

**TUGAS AKHIR**  
**ANALISIS TERMAL PENUKAR KALOR HE-002/E-RC-002**  
**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 :**  
**Dzakwan Rafi Maulana**  
**NIM : 20180130008**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**  
**2022**

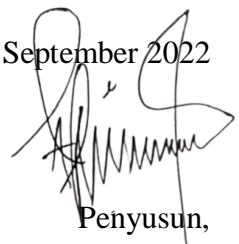
## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“Analisis Termal Penukar Kalor HE-002/E-RC-002 Residu and Crude Exchanger Di Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi Cepu”** Sebagai salah satu syarat yang wajib dilakukan untuk mendapatkan gelar Sarjana S1 Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Tugas Akhir ini berisi tentang metode perhitungan manual dan *software* HTRI.

Penulisan skripsi ini juga tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari semua pihak, maka oleh sebab itu penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar - besarnya kepada semua pihak yang telah membantu hingga selesainya penulisan skripsi ini. Penulis juga menyadari banyak kekurangan dalam penyusunan skripsi ini, untuk itu penulis mnegharapkan kritik dan saran dari pembaca untuk perbaikan dimasa yang akan datang. Penulis berharap bahwa skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi penulis sendiri dan khusus nya pembaca pada umumnya.

Yogyakarta, 26 September 2022



Penyusun,

Dzakwan Rafi Maulana

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Dzakwan Rafi Maulana  
Nim : 20180130008  
Jurusan : Teknik Mesin  
Universitas : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta  
Judul : Analisis Termal Penukar Kalor HE-002/E-RC-002 Residu  
*and* Crude Exchanger di Pusat Pengembangan Sumber  
Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi Cepu

Saya menyatakan bahwa skripsi 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, 26 September 2022



Dzakwan Rafi Maulana

## MOTTO



“Raihlah ilmu dan untuk meraih ilmu, belajarlah untuk tenang dan sabar.”

( Umar bin Khattab )

“Ilmu bukanlah dengan banyaknya Riwayat, ilmu tidak lain adalah cahaya yang Allah SWT tempatkan di dalam hati.”

( Imam Malik )

“Allah SWT akan meninggikan orang – orang beriman diantaramu dan orang – orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat.”

( Q.S Al-Mujadilah:11 )

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Skripsi ini saya persembahkan untuk kedua orang tua saya dan kakak saya

Papa Syahrul, mama I Gusti Erniati, kakak Aliva Nadira Cahyani

Khususnya dosen yang penuh kesabaran dan keikhlasan dalam membimbing tugas

akhir saya

Bapak Tito dan Bapak Sudarja

Terimakasih atas semua dukungan doa yang telah diberikan sehingga saya bisa

menjadi seperti sekarang.

## UCAPAN TERIMAKASIH

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

1. Ir. Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D Selaku Ketua Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Tito Hadji Agung Santosa, S.T., M.T Selaku Dosen Pembimbing Pertama Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
3. Dr. Ir. Sudarja, S.T., M.T., IPM Selaku Dosen Pembimbing Kedua Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
4. Suparmin S.T Selaku Pembimbing Lapangan di Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi Cepu
5. Seluruh dosen Jurusan Teknik Mesin fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang telah memberikan ilmu dan membimbing saya selama perkuliahan.
6. Orang Tua dan Keluarga tercinta yang telah mendukung penyusun baik dalam segi spiritual maupun material demi kelancaran tersusunnya skripsi ini.
7. Seluruh teman – teman Angkatan 2018 yang telah memberikan dukungan, terutama teman satu team *Heat Exchanger* (Raden Suryo Rahmanto Wibowo), (Ridhwan Kamal Pratama), (Rickvan), (Insandia Luqmanul M).
8. Sahabat (Noval Aji Futamaro), (Noni Pradika Sari) dan teman dekat (Rahmanisa) yang telah banyak membantu dalam penelitian dan penyusunan skripsi ini.
9. Untuk teman – teman ASC (Anti Social Club).

Semoga amal baik dari pihak-pihak yang telah membantu atas tersusunnya skripsi ini dapat mendapatkan imbalan dari Allah SWT dengan setimpal dan berlipat ganda serta segala kekhilafan baik yang disengaja maupun tidak disengaja mendapat ampunan sebesar-besarnya dari Allah SWT.

## DAFTAR ISI

|  |       |
|--|-------|
| LEMBAR PENGESAHAN.....                                       | ii    |
| LEMBAR PERNYATAAN .....                                      | iii   |
| KATA PENGANTAR .....   | iv    |
| MOTTO.....   | v     |
| HALAMAN PERSEMBAHAN .....                                    | vi    |
| UCAPAN TERIMAKASIH .....                                     | vii   |
| DAFTAR ISI .....   | viii  |
| DAFTAR GAMBAR .....  | xi    |
| DAFTAR TABEL .....   | xiii  |
| DAFTAR LAMPIRAN.....   | xiv   |
| DAFTAR NOTASI DAN SATUAN .....                               | xv    |
| INTISARI.....  | xvii  |
| <i>ABSTRACT</i> .....  | xviii |
| BAB I .....  | 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 II.....  | 5     |
| TINJAUAN PUSTAKA.....  | 5     |
| 2.1. Kajian Pustaka.....                                     | 5     |
| 2.2. Dasar Teori.....  | 6     |
| 2.2.1. Pengertian Perpindahan Kalor .....                    | 6     |
| 2.2.2. Perpindahan Kalor Konduksi (Stedi Satu Dimensi) ..... | 8     |
| 2.2.3. Jenis Alat Penukar Kalor.....                         | 10    |
| 2.2.4. Kode Standar Alat Penukar Kalor .....                 | 11    |

|  |    |
|--|----|
| 2.2.5. Jenis Aliran Heat Exchanger.....                                    | 13 |
| 2.2.6. Jenis Heat Exchanger .....  | 14 |
| 2.2.7. Metode LMTD dan Metode NTU .....                                    | 18 |
| 2.2.8. Komponen Alat Penukar Kalor ( <i>Heat Exchanger</i> ) .....         | 23 |
| 2.2.9. Analisis Perpindahan Kalor .....                                    | 25 |
| 2.2.10. Perhitungan Analisis Termal <i>Heat Exchanger</i> Metode Kern..... | 26 |
| BAB III.....   | 35 |
| METODOLOGY PENELITIAN.....   | 35 |
| 3.1. Alat dan Bahan Penelitian.....  | 35 |
| 3.1.1. Alat Penelitian .....   | 35 |
| 3.1.2. Bahan Penelitian .....  | 38 |
| 3.2. Skema Penelitian .....  | 40 |
| 3.2.1. Diagram Alir Perhitungan.....                                       | 40 |
| 3.2.2. Diagram Alir Perhitungan Metode Kern .....                          | 41 |
| 3.2.3. Diagram Alir Perhitungan Efisiensi.....                             | 42 |
| 3.2.4. Tahapan Pelaksanaan.....  | 43 |
| 3.2.5. Pengumpulan Data .....  | 43 |
| 3.2.6. Prosedur Analisis Data .....  | 43 |
| 3.2.7. Kesulitan Penelitian.....   | 44 |
| BAB IV .....   | 45 |
| HASIL DAN PEMBAHASAN .....   | 45 |
| 4.1. Evaluasi Data Heat Exchanger 2.....                                   | 45 |
| 4.1.1. Data Lapangan Heat Exchanger 2 .....                                | 45 |
| 4.1.2. Perhitungan 2021.....   | 47 |
| 4.1.3. Data Hasil Evaluasi .....   | 59 |
| 4.2. Perhitungan Perbandingan 2020.....                                    | 60 |
| 4.2.1. Data Hasil Evaluasi .....   | 69 |
| 4.3. Perhitungan Perbandingan 2019.....                                    | 70 |
| 4.3.1. Hasil Data Evaluasi .....   | 78 |
| 4.4. Data Hasil Perbandingan .....   | 79 |
| 4.4.1. Hasil Perhitungan Manual 2019-2021 .....                            | 79 |



|   |    |
|---|----|
| 4.4.2. Perbandingan Efisiensi .....                       | 79 |
| 4.2.3. Perbandingan Catu Kalor.....                       | 80 |
| BAB V.....  | 81 |
| PEMODELAN <i>SOFTWARE</i> HTRI .....                      | 81 |
| 5.1. Software HTRI Suite 6.0 .....                        | 81 |
| 5.1.1. Pengertian <i>Software</i> HTRI.....               | 81 |
| 5.2. Simulasi Perhitungan Menggunakan HTRI .....          | 83 |
| 5.2.1. Data Spesifikasi <i>Heat Exchanger 2</i> .....     | 83 |
| 5.2.2. Data Proses <i>Heat Exchanger 2</i> .....          | 84 |
| 5.3. Hasil Perhitungan Menggunakan HTRI .....             | 85 |
| 5.3.1. Hasil Simulasi Perhitungan.....                    | 85 |
| 5.3.2. <i>Exchanger Drawing</i> dari HE-002/E-RC-002..... | 86 |
| 5.3.3. <i>Tube Layout</i> dari HE-002/E-RC-002.....       | 87 |
| 5.3.4. <i>Setting Plan</i> HE-002/E-RC-002 .....          | 88 |
| 5.3.5. <i>3D Exchanger Drawing</i> HE-002/E-RC-002 .....  | 89 |
| 5.4. Perbandingan Perhitungan Manual dan HTRI .....       | 91 |
| BAB VI .....  | 92 |
| KESIMPULAN DAN SARAN .....                                | 92 |
| 6.1. Kesimpulan .....                                     | 92 |
| 6.2. Saran .....  | 93 |
| DAFTAR PUSTAKA .....                                      | 94 |
| LAMPIRAN .....  | 95 |

## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| <b>Gambar 2. 1.</b> Perpindahan kalor pada dinding datar .....  | 8  |
| <b>Gambar 2. 2.</b> Perpindahan kalor pada silinder (pipa).....   | 9  |
| <b>Gambar 2. 3.</b> <i>Front Head, Shell Types dan Rear Head</i> .....  | 12 |
| <b>Gambar 2. 4.</b> <i>Heat Exchanger Parallel Flow/ Co-Current</i> (Searah) .....  | 13 |
| <b>Gambar 2. 5.</b> <i>Heat Exchanger Counter Current Flow</i> (Berlawanan Arah).....   | 13 |
| <b>Gambar 2. 6.</b> <i>Heat Exchanger Cross Flow</i> (Aliran Silang).....   | 14 |
| <b>Gambar 2. 7.</b> <i>Double Pipe Heat Exchanger</i> .....   | 14 |
| <b>Gambar 2. 8.</b> <i>Plate and Frame Heat Exchanger</i> .....   | 15 |
| <b>Gambar 2. 9.</b> <i>Adiabatic Wheel Heat Exchanger</i> .....   | 15 |
| <b>Gambar 2. 10.</b> <i>Dynamic Scraped Surface Heat Exchanger</i> .....  | 16 |
| <b>Gambar 2. 11.</b> <i>Phas – change Heat Exchanger</i> .....  | 16 |
| <b>Gambar 2. 12.</b> <i>Shell and Tube Heat Exchanger</i> .....   | 17 |
| <b>Gambar 2. 13.</b> <i>Pilllow Plate Heat Exchanger</i> .....  | 18 |
| <b>Gambar 2. 14.</b> Diagram Faktor Koreksi <i>Heat Exchanger</i> dengan satu lintasan pada <i>shell</i> dua, empat atau kelipatannya dari lintasan pada <i>tube</i> .....          | 20 |
| <b>Gambar 2. 15.</b> Diagram Faktor Koreksi <i>Heat Exchanger</i> dua lintasan pada <i>shell</i> dan empat, delapan atau kelipatannya dalam lintasannya pada <i>tube</i> .<br>..... | 20 |
| <b>Gambar 2. 16.</b> Diagram Faktor <i>Heat Exchanger cross- flow both fluids unmixed</i><br>.....  | 21 |
| <b>Gambar 2. 17.</b> Diagram Faktor Koreksi <i>single pass cross-flow Exchanger, one fluid mixed</i> .....  | 21 |
| <b>Gambar 2. 18.</b> Susunan <i>Tube</i> .....  | 24 |
| <b>Gambar 3. 1.</b> Alat Heat Exchanger – 02.....   | 35 |
| <b>Gambar 3. 2.</b> Diagram PFD di Unit Kilang PPSDM Migas Cepu .....   | 36 |
| <b>Gambar 3. 3.</b> Logo HTRI.....  | 38 |
| <b>Gambar 3. 4.</b> Diagram Alir Perhitungan .....  | 40 |
| <b>Gambar 3. 5.</b> Diagram Alir Perhitungan Metode Kern .....  | 41 |
| <b>Gambar 3. 6.</b> Diagram Alir Perhitungan Efisiensi .....  | 42 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Gambar 5. 1.</b> Pemilihan pemodelan <i>heat exchanger</i> ..... | 82 |
| <b>Gambar 5. 2.</b> Proses input data .....                         | 82 |
| <b>Gambar 5. 3.</b> Hasil Final HTRI.....                           | 85 |
| <b>Gambar 5. 4.</b> <i>Exchanger Drawing</i> .....                  | 86 |
| <b>Gambar 5. 5.</b> <i>Tube Layout</i> .....                        | 87 |
| <b>Gambar 5. 6.</b> <i>Setting Plan</i> .....                       | 88 |
| <b>Gambar 5. 7.</b> <i>3D Exchanger Drawing</i> .....               | 89 |

## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabel 3. 1.</b> Spesifikasi <i>Heat Exchanger</i> – 02 (PPSDM Migas Cepu 2021) ..... | 37 |
| <b>Tabel 3. 2.</b> Spesifikasi Solar Sumber Pertamina (2012).....                       | 38 |
| <b>Tabel 4. 1.</b> Data Spesifikasi Heat Exchanger 2.....                               | 45 |
| <b>Tabel 4. 2.</b> Data Proses Heat Exchanger 2 .....                                   | 46 |
| <b>Tabel 4. 3.</b> Perhitungan di Tahun 2021 .....                                      | 47 |
| <b>Tabel 4. 4.</b> Data Hasil Evaluasi Tahun 2021 .....                                 | 59 |
| <b>Tabel 4. 5.</b> Perhitungan Perbandingan di Tahun 2020 .....                         | 60 |
| <b>Tabel 4. 6.</b> Data Hasil Evaluasi Tahun 2020 .....                                 | 69 |
| <b>Tabel 4. 7.</b> Perhitungan Perbandingan di Tahun 2019 .....                         | 70 |
| <b>Tabel 4. 8.</b> Hasil Data Evaluasi Tahun 2021 .....                                 | 78 |
| <b>Tabel 4. 9.</b> Hasil Perhitungan Manual.....  | 79 |
| <b>Tabel 4. 10.</b> Perbandingan Efisiensi 2019-2021 .....                              | 79 |
| <b>Tabel 4. 11.</b> Perbandingan Catu Kalor 2019-2021.....                              | 80 |
| <b>Tabel 5. 1.</b> Data Spesifik <i>Heat Exchanger 2</i> .....                          | 83 |
| <b>Tabel 5. 2.</b> Data Proses <i>Heat Exchanger 2</i> .....                            | 84 |
| <b>Tabel 5. 3.</b> Hasil Simulasi Perhitungan .....                                     | 90 |
| <b>Tabel 5. 4.</b> Perbandingan Perhitungan Manual Dan HTRI .....                       | 91 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|  |     |
|--|-----|
| <b>Lampiran 1.</b> <i>Thermal Conductivities of Hydrocarbor Liquid</i> ..... | 96  |
| <b>Lampiran 2.</b> <i>Specific Heat of Hydrocarbon Liquid</i> .....          | 97  |
| <b>Lampiran 3.</b> <i>Viscsities of Liquida (<math>\mu</math>)</i> .....     | 98  |
| <b>Lampiran 4.</b> <i>Viscosities of Liquida (<math>\mu w</math>)</i> .....  | 99  |
| <b>Lampiran 5.</b> <i>The Coloric Temperature Factor Fc and Kc</i> .....     | 100 |
| <b>Lampiran 6.</b> <i>Correction Factor for 1-2 Exchanger</i> .....          | 101 |
| <b>Lampiran 7.</b> <i>Tube-Side Heat-Transfr Curve</i> .....                 | 102 |
| <b>Lampiran 8.</b> <i>Tube-Side Friction Factors</i> .....                   | 103 |
| <b>Lampiran 9.</b> <i>Shell-Side Heat-Transfer Curve</i> .....               | 104 |
| <b>Lampiran 10.</b> <i>Shell-Side Friction Factor</i> .....                  | 105 |
| <b>Lampiran 11.</b> <i>Viscosities of Petroleum Fraction</i> .....           | 106 |
| <b>Lampiran 12.</b> <i>Heat Exchanger and Condenser Data</i> .....           | 107 |

## DAFTAR NOTASI DAN SATUAN

|                                 |   |   |
|---------------------------------|---|---|
| A                               | = | luasan bidang perpindahan panas (ft <sup>2</sup> )                                |
| a <sub>s</sub>                  | = | <i>flow area shell</i> (ft <sup>2</sup> )   |
| a <sub>t</sub>                  | = | <i>flow area tube</i> (ft <sup>2</sup> )  |
| B                               | = | <i>baffle spacing</i> (in)  |
| C                               | = | <i>tube clearance</i> (in)  |
| c <sub>p</sub>                  | = | panas jenis fluida (Btu/lb.°F)  |
| D <sub>e</sub>                  | = | diameter ekuivalen (ft)   |
| ID                              | = | diameterdalam (in)  |
| OD                              | = | diameter luar (in)  |
| F                               | = | faktor koreksi LMTD   |
| f                               | = | <i>friction factor</i> (ft <sup>2</sup> /in <sup>2</sup> )                        |
| Fc                              | = | Friksi kalor  |
| $\frac{h_i}{\phi}$              | = | koefisien perpindahan kalor lapisan film sisi tube (Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F)  |
| h <sub>o</sub>                  | = | koefisien perpindahan kalor sisi shell (Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F)              |
| $\frac{h_o}{\phi}$              | = | koefisien perpindahan kalor lapisan film sisi shell (Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F) |
| k                               | = | konduktivitas termal (Btu/jam.ft.°F)  |
| Kc                              | = | <i>Factor controlling solar</i>   |
| L                               | = | panjang tube (ft)   |
| LMTD                            | = | Beda Temperatur rata-rata logaritma °F  |
| N <sub>t</sub>                  | = | jumlah <i>tube</i>  |
| P <sub>t</sub>                  | = | <i>pitch tube</i> (in)  |
| Q                               | = | laju perpindahan kalor (Btu/jam)  |
| SG                              | = | <i>spesific gravity</i>   |
| T <sub>1</sub> : T <sub>2</sub> | = | temperatur masuk dan keluar fluida panas (°F)                                     |
| T <sub>c</sub>                  | = | Suhu Kalor (°F)   |
| T <sub>w</sub>                  | = | Suhu dinding luar tube (°F)   |
| U                               | = | Koefisien perpindahan menyeluruh (Btu/ft <sup>2</sup> .h.°F)                      |

|          |   |  |
|----------|---|--|
| $U_c$    | = | Koefisien bersih perpindahan panas menyeluruh (Btu/ft <sup>2</sup> .h.°F)            |
| $U_d$    | = | Koefisien kalor perpindahan panas menyeluruh (Btu/ft <sup>2</sup> .h.°F)             |
| $V$      | = | <i>Velocity</i> (m <sup>3</sup> /jam)  |
| $W$      | = | Kecepatan aliran (lb/jam)  |
| $\sigma$ | = | Konstanta Stefan Blotzman ( $5,67 \times 10^{-8}$ W/m <sup>2</sup> .K <sup>4</sup> ) |
| $\mu$    | = | <i>Viscosity</i> (cP)  |
| $\mu_w$  | = | <i>Viscosity wall</i> (cP)   |
| $\rho$   | = | <i>Density</i> (kg/m <sup>3</sup> )  |
| $\eta$   | = | Efisiensi (%)  |