

**RANCANG BANGUN *HEAT EXCHANGER* TIPE *SHELL AND TUBE*
DENGAN *PARALLEL FLOW* UNTUK SKALA LABORATORIUM**

TUGAS AKHIR



Disusun Oleh :

IKHSANUDIN RAMADHAN

NIM. 200608011

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH GRESIK
2024**

**RANCANG BANGUN *HEAT EXCHANGER* TIPE *SHELL AND TUBE*
DENGAN *PARALLEL FLOW* UNTUK SKALA LABORATORIUM**

TUGAS AKHIR

Diajukan Kepada Prodi S1 Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Gresik
Sebagai Salah Satu Syarat Melanjutkan Penelitian

IKHSANUDIN RAMADHAN

NIM. 200608011

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH GRESIK**

2024

LEMBAR PERSETUJUAN

Karya Tulis

Oleh : IKHSANUDIN RAMADHAN

NIM 200608011

Judul : RANCANG BANGUN *HEAT EXCHANGER* TIPE *SHELL AND TUBE* DENGAN *PARALLEL FLOW* UNTUK SKALA LABORATORIUM

Telah disetujui untuk diujikan dihadapan dewan penguji tugas akhir pada
20 Januari 2025

Mengetahui,

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2

Alviani Hesthi Permata Ningtyas S.T., M.Sc

NIP. 06612006362

Ilham Arifin Pahlawan S.ST., M.Sc

NIP. 06612103416

LEMBAR PENGESAHAN

Telah diuji dan disetujui oleh Tim Penguji pada Ujian Sidang tugas akhir Di Prodi
S1 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Gresik

Tanggal : 30 Desember 2024

PANITIA PENGUJI

Penguji 1

Penguji 2

Ilham Arifin Pahlawan S.ST., M.Sc

NIP. 06612103416

Rilo Chandra Muhamadin S.T., M.T

NIP. 06612209492

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Kepala Prodi

Harunur Rosyid, S.T., M.Kom

NIP. 06210408106

Alviani Hesthi Permata Ningtyas S.T., M.Sc

NIP. 06612006362

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ikhsanudin Ramadhan
NIM : 200608011
Skema Kelulusan : Regulasi Skripsi
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Universitas : Universitas Muhammadiyah Gresik

Dengan ini menyatakan yang sebenar-benarnya bahwa :

1. Tugas Akhir yang saya susun dengan judul “Rancang Bangun *Heat exchanger* Tipe *Shell And Tube* dengan *Parallel Flow* Untuk Skala Laboratorium” adalah hasil karya saya dan dalam naskah saya tidak terdapat karya ilmiah yang ditulis atau diterbitkan orang lain, baik sebagian maupun keseluruhan, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.
2. Apabila ternyata di dalam naskah tugas akhir ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur **PLAGIASI**, saya bersedia **TUGAS AKHIR INI DIGUGURKAN** dan **GELAR AKADEMIK YANG TELAH SAYA PEROLEH DIBATALKAN**, serta diproses ketentuan hukum yang berlaku.
3. Tugas akhir dari penelitian yang saya lakukan dapat dijadikan sebagai sumber pustaka.

Gresik, 20 Mei 2024

Yang menyatakan

Penulis

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan Proposal Skripsi yang berjudul “Rancang Bangun *Heat exchanger* Tipe *Shell And Tube* dengan *parallel flow* Untuk Skala Laboratorium” sesuai waktu yang ditentukan.

Karya tulis ini penulis susun sebagai salah satu persyaratan untuk melanjutkan penelitian sebagai syarat penyusunan Skripsi di Universitas Muhammadiyah Gresik.

Dalam penyusunan, penulis mendapatkan banyak pengarahan dan bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penulis tidak lupa mengucapkan terimakasih kepada yang terhormat Bapak/Ibu :

1. Kedua orang tua saya Bapak Sadi S.Pd.I. dan Ibu Harliyana dan se keluarga yang selalu memberikan doa dan dukungan baik secara materil maupun non materil sehingga penulis dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini.
2. Bapak Harunur Rosyid S.T., M.Kom selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Gresik
3. Ibu Alviani Hesthi Permata Ningtyas, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing dan juga selaku Ka Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Gresik.
4. Bapak Ilham Arifin Pahlawan S.ST., M.Sc selaku Dosen Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik beserta seluruh Anggota Tim yang telah membantu dan menyediakan Fasilitas dalam penyelesaian Proposal Tugas Akhir ini.
5. Bapak Rilo Chandra Muhamadin S.T., M.T selaku Dosen Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik beserta seluruh Anggota Tim yang telah membantu dan menyediakan Fasilitas dalam penyelesaian Proposal Tugas Akhir ini.
6. Bapak Ir. Rizkyansyah Alif Hidayatullah, ST., MT selaku Dosen Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik beserta seluruh Anggota Tim yang telah membantu dan menyediakan Fasilitas dalam penyelesaian Proposal Tugas Akhir ini.
7. Soviatin Novita Maisyaroh S. Kep. dan semua teman-teman yang telah memberikan doa dan dukungan baik secara materil maupun non materil sehingga penulis dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini.

Semoga Allah SWT memberi balasan pahala atas kebaikan yang diberikan. Penulis menyadari bahwa proposal ini masih banyak kekurangan, akhirnya penulis berharap semoga proposal ini bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan bagi semua pembaca pada umumnya.



Gresik, 20 Mei 2024

Yang menyatakan

Penulis

ABSTRAK

Heat exchanger adalah alat penukar kalor yang berfungsi untuk mengubah temperatur dan fasa suatu jenis fluida. Proses tersebut terjadi dengan memanfaatkan proses perpindahan kalor dari fluida bersuhu tinggi menuju fluida bersuhu rendah. Di dalam dunia industri peran dari *Heat exchanger* sangat penting. Maka dari itu perlu dilakukan pembelajaran fenomena *Heat exchanger* di skala laboratorium. Tujuan dari penelitian adalah mampu merancang *shell and tube heat exchanger single phase*, mengetahui mekanisme kerja dan mampu menganalisa performa *heat exchanger* dengan variabel laju alir fluida. Metode yang digunakan yaitu perhitungan desain *Heat exchanger*, lalu merancang *Heat exchanger* dengan variasi kecepatan fluida. Hasil yang diharapkan yaitu nilai temperatur untuk menghitung LMTD dan efektifitas *heat exchanger* skala laboratorium. Analisis dilakukan untuk mengetahui selisih temperatur rata-rata logaritmik dan efektifitas *heat exchanger* dengan variasi waktu. Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan semakin lama waktu pengujian maka semakin besar pula selisih temperatur rata-rata logaritmik pada *heat exchanger* tersebut. Sedangkan variasi waktu mempengaruhi efektifitas *heat exchanger* tipe *shell and tube*. Semakin lama waktu yang ditempuh saat *running* maka semakin kecil nilai efektifitas dari *heat exchanger* tersebut.

Kata kunci : *Heat exchanger*, LMTD, Rancang Bangun

ABSTRACT

A heat exchanger is a heat exchange device that functions to change the temperature and phase of a type of fluid. This process occurs by utilizing the heat transfer process from a high temperature fluid to a low temperature fluid. In the industrial world the role of Heat exchangers is very important. Therefore, it is necessary to study the Heat exchanger phenomenon on a laboratory scale. The aim of the research is to be able to design a single phase shell and tube heat exchanger, know the working mechanism and be able to analyze the performance of the heat exchanger with variable fluid flow rates. The method used is calculating the Heat exchanger design, then designing the Heat exchanger with variations in fluid speed. The expected results are temperature values for calculating LMTD and the effectiveness of laboratory scale heat exchangers. Analysis was carried out to determine the difference in logarithmic average temperature and heat exchanger effectiveness with time variations. Based on the simulation results that have been carried out, the longer the testing time, the greater the difference in the average logarithmic temperature in the heat exchanger. Meanwhile, time variations affect the efficiency of shell and tube type heat exchangers. The longer the running time, the smaller the efficiency value of the heat exchanger.

Key Word :Heat exchanger, LMTD, Design

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iv
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
DAFTAR SIMBOL	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	2
1.6 Sistematika Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Tinjauan Pustaka	4

2.2.	Perpindahan Kalor.....	5
2.2.1.	Konduksi.....	5
2.2.2.	Konveksi.....	6
2.2.3.	Radiasi	6
2.3.	Alat Penukar Kalor	7
2.3.1.	<i>Double Pipe Heat exchanger</i>	7
2.3.2.	<i>Shell and Tube Exchanger</i>	7
2.3.3.	<i>Plate And Frame Heat exchanger</i>	8
2.3.4.	<i>Aliran Searah (co-current/parallel flow)</i>	9
2.3.5.	<i>Aliran Berlawanan Arah (counter-current flow)</i>	9
2.3.6.	<i>Aliran Silang (cross-current flow)</i>	10
2.3.7.	<i>Tipe Kontak Langsung</i>	11
2.3.8.	<i>Tipe Tidak Kontak Langsung</i>	11
2.4.	Bagian-Bagian Utama pada <i>Heat exchanger</i> Tipe <i>Shell and Tube</i> 11	
2.4.1	<i>Shell</i>	11
2.4.2	<i>Tube</i>	13
2.5.	Rumus Perhitungan Laju Perpindahan Kalor <i>Heat exchanger</i>	13
2.5.1	Rumus Perhitungan Perpindahan Kalor Dan <i>Pressure drop</i> Pada Sisi <i>Shell</i>	13
2.5.2	Rumus Perhitungan Perpindahan Kalor Dan <i>Pressure Drop</i> Pada Sisi <i>Tube</i>	16
2.5.3	Rumus Perhit ungan Koefisien Perpindahan Kalor, dan	

Efektifitas	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	22
3.1 Metodologi	22
3.1.1 Diagram Alir Penelitian	22
3.2 Perencanaan Pengujian Penelitian	26
3.2.1 Teknik Sampling	26
3.3 Alat dan Bahan	27
3.4 Tahapan Pembuatan	28
3.5 Teknik Pengumpulan Data	29
3.5.1. Teknik Pengmpulan Data	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Hasil Perancangan <i>Heat exchanger</i>	31
4.2 Hasil Pengujian <i>Heat exchanger</i>	33
4.2.1 Tabel hasil pengujian <i>heat exchanger</i>	33
4.2.2 Grafik Perubahan Temperatur Di Setiap variasi waktu	34
4.2.3 Grafik perubahan temperatur <i>inlet</i> dan <i>outlet</i>	40
4.2.4 Grafik hubungan antara temperatur <i>inlet</i> dan <i>outlet</i>	41
4.2.5 Perhitungan <i>Reynold Number</i>	43
4.2.6 <i>Nusselt Number</i>	44
BAB V PENUTUP	48
5.1 Kesimpulan	48
5.2 Saran	48

DAFTAR PUSTAKA.....	50
LAMPIRAN	53



DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Spesifikasi <i>Shell and Tube Heat exchanger</i>	26
Tabel 4. 1 Spesifikasi Heat Exchnger	33
Tabel 4. 2 Hasil pengujian <i>Heat exchanger</i>	34
Tabel 4. 3 Hasil ΔT fluida dingin dan fluida panas	34
Tabel 4. 4 Tabel perpindahan kalor	46
Tabel 4. 5 Hasil dari perhitungan laju kapasitas fluida panas dan dingin	46
Tabel 4. 6 Hasil dari perhitungan efisiensi	47



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Double pipe <i>heat exchanger</i>	7
Gambar 2. 2 <i>Heat exchanger shell and tube</i>	8
Gambar 2. 3 Plate and frame <i>heat exchanger</i>	9
Gambar 2. 4 Arah aliran fluida searah	9
Gambar 2. 5 Perubahan temperatur fluida pada penukar kalor searah.....	9
Gambar 2. 6 Arah aliran fluida berlawanan arah	10
Gambar 2. 7 Perubahan temperatur fluida pada penukar kalor berlawanan arah	10
Gambar 2. 8 Arah aliran fluida silang	11
Gambar 2. 9 Standar TEMA berdasarkan tipe bagian alat penukar kalor.....	13
Gambar 2. 10 Jenis-jenis <i>Tube Pitch</i>	13
Gambar 3. 1 Diagram Alir.....	25
Gambar 3. 2 Desain Rangkaian <i>Heat exchanger</i>	26
Gambar 4. 1 Desain <i>Heat exchanger</i> 3 dimensi	31
Gambar 4. 2 Skema laju aliran fluida.....	31
Gambar 4. 3 Perangkat keras <i>Heat exchanger</i> tampak atas	32
Gambar 4. 4 Perangkat keras <i>Heat exchanger</i>	33
Gambar 4. 5 Grafik perubahan suhu pada waktu 10 menit	35
Gambar 4. 6 Grafik perubahan suhu pada waktu 20 menit	35
Gambar 4. 7 Grafik perubahan suhu pada waktu 30 menit	36
Gambar 4. 8 Grafik perubahan suhu pada waktu 40 menit	37
Gambar 4. 9 Grafik perubahan suhu pada waktu 50 menit	37
Gambar 4. 10 Grafik perubahan suhu pada waktu 60 menit	38
Gambar 4. 11 Grafik perubahan suhu pada waktu 70 menit	39
Gambar 4. 12 Grafik perubahan suhu pada waktu 80 menit	39
Gambar 4. 13 Grafik perubahan suhu pada waktu 90 menit	40
Gambar 4. 14 Grafik perubahan temperatur di setiap titik.....	41
Gambar 4. 15 grafik hubungan antara temperatur <i>inlet</i> dan <i>outlet</i> waktu 40 menit	41
Gambar 4. 16 Grafik hubungan antara temperatur <i>inlet</i> dan <i>outlet</i> waktu 50 menit	42

Gambar 4. 17 grafik hubungan antara temperatur *inlet* dan *outlet* waktu 60 menit
..... 43



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Pembuatan rangka.....	53
Lampiran 2 Uji kekuatan rangka.....	53
Lampiran 3 Uji saluran air.....	53
Lampiran 4 Pemasangan <i>water heater</i>	53
Lampiran 5 Uji coba pertama	53
Lampiran 6 Uji coba pertama	53
Lampiran 7 Pemindahan tempat <i>water heater</i>	54
Lampiran 8 Uji coba <i>water heater</i>	54
Lampiran 9 Pemasangan <i>shell</i> akrilik	54
Lampiran 10 Instalasi kelistrikan	54
Lampiran 11 Pemasangan <i>flowmeter</i>	54
Lampiran 12 Pemotongan <i>shell</i>	54
Lampiran 13 Instalasi thermometer suhu	55
Lampiran 14 Uji coba kedua	55
Lampiran 15 Instalasi <i>shell and tube</i>	55
Lampiran 16 Project 80%.....	55
Lampiran 17 Instalasi pipa siku.....	55
Lampiran 18 Pembongkaran <i>shell</i>	55
Lampiran 19 Pembongkaran ulang.....	56
Lampiran 20 Uji coba <i>shell and tube</i>	56
Lampiran 21 Project 90%.....	56
Lampiran 22 Pembuatan rangka.....	56
Lampiran 23 Uji coba ketiga	56
Lampiran 24 Uji coba ketiga	56
Lampiran 25 Proses design.....	57
Lampiran 26 Pembahasan revisi project.....	57
Lampiran 27 Hasil pengujian 90 menit	57
Lampiran 28 Hasil pengujian 80 menit	57
Lampiran 29 Hasil pengujian 70 menit	57
Lampiran 30 Hasil pengujian 60 menit	57

Lampiran 31 Hasil pengujian 50 menit	57
Lampiran 32 Hasil pengujian 40 menit	57
Lampiran 33 Hasil pengujian 30 menit	58
Lampiran 34 Hasil pengujian 20 menit	58
Lampiran 35 Hasil pengujian 10 menit	58



DAFTAR SIMBOL

A	Luasan Permukaan	m ²
ΔP	<i>Pressure Drop</i>	kPa/psi
U	Koefisien Perpindahan Panas Keseluruhan	W/m ² C
Q	<i>Duty</i>	MW
Θ	Sudut Heliks <i>Baffle</i>	deg (°)
d ^o	Diameter Luar <i>Tube</i>	m/inch
d _i	Diameter Dalam <i>Tube</i>	m/inch
T _h	Temperatur Panas (<i>Hot</i>)	°C
T _c	Temperatur Dingin (<i>Cold</i>)	°C
F	Faktor Koreksi Temperatur	
ΔT_{LMTD}	<i>Log Mean Temperature Difference</i>	°C
$\dot{m}_s$	Laju Aliran Massa <i>Shell</i>	kg/s
$\dot{m}_t$	Laju Aliran Massa <i>Tube</i>	kg/s
k _s	Konduktivitas Termal <i>Shell</i>	W/mC
k _t	Konduktivitas Termal <i>Tube</i>	W/mC
k _{CS}	Konduktivitas Termal <i>Carbon Steel</i>	W/mC
ρ_s	Densitas <i>Shell</i>	kg/m ³
ρ_t	Densitas <i>Tube</i>	kg/m ³
μ_s	Kalor Spesifik <i>Shell</i>	J/kgC
μ_t	Kalor Spesifik <i>Tube</i>	J/kgC
L _t	Panjang <i>Tube</i>	m
d _{ct}	Diameter <i>center tube</i>	m
P	<i>Design Pressure Tube</i>	kPa
S	<i>Tensile Strenth Tube</i>	kPa
E	Faktor Kualitas Material <i>Tube</i>	
Y	Koefisien D/6	
t _{wmin}	Ketebalan Minimum <i>Tube</i>	m
c	<i>Corrosion Allowence</i>	m
tw	<i>Ketebalan Tube</i>	m

Ds	<i>Diameter Shell</i>	m
Lpt	<i>Pitch Tube (Jarak Antar Tube)</i>	m
B	<i>Jarak Antar Baffle</i>	m
Np	<i>Jumlah Pass Tube</i>	
Lbb	<i>Jarak Antara Bundle dan Shell Clearance</i>	m
Dotl	<i>Diameter outer tube bundle</i>	m
Dctl	<i>Diameter center tube bundle</i>	m
Nt	<i>Jumlah tube</i>	
de	<i>Diameter Ekuivalen</i>	m
At	<i>Luas Permukaan Tube</i>	m ²
As	<i>Luas Permukaan Shell</i>	m ²
vt	<i>Kecepatan Aliran Fluida Tube</i>	m/s
vs	<i>Kecepatan Aliran Fluida Shell</i>	m/s
Gt	<i>Fluks Massa Tube</i>	kg/m ² s
Gs	<i>Fluks Massa Tube</i>	kg/m ² s
Ret	<i>Bilangan Reynold Tube</i>	
Res	<i>Bilangan Reynold Shell</i>	
Prt	<i>Bilangan Prandtl Tube</i>	
Prs	<i>Bilangan Prandtl Shell</i>	
Nut	<i>Bilangan usselt Tube</i>	
Nus	<i>Bilangan usselt Shell</i>	
ft	<i>Koefisien Friksi Fluida Tube</i>	
fs	<i>Koefisien Friksi Fluida Shell</i>	
ht	<i>Koefisien Perpindahan Panas Tube</i>	W/m ² C
hs	<i>Koefisien Perpindahan Panas Shell</i>	W/m ² C
Rfs	<i>Faktor Pengotor Production Fluid</i>	(m ² C)/W
Rft	<i>Faktor Pengotor Steam</i>	(m ² C)/W