

Optimasi Sistem Pendingin *Shell & Tube* Tipe *Helixchanger* Untuk Genset Kapasitas 150 kVA

Hernanda¹, Budhi M Suyitno¹

¹Program Studi Magister Teknik Mesin, Universitas Pancasila, Jakarta, Indonesia

Email: hern4nda@gmail.com, budmulias18@gmail.com

ABSTRAK

Jenis alat penukar kalor sangat lah beragam dan dirancang untuk memenuhi kebutuhan spesifik yang paling banyak dipergunakan berkat konstruksinya relatif sederhana dan memiliki keandalan karena dapat dioperasikan dengan beberapa jenis fluida kerja. Seperti yang telah disebutkan objek dari penelitian ini untuk mendapatkan penurunan temperatur yang lebih baik, dikarenakan pada saat genset operasional mesin genset mengeluarkan panas dengan suhu yang tinggi sampai 64,9 °C sehingga harus dilakukan pendinginan pada mesin genset agar tidak terjadi kerusakan. *Condenser* yang saat ini digunakan adalah berupa *shell tube* dengan *baffle segmental*. selanjutnya penelitian akan dilakukan pada mesin genset kapasitas 150 kVA dengan optimasi desain *helix exchanger* dan penurunan temperatur mencapai 10% dari temperatur sebelumnya.

Kata kunci: *Heat Exchanger, Segmental Baffle, Helical Baffle, CFD*

ABSTRACT

The types of heat exchangers are very diverse and designed to meet specific needs, however, the shell and tube type is by far the most widely used type due to its relatively simple construction and reliability because it can be operated with several types of working fluids. As already mentioned, the object of this thesis research is to get a better temperature reduction, because when the generator is operational, the generator engine emits heat with a high temperature of up to 64.9 °C so that the generator engine must be cooled to avoid damage. The condenser currently used is a shell tube with a segmental baffle. further research will be carried out on a generator with a capacity of 150 kVA with an optimization of the helix exchanger design and a decrease in temperature of up to 10% from the previous temperature.

Keywords: *Heat Exchanger, Segmental Baffle, Helical Baffle, CFD*

PENDAHULUAN

Alat penukar kalor (*Heat Exchanger*) merupakan suatu peralatan yang digunakan untuk menukarkan energi dalam bentuk panas antara fluida yang berbeda temperatur yang dapat terjadi melalui kontak langsung maupun secara kontak tidak langsung. Fluida yang bertukar energi dapat berupa fluida yang sama fasanya (cair ke cair atau gas ke gas) atau dua fluida yang berbeda fasanya. Ada beberapa macam alat penukar kalor berdasarkan bentuknya [1].

Alat penukar kalor sangat berpengaruh dalam industri terhadap keberhasilan keseluruhan rangkaian proses, karena kegagalan operasi alat ini baik akibat kegagalan mekanikal maupun operasional dapat menyebabkan berhentinya operasi unit. Maka suatu alat penukar kalor (*Heat exchanger*) dituntut untuk memiliki efisiensi yang baik agar dapat diperoleh hasil yang maksimal serta dapat menunjang penuh terhadap suatu operasional unit. Salah satu karakteristik unjuk

kerja dari penukar kalor ini adalah efektivitas penukar panas. Pada pengujian ini penukar kalor yang digunakan adalah Penukar Kalor sistem *helixchanger*.

Penelitian menggunakan sistem ini pada umumnya dilapangan menggunakan jenis condenser tipe *baffle segmental* atau yang biasa dikenal dengan *baffle vertical*, tipe baffle ini selalu mengalami perubahan laju aliran fluida yang berubah-ubah sehingga pertukaran panas pada saat ΔT tinggi memakan waktu yang cukup lama dan memakan banyak energy [2-4]. Alat penukar panas ini dipergunakan untuk mendinginkan mesin genset kapasitas 150 kVA dengan laju aliran fluida panas yang akan dibuang sebesar 64,9 °C suhu yang di inginkan untuk mendinginkan genset sebesar 31,9 °C (temperature masuk) dengan laju aliran massa 15 kg/s sehingga genset tersebut dapat operasional secara optimal dan penurunan suhu yang didapatkan mencapai 10%. Oleh karena itu diperlukan suatu jenis *baffle* terbaru, yaitu *helical*

baffle. Sesuai dengan nama yang digunakan, *heat exchanger* mempunyai bentuk yang *helical* sehingga fluida mengalir di sisi shell secara kontinu yang akan meningkatkan *overall heat transfer coefficient* dan mengurangi *pressure drop*. Pada penelitian kali ini akan dilakukan optimasi pada *shell and tube heat exchanger* dengan mengubah jenis *baffle* yang digunakan dari *segmental baffle* menjadi *helical baffle*. Sistem ini sebelumnya pernah dilakukan pada mesin *chiller* dengan fluida cair.

Beberapa penelitian terdahulu telah dilakukan, Berdasarkan penelitian [5], Kinerja *heat exchanger* tanpa Menggunakan *baffle* dan Menggunakan *baffle* sangat mempengaruhi nilai peningkatan Perpindahan panas atau temperatur yang terjadi di antara kedua fluida. Hal ini bisa menggambarkan bahwa pelepasan panas semakin kecil yang terbuang sehingga penyerapan panas oleh sistem sebaliknya akan menjadi lebih tinggi. Dalam penelitian [6], dijelaskan bahwa sebuah model telah dikembangkan untuk mengevaluasi analisis *heat exchanger Heliks* dan *Segmental baffle* serta analisis Perbandingan antara Parameter termal antara Segmental dan sudut heliks telah ditunjukkan. Penggunaan *Helical Baffle* pada *Heat Exchanger* Mengurangi sisi *Shell* Penurunan tekanan, biaya pemompaan, berat, *fouling* dll. Dari Hasil Eksperimen Numerik Dipastikan Kinerja Penukar Panas Tubular dapat ditingkatkan dengan *Helical Baffles*.

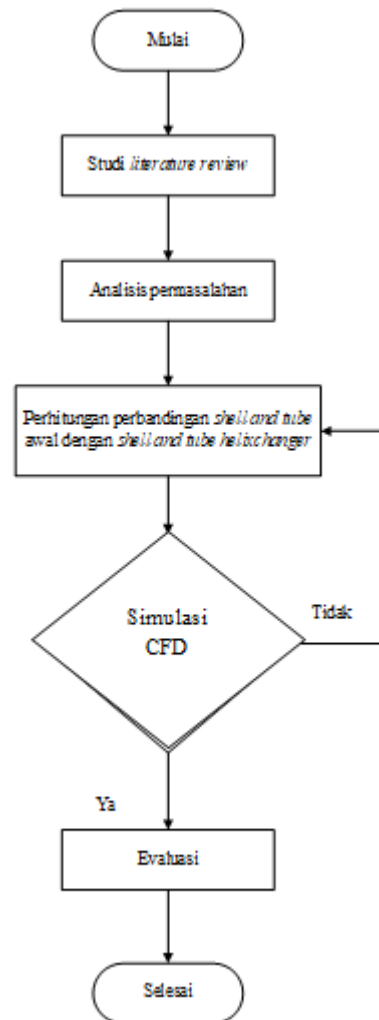
Adapun tujuan dari penelitian ini yang ingin di capai adalah untuk menurunkan suhu mencapai 10% dan agar performa mesin genset dapat stabil dan masa pakai menjadi lebih lama. Dikarenakan saat ini mesin genset mengalami panas yang berlebih disebabkan dari sistem pendinginan yang kurang maksimal. Maka dari itu desain *helixchanger* diaplikasikan karena berdasarkan dari beberapa referensi dapat menurunkan suhu lebih optimal.

Untuk membatasi ruang lingkup dalam penelitian ini, penulis memberikan batasan-sebagai berikut :

1. Optimasi desain dilakukan dengan *software* CFD, dari hasil tersebut akan dilakukan pengujian secara simulasi.
2. Penelitian ini berfokus pada optimasi penurunan suhu dengan sistem *helixchanger*.

METODE PENELITIAN

Berikut diagram alir penelitian dalam penyusunan thesis :



Gambar 1 Diagram Alur Metode Penelitian

Gambar 1 menunjukkan diagram alir penelitian yang dilakukan.

1. Metode ini berguna untuk mengumpulkan teori terbaru dan temuan ilmiah sesuai dengan permasalahan yang dibahas. Teori ilmiah tersebut dapat di kumpulkan dari berbagai sumber seperti jurnal ilmiah, dan buku teori *heat transfer*. *Overall heat transfer coefficient* (U_o) adalah fungsi objektif yang akan dioptimasi supaya diperoleh nilai semaksimal atau sebesar mungkin, dengan *constraint shell pressure drop* (ΔP) tidak boleh lebih dari desain awal *heat exchanger*, dan dua variabel optimasi yang dapat mempengaruhi

fungsi objektif, yaitu sudu helical baffle (β) dan baffle spacing. Pengumpulan studi literatur diperlukan untuk menambah ilmu dari referensi jurnal yang relevan yang berkaitan dengan *heat exchanger*.

2. Pada penelitian ini terdapat heat exchanger dengan jenis shell and tube menggunakan segmental baffle yang akan dioptimasi menjadi baffle helixchanger. Dalam sebuah heat exchanger terdapat dua fluida berbeda yang mengalir, fluida yang masuk melewati sisi shell adalah water coolant dan sisi tube adalah water. Dalam melakukan pemodelan diperlukan data-data input dan properti dari fluida yang masuk ke masing-masing heat exchanger seperti massa flow rate (M), temperature masuk (T_{in}) dan keluar (T_{out}), idensitas (ρ), viskositas (μ), specific heat (C_p), thermal conductivity (k), dan fouling resistance (R).
3. setelah sekiranya data yang dikumpulkan cukup maka akan dilanjutkan untuk analisis data awal.
4. Condenser yang saat ini digunakan shell tube dengan baffle segmental dan pada saat ΔT tinggi mesin menjadi panas dan kapasitas dari genset menjadi menurun yang diakibatkan dari panas yang berlebihan, sehingga perlu dilakukan perhitungan data awal agar optimasi dapat dilakukan secara optimal.
5. Dengan CFD data kuantitatif yang diperoleh dari hasil percobaan diolah dengan menggunakan formulasi dan simulasi numerik kemudian data tersebut dituangkan dalam bentuk grafik. Data yang didapatkan berupa distribusi temperature dan tekanan dari fluida.
6. Bertujuan untuk mengevaluasi hasil optimasi penurunan suhu dan membandingkan antara shell and tube model helixchanger dengan shell and tube awal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Membahas tentang hasil pengumpulan data survey dan observasi lapangan diantaranya menjelaskan spesifikasi *shell and tube* awal dan *shell and tube helixchanger* dari objek penelitian.

Tabel 1 Spesifikasi Engine Genset

Power output	kVA	150
Aspiration and cooling		turbocharge
Cylinders		6- inline
Engine speed	Rpm.	1500
Bores and stroke	mm . mm	100 . 127
Governor		Elektronik.
Compression ratio		
Fuels.		Solar
Fuel consumption off load	L / hour	41
Fuels tanks capacity.	Liter	8 hours
Oil capacity	Liter	19
Coolant capacity	Liter	37
Pump coolant	Kg/s	10
Air intake . engines	M3 / min	10,1
Exhaust gas flows.	M3/min	29,1

Data Spesifikasi pada Tabel 1. Data parameter fluida antara *shell and tube tipe segmental baffle* dengan *shell and tube helixchanger* sama. berikut adalah Tabel 2.

Tabel 2 Parameter Fluida

Shell side	Tube side	Shell side (Continued)	Tube side (Contd.)
Mass flow (Kg/s)	ρ	1000	998
Thermal conductivity (W/m.K)	k	0.6	0.6
Specific heat (KJ/kg.K)	C_p	4.18	4.18
Viscosity (kg/m.s)	μ	0.001	0.000885
Viscosity (mPa.s)	ν	1.01×10^{-6}	0.88×10^{-6}
Prandtl number	Pr	7.02	7.02

1. Shell And Tube Baffle Segmental Awal

Tabel 3 Spesifikasi Shell & Tube Segmental

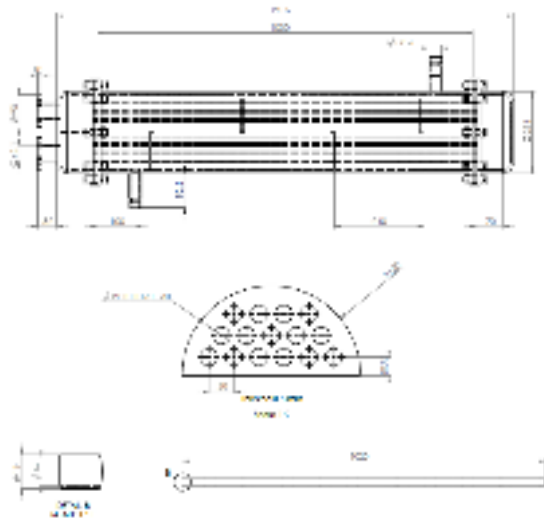
ITEM	UNIT
Length of heat exchanger, (L)	1,2 m
Inner diameter of shell (Di)	0,190 m
Outer diameter of tube (do)	0,020 m
Number of tube (Nt)	30
Number of baffles (Nb)	4
Central baffle spacing B	0,025 m

Dari Tabel 3 dapat dilihat spesifikasi shell and tube awal. Dari Tabel 4 dapat dilihat data suhu terukur, laju aliran masa, dan tekanan masuk dan keluar pada sisi *shell* and sisi *tube*.

Tabel 4 Data HE Segmental

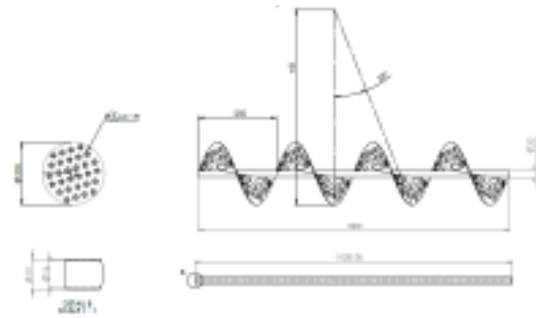
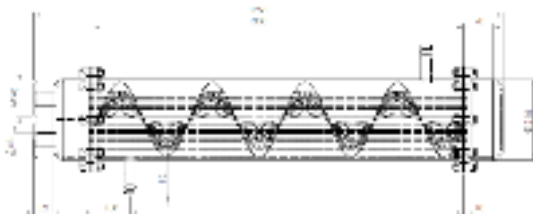
Parameter	ML (kg/s)	Cp (J/kg.K)	T _{in} °C	T _{out} °C	P _{in} (Pa)	P _{out} (Pa)
Shell (Water Coolant)	10	4187	84,9	29,4	3	2,1
Tube (Water)	14	4187	11,3	11,2	1,3	3

2. Desain Segmental Baffle & Helical Baffle



Gambar 2 Desain segmental Baffle

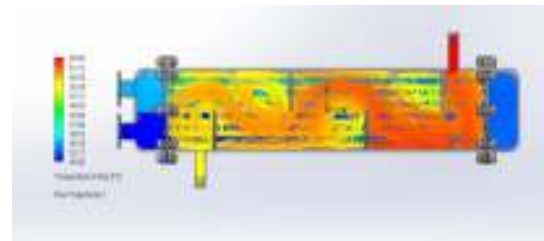
Gambar 2 menunjukkan desain segmental baffle. spesifikasi dimensi *shell and tube helixchanger* sama dengan desain awal, kecuali sudut helix baffle yang terdapat pada sisi shell, sudut helix mengacu pada TEMA yaitu 15° - 45° pada optimasi ini sudut helix didapatkan 22° karena disesuaikan dengan dimensi shell desain awal yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Desain Helical Baffle

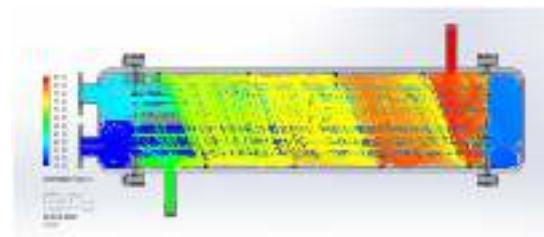
3. Simulasi CFD

Berikut adalah perbandingan ouput temperatur dari desain *shell and tube Segmental Baffle* Gambar 4 dan *Helical Baffle*. Gambar 5



Gambar 4 Laju Fluida & Temperatur pada Segmental Baffle

Pada gambar 4 terlihat fluida pada sisi shell terjadi putaran balik dan membentur sisi baffle sehingga konveksi yang terjadi pada sisi *shell* kurang optimal.



Gambar 5 Laju Fluida & Temperatur pada Helical Baffle

Pada gambar 5 terlihat fluida melilit diseluruh tube sehingga pertuakaran kalor menjadi lebih optimal dan penurunan suhu pada warna gradasi menjadi lebih rendah dibandingkan dengan baffle segmental.

Tabel 5 Perbandingan CFD

Parameter	Helical Baffle			Segmental Baffle		
	T_{out}	T_{in}	ΔT	T_{out}	T_{in}	ΔT
Temperature	55,68	64,9	9,22	49,64	64,9	15,26
Pressure	1,01	1,01	0	1,01	1,01	0

Hasil analisis menggunakan CFD perbandingan penurunan temperature *shell and tube baffle helixchanger* dengan *shell and tube segmental baffle* sebagai berikut dari Tabel 5 bahwa suhu keluar dari sisi *shell* menggunakan *helical baffle* lebih rendah dibandingkan suhu sisi keluar *shell* menggunakan *segmental baffle*, begitu juga dengan *pressure drop* yang terjadi pada sisi *shell helical baffle* lebih rendah bila dibandingkan dengan *segmental baffle*.

4. Perhitungan Perbandingan

Tabel 6 didapatkan hasil nilai perbandingan performa antara *segmental baffle* dengan *helical baffle*, pada laju perpindahan kalor (Q) segmental dengan helical terjadi kenaikan 14 kW dari sebelumnya, NTU terjadi kenaikan 0,458 kW/K dari sebelumnya, efektifitas (ϵ) *heat exchanger* naik sebesar 0,292, *Overall heat transfer coefficient* (U) naik sebesar 34,17 W/m².K dari sebelumnya, dan keluar dari sisi shell terjadi penurunan suhu sebesar 6,04 °C dari sebelumnya, sehingga secara keseluruhan *heat exchanger* menggunakan *helical baffle* lebih dapat menurunkan suhu lebih optimal dibandingkan dengan *baffle segmental* pada sisi *shell*.

Tabel 6 Perbandingan Performa HE

Parameter	Jenis Baffle		Selisih
	Segmental	Helical	
Q (kW)	54,74	68,74	14
NTU (kW/K)	0,185	0,643	0,458
ϵ	0,167	0,459	0,292
U (W/m ² .K)	879,33	913,50	34,17
T_{in} (°C)	64,9	64,9	0
T_{out} (°C)	55,68	49,64	6,04

KESIMPULAN

Dari penelitian ini kesimpulan yang didapatkan adalah:

1. Analisis hasil optimasi shell and tube dengan baffle helixchanger dibandingkan dengan shell and tube segmental baffle didapatkan hasil nilai Overall heat transfer coefficient (U) helical lebih tinggi sehingga lebih optimal dalam menurunkan temperature, dan efektifitas heat exchanger naik menjadi 0,459 atau 45% nilai ini dapat di nyatakan sebagai bahwa shell and tube helixchanger lebih optimal dalam pertukaran kalor.
2. Hasil analisis menggunakan CFD perbandingan penurunan temperature shell and tube baffle helixchanger dengan shell and tube segmental baffle, suhu keluar dari sisi shell menggunakan helical baffle lebih rendah dibandingkan suhu sisi keluar shell menggunakan segmental baffle, begitu juga dengan pressure drop yang terjadi pada sisi shell helical baffle lebih rendah bila dibandingkan dengan segmental baffle

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W.M. Rohsenow, J.P. Hartnett, *Handbook of Heat Transfer* (New York, McGraw - Hill Book Company, 1973)
- [2] A. Bejan, A.D. Kraus, *Heat Transfer Handbook, chapter 5* (John Wiley a sons, Inc., New, Jersey, 2003)
- [3] P. Stehlik: *Various Ways to Improve Heat Transfer as a Contribution to Enviramental Design*, (VUT Brno)
- [4] Permana, Ikhwan, Tri Ayodha Ajiwiguna, and Mukhammad Ramdhan Kirom. "Comparison of heat transfer coefficient on single tube and multi tube heat exchanger." *Journal of Physics: Conference Series*. Vol. 1153. No. 1. IOP Publishing, 2019
- [5] Azwinur, Azwinur, and Zulkifli Zulkifli. "Kaji Eksperimental Pengaruh Baffle Pada Alat Penukar Panas Aliran Searah Dalam Upaya Optimasi Sistem Pengering." *SINTEK JURNAL: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* 13.1 (2019): 8-14.
- [6] Gowthaman, P. S., and S. Sathish. "Analysis of segmental and helical baffle in shell and tube heat exchanger." *Int. J. Curr. Eng. Technol* 2 (2014): 625-628.