

TUGAS AKHIR

ANALISIS TERMAL PENUKAR KALOR HE-004/E-RC-004
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 Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



Disusun Oleh :

RICKVAN FIRMANSYAH

20180130009

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
YOGYAKARTA

2022

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Rickvan Firmansyah
Nim : 20180130009
Jurusan : Teknik Mesin
Universitas : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Judul : Analisis Termal Penukar Kalor HE-004/E-RC-004 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, 03 oktober 2022



Rickvan Firmansyah

MOTTO

Motto:

“Menuntut ilmu itu wajib atas setiap muslim”

-(HR. Ibnu Majah)-

“Allah tidak akan membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

-QS. Al-Baqarah: 286-

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan”

-QS. Al-Insyirah: 6-

“Hai orang-orang yang beriman, mintalah pertolongan dengan sabar dan shalat. Sesungguhnya, Allah beserta orang-orang yang sabar.”

-QS. Al-Baqarah: 153-

“Jagalah shalatmu. Karena saat kamu kehilangan shalat, maka kamu akan kehilangan segalanya.”

-Umar bin Khattab-

“Apa yang melewatkanmu tidak akan pernah menjadi takdirku, dan apa yang ditakdirkan untukku tidak akan pernah melewatkanmu.”

-Umar bin Khattab-

Persembahan:

Karya tulis ilmiah ini saya dedikasikan untuk Ibu, Ayah, Keluarga Besar, orang-orang yang saya sayangi, dan terimakasih kepada teman-teman yang senantiasa memberikan semangat, memotivasi dalam penulisan karya ilmiah ini.

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum wr.wb

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan kemudahan, karunia dan rahmat dalam penulisan tugas akhir dengan judul “Analisis Termal Penukar Kalor HE-004/E-RC-004 Residu dan *Crude Exchanger* di Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Cepu”. Sebagai salah satu syarat yang wajib dilakukan untuk mendapatkan gelar Sarjana S1 di Program studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Tugas akhir ini berisi tentang analisis termal sebuah alat penukar kalor menggunakan dua jenis metode yaitu perhitungan manual metode kern dan perhitungan *software Heat Transfer Research Inc (HTRI)*.

Penyelesaian tugas akhir ini tidak terlepas dari bimbingan dan dukungan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebanyak-banyaknya kepada semua pihak yang terlibat hingga selesainya penulisan tugas akhir ini, Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini bukan merupakan hasil yang sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari para pembaca untuk perbaikan dimasa yang akan datang. Penulis berharap agar tugas akhir ini dapat berguna dan bermanfaat bagi penulis dan khusus nya pembaca pada umumnya.

Wassalamu 'alaikum wr.wb

Yogyakarta, ~~03~~ *03* Oktober 2022

Penulis,



Rickvan Firmansyah

UCAPAN TERIMAKASIH

Penyusun menyadari bahwa terlaksananya hingga tersusunnya tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh sebab itu, penyusun mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ir. Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.Eng. Sc., Ph.D Selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Tito Hadji Agung Santosa, S.T., M.T Selaku Dosen Pembimbing Pertama Tugas Akhir Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
3. Dr. Ir. Sudarja, S.T., M.T., IPM Selaku Dosen Pembimbing Kedua Tugas Akhir Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
4. Suparmin S.T Selaku Pembimbing Lapangan di Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi Cepu.
5. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan membimbing saya selama proses perkuliahan.
6. Orang Tua dan Keluarga tercinta yang selalu mendukung penyusun baik dalam hal spiritual maupun material demi kelancaran tersusunnya tugas akhir ini.
7. Teruntuk teman satu tim (Raden Suryo R.W), (Ridwan Kamal P), (Dzakwan Rafi M), yang banyak membantu dalam penyusunan tugas akhir ini.
8. Teruntuk teman seperjuangan (Nurkholiq), (Asep), (Hanif), (Yoga), (Aria), (Fauzi) ketahuilah bahwa setiap hidup adalah cerita, terima kasih karena kalian telah menjadi bagian dari cerita saya.

Semoga amal baik dari pihak-pihak yang telah membantu atas tersusunnya tugas akhir ini dibalas oleh Allah SWT dengan pahala yang berlipat ganda dan diampuni segala kekhilafan baik disengaja maupun tidak disengaja.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
MOTTO	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
UCAPAN TERIMAKASIH.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
DAFTAR NOTASI.....	xi
INTISARI	xiii
<i>ABSTRACT</i>	xiv
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 LANDASAN TEORI.....	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Dasar Teori	7
2.2.1 Pengertian Perpindahan Kalor	7
2.2.2 Perpindahan Kalor Konduksi (Stedi Satu Dimensi)	10
2.2.3 Prinsip Dasar Alat Penukar Kalor.....	12
2.2.4 Klasifikasi Alat Penukar Kalor	13
2.2.5 Alat Penukar Kalor <i>Shell and Tube</i>	18
2.2.6 Komponen Alat Penukar Kalor.....	19
2.2.7 Analisis Perpindahan Kalor pada <i>Heat Exchanger</i>	23
2.2.8 Metode LMTD dan Metode NTU.....	24
2.2.9 Analisis Perpindahan Kalor Metode Kern	28
2.2.10 Pembersihan Alat Penukar Kalor.....	36

BAB 3 METODE PENELITIAN	37
3.1 Alat	37
3.1.1 <i>Heat Exchanger</i> 004/E-RC-004	37
3.1.2 <i>Software Heat Transfer Research Inc (HTRI)</i>	38
3.1.3 Laptop	38
3.2 Bahan.....	39
3.2.1 Data Spesifikasi HE-004/E-RC-004	39
3.2.2 Data Proses HE-004/E-RC-004.....	40
3.3 Metode Penelitian.....	43
3.3.1 Diagram Alir Penelitian	43
3.3.2 Diagram Alir Perhitungan	44
3.4 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	46
3.5 Pengambilan Data.....	46
3.6 Prosedur Perhitungan	46
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	47
4.1 Data Spesifikasi HE-004/E-RC-004.....	47
4.2 Perhitungan Data HE-004/E-RC-004 Tahun 2021	48
4.2.1 Data Hasil Evaluasi	55
4.3 Perhitungan Data Perbandingan HE-004/E-RC-004 Tahun 2018.....	56
4.3.1 Data Hasil Evaluasi	63
4.4 Perhitungan Data Perbandingan HE-004/E-RC-004 Tahun 2015.....	64
4.4.1 Data Hasil Evaluasi	71
4.5 Data Hasil Perbandingan	72
4.5.1 Hasil Perbandingan Perhitungan Manual.....	72
4.5.2 Perbandingan Catu Kalor Tahun 2015, 2018 dan 2021	72
4.5.3 Perbandingan Efisiensi Tahun 2015, 2018 dan 2021	73
BAB 5 PEMODELAN <i>SOFTWARE</i> HTRI	74
5.1 <i>Software HTRI Exchanger Suite 6.0</i>	74
5.2 Langkah-Langkah Simulasi pada <i>Software HTRI</i>	75
5.3 Pengolahan Data pada <i>Software HTRI</i>	77
5.3.1 Data Proses HE-004/E-RC-004 pada HTRI.....	77
5.3.2 Hasil Pengolahan Data pada <i>Software HTRI</i>	78

5.4	Perbandingan Hasil Perhitungan Manual dan HTRI	83
BAB 6	KESIMPULAN DAN SARAN	84
6.1	Kesimpulan.....	84
6.2	Saran	85
DAFTAR PUSTAKA		86
LAMPIRAN.....		88

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Perpindahan Panas Konduksi	8
Gambar 2. 2	Perpindahan Panas Konveksi	8
Gambar 2. 3	Perpindahan Panas Radiasi.....	9
Gambar 2. 4	<i>Heat Exchanger</i> Aliran Searah.....	13
Gambar 2. 5	<i>Heat Exchanger</i> Aliran Berlawanan Arah	13
Gambar 2. 6	<i>Heat Exchanger</i> Aliran Silang	14
Gambar 2. 7	<i>Tubular Heat Exchanger</i>	14
Gambar 2. 8	<i>Extended Surface Heat Exchanger</i>	15
Gambar 2. 9	<i>Plate and Frame Heat Exchanger</i>	16
Gambar 2. 10	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>	16
Gambar 2. 11	Klasifikasi <i>Heat Exchanger</i> Berdasarkan Standar <i>Tubular Exchanger Manufactures Association (TEMA)</i>	18
Gambar 2. 12	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>	19
Gambar 2. 13	Susunan Tube (a) Bujur sangkar 90° (b) Bujur sangkar diputar 45° (c) Segitiga 30° (d) Segitiga diputar 60°	21
Gambar 2. 14	Jenis-Jenis <i>Baffle</i>	22
Gambar 2. 15	Diagram Faktor Koreksi <i>Heat Exchanger one shell pass and two, four, or multiple of tube passes</i>	25
Gambar 2. 16	Diagram Faktor Koreksi <i>Heat Exchanger two shell passes, four, eight or multiple of tube passes</i>	25
Gambar 2. 17	Diagram Faktor Koreksi <i>Heat Exchanger cross-flow both fluids unmixed</i>	26

Gambar 2. 18 Diagram Faktor Koreksi <i>single pass cross-flow Exchanger, one fluid mixed</i>	26
Gambar 3. 1 <i>Heat Exchanger 004/E-RC-004</i>	37
Gambar 3. 2 <i>software HTRI Exchanger Suite 6.0</i>	38
Gambar 3. 3 Laptop.....	38
Gambar 3. 4 Diagram Alir Penelitian	43
Gambar 3. 5 Diagram Alir Perhitungan Efisiensi	44
Gambar 3. 6 Diagram Alir Perhitungan manual metode kern	45
Gambar 4. 1 Grafik Perbandingan Catu Kalor.....	72
Gambar 4. 2 Grafik Perbandingan Efisiensi	73
Gambar 5. 1 Pemilihan Pemodelan <i>Heat exchanger</i>	75
Gambar 5. 2 Proses <i>Input summary</i>	75
Gambar 5. 3 <i>Hot Fluid Properties</i>	76
Gambar 5. 4 <i>Cold Fluid Properties</i>	76
Gambar 5. 5 Hasil Proses HTRI.....	77
Gambar 5. 6 Hasil Final HTRI.....	78
Gambar 5. 7 <i>Heat Exchanger Drawing</i>	80
Gambar 5. 8 <i>Setting Plan</i>	81
Gambar 5. 9 <i>Tube Layout</i>	82

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Data Spesifikasi HE-004/E-RC-004	39
Tabel 3. 2 Data Proses HE-004/E-RC-004 Tahun 2021	40
Tabel 3. 3 Data Proses HE-004/E-RC-004 Tahun 2018	41
Tabel 3. 4 Data Proses HE-004/E-RC-004 Tahun 2015	42
Tabel 4. 1 Data geometri HE-004/E-RC-004.....	47
Tabel 4. 2 Data proses HE-004/E-RC-004 tahun 2021	48
Tabel 4. 3 Data Hasil Evaluasi HE-004/E-RC-004 tahun 2021.....	55
Tabel 4. 4 Data proses HE-004/E-RC-004 tahun 2018.....	56
Tabel 4. 5 Data Hasil Evaluasi HE-004/E-RC-004 tahun 2018.....	63
Tabel 4. 6 Data Proses HE-004/E-RC-004 tahun 2015.....	64

Tabel 4. 7 Data Hasil Evaluasi HE-004/E-RC-004 tahun 2015	71
Tabel 4. 8 Hasil Perbandingan dari Perhitungan Manual	72
Tabel 5. 1 Data Proses HE-004/E-RC-004 pada HTRI.....	77
Tabel 5. 2 Hasil Pengolahan Data <i>Software</i> HTRI	79
Tabel 5. 3 Perbandingan Perhitungan Manual dan HTRI	83

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1. Gambar 1 Kern, <i>Thermal Conductivities of hydrocarbon liquids</i>	88
LAMPIRAN 2. Gambar 4 Kern, <i>Spesific Heat of hydrocarbon liquids</i>	89
LAMPIRAN 3. Gambar <i>Viscosities of Petroleum</i> Kern	90
LAMPIRAN 4. Gambar 14 Kern, <i>Viscosities of liquids</i>	91
LAMPIRAN 5. Gambar 17 Kern, <i>The caloric temperature factor (Fc)</i>	93
LAMPIRAN 6. Gambar 18 Kern, <i>LMTD correction factors for 1-2 exchangers</i>	94
LAMPIRAN 7. Gambar 24 Kern, <i>Tube side heat transfer curve</i>	95
LAMPIRAN 8. Gambar 26 Kern, <i>tube side friction factors</i>	96
LAMPIRAN 9. Gambar 28 Kern, <i>Shell side heat transfer curve for bundle with 25% cut segmental buffles</i>	97
LAMPIRAN 10. Gambar 29 Kern, <i>Shell side friction factors for bundle with 25% cut segmental buffles</i>	98
LAMPIRAN 11. table 10 Kern, <i>heat exchanger and condenser tube data</i>	99
LAMPIRAN 12. Surat Pernyataan Pengambilan Data	100

DAFTAR NOTASI

A	: Luasan bidang perpindahan panas (ft^2)
a_s	: Luas penampang sisi <i>shell</i> (ft^2)
a_t	: Luas penampang sisi <i>tube</i> (ft^2)
a'_t	: Luas penampang <i>per tube</i> (in^2)
B	: Jarak antar <i>baffle</i> (in)
C	: Jarak antar <i>tube</i> (in)
C_p	: Kalor jenis fluida ($\text{Btu/lb.}^\circ\text{F}$)
D_e	: Diameter ekuivalen (ft)
F	: Faktor koreksi LMTD
G_s	: Fluks massa sisi <i>shell</i> (lb/Jam.ft^2)
G_t	: Fluks massa sisi <i>tube</i> (lb/Jam.ft^2)
h_i	: Koefisien perpindahan kalor sisi dalam ($\text{Btu/Jam.ft}^2.^\circ\text{F}$)
h_o	: Koefisien perpindahan kalor sisi luar ($\text{Btu/Jam.ft}^2.^\circ\text{F}$)
ID_t	: Diameter Dalam <i>tube</i> (in)
k	: Konduktivitas termal material ($\text{Btu/Jam.ft}^2.^\circ\text{F}$)
L	: Panjang <i>tube</i> (ft)
LMTD	: Beda temperatur rata-rata logaritmik ($^\circ\text{F}$)
\dot{m}	: Laju aliran massa (lb/Jam)
N_t	: Jumlah <i>tube</i>
n	: Jumlah <i>pass</i> sisi <i>tube</i>
OD_t	: Diameter Luar <i>tube</i> (in)
P_t	: <i>Tube pitch</i> (in)
\dot{Q}	: Laju perpindahan kalor (watt)
Re_s	: Bilangan Reynolds fluida sisi <i>shell</i>
Re_t	: Bilangan Reynolds fluida sisi <i>tube</i>
SG	: <i>Specific gravity</i> ($^\circ\text{API}$)
$T_{h,i}; T_{h,o}$: Temperatur masuk dan keluar fluida panas ($^\circ\text{F}$)
$T_{c,i}; T_{c,o}$: Temperatur masuk dan keluar fluida dingin ($^\circ\text{F}$)

T_w	:	Temperatur pada dinding ($^{\circ}\text{F}$)
T_c	:	Temperatur rata-rata pada sisi <i>shell</i> ($^{\circ}\text{F}$)
t_c	:	Temperatur rata-rata pada sisi <i>tube</i> ($^{\circ}\text{F}$)
U	:	Koefisien perpindahan kalor menyeluruh ($\text{Btu}/\text{Jam}\cdot\text{ft}^2\cdot^{\circ}\text{F}$)
U_c	:	Koefisien perpindahan kalor bersih keseluruhan ($\text{Btu}/\text{Jam}\cdot\text{ft}^2\cdot^{\circ}\text{F}$)
U_d	:	Koefisien perpindahan kalor kotor keseluruhan ($\text{Btu}/\text{Jam}\cdot\text{ft}^2\cdot^{\circ}\text{F}$)
W_s	:	Laju aliran massa sisi <i>shell</i> (lb/Jam)
W_t	:	Laju aliran massa sisi <i>tube</i> (lb/Jam)
ΔT	:	Beda temperatur ($^{\circ}\text{F}$)
ϕ_s	:	Viskositas rasio fluida dalam sisi <i>shell</i>
ϕ_t	:	Viskositas rasio fluida dalam sisi <i>tube</i>
μ_w	:	Viskositas fluida pada temperatur dinding ($\text{lb}/\text{Jam}\cdot\text{ft}$)
μ	:	Viskositas, <i>centipoise</i> $\times 2,42$ ($\text{lb}/\text{Jam}\cdot\text{ft}$)
ρ	:	Densitas (kg/m^3)