

**OPTIMASI DESAIN *HEAT EXCHANGER* TIPE *SHELL AND TUBE*
DENGAN TEKNOLOGI *HELICAL BAFFLE* UNTUK MENINGKATKAN
EFISIENSI PERPINDAHAN PANAS**



UNIVERSITAS
MERCU BUANA
UNIVERSITAS
MUHAMAD NANANG MA'ARIF
NIM : 41323110017
MERCU BUANA

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA 2025

LAPORAN TUGAS AKHIR

OPTIMASI DESAIN *HEAT EXCHANGER* TIPE *SHELL AND TUBE* DENGAN
TEKNOLOGI *HELICAL BAFFLE* UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI
PERPINDAHAN PANAS



UNIVERSITAS

Disusun Oleh:

MERCU BUANA

Nama	:	Muhamad Nanang Ma'arif
NIM	:	41323110017
Program Studi	:	Teknik Mesin

DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM STUDI STRATA SATU (S1)
JANUARI 2025



HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Muhamad Nanang Ma'arif
NIM : 41323110017
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Laporan Skripsi : Optimasi Desain *Heat exchanger* Tipe *Shell and tube* dengan Teknologi *Helical Baffle* untuk Meningkatkan Efisiensi Perpindahan Panas

Telah berhasil dipertahankan pada sidang di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Stata 1 pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana.

Disahkan oleh:

Pembimbing : Dr. Nanang Ruhyat, S.T., M.T. ()
NIDN : 101730256
Penguji 1 : Fajar Anggara, S.T., M.Eng ()
NIDN : 118910610
Penguji 2 : Nurato, S.T., M.T., Ph.D ()
NIDN : 0313047302

Jakarta, 25 Januari 2025

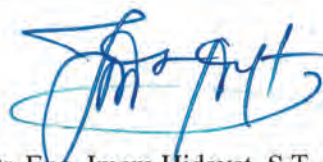
Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, S.TP, M.T.
NIDN : 0307037202

Ketua Program Studi



Dr. Eng. Imam Hidayat, S.T., M.T.
NIDN : 0005087502

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhamad Nanang Ma'arif
NIM : 41323110017
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Laporan Skripsi : Optimasi Desain *Heat Exchanger Tipe Shell and Tube* dengan Teknologi *Helical Baffle* untuk Meningkatkan Efisiensi Perpindahan Panas

Dengan ini menyatakan bahwa saya melakukan Tugas Akhir dengan sesungguhnya dan hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Jakarta, 25 Januari 2025



Muhamad Nanang Ma'arif

PENGHARGAAN

Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh, puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT atas berkat dan rahmat-Nya, sehingga penyusunan Tugas Akhir untuk melengkapi sebagian persyaratan dalam menyelesaikan pendidikan strata satu (S-1) pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana dengan judul “Optimasi Desain *Heat exchanger* Tipe *Shell and tube* dengan Teknologi *Helical baffle* untuk Meningkatkan Efisiensi Perpindahan Panas” dapat terselesaikan. Pada kesempatan ini pula penulis hendak mengucapkan terimakasih kepada berbagai pihak yang telah memberi dukungan baik secara materi maupun moril demi pelaksanaan sampai penyusunan tugas akhir ini kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Andi Ardiansyah, M.Eng. selaku Rektor Universitas Mercu Buana.
2. Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, S.TP, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
3. Dr.Eng. Imam Hidayat, M.T. selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
4. Dr. Nanang Ruhyat, S.T., M.T. sebagai Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan kepada penulis selama pembuatan Tugas Akhir ini.
5. Bapak dan Ibu yang telah memberikan dukungan dan doa.

Penulis tentu menyadari bahwa laporan ini masih banyak terdapat kesalahan serta kekurangan baik dalam isi, manfaat, maupun sistematika penyusunannya. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk menyempurnakan Tugas Akhir ini.

Jakarta, 25 Januari 2025



Muhamad Nanang Ma'arif

ABSTRAK

Heat exchanger tipe *shell and tube* merupakan komponen penting dalam industri untuk mentransfer energi panas antara dua fluida dengan perbedaan suhu yang signifikan. Penurunan tekanan pada sisi *shell* menjadi faktor utama dalam mendesain *heat exchanger* yang optimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan desain *heat exchanger* dengan menerapkan *helical baffle* guna mengurangi zona stagnan dan *pressure drop* yang terjadi pada sisi *shell*. Metode *Particle Swarm Optimization (PSO)* digunakan untuk menentukan parameter optimal, yaitu sudut *helical baffle* sebesar 26,2032 derajat dan jarak antar *baffle* 491,6579 mm, yang menghasilkan koefisien perpindahan panas total sebesar 33,5699 W/m²K serta penurunan tekanan sebesar 0,0699 kPa, dengan perbaikan 77,42% dibandingkan desain *segmental baffle*. Desain ini mampu mempertahankan kapasitas perpindahan panas pada 789.010 kW sambil mengurangi zona stagnan, sehingga dapat memperlambat laju *fouling*. Proses validasi menggunakan perangkat lunak HTRI menunjukkan kesesuaian antara hasil simulasi dan validasi, membuktikan bahwa penerapan *helical baffle* efektif dalam meningkatkan efisiensi operasional *heat exchanger*. Dengan demikian, desain ini berpotensi diterapkan pada berbagai industri untuk mempertahankan kinerja *heat exchanger* agar selalu dalam kondisi optimal.

Kata kunci: *Shell And Tube*; *Helical Baffle*; Koefisien Perpindahan Panas; Penurunan Tekanan; *Particle Swarm Optimization (PSO)*



**OPTIMIZATION OF SHELL AND TUBE HEAT EXCHANGER DESIGN WITH
HELICAL BAFFLE TECHNOLOGY TO IMPROVE HEAT TRANSFER
EFFICIENCY**

ABSTRACT

Shell and tube heat exchangers are essential components in various industries for transferring thermal energy between two fluids with significant temperature differences. Pressure drop on the shell side is a key factor in designing an optimal heat exchanger. This study aims to optimize the heat exchanger design by implementing helical baffles to reduce stagnant zones and pressure drop on the shell side. The Particle Swarm Optimization (PSO) method was used to determine the optimal parameters, resulting in a helical baffle angle of 26.2032 degrees and a baffle spacing of 491.6579 mm. This configuration achieved a total heat transfer coefficient of 33.5699 W/m²K and a pressure drop of 0.0699 kPa, showing a 77.42% improvement compared to the segmental baffle design. This design maintains the heat transfer capacity at 789.010 kW while reducing stagnant zones, which helps slow down fouling formation. Validation using HTRI software confirmed the consistency between simulation results and validation data, proving that the implementation of helical baffles effectively enhances the operational efficiency of the heat exchanger. Thus, this design has the potential to be applied across various industries to ensure optimal heat exchanger performance over time.

Keywords: *Shell and Tube; Helical Baffle; Heat Transfer Coefficient; Pressure Drop; Particle Swarm Optimization (PSO)*



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
PENGHARGAAN	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR SIMBOL	xi
DAFTAR SINGKATAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	2
1.3 TUJUAN	3
1.4 MANFAAT	3
1.5 RUANG LINGKUP DAN BATASAN MASALAH	3
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 PENELITIAN TERDAHULU	6
2.2 <i>HEAT EXCHANGER</i>	11
2.3 <i>HEAT EXCHANGER TIPE SHELL AND TUBE</i>	12
2.4 ALIRAN FLUIDA PADA <i>HEAT EXCHANGER</i>	14
2.4.1 Parallel Flow	14
2.4.2 <i>Counter Flow</i>	15
2.5 MEKANISME PERPINDAHAN PANAS DALAM <i>HEAT EXCHANGER</i>	16
2.5.1 Konduksi	16
2.5.2 Konveksi	17

2.5.3 Radiasi	18
2.6 <i>REYNOLD NUMBER</i>	18
2.7 <i>PRANDTL NUMBER</i>	20
2.8 <i>NUSELT NUMBER</i>	21
2.9 <i>HELICAL BAFFLE</i>	22
2.10 KOEFISIEN PERPINDAHAN PANAS PADA <i>HEAT EXCHANGER</i>	23
2.10.1 Koefisien Perpindahan Panas Pada Sisi <i>Shell</i>	23
2.10.2 Koefisien Perpindahan Panas Pada Sisi <i>Tube</i>	24
2.11 PENURUNAN TEKANAN (<i>PRESSURE DROP</i>)	25
2.11.1 Penurunan Tekanan Pada Sisi <i>Tube</i>	25
2.11.2 Penurunan Tekanan Pada Sisi <i>Shell</i>	26
2.12 PERHITUNGAN PERPINDAHAN PANAS TOTAL DALAM <i>HEAT EXCHANGER</i>	27
2.13 MATLAB (<i>MATRIX LABORATORY</i>)	28
2.14 <i>HEAT TRANSFER RESEARCH INC</i> (HTRI)	28
2.15 TEMA (TUBULAR EXCHANGER MANUFACTURERS ASSOCIATION)	29
2.16 OPTIMASI <i>HEAT EXCHANGER</i> MENGGUNAKAN METODE <i>PARTICLE SWARM OPTIMIZATION</i>	31
2.16.1 Fungsi Utama	31
2.16.2 Fungsi <i>Particle Swarm Optimization</i>	32
2.16.3 Fungsi Objektif	33
BAB III METODE PENELITIAN	34
3.1 DIAGRAM ALIR PENELITIAN	34
3.2 PARAMETER DATA	36
3.3 PEMODELAN DESAIN <i>HEAT EXCHANGER</i>	37
3.4 ANALISIS TERMAL PADA SISI <i>SHELL</i>	38
3.5 ANALISIS SENSITIVITAS	41
3.6 VALIDASI DATA OPTIMASI MENGGUNAKAN HTRI	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	43
4.1 HASIL OPTIMASI PEMODELAN KOEFISIEN PERPINDAHAN PANAS PADA <i>HEAT EXCHANGER</i>	43
4.2 ANALISIS SENSITIVITAS	45

4.3	VALIDASI DATA OPTIMASI DESAIN MENGGUNAKAN <i>SOFTWARE</i> HTRI	47
BAB V PENUTUP		50
5.1	KESIMPULAN	50
5.2	SARAN	51
DAFTAR PUSTAKA		52
LAMPIRAN		54



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2 .1. <i>Floating Head Type Heat Exchanger</i>	12
Gambar 2 .2. Satu Sisi <i>Shell</i> dan Dua Sisi <i>Tube Passes</i>	13
Gambar 2 .3. <i>Cross-Sectional View of Exchanger with Segmental Baffle</i>	13
Gambar 2 .4. Arah Aliran pada <i>Heat Exchanger</i> Tipe Searah dan Distribusi <i>Temperature</i>	14
Gambar 2 .5. Arah Aliran pada <i>Heat Exchanger</i> Tipe Searah dan Distribusi <i>Temperature</i>	15
Gambar 2 .6. Karakteristik Aliran Melintasi Silinder Sirkular	19
Gambar 2 .7. Skema <i>Helical Baffle</i> pada <i>Heat Exchanger</i>	23
Gambar 2 .8. Bentuk Sudut <i>Helix</i> (β) pada <i>Helical Baffle</i>	26
Gambar 2 .9. Klasifikasi Tipe <i>TEMA</i>	30
Gambar 3. 1. Diagram Alir Penelitian	35
Gambar 3. 2. Bentuk <i>helical baffle</i> dalam <i>Shell</i>	40
Gambar 4 .1. Grafik Iterasi pada Metode <i>Particel Swarm Optimization</i>	43
Gambar 4 .2. Hubungan <i>Pressure drop</i> dengan <i>Baffle spacing</i>	45
Gambar 4 .3. Hubungan Koefisien Perpindahan Panas Total dengan <i>Baffle spacing</i>	46

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu	6
Tabel 2. 2 Sifat Zat	21
Tabel 2. 3 Konstanta C dan m Berdasarkan <i>Reynold Numbers</i>	22
Tabel 3. 1 Data geometri <i>heat exchanger</i> dan <i>properties fluida</i>	37
Tabel 4. 1 Hasil Data Desain dan Model Optimasi Desain <i>Heat exchanger</i>	44
Tabel 4. 2 Data Hasil Model dan Validasi Optimasi Desain <i>Heat exchanger</i>	48



DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Satuan
A	Luasan Permukaan	m ²
ΔP	<i>Pressure drop</i>	kPa/psi
U	Koefisien Perpindahan Panas Keseluruhan	W/ m ² C
Θ	Sudut <i>Heliks Baffle</i>	deg (⁰)
do	Diameter Luar <i>Tube</i>	m
di	Diameter Dalam <i>Tube</i>	m
Th	Temperatur Panas (Hot)	⁰ C
Tc	Temperatur Dingin (Cold)	⁰ C
\dot{m}_s	Laju Aliran Massa <i>Shell</i>	kg/s
\dot{m}_t	Laju Aliran Massa <i>Tube</i>	kg/s
ks	Konduktivitas Termal <i>Shell</i>	W/mC
kt	Konduktivitas Termal <i>Tube</i>	W/mC
Lt	Panjang <i>Tube</i>	m
tw	Ketebalan <i>Tube</i>	m
Ds	Diameter <i>Shell</i>	m
Lpt	Pitch <i>Tube</i> (Jarak Antar <i>Tube</i>)	m
B	Jarak Antar <i>Baffle</i>	m
Np	Jumlah Pass <i>Tube</i>	
Nt	Jumlah <i>Tube</i>	
At	Luas Permukaan <i>Tube</i>	m ²
As	Luas Permukaan <i>Shell</i>	m ²
vt	Kecepatan Aliran Fluida <i>Tube</i>	m/s
vs	Kecepatan Aliran Fluida <i>Shell</i>	m/s
Ret	Bilangan Reynold <i>Tube</i>	
Res	Bilangan Reynold <i>Shell</i>	
Prt	Bilangan <i>Prandtl Tube</i>	
Prs	Bilangan <i>Prandtl Shell</i>	
Nut	Bilangan Nusselt <i>Tube</i>	
Nus	Bilangan Nusselt <i>Shell</i>	

DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Keterangan
HE	<i>Heat exchanger</i>
ID	<i>Inside Diameter</i>
OD	<i>Outside Diameter</i>
RVCM	<i>Recovery Vinyl Chloride Monomer</i>
TEMA	<i>Tubular Exchanger Manufacturers Association</i>

