Munson.
- Holman, J. P., 1991, *Perpindahan Kalor*, Ed. 6, Jakarta: Erlangga.
- Incropera, F.P. dan DeWitt, D.P., 1990, *Fundamentals of Heat Transfer*, Ed. 3, New York : John Willey & Sons.
- Incropera, F.P. dan DeWitt, D.P., 2001, *Fundamentals of Heat Transfer*, Ed. 5, New York : John Willey & Sons.
- Koestoer, Raldi Artono, 2002, *Perpindahan Kalor Untuk Mahasiswa Teknik*, Ed. 1, Jakarta : Salemba Teknika.
- Kreith, Frank, 1997, *Prinsip-prinsip Perpindahan Panas*, Ed. 3, Jakarta: PT. Gelora Aksara Pratama.
- Prajitno, 2005, *Hand Out Perpindahan Kalor Lanjut*, Ed. 2, Jogjakarta: Universitas Gajah Mada.
- Streeter, V.L. dan Wylie, E. B., 1996, *Mekanika Fluida*, Ed. 8, Jakarta: Erlangga