

**INVESTIGASI PADA PENGARUH PENAMBAHAN FINS TERHADAP
TEMPERATUR FLUIDA SISTEM SHELL AND TUBE HEAT EXCHANGER
MENGUNAKAN CFD**

Mahesha Abdullah Hidayat¹, Wijaya Kusuma², Bandem Adyana³

Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Bali 80362

Email: eca.palem@gmail.com

KATA KUNCI

*Heat Exchanger,
Computational Fluid
Dynamic (CFD),
Simulasi, Suhu,
Permukaan
Tambahhan*

ABSTRACT

A heat exchanger is a device used to transfer heat from one fluid to another fluid without any direct contact between the fluids. However, basically the design of this tool can only produce differences in fluid inlet and outlet temperature values which are less effective. This research was conducted to investigate the effect of modifications commonly made to one of the heat exchanger components, namely the heat pipe, in the form of adding fins to the outer surface on the system fluid temperature. The heat exchanger modification analysis begins with collecting initial condition data and selecting fin variables, selecting the process and turbulence simulation model in the CFD application of heat exchanger design to determine the heat transfer phenomena that occur, and calculating the $\Delta TLMTD$ value of the heat exchanger before and after adding the fins. From the results of simulations and calculations, the heat exchanger after modification can produce more effective temperature values of $T_{h,o}$ and $T_{c,o}$. The best fins configuration reduces the $T_{h,o}$ value by 0.256 % (water) and 0.4% (n-pentane), and increases the $T_{c,o}$ value by 0.644 % (water) and 1.258 % (n-pentane). However, adding fins is not always effective for every configuration. The calculation also shows that the addition of fins does not have a good effect on the system $\Delta TLMTD$ value. The best value only increased by 0.0000004% from the value before modification, namely 96,868 K (water).

ABSTRAK

Heat Exchanger merupakan suatu alat yang digunakan untuk memindahkan panas dari satu fluida ke fluida lainnya tanpa adanya kontak langsung antara fluida tersebut. Namun pada dasarnya desain alat ini hanya dapat menghasilkan perbedaan nilai suhu keluar dan masuk fluida yang kurang efektif. Penelitian ini dilakukan untuk

menginvestigasi pengaruh modifikasi yang umum dilakukan pada salah satu komponen *heat exchanger* yaitu *heat pipe* yang berupa penambahan fins pada permukaan luar terhadap suhu fluida sistem. Analisa modifikasi *heat exchanger* diawali dengan pengambilan data kondisi inisial dan pemilihan variable fins, pemilihan proses dan model turbulence simulasi pada aplikasi CFD desain *heat exchanger* untuk mengetahui fenomena perpindahan panas yang terjadi, dan menghitung nilai $\Delta TLMTD$ *heat exchanger* sebelum dan sesudah ditambahkan fins. Dari hasil simulasi dan perhitungan, *heat exchanger* sesudah dimodifikasi dapat menghasilkan nilai suhu $T_{h,o}$ dan $T_{c,o}$ yang lebih efektif. Konfigurasi fins terbaik menurunkan nilai $T_{h,o}$ sebesar 0.256 % (air) dan 0.4% (n-pentana), dan meningkatkan nilai $T_{c,o}$ sebesar 0.644 % (air) dan 1.258 % (n-pentana). Namun penambahan fins tidak selamanya efektif untuk setiap konfigurasi. Pada perhitungan juga menunjukkan bahwa penambahan fins tidak berpengaruh baik pada nilai $\Delta TLMTD$ sistem. Dengan nilai terbaik hanya meningkat sebesar 0.0000004% dari nilai sebelum dimodifikasi yaitu 96.868 K (air).

PENDAHULUAN

Heat exchanger adalah suatu alat yang digunakan untuk memindahkan panas dari satu fluida ke fluida lainnya tanpa adanya kontak langsung antara fluida tersebut (Shanahan & Chalim, 2020). Alat ini berfungsi untuk mengontrol suhu dalam suatu sistem, dan meningkatkan efisiensinya. Karena sangat bermanfaat *heat exchanger* banyak digunakan di berbagai bidang industri, seperti di industri petrokimia, listrik, dan pendinginan mesin (Nurchayani Savitri, 2017). Oleh sebab itu, menurut (Ahmad, Riffat, Ahmad, & Riffat, 2020) *heat exchanger* disebut sebagai jantung dari sistem pemulihan energi.

Penambahan fins pada *heat pipe* merupakan modifikasi yang paling populer digunakan untuk meningkatkan kinerja *heat exchanger* (Arifuddin, 2021). Hal ini berhubungan dengan rumus perpindahan panas konveksi dimana luas permukaan perpindahan panas merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi nilai laju perpindahan panas. Namun, dari teori saja tidak diketahui dengan jelas apa pengaruh dari metode modifikasi ini terhadap fluida dalam *heat exchanger*. Maka dari itu, penulis ingin melakukan investigasi dengan melakukan simulasi pertukaran kalor pada *heat exchanger* sebelum dan sesudah ditambahkan fins menggunakan perangkat lunak CFD untuk mengetahui pengaruh modifikasi ini terhadap suhu fluida pendingin dan fluida panas sistem.

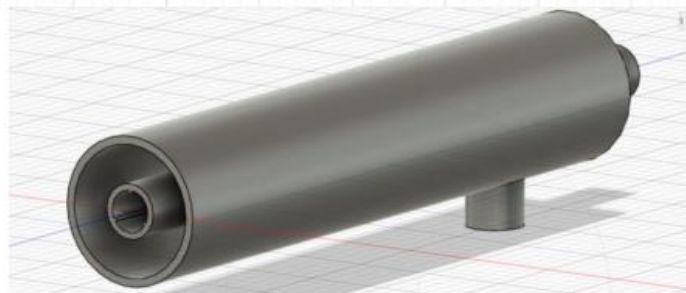
Penambahan fins (atau sirip) pada suatu sistem dapat memberikan beberapa manfaat terhadap temperatur fluida. Fins adalah struktur tipis yang dipasang pada permukaan suatu objek untuk meningkatkan pertukaran panas.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, untuk menyederhanakan proses penelitian tanpa mengurangi ketelitian maka diciptakan sebuah batasan yang didasari oleh penelitian sebelumnya. Batasan ini mencakup data-data pendukung seperti desain *heat exchanger*, kapasitas fluida yang masuk *heat exchanger*, suhu masuk fluida, dan ukuran fins. Berdasarkan hasil simulasi dengan data-data tersebut nantinya akan dilakukan perhitungan dengan rumus analisis

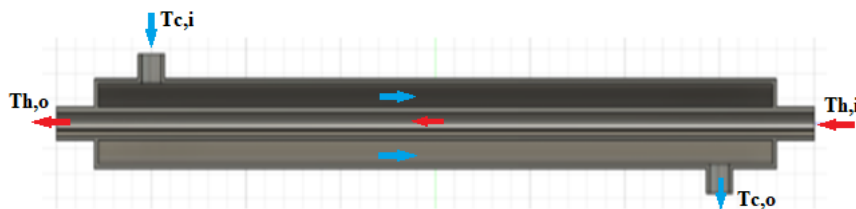
Investigasi Pada Pengaruh Penambahan Fins Terhadap Temperatur Fluida Sistem Shell And Tube Heat Exchanger Menggunakan CFD

faktorial dan perpindahan panas untuk mendapatkan pengaruh fins terhadap suhu sistem dan nilai ΔT_{LMTD} dari *heat exchanger* tersebut.



Gambar 1. Gambar *heat exchanger* sebelum dimodifikasi

Tahap awal penelitian ini adalah menciptakan model 3d *heat exchanger* sebelum dimodifikasi dan pemilihan model simulasi, selanjutnya melakukan perhitungan awal rumus validasi nilai kondisi inisial terhadap hasil simulasi *heat exchanger* sebelum dimodifikasi untuk mengetahui apakah model simulasi dan desain *heat exchanger* sudah valid (Audhah & Wahab, 2018). Setelah itu dilanjutkan dengan simulasi menggunakan model yang sama pada *heat exchanger* yang sudah dimodifikasi dengan variasi kombinasi ukuran lebar fins, tinggi fins, dan jumlah fins untuk mendapatkan suhu keluar fluida sistem (Hadi & Tety Rachmawati, 2021).



Gambar 2. Aliran *heat exchanger*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data yang diperoleh dari penelitian lain, *heat exchanger* yang digunakan merupakan tipe *shell and tube* dan menggunakan fluida air sebagai fluida panas dan pendinginnya pada kelompok I dan n-pentana sebagai fluida panas dan pendinginnya pada kelompok II (Rachma, 2022).

Parameter yang digunakan berdasarkan *heat exchanger* existing yaitu sebagai berikut:

- a. Fluida panas
 - Temperatur masuk ($T_{(h,i)}$) = $126\text{ }^{\circ}\text{C} = 400\text{ K}$
 - Laju aliran massa masuk (m'_{h}) = 1 kg/s
- b. Fluida pendingin
 - Temperatur masuk ($T_{(c,i)}$) = $26\text{ }^{\circ}\text{C} = 300\text{ K}$
 - Laju aliran massa masuk (m'_{c}) = 1 kg/s
- c. Desain *heat exchanger*
 - Material dinding shell = Baja 304L SS
 - Material *heat pipe* = Baja 304L SS

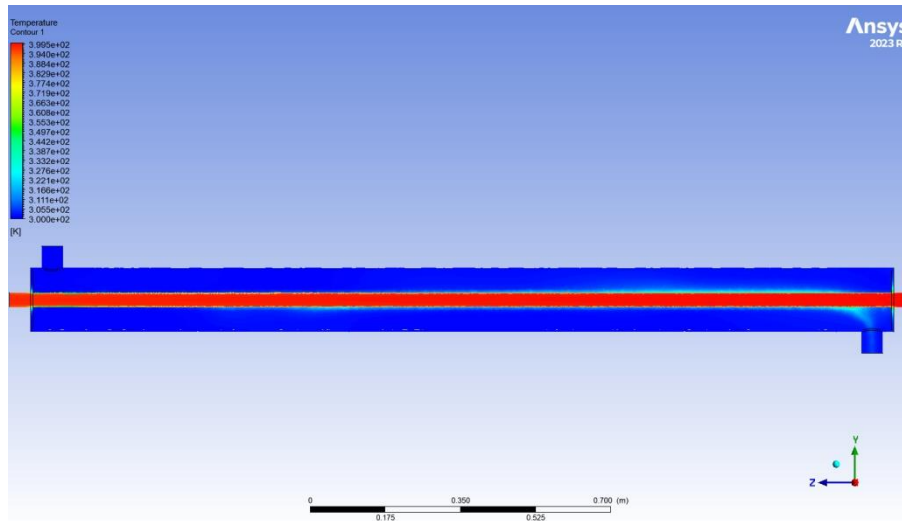
a. Hasil Simulasi kondisi inisial

Investigasi Pada Pengaruh Penambahan Fins Terhadap Temperatur Fluida Sistem Shell And Tube Heat Exchanger Menggunakan CFD

Hasil simulasi *heat exchanger* kondisi inisial menggunakan model SST k-omega menghasilkan nilai sebagai berikut:

Tabel 1.
Nilai suhu hasil simulasi kondisi inisial

Fluida	T _{c,i} (K)	T _{h,i} (K)	T _{c,o} (K)	T _{h,o} (K)
Air	300	400	303.172	396.908
n-pentana	300	400	303.574	396.531



Gambar 3. Hasil simulasi kondisi inisial

b. Perhitungan validasi simulasi

Diketahui dari data existing bahwa nilai laju aliran massa panas masuk (\dot{m}_h) = 1 kg/s dan laju aliran massa dingin masuk (\dot{m}_c) = 1 kg/s. Selain itu diperoleh nilai *heat capacity* (Cp) air dan n-pentana fluida panas yaitu 4.259 kJ/(kg.K) dan 2.98 kJ/(kg.K). Dan cp air dan n-pentana fluida pendingin yaitu 4.179 kJ/(kg.K) dan 2.33 kJ/(kg.K). Dari data ini kemudian diperoleh rumus validasi simulasi initial condition sebagai berikut :

$$q_c = q_h$$

$$\dot{m}_c \cdot c_{pc} (T_{c,o} - T_{c,i}) = \dot{m}_h \cdot c_{ph} (T_{h,i} - T_{h,o})$$

Perhitungan validasi simulasi *heat exchanger* kondisi inisial dengan fluida air

$$1 \text{ kg/s} \cdot 4.179 \text{ kJ/kg.K} (T_{c,o} - 300 \text{ K}) = 1 \text{ kg/s} \cdot 4.256 \text{ kJ/kg.K} (400 \text{ K} - T_{h,o})$$

$$T_{c,o} - 300 \text{ K} = 1.0184 (400 \text{ K} - T_{h,o})$$

$$T_{c,o} - 300 \text{ K} = 407.3702 \text{ K} - 1.0184 (T_{h,o})$$

$$T_{c,o} + 1.0184 (T_{h,o}) \approx 707.3702 \text{ K}$$

Lalu nilai hasil simulasi *heat exchanger* kondisi inisial dengan fluida air dapat disubstitusikan:

$$(303.172 \text{ K}) + 1.0184 (396.908 \text{ K}) \approx 707.3702 \text{ K}$$

$$707.3031 \text{ K} \approx 707.3702 \text{ K}$$

Perhitungan validasi simulasi *heat exchanger* kondisi inisial dengan fluida n-pentana

Investigasi Pada Pengaruh Penambahan Fins Terhadap Temperatur Fluida Sistem Shell And Tube Heat Exchanger Menggunakan CFD

$$1 \text{ kg/s} \cdot 2.33 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K}) \cdot (T_{c,o} - 300 \text{ K}) = 1 \text{ kg/s} \cdot 2.98 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K}) \cdot (400 \text{ K} - T_{h,o})$$

$$T_{c,o} - 300 \text{ K} = 1.279 (400 \text{ K} - T_{h,o})$$

$$T_{c,o} - 300 \text{ K} = 511.588 \text{ K} - 1.279 (T_{h,o})$$

$$T_{c,o} + 1.279 (T_{h,o}) \approx 811.588 \text{ K}$$

Lalu nilai hasil simulasi *heat exchanger* kondisi inisial dengan fluida n-pentana dapat disubstitusikan:

$$(303.574 \text{ K}) + 1.0184 (396.531 \text{ K}) \approx 811.588 \text{ K}$$

$$810.737 \text{ K} \approx 811.588 \text{ K}$$

Berdasarkan hasil kedua perhitungan validasi, proses simulasi kondisi inisial dan penggunaan model turbulence SST k-omega sudah valid (Alfajri, 2019). Hasil perhitungan menunjukkan adanya sedikit perbedaan antara nilai simulasi dan teoritis. Perbedaan ini dianggap sebagai toleransi dikarenakan pada rumus teoritis pressure drop pada sistem tidak difaktorkan.

c. Validasi meshing geometry

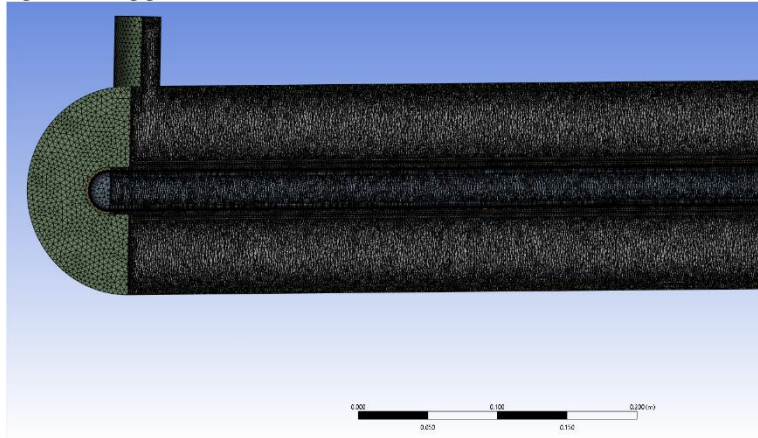
Hasil simulasi validasi mesh dapat dilihat pada Tabel 2 berikut

Tabel 2.
Hasil simulasi validasi mesh geometri *heat exchanger*

Jumlah cell/element	Max. skewness	Min. orthogonal	Tc,o (K)	Th,o (K)
547073	0.983	0.017	314.892	387.928
1285549	0.965	0.035	313.411	388.389
1782026	0.933	0.067	308.89	390.856
3115579	0.848	0.151	303.051	395.212
4235993	0.849	0.151	303.172	396.908

Dari data yang telah diperoleh melalui simulasi, *heat exchanger* yang memiliki jumlah cell 3115579 dan 4235993 menghasilkan nilai suhu keluar yang tidak jauh berbeda. Hal ini menyatakan bahwa penelitian dapat dilanjutkan menggunakan antara kedua jumlah cell tersebut dikarenakan sudah menghasilkan nilai yang valid (Rahardian, Hidayat, & Dewi, 2018). *Heat exchanger* yang memiliki jumlah cell 3115579 akan digunakan untuk melakukan penelitian ini.

Investigasi Pada Pengaruh Penambahan Fins Terhadap Temperatur Fluida Sistem Shell And Tube Heat Exchanger Menggunakan CFD



Gambar 4. Gambar geometri *heat exchanger* dengan jumlah cell 3115579

d. Hasil simulasi *heat exchanger* sesudah dimodifikasi

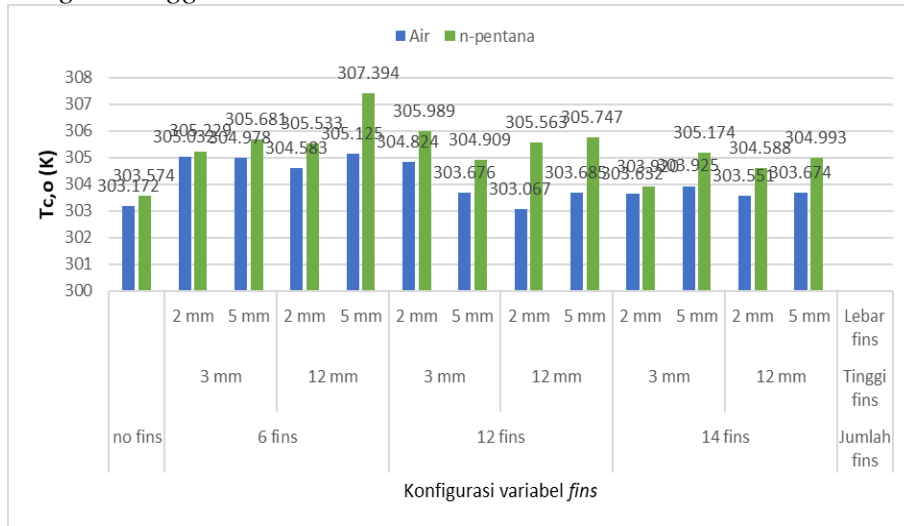
Nilai suhu sistem hasil simulasi *heat exchanger* yang sudah dimodifikasi dipaparkan pada Tabel 3. berikut ini

Tabel 3.
Nilai suhu fluida keluar hasil simulasi *heat exchanger* sesudah dimodifikasi

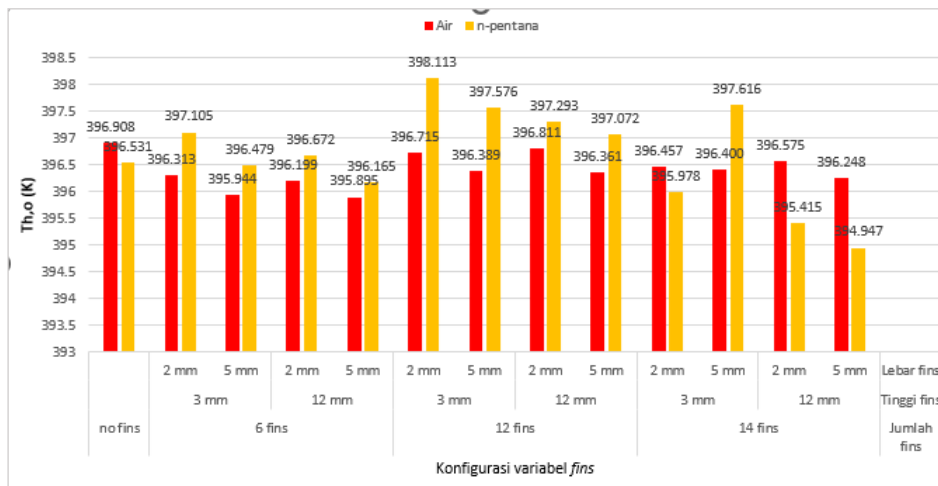
Variabel <i>fins</i>			Kelompok			
Jumlah <i>fins</i>	Ukuran <i>fins</i>		I		II	
	Tinggi <i>fins</i>	Lebar <i>fins</i>	Tc,o (K)	Th,o (K)	Tc,o (K)	Th,o (K)
6 <i>fins</i>	3 mm	2 mm	305.032	396.313	305.229	397.105
		5 mm	304.978	395.944	305.681	396.479
	12 mm	2 mm	304.583	396.199	305.533	396.672
		5 mm	305.125	395.895	307.394	396.165
12 <i>fins</i>	3 mm	2 mm	304.824	396.715	305.989	398.113
		5 mm	303.676	396.389	304.909	397.576
	12 mm	2 mm	303.067	396.811	305.563	397.293
		5 mm	303.685	396.361	305.747	397.072
14 <i>fins</i>	3 mm	2 mm	303.632	396.457	303.920	395.978
		5 mm	303.925	396.400	305.174	397.616
	12 mm	2 mm	303.551	396.575	304.588	395.415
		5 mm	303.674	396.248	304.993	394.947

Berdasarkan Tabel 3 diperoleh 12 desain *heat exchanger* dengan variasi kombinasi variabel *fins* yang berbeda. Dari variasi kombinasi ini menghasilkan nilai suhu fluida sistem yang berbeda-beda (Prasetyo, 2021). Perbedaan ini dapat dilihat lebih jelas pada grafik berikut:

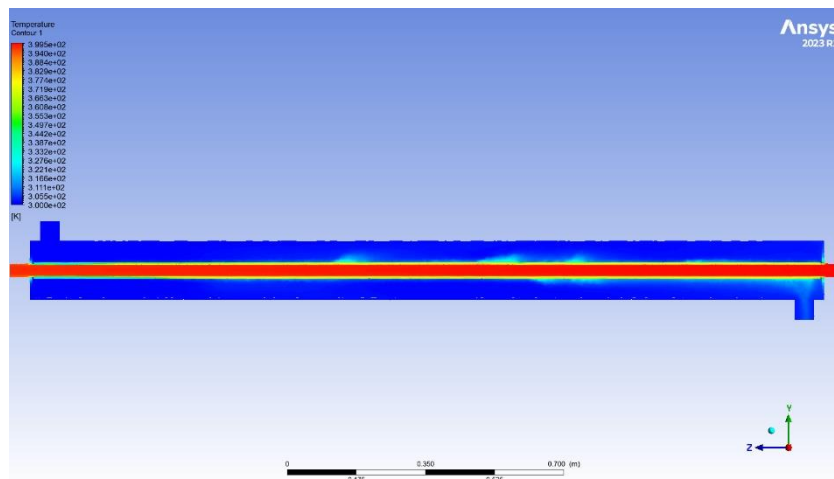
Investigasi Pada Pengaruh Penambahan Fins Terhadap Temperatur Fluida Sistem Shell And Tube Heat Exchanger Menggunakan CFD



Gambar 5. Grafik suhu fluida pendingin *heat exchanger* sebelum dan sesudah dimodifikasi



Gambar 6. Grafik suhu fluida panas *heat exchanger* sebelum dan sesudah dimodifikasi



Gambar 7. Hasil simulasi *heat exchanger* kelompok I dengan 6 fins berukuran tinggi 3 mm dan lebar 2 mm

1) Perhitungan analisis faktorial pengaruh fins terhadap nilai T_(c,o) system

$$FK = \frac{(\sum Y_{..})^2}{r.a.b.c} = 2229229.193$$

$$FK = \frac{(7314.472)^2}{2 \times 2 \times 2 \times 3} = 2229229.193$$

$$JKT = \sum \sum Y_{ij}^2 - FK$$

$$JKT = (305.032^2 + 305.229^2 + \dots + 304.993^2) - 2229229.193 = 22.812$$

Tabel 4.
Hasil analisis faktorial pengaruh fins terhadap nilai T_{c,o} heat exchanger

SK	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel
					0.05
Kelompok	1	9.335	9.335	334.816	4.747
Jumlah Fins (A)	2	6.464	3.232	115.926	3.885
Tinggi Fins (B)	1	0.012	0.012	0.426	4.747
Lebar Fins (C)	1	0.496	0.496	17.788	4.747
Interaksi (AB)	2	0.582	0.291	10.435	3.885
Interaksi (AC)	2	1.277	0.639	22.903	3.885
Interaksi (BC)	1	0.672	0.672	24.103	4.747
Interaksi (ABC)	2	3.639	1.819	65.258	3.885
Error	12	0.335	0.028		
Total	24	22.812			

2) Perhitungan analisis faktorial pengaruh fins terhadap nilai T_(h,o) sistem

$$FK = \frac{(\sum Y_{..})^2}{r.a.b.c}$$

$$FK = \frac{(9516.738)^2}{2 \times 2 \times 2 \times 3} = 3773679.257$$

$$JKT = \sum \sum Y_{ij}^2 - FK$$

$$JKT = (396.313^2 + 397.105^2 + \dots + 394.947^2) - 3773679.257 = 11.364$$

Tabel 5.
Hasil analisis faktorial pengaruh fins terhadap nilai T_{h,o} heat exchanger

SK	db	JK	KT	F	F Tabel
				Hitung	0.05
Kelompok	1	0.709	0.709	2.623	4.747
Jumlah Fins (A)	2	3.208	1.604	5.938	3.885
Tinggi Fins (B)	1	1.229	1.229	4.551	4.747
Lebar Fins (C)	1	0.272	0.272	1.006	4.747
Interaksi (AB)	2	0.405	0.202	0.749	3.885
Interaksi (AC)	2	0.507	0.254	0.939	3.885
Interaksi (BC)	1	0.167	0.167	0.617	4.747
Interaksi (ABC)	2	1.626	0.813	3.010	3.885

Investigasi Pada Pengaruh Penambahan Fins Terhadap Temperatur Fluida Sistem Shell And Tube Heat Exchanger Menggunakan CFD

Error	12	3.242	0.270		
Total	24	11.364			

3) Perhitungan Log Mean Temperature Difference Heat Exchanger

Karena sistem menggunakan aliran counter flow, maka perhitungan nilai Log Mean Temperature Difference (ΔT_{LMTD}) menggunakan rumus :

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{(T_{h,i} - T_{c,o}) - (T_{h,o} - T_{c,i})}{\ln\left(\frac{(T_{h,i} - T_{c,o})}{(T_{h,o} - T_{c,i})}\right)}$$

4) Log Mean Temperature Difference Heat Exchanger sebelum dimodifikasi

$$\Delta T_{LMTD,air} = \frac{(400 K - 303.172 K) - (396.908 K - 300 K)}{\ln\left(\frac{(400 K - 303.172 K)}{(396.908 K - 300 K)}\right)}$$

$$\Delta T_{LMTD,air} = 96.868 K$$

$$\Delta T_{LMTD,pentana} = \frac{(400 K - 303.574 K) - (396.531 K - 300 K)}{\ln\left(\frac{(400 K - 303.574 K)}{(396.531 K - 300 K)}\right)}$$

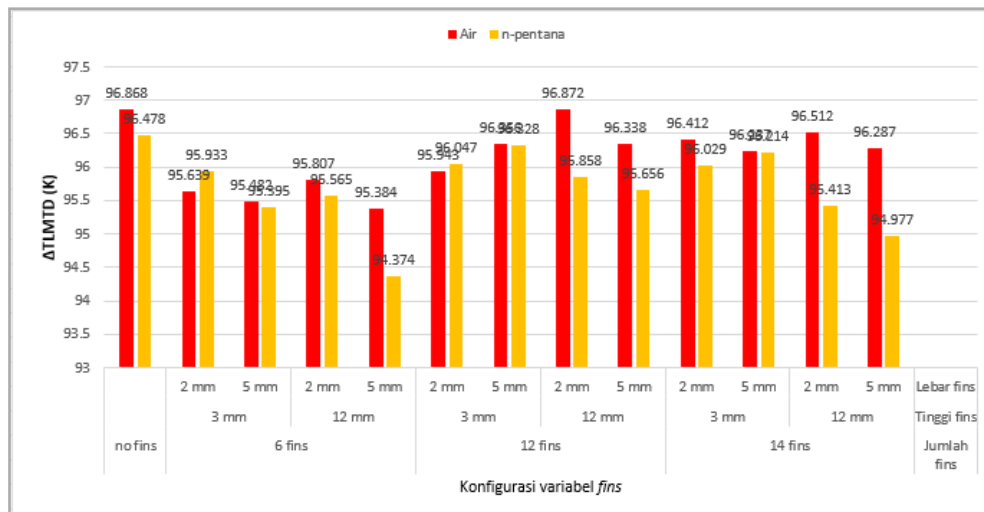
$$\Delta T_{LMTD,pentana} = 96.478 K$$

5) Log Mean Temperature Difference Heat Exchanger sesudah dimodifikasi

Hasil perhitungan nilai ΔT_{LMTD} dipaparkan pada Tabel 6 berikut ini:

Tabel 6.
Hasil perhitungan nilai ΔT_{LMTD} heat exchanger sesudah dimodifikasi

Variabel fins		Kelompok		
Jumlah fins	Ukuran fins		I	II
	Tinggi fins	Lebar fins	ΔT_{LMTD}	ΔT_{LMTD}
6 fins	3 mm	2 mm	95.639	95.933
		5 mm	95.482	95.395
	12 mm	2 mm	95.807	95.565
		5 mm	95.384	94.374
12 fins	3 mm	2 mm	95.943	96.047
		5 mm	96.356	96.328
	12 mm	2 mm	96.872	95.858
		5 mm	96.338	95.656
14 fins	3 mm	2 mm	96.412	96.029
		5 mm	96.237	96.214
	12 mm	2 mm	96.512	95.413



Gambar 7. Perbandingan nilai $\Delta TLMTD$ heat exchanger sebelum dan sesudah dimodifikasi

6) Perhitungan analisis faktorial pengaruh fins terhadap nilai $\Delta TLMTD$ system

$$FK = \frac{(\sum Y_{..})^2}{r \cdot a \cdot b \cdot c}$$

$$FK = \frac{(2301.062)^2}{2 \times 2 \times 2 \times 3} = 220620.284$$

$$JKT = \sum \sum Y_{ij}^2 - FK$$

$$JKT = (95.639^2 + 95.933^2 + \dots + 94.977^2) - 220620.284 = 6.920$$

Tabel 7. Hasil analisis faktorial pengaruh fins terhadap nilai $\Delta TLMTD$ heat exchanger

SK	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 0.05
Kelompok	1	1.252	1.252	21.883	4.747
Jumlah Fins (A)	2	2.327	1.164	20.344	3.885
Tinggi Fins (B)	1	0.369	0.369	6.443	4.747
Lebar Fins (C)	1	0.376	0.376	6.570	4.747
Interaksi (AB)	2	0.212	0.106	1.851	3.885
Interaksi (AC)	2	0.344	0.172	3.008	3.885
Interaksi (BC)	1	0.380	0.380	6.649	4.747
Interaksi (ABC)	2	0.974	0.487	8.510	3.885
Error	12	0.686	0.057		
Total	24	6.920			

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, penambahan fins pada permukaan luar *heat pipe* selain dapat meningkatkan laju perpindahan panas, dapat juga mempengaruhi nilai suhu fluida keluar sistem. Namun, pengaruh ini tidak selalu efektif untuk menghasilkan

Investigasi Pada Pengaruh Penambahan Fins Terhadap Temperatur Fluida Sistem Shell And Tube Heat Exchanger Menggunakan CFD

perbedaan nilai suhu fluida keluar dan masuk (ΔT_{LMTD}) yang baik. Hal ini dipengaruhi oleh adanya interaksi fisik antara fluida pendingin dan fins. Karena semakin besar luas kontak antara fins dan fluida pendingin, maka semakin besar juga volume fins tersebut. Dan fins yang memiliki volume terlalu besar akan menghambat dan merusak aliran fluida pendingin dalam *heat exchanger*. Selain itu ada juga faktor fluida. Setiap fluida memiliki karakteristik dan sifatnya masing-masing. Perbedaan sifat ini menghasilkan interaksi yang berbeda-beda terhadap fins yang digunakan. Oleh karena itu, kombinasi antara fins yang efektif dengan fluida *heat exchanger* harus disesuaikan agar menghasilkan sistem yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, Mardiana Idayu, Riffat, Saffa, Ahmad, Mardiana Idayu, & Riffat, Saffa. (2020). Heat Exchanger: The Heart of Energy Recovery System. *Energy Recovery Technology for Building Applications: Green Innovation towards a Sustainable Future*, 25–42. [Google Scholar](#)
- Alfajri, Naufal Ikhsan. (2019). *Pengaruh Penambahan Gurney Flap pada Airfoil Jenis Mshd pada Mobil Fastback dengan Variasi Ketinggian Gurney Flap dan Kemiringan Sudut Airfoil Dengan Metode Permodelan CFD*. [Google Scholar](#)
- Arifuddin, Muhammad Matsnan. (2021). *Pengaruh Penambahan Porous Aluminium Foam Pada Bagian Atas Pelat Absorber Terhadap Efisiensi Kolektor Surya Pemanas Air= Effect Of Addition Of Porous Aluminum Foam On The Top Of Absorber Plate To The Efficiency Of Solar Collector Water Heater*. Universitas Hasanuddin. [Google Scholar](#)
- Audhah, Al, & Wahab, Lutfi Yunus. (2018). *Simulasi Distribusi Temperatur Pada Proses Pengerasan Baut Baja S45C Untuk Optimasi Kadar Struktur Mikro Martensit Menggunakan Metode Elemen Hingga*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. [Google Scholar](#)
- Hadi, Prayitno, & Tety Rachmawati, Tety. (2021). *Kajian Karakteristik Pengering Hibrid V-Shape Solar Collector–Indirect Gas Burner Pada Pengeringan Cabai*. [Google Scholar](#)
- Nurchayani Savitri, Prananingtyas. (2017). *Laporan Tugas Akhir Pt Surya Toto Indonesia, Tbk Serpong–Tangerang Tugas Khusus Menghitung Kebutuhan Air Untuk Pendinginan Pada Bak Chrom Pada Pabrik 1 Elektroplating Metal*. UPN" Veteran" Yogyakarta. [Google Scholar](#)
- Prasetyo, Joko. (2021). *Pengaruh Variasi Geometri Sirip Tipe Sudut Terhadap Temperatur Dan Pressure Drop Kolektor Photovoltaic Thermal (Pv/T) Menggunakan Metode CFD*. [Google Scholar](#)
- Rachma, Asmaa Mufida. (2022). *Desain Proyek Pabrik Furfural Dengan Proses Supra Yields Dari Limbah Ampas Tebu Menggunakan Katalis Asam Sulfat Kapasitas 1.100 Ton/Tahun*. Universitas Diponegoro. [Google Scholar](#)
- Rahardian, Reza, Hidayat, Nurul, & Dewi, Ratih Kartika. (2018). Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Penerima Bantuan Keluarga Miskin Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process-Preference Ranking Organization for Enrichment Evaluation II (AHP-PROMETHEE II). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 2(5), 1980–1985. [Google Scholar](#)
- Shanahan, Rhesa, & Chalim, Abdul. (2020). Studi Literatur Tentang Efektivitas Alat Penukar Panas Shell and Tube 1-1 Sistem Fluida Gliserin–Metanol Dengan Aliran Counter Current. *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, 6(2), 164–170. [Google Scholar](#)

Investigasi Pada Pengaruh Penambahan Fins Terhadap Temperatur Fluida Sistem Shell And Tube Heat Exchanger Menggunakan CFD