

**PERANCANGAN *SHELL AND TUBE HEAT EXCHANGER*
PENDINGIN GAS *PALM OIL MILL EFFLUENT (POME)*
MENGUNAKAN *CHILLED WATER* DI PT WIRATAMA
INDOTECH**

LAPORAN SKRIPSI



**Diajukan untuk Memenuhi Syarat Menyelesaikan Pendidikan
Sarjana Terapan Program Studi Teknik Mesin Produksi dan Perawatan**

Oleh

**Devita Dinda Fitriani
061940210230**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
PALEMBANG
2023**

**DESIGNING SHELL AND TUBE HEAT EXCHANGER FOR
PALM OIL MILL EFFLUENT (POME) GAS COOLER BY
USING CHILLED WATER WITH A CASE STUDY AT PT
WIRATAMA INDOTECH**

FINAL PROJECT REPORT



**Submitted to Comply with Terms of Study Completion in
Mechanical Engineering Production and Maintenance Study Program**

by

**Devita Dinda Fitriani
061940210230**

**MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT
STATE POLYTECHNIC OF SRIWIJAYA
PALEMBANG
2023**

HALAMAN PERSETUJUAN LAPORAN

**PERANCANGAN *SHELL AND TUBE HEAT EXCHANGER*
PENDINGIN GAS *PALM OIL MILL EFFLUENT* (POME)
MENGUNAKAN *CHILLED WATER* DI PT WIRATAMA
INDOTECH**



LAPORAN SKRIPSI

**Disetujui oleh Dosen Pembimbing Proposal Skripsi
Program Studi Sarjana Terapan Teknik Mesin Produksi dan Perawatan**

Pembimbing Utama,

**Dicky Seprianto, S.T., M.T.
NIP. 19770916 2001121001**

Pembimbing Pendamping,

**Drs. Soegeng Witjahjo, S.T.,M.T.
NIP. 196101061988031003**

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin,**

**Ir. Sairul Effendi, M.T.
NIP. 1963091219893031005**

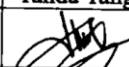



HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN SKRIPSI

Laporan Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Devita Dinda Fitriani
NIM : 061940210230
Program Studi : Sarjana Teknik Mesin Produksi dan Perawatan
Rencana Judul : **PERANCANGAN SHELL AND TUBE HEAT EXCHANGER PENDINGIN GAS PALM OIL MILL EFFLUENT (POME) MENGGUNAKAN CHILLED WATER DI PT WIRATAMA INDOTECH**

Telah selesai diuji dalam Sidang Sarjana Terapan
dihadapan Tim Penguji pada tanggal Agustus 2023 dan diterima sebagai
bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan
pada Program Studi Sarjana Terapan Teknik Mesin Produksi dan Perawatan
Jurusan Teknik Mesin Politeknik negeri Sriwijaya

TIM PENGUJI

No	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1	Dicky Seprianto, S.T., M.T.	Ketua		6/9-23
2	Drs. Suparjo, M.T.	Anggota		6/9-23
3	Firdaus, S.T., M.T.	Anggota		6/9 23
4	Ozkar Firdausi Homzah, M.Sc	Anggota		6/9 2023

Palembang,2023

Ketua jurusan Teknik Mesin



Ir. Sairul Effendi, M.T.
NIP. 196309121989031005

HALAMAN PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Skripsi ini dipersembahkan kepada siapa pun yang
kemudian memperoleh manfaat darinya.

لَا حَوْلَ وَلَا قُوَّةَ إِلَّا بِاللَّهِ الْعَلِيِّ الْعَظِيمِ

“Tiada daya dan upaya kecuali dengan kekuatan Allah
yang Maha Tinggi lagi Maha Agung”

مَا يَفْتَحُ اللَّهُ لِلنَّاسِ مِنْ رَحْمَةٍ فَلَا مُمْسِكَ لَهَا ۖ وَمَا يُمْسِكُ فَلَا مُرْسِلَ لَهُ مِنْ بَعْدِهِ ۗ وَهُوَ الْعَزِيزُ الْحَكِيمُ

“Apa saja yang Allah anugerahkan kepada manusia berupa rahmat, maka tidak ada seorangpun yang dapat menahannya; dan apa saja yang ditahan oleh Allah maka tidak seorang pun yang sanggup melepaskannya sesudah itu. Dan Dialah Yang Maha Perkasa lagi Maha Bijaksana” Q.S Fathir (35) : 2

ABSTRAK

PERANCANGAN *SHELL AND TUBE HEAT EXCHANGER* PENDINGIN GAS PALM OIL MILL EFFLUENT (POME) MENGGUNAKAN *CHILLED WATER* DI PT WIRATAMA INDOTECH

Devita Dinda Fitriani

xvi + 64 halaman, 12 tabel, 44 lampiran

Heat exchangers tipe shell and tube digunakan pada industri pada proses pendinginan maupun pada proses pemanasan. *Shell and tube heat exchanger* memiliki keunggulan diantaranya perawatan yang mudah, desain konstruksi yang sederhana, serta memiliki kemampuan kerja yang baik karena mampu beroperasi pada suhu dan tekanan tinggi, fluida yang korosif. Dalam upaya menemukan ukuran diameter tube terbaik pada sebuah *design shell and tube heat exchanger* yang akan digunakan sebagai pendingin, pada penelitian ini *heat exchanger* dirancang dengan menggunakan fluida air dan Biogas *Palm Oil Mill Effluent (POME)* serta diameter luar pipa 0,75 inch, 1,0 inch, dan 1,25 inch. Penelitian dilakukan untuk mengetahui nilai koefisien perpindahan panas bersih (Uc) dengan menggunakan perhitungan numerik menggunakan *Kern Methode* dan simulasi pada *software HTRI*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perancangan *shell and tube heat exchanger* terbaik adalah *heat exchanger* dengan diameter luar pipa 0,75 inch yang memiliki nilai *over design* sebesar 6.49%. Sebuah model kemudian akan dikatakan valid apabila nilai *over design* pada parameter koefisien perpindahan panas bersihnya tidak melebihi 25% dari nilai koefisien perpindahan panas *required design*.

Kata Kunci : *Shell and Tube, Heat Exchanger, Gas POME, Chiller, HTRI.*

ABSTRACT

DESIGNING SHELL AND TUBE HEAT EXCHANGER FOR PALM OIL MILL EFFLUENT (POME) GAS COOLER BY USING CHILLED WATER WITH A CASE STUDY AT PT WIRATAMA INDOTECH

Devita Dinda Fitriani

xvi + 64 pages, 12 table, 44 appendices

Shell and tube heat exchangers are used in industry in the cooling process as well as in the heating process. Shell and tube heat exchangers have advantages including easy maintenance, simple construction design, and good workability because they are able to operate at high temperatures and pressures, corrosive fluids. In an effort to find the best tube diameter size for a shell and tube heat exchanger design to be used as a coolant, in this study the heat exchanger was designed using water fluid and Biogas Palm Oil Mill Effluent (POME) and a pipe outer diameter of 0.75 inches, 1.0 inches, and 1.25 inches. The research was conducted to determine the value of the net heat transfer coefficient (U_c) by using numerical calculations using the Kern Method and simulation on the HTRI software. The results showed that the best shell and tube heat exchanger design was a heat exchanger with an outer diameter of 0.75 inch pipe which had an over design value of 6.49%. A model will then be said to be valid if the overdesign value on the net heat transfer coefficient parameter does not exceed 25% of the required design heat transfer coefficient value.

Keywords: Shell and Tube, Heat Exchanger, POME Gas, Chiller, HTRI.

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Devita Dinda Fitriani
NIM : 061940210230
Program Studi : Sarjana Teknik Mesin Produksi dan Perawatan
Rencana Judul : **PERANCANGAN SHELL AND TUBE HEAT EXCHANGER PENDINGIN GAS PALM OIL MILL EFFLUENT (POME) MENGGUNAKAN CHILLED WATER DI PT WIRATAMA INDOTECH**

Menyatakan bahwa Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri dan didampingi oleh tim dosen pembimbing dan **bukan hasil penjiplakan/plagiat**. Apabila dikemudian hari ditemukan unsur penjiplakan/*plagiat* dalam Skripsi yang saya buat, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Politeknik Negeri Sriwijaya.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.



PalembangJuli 2023

METERAI
TEMPEL
CAAJX654293994
Devita Dinda Fitriani
NIM 061940210230

PRAKATA

Puji dan Syukur penulis panjatkan kehadiran Allah S.W.T., karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat diberi kesempatan untuk melaksanakan, menyelesaikan, serta menyusun skripsi ini dengan baik. Dalam laporan ini penulis mengangkat judul **“PERANCANGAN *SHELL AND TUBE HEAT EXCHANGER* PENDINGIN GAS *PALM OIL MILL* EFFLUENT (POME) MENGGUNAKAN *CHILLED WATER* DI PT WIRATAMA INDOTECH”**.

Penyusunan skripsi ini dilakukan untuk memenuhi syarat menyelesaikan Diploma IV Teknik Mesin Produksi dan Perawatan di Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Sriwijaya. Pada kesempatan ini, penulis ingin berterima kasih kepada:

1. Diri saya sendiri, yang telah berhasil melewati malam tanpa tidur untuk belajar dan mengerjakan skripsi ini.
2. Ibu, bapak, dan adik yang telah memberi dukungan material, moril serta doa restunya kepada penulis.
3. Bapak Dicky Seprianto, S.T., M.T., dan Drs. Soengeng Witjahjo, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing skripsi dari Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Sriwijaya.
4. Bapak Ahmad Imam Rifa'i, S.T., M.T.. selaku pembimbing topik bahasan skripsi ini.
5. Bapak Iriansyah Putra, S.T. selaku pembimbing skripsi dari PT. Wiratama Indotech.
6. Bapak Rachmad Risaldi, S.T. selaku pembimbing topik bahasan skripsi ini.
7. Kepada teman-teman saya yang telah kebersamai dan memberi dukungan selama saya mengerjakan skripsi ini.

Dalam penyusunannya, penulis menyadari bahwa terdapat banyak ketidaksempurnaan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca, yang tentunya akan mendorong penulis untuk berkerja lebih baik lagi pada kesempatan yang akan datang. Semoga uraian dalam skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Palembang, 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	viii
PRAKATA.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR SIMBOL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian	3
1.4. Metode Pengambilan Data	4
1.5. Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Kajian Pustaka.....	6
2.2. Perpindahan Panas	9
2.2.1. Perpindahan Panas Konduksi	9
2.2.2. Perpindahan Panas Konveksi	9
2.2.3. Perpindahan Panas Radiasi.....	11
2.3. <i>Heat Exchanger</i>	11
2.3.1. <i>Construction</i>	11
2.3.2. <i>Transfer Process</i>	15
2.3.3. <i>Surface Compactness</i>	15
2.3.4. <i>Flow Arrangement</i>	15
2.3.5. <i>Pass Arrangement</i>	16
2.3.6. <i>Phase of Fluids</i>	17
2.3.7. <i>Heat Transfer Mechanism</i>	17
2.4. <i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>	18
2.4.1. Standar TEMA	18
2.4.2. <i>Shell</i>	22
2.4.2. <i>Tube</i>	22
2.4.3. <i>Baffle</i>	25
2.5. Parameter Desain	26
2.5.1. Laju Perpindahan Panas	26
2.5.2. <i>Log Mean Temperature Different</i> LMTD.....	27
2.5.3. <i>Total Heat Transfer Area</i>	27

2.5.4.	Laju Perpindahan panas maksimum.....	28
2.6.	Metode Kern.....	28
2.6.1.	Laju Perpindahan Panas	28
2.6.2.	<i>Log Mean Temperature Different</i> LMTD.....	28
2.6.3.	<i>Preliminary Heat Transfer Coefficiency Design</i>	29
2.6.4.	<i>Tube Data</i>	29
2.6.5.	Area Perpindahan panas	30
2.6.6.	Jumlah <i>tube</i>	30
2.6.7.	Evaluasi nilai perpindahan panas	30
2.6.8.	Menghitung Koefisien Perpindahan Panas	30
2.6.8.	<i>Clean Overall Heat Transfer Coefficient</i>	32
2.6.9.	Laju Perpindahan Panas <i>Required Design</i>	32
2.7.	Material	32
2.7.1.	POME Gas.....	32
2.7.2.	<i>Chilled Water</i>	32
2.7.3.	<i>Stainless Steel 304</i>	33
2.8.	PT Wiratama Indotech.....	33
2.9.	HTRI Software	34
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		35
3.1.	Tempat dan Waktu Penelitian.....	35
3.2.	Prosedur Penelitian.....	35
3.3.	Pengambilan Data <i>Heat Exchanger</i>	37
3.3.1.	<i>Data Drawing</i>	37
3.3.2.	Data Operasi	37
3.3.3.	Data Fluida <i>Properties</i>	37
3.4.	Penentuan Fungsi dan Tujuan	38
3.4.1.	<i>Pressure Drop</i>	38
3.4.2.	Laju Perpindahan panas	38
3.5.	Metode Numerik	39
3.6.	Pembuatan 3D Model.....	40
3.7.	Visual Penyajian Data	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		44
4.1	Perhitungan <i>Numeric</i> Desain Awal <i>Heat Exchanger</i>	44
4.1.1.	Keseimbangan Energi	45
4.1.2.	Menghitung nilai <i>Log Mean Temperature Different</i> LMTD (ΔT_{lm}).....	46
4.1.3.	<i>Preliminary Heat Transfer Coefficiency Design</i> ($U_{estimasi}$) 46	
4.1.4.	Jumlah Tube (Nt)	47
4.1.5	Evaluasi Nilai Perpindahan Panas.....	48
4.1.6	Koefisien Perpindahan Panas Pada Tube (h_{io})	49
4.1.7	Koefisien Perpindahan Panas Pada Shell (h_o)	50
4.1.8.	<i>Clean Overall Heat Transfer Coefficient</i> (U_c).....	51
4.1.9.	Koefisien Perpindahan Panas <i>Required Design</i> (U_{req})... 51	

4.2.	Permodelan <i>Software</i>	57
4.3	Hasil dan Pembahasan Design	58
4.4	Specification Sheet Model Heat Exchanger Terbaik	64
BAB V	PENUTUP.....	65
5.1	Kesimpulan	65
5.2	Saran.....	66
DAFTAR PUSTAKA.....		67
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 a) perpindahan panas konduksi b) perpindahan panas konveksi.....	10
Gambar 2.2 <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>	12
Gambar 2.3 <i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>	12
Gambar 2.4 <i>Coiled Tube Heat Exchanger</i>	12
Gambar 2.5 <i>Plate and Frame Heat Exchanger</i>	13
Gambar 2.6 <i>Spiral Plate Heat Exchanger</i>	14
Gambar 2.7 <i>Lamella Heat Exchanger</i>	14
Gambar 2.8 Ilustrasi <i>Parallelflow, Counterflow, Crossflow</i>	16
Gambar 2.9 <i>Nomenclature for heat exchanger</i> komponen	20
Gambar 2.10 <i>Heat Exchanger Tipe BEM Conical Head</i>	21
Gambar 2.11 <i>Tube Layout</i>	24
Gambar 2.12 Logo PT Wiratama Indotech	33
Gambar 3.1 Diagram Alir Perancangan	36
Gambar 3.2 <i>Interface Software HTRI</i>	40
Gambar 3.3 <i>TEMA Data Sheet</i>	41
Gambar 3.5 <i>Tube Layout</i>	43
Gambar 3.6 <i>Heat Exchanger Setting Plan</i>	43
Gambar 4.1 Origin Datasheet.....	44
Gambar 4.2 <i>Overall Heat Transfer Coefficient</i>	59
Gambar 4.3 <i>Overall Heat Transfer Coefficient Clean (Uc)</i>	60
Gambar 4.4 <i>Penurunan Pressure Drop</i>	61
Gambar 4.5 Kurva Persentase <i>Overdesign</i>	63

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Jenis-Jenis <i>Baffle</i>	25
Tabel 2.2 Tube Data	29
Tabel 2.3 <i>Physical Properties of Cooling Water</i>	32
Tabel 2.4 <i>Physical properties of Stainless Steel 304</i>	33
Tabel 3.1 Penyajian Data.....	42
Tabel 4.1 Data Proses Perhitungan Kesetimbangan Energi	45
Tabel 4.2 Tube Count	47
Tabel 4.3 Dimensi Standar Shell Berdasarkan Data Tube Count.....	48
Tabel 4.4 Tube Count Ud estimasi 10 <i>btu/hr.ft².^oF</i>	53
Tabel 4.5 Data Hitung Ud estimasi 10 <i>btu/hr.ft².^oF</i>	53
Tabel 4.6 Tube Count Ud estimasi 20 <i>btu/hr.ft².^oF</i>	53
Tabel 4.7 Data Hitung Ud estimasi 20 <i>btu/hr.ft².^oF</i>	54
Tabel 4.8 Tube Count Ud estimasi 30 <i>btu/hr.ft².^oF</i>	54
Tabel 4.9 Data Hitung Ud estimasi 30 <i>btu/hr.ft².^oF</i>	54
Tabel 4.10 Tube Count Ud estimasi 40 <i>btu/hr.ft².^oF</i>	55
Tabel 4.11 Data Hitung Ud estimasi 40 <i>btu/hr.ft².^oF</i>	55
Tabel 4.12 Tube Count Ud estimasi 50 <i>btu/hr.ft².^oF</i>	55
Tabel 4.13 Data Hitung Ud estimasi 50 <i>btu/hr.ft².^oF</i>	56
Tabel 4.14 Tube Count Ud estimasi 18 <i>btu/hr.ft².^oF</i>	56
Tabel 4.15 Data Hitung Ud estimasi 18 <i>btu/hr.ft².^oF</i>	57
Tabel 4.16 Fluid's Input Data Summary	57
Tabel 4.17 Geometry Design Required Summary	58
Tabel 4.18 Hasil Hitung, Permodelan HTRI, dan Nilai Deviasi	58
Tabel 4.19 Parameter <i>Pressure Drop</i> dan <i>Overdesign</i>	62

DAFTAR SIMBOL

ΔP	= Pressure drop	psi
ΔT_{lm}	= Perubahan panas logaritmik (log mean temperature difference)	$^{\circ}C$
ΔT_m	= Perubahan panas sebenarnya (mean temperature difference)	$^{\circ}C$
μ	= viskositas	lb/ft.hr
A	= Luas area perpindahan panas keseluruhan	ft ²
A_e	= Area perpindahan panas estimasi	ft ²
A_s	= Luas area perpindahan panas pada shell	ft ²
A_t	= Luas area perpindahan panas pada tube	ft ²
B	= Jarak antar sekat (baffle spacing)	inch
C''	= Kelonggaran tube	inch
C_p	= Panas jenis	btu/lbm. $^{\circ}F$
D_e	= Diameter ekivalen	inch
F	= Faktor koreksi	
G_s	= Kecepatan laju massa dishell	lb.hr/ft ²
G_t	= Kecepatan laju massa ditube	lb.hr/ft ²
h_i	= koefisien perpindahan panas	btu/hr.ft. $^{\circ}F$
ID_s	= Inner diameter shell	Inch
ID_t	= Inner diameter shell	inch
K	= konduktivitas termal	btu/h.ft. $^{\circ}F$
L	= Panjang	ft
M	= Laju aliran massa	lb/h
n'	= Jumlah laluan pada shell	buah
n''	= Jumlah laluan pada tube	buah
N_{RE}	= Nilai Reynold	
N_t	= Jumlah tube	buah
OD_s	= Outside diameter shell	inch
OD_t	= Outside diameter tube	inch
PT	= Jarak antar tube	inch
Q	= Laju perpindahan panas	btu/hr
s	= specific gravity	lb/ft ³
t_{ci}	= Suhu masuk fluida dingin	$^{\circ}F$
t_{co}	= Suhu keluar fluida dingin	$^{\circ}F$
T_{hi}	= Suhu masuk fluida panas	$^{\circ}F$
T_{ho}	= Suhu keluar fluida panas	$^{\circ}F$
U	= Koefisien perpindahan panas keseluruhan	btu/hr.ft. $^{\circ}F$
U_c	= Koefisien perpindahan panas keseluruhan bersih	btu/hr.ft. $^{\circ}F$
U_D	= Koefisien perpindahan panas keseluruhan desain	btu/hr.ft. $^{\circ}F$
ρ	= density	lb/ft ³

DAFTAR LAMPIRAN

- LAMPIRAN 1 Administrasi Skripsi
- LAMPIRAN 2 Administrasi Penelitian
- LAMPIRAN 3 Data Dan Standar
- LAMPIRAN 4 Hasil Perhitungan Manual
- LAMPIRAN 5 Data Output HTRI