

TUGAS AKHIR
ANALISIS TERMAL PENUKAR KALOR HE-005/E-RC-005
RESIDU DAN *CRUDE EXCHANGER* DI PUSAT
PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA
MINYAK DAN GAS BUMI CEPU

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Mencapai Derajat Strata-1
Pada Progam Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



Disusun oleh:
RIDHWAN KAMAL PRATAMA
20180130027

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
2022

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ridhwan Kamal Pratama
Nim : 20180130027
Jurusan : Teknik Mesin
Universitas : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Judul : Analisis Termal Penukar Kalor HE-005/E-RC-005 Residu
dan *Crude Exchanger* di Pusat Pengembangan Sumber
Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi Cepu

Saya menyatakan bahwa Tugas Akhir ini adalah asli hasil karya saya dan di dalamnya tidak terdapat karya (tulisan) yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi lain sebelumnya. Selain itu, karya tulis ilmiah ini juga tidak berisi pendapat atau hasil penelitian yang sudah dipublikasikan oleh orang lain selain referensi yang ditulis dengan menyebutkan sumbernya di dalam naskah dan daftar pustaka.

Yogyakarta, 28 September 2022

Yang membuat pernyataan



Ridhwan Kamal Pratama

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbilalamin puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta karunia-Nya, dan shalawat serta salam kepada Nabi Muhammad SAW sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul “Analisis Termal Penukar Kalor HE-005/E-RC-005 Residu dan *Crude Exchanger* di Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi Cepu”. Penyusunan tugas akhir ini diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana S-1 di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Penyelesaian tugas akhir ini tidak terlepas dari bimbingan, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ucapkan terimakasih sebanyak-banyaknya kepada semua pihak yang telah terlibat sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih banyak kekurangannya, penulis sangat mengharapkan kritik dan juga saran yang sifatnya membangun untuk karya yang lebih baik lagi kedepannya. Harapannya, tugas akhir ini akan memberikan manfaat yang berguna bagi para pembaca.

Yogyakarta, 28 September 2022

Penulis,



Ridhwan Kamal Pratama

HALAMAN PERSEMBAHAN



Alhamdulillahirabbilalaamin, puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Selama mengerjakan Tugas Akhir, penulis telah banyak mendapatkan bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai macam pihak. Sehingga penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ir. Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.M., M.Eng. Sc., Ph.D. selaku Ketua Program Studi S-1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Bapak Tito Hadji Agung Santoso, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing utama tugas akhir atas bimbingan, bantuan, dan saran-saran yang telah diberikan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Ir. Sudarja M.T., IPM. selaku dosen pembimbing pendamping tugas akhir atas bimbingan, bantuan dan saran yang diberikan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Ibu Dosen serta seluruh civitas akademika Program Studi S-1 Teknik Mesin yang telah memberikan banyak pengalaman, dan bantuan kepada penulis selama berada di lingkungan Program Studi S-1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
5. Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi Cepu serta seluruh staff pekerja yang telah memberikan pengalaman dan ilmu pengetahuan kepada penulis.
6. Kedua orang tua tercinta, Bapak Eko Prasetya Budiana dan Ibu Yuniati yang selalu berdoa dan memberikan dukungan untuk keberhasilan penulis. Penulis tidak bisa membalas seluruh kebaikan kedua orang tua, penulis hanya bisa mendoakan semoga segala jerih payah dan dukungan dari kedua orang tua

dibalas oleh Allah SWT dan semoga penulis bisa membahagiakan kedua orang tua di dunia maupun di akhirat.

7. Adik penulis, Shafira Khairunnisa yang tiada henti memberikan dukungan, doa, dan perhatian kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan kuliah dengan baik.
8. Teman-teman kelompok Tugas Akhir, Dzakwan Rafi Maulana, Rickvan Firmansyah, dan Raden Suryo Rahmanto Wibowo yang telah membantu penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
9. Teman-teman kelas A dan seluruh angkatan teknik mesin UMY 2018 yang telah berjuang selama kuliah.
10. Keluarga besar ASC: Achmad, Ardan, Azra, Bagas, Fajar, Feddrieck, Iko, Rafi, Riki, Suryo, Tama yang selalu memberikan dukungan kepada penulis.
11. Keluarga besar Angel Srawung: Adam, Andre, Benno, Bintang, Calvin, Fatwa, Ghoza, Iqbal, Javier, Naufal, Rizal, Miftah, Tory yang selalu memberikan semangat kepada penulis.
12. Kepada sahabat yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan dukungan dan doa untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
13. *Last but not least, I wanna thank me, I wanna thank me for believing me, I wanna thank me for doing all this hard work, I wanna thank me for having no days off, I wanna thank me for never quitting, and I wanna thank me for just being me at all times.*

Semoga seluruh amal baik dari pihak-pihak yang disebutkan mendapatkan balasan dari Allah SWT dengan balasan berlipat ganda dan segala kekhilafan baik yang disengaja maupun tidak disengaja mendapatkan ampunan sebesar-besarnya dari Allah SWT.

Yogyakarta, 28 September 2022

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
INTISARI	xvi
ABSTRACT	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	5
2.1. Tinjauan Pustaka	5
2.2. Dasar Teori.....	7
2.2.1. Perpindahan Kalor	7
2.2.2. Perpindahan Kalor Konduksi Stedi Satu Dimensi	10
2.2.3. Alat Penukar Kalor.....	12
2.2.4. Jenis-Jensi Alat Penukar Kalor	13
2.2.5. Klasifikasi Alat Penukar Kalor	13
2.2.6. Kode Standar Alat Penukar Kalor.....	18
2.2.7. Kontruksi Alat Penukar Kalor.....	18
2.2.8. <i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>	19

2.2.9. Komponen <i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>	20
2.2.10. Proses Pengolahan <i>Crude Oil</i> di PPSDM MIGAS Cepu	24
2.2.11. Analisis Perpindahan Kalor Pada <i>Heat Exchanger</i>	24
2.2.12. Analisis Perpindahan Kalor Dengan Referensi Buku Kern	29
BAB 3 METODE PENELITIAN	39
3.1. Alat Penelitian	39
3.1.1. Deskripsi HE-005/E-RC-005	39
3.1.2. <i>Software Heat Transfer Research Inc</i>	40
3.1.3. Laptop	40
3.2. Bahan Penelitian	41
3.2.1. Data Proses HE-005/E-RC-005	41
3.2.2. Data Spesifikasi HE-005/E-RC-005	44
3.3. Skema Penelitian	45
3.3.1. Diagram Alir Penelitian	45
3.3.2. Diagram Alir Perhitungan Manual Metode Kern	46
3.3.3. Diagram Alir Perhitungan Efisiensi	47
3.4. Waktu dan Pengumpulan Data	48
3.5. Prosedur Penelitian	48
3.6. Prosedur Perhitungan	48
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	49
4.1. Analisis Perhitungan HE-005/E-RC-005 tahun 2021	49
4.1.1. Data Proses HE-005/E-RC-005 tahun 2021	49
4.1.2. Perhitungan	50
4.2. Analisis Perhitungan HE-005/E-RC-005 tahun 2017	57
4.2.1. Data Proses HE-005/E-RC-005 tahun 2017	57
4.2.2. Perhitungan	58
4.3. Analisis Perhitungan HE-005/E-RC-005 tahun 2018	65
4.3.1. Data Proses HE-005/E-RC-005 tahun 2018	65
4.2.2. Perhitungan	66
4.4. Hasil Perhitungan Manual	73
4.4.1. Perbandingan Hasil Perhitungan Manual Tahun 2017, 2018, 2021	73

4.4.2. Perbandingan Nilai Catu Kalor Tahun 2017, 2018, 2021	74
4.4.3. Perbandingan Nilai Efisiensi Tahun 2017, 2018, 2021.....	75
BAB 5 PEMODELAN SOFTWARE HTRI	76
5.1. Deskripsi <i>Software</i> HTRI.....	76
5.2. Pengolahan Data Pada <i>Software</i> HTRI	76
5.3. Perbandingan Hasil Perhitungan Manual dan <i>Software</i> HTRI	84
5.4. Pembahasan.....	84
BAB 6 PENUTUP.....	86
6.1. Kesimpulan	86
6.2. Saran.....	87
DAFTAR PUSTAKA	88
LAMPIRAN.....	89

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Perpindahan Kalor Konduksi	8
Gambar 2.2. Perpindahan Kalor Konveksi	9
Gambar 2.3. Perpindahan Kalor Radiasi	10
Gambar 2.4. Perpindahan Kalor Pada Dinding Datar	10
Gambar 2.5. Perpindahan Kalor Melalui Silinder Berlubang	11
Gambar 2.6. Aliran Searah (<i>Parallel Flow</i>)	14
Gambar 2.7. Aliran Berlawanan (<i>Counter Flow</i>)	14
Gambar 2.8. Aliran Silang (<i>Cross Flow</i>)	15
Gambar 2.9. <i>Tubular Heat Exchanger</i>	16
Gambar 2.10. <i>Plate Type Heat Exchanger</i>	16
Gambar 2.11. <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>	17
Gambar 2.12. <i>Regenerative Heat Exchanger</i>	17
Gambar 2.13. Bagian Alat Penukar Kalor Berdasarkan TEMA	19
Gambar 2.14. <i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>	20
Gambar 2.15. <i>Tube Layout</i>	22
Gambar 2.16. Jenis-Jenis <i>Baffle</i>	23
Gambar 2.17. Grafik Faktor Koreksi LMTD	27
Gambar 3.1. Pengumpulan Data Proses HE-005/E-RC-005	39
Gambar 3.2. Tampilan <i>Software</i> HTRI	40
Gambar 3.3. Diagram Alir Penelitian	45
Gambar 3.4. Diagram Alir Perhitungan Manual Metode Kern	46
Gambar 3.5. Diagram Alir Perhitungan Efisiensi	47
Gambar 4.1. Diagram Batang Catu Kalor HE-005/E-RC-005	74
Gambar 4.2. Diagram Batang Efisiensi HE-005/E-RC-005	75
Gambar 5.1. Pemilihan Model <i>Heat Exchanger</i>	78
Gambar 5.2. Proses Memasukkan Data Pada Bagian " <i>Input Summary</i> "	79
Gambar 5.3. Pengecekan Data Pada Bagian " <i>Process</i> "	79
Gambar 5.4. Proses Memasukkan Data Pada " <i>Liquid Properties Hot Fluid</i> "	79
Gambar 5.5. Proses Memasukkan Data Pada " <i>Liquid Properties Cold Fluid</i> "	80

Gambar 5.6. Tombol Bagian “ <i>Run Case</i> ”	80
Gambar 5.7. Hasil Pengolahan Data Pada <i>Software</i> HTRI.....	81
Gambar 5.8. Desain Exchanger Drawing Pada <i>Software</i> HTRI	82
Gambar 5.9. Desain Tube Layout Pada <i>Software</i> HTRI.....	82

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Data Proses HE-005/E-RC-005 tahun 2021.....	41
Tabel 3.2. Data Proses HE-005/E-RC-005 tahun 2017.....	42
Tabel 3.3. Data Proses HE-005/E-RC-005 tahun 2018.....	43
Tabel 3.4. Data Spesifikasi HE-005/E-RC-005	44
Tabel 4.1. Data Proses HE-005/E-RC-005 tahun 2021.....	49
Tabel 4.2. Data Proses HE-005/E-RC-005 tahun 2017.....	57
Tabel 4.3. Data Proses HE-005/E-RC-005 tahun 2018.....	65
Tabel 4.4. Perbandingan Hasil Perhitungan Manual.....	73
Tabel 5.1. Data Proses HE-005/E-RC-005 Pada <i>Software</i> HTRI.....	77
Tabel 5.2. Hasil Pengolahan Data Pada <i>Software</i> HTRI.....	83
Tabel 5.3. Perbandingan Hasil Perhitungan Manual dan <i>Software</i> HTRI	84

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

\dot{Q}	: Laju perpindahan kalor (Watt)
k	: Konduktivitas termal (W/m . °C)
A	: Luas penampang perpindahan kalor (m ²)
$\frac{dT}{dx}$: Gradien temperatur perpindahan kalor (°C/m)
h	: Koefisien perpindahan kalor konveksi (W/m . °C)
T_s	: Temperatur permukaan benda (°C)
T_∞	: Temperatur lingkungan (°C)
ε	: Emisivitas
σ	: Konstanta Stefan Boltzman (5,669 x 10 ⁻⁸ W/m ² K)
A	: Luas penampang perpindahan kalor (m ²)
T_1	: Temperatur permukaan benda 1 (K)
T_2	: Temperatur permukaan benda 2 (K)
U	: Koefisien perpindahan kalor keseluruhan (W/m ² °C)
A	: Luas bidang perpindahan kalor (m ²)
F	: Faktor koreksi LMTD
LMTD	: Beda temperatur rata-rata logaritmik (°C)
N_t	: Jumlah <i>tube</i>
L	: Panjang <i>tube</i>
\dot{m}	: Laju aliran massa dari fluida kerja (lb/jam)
C_p	: Kalor jenis fluida
ΔT	: Beda temperatur paling sesuai (°C)
$T_{h,i}$: Temperatur masuk fluida panas (°C)
$T_{h,o}$: Temperatur keluar fluida panas (°C)
$T_{c,i}$: Temperatur masuk fluida dingin (°C)
$T_{c,o}$: Temperatur keluar fluida dingin (°C)
V	: Kapasitas fluida (m ³ /jam)
ρ	: Densitas fluida (kg/m ³)
ρ_{Air}	: Densitas air (kg/m ³)

- SG : *Specific Gravity*
 Cp : Kalor jenis (Btu/lb°F)
 ID_s : Diameter dalam *shell* (inchi)
 C : Jarak antar *tube* (inchi)
 B : Jarak antar *baffle* (inchi)
 P_t : *Pitch tube* (inchi)
 a'_t : Laju aliran per *tube* (in²)
 N : Jumlah *passes*
 G : Fluks massa $\left(\frac{\text{lb/jam}}{\text{ft}^2}\right)$
 R : Bilangan *Reynolds*
 D_e : Diameter ekuivalen (ft)
 ID_t : Diameter dalam *tube*
 μ : Viskositas fluida (lb/jam.ft)
 μ_w : Viskositas fluida pada temperatur dinding (lb/jam.ft)
 h_o : Koefisien konveksi sisi *shell* (Btu/jam.ft².°F)
 h_i : Koefisien konveksi sisi *tube* (Btu/jam.ft².°F)
 h_{io} : Koefisien konveksi sisi dalam *tube* dengan diameter luar (Btu/jam.ft².°F)
 jH : Faktor perpindahan kalor
 T_w : Temperatur dinding (°F)
 Ø : Viskositas rasio fluida
 U_c : Koefisien perpindahan kalor keseluruhan bersih $\left(\frac{\text{Btu}}{\text{jam ft}^2\text{°F}}\right)$
 U_d : Koefisien perpindahan kalor keseluruhan kotor $\left(\frac{\text{Btu}}{\text{jam ft}^2\text{°F}}\right)$
 η : Efisiensi (%)

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. <i>Spesific Heats of Hydrocarbon Liquids</i>	90
Lampiran 2. <i>LMTD Correction Factors For 1-2 Exchangers</i>	91
Lampiran 3. <i>The Calorics Temperature Factor</i>	92
Lampiran 4. <i>Viscosities of Liquids</i>	93
Lampiran 5. <i>Thermal Conductivities of Hydrocarbon Liquids</i>	94
Lampiran 6. <i>Tube Side Heat Transfer Curve</i>	95
Lampiran 7. <i>Shell Side Heat Transfer Curve for Bundle with 25%Cut Segmental Baffles</i>	96
Lampiran 8. <i>Table Heat Exchanger and Condenser Tube Data</i>	97