

**ANALISIS ALAT PENUKAR KALOR TIPE *SHELL AND TUBE* SEBAGAI
PENDINGIN OLI DENGAN AIR SEBAGAI MEDIA PENDINGIN
MENGUNAKAN METODE MATEMATIS**



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA 2022

LAPORAN TUGAS AKHIR

ANALISIS ALAT PENUKAR KALOR TIPE *SHELL AND TUBE* SEBAGAI
PENDINGIN OLI DENGAN AIR SEBAGAI MEDIA PENDINGIN
MENGUNAKAN METODE MATEMATIS



Disusun Oleh:

Nama : Agung Firdaus
NIM : 41320110010
Program Studi : Teknik Mesin

DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)
FEBRUARI 2022

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS ALAT PENUKAR KALOR *TIPE SHELL AND TUBE* SEBAGAI PENDINGIN OLI DENGAN AIR SEBAGAI MEDIA PENDINGIN MENGUNAKAN METODE MATEMATIS

Disusun Oleh:

Nama : Agung Firdaus
NIM : 41320110010
Program Studi : Teknik Mesin

Telah diperiksa dan disetujui pada tanggal: 11 Februari 2022

Telah dipertahankan di depan penguji

Pembimbing TA

Penguji Sidang TA 1



(Dafit Feriyanto, ST., M.Sc., Ph.D.)

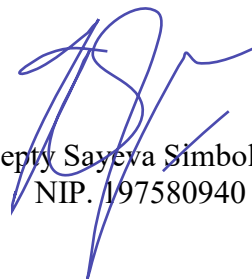
(Alief Avicenna Luthfie, ST., M.Eng)

NIP. 118900633

NIP. 216910097

Penguji Sidang 2

Penguji Sidang 3



(Ir. Dadang Suhendar Permana, M.Si.)

(Vera Septy Sayeva Simbolon, M.T.)

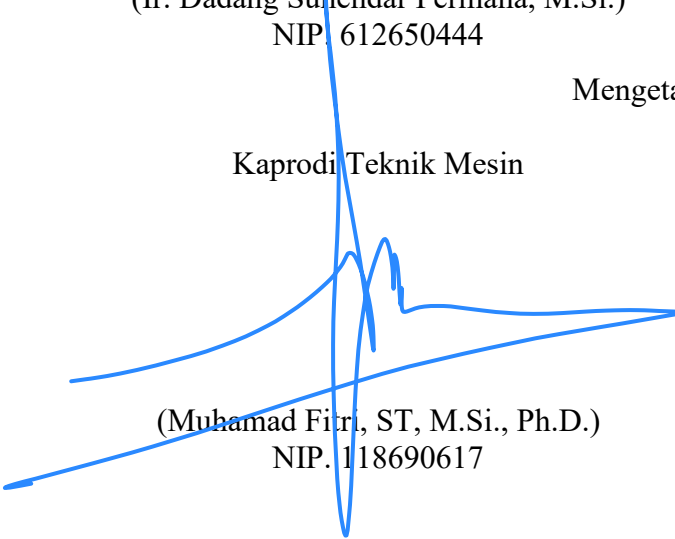
NIP. 612650444

NIP. 197580940

Mengetahui,

Kaprodi Teknik Mesin

Koordinator TA



(Muhammad Firi, ST, M.Si., Ph.D.)



(Alief Avicenna Luthfie, ST., M.Eng)

NIP. 118690617

NIP. 216910097

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Agung Firdaus
NIM : 41320110010
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Tugas Akhir : *Analisis* Alat Penukar Kalor *Tipe Shell and Tube* Sebagai Pendingin Oli dengan Air Sebagai Media Pendingin Menggunakan Metode Matematis

Dengan ini menyatakan bahwa saya melakukan Tugas Akhir dengan sesungguhnya dan hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

Jakarta, 11 Februari 2022



(Agung Firdaus)

PENGHARGAAN

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini, shalawat dan salam tidak lupa saya ucapkan kepada baginda Rasulullah SAW beserta keluarga, para sahabat dan pengikutnya hingga akhir zaman. Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan studi Strata 1 Teknik Mesin Universitas Mercu Buana. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai penyusunan laporan akhir ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan laporan ini. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Muhamad Fitri, ST, M.Si., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
2. Bapak Alief Avicenna Luthfie, ST., M.Eng. selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
3. Bapak Dafit Feriyanto, ST., M.Sc., Ph.D. selaku Pembimbing yang selalu meluangkan waktu dan pikiran untuk membimbing dan mengarahkan penulis selama penyusunan Tugas Akhir.
4. Seluruh dosen, staf dan karyawan Teknik Mesin Universitas Mercu Buana yang selalu membantu dalam hal penyusunan Tugas Akhir.
5. Ayah dan Ibu tercinta atas kasih sayang dan do'anya yang tak terhingga.
6. Teman-teman seperjuangan yang selalu membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa berkenan membahas kebaikan semua pihak yang telah membantu, penulis berharap semoga Laporan Akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Penulis menyadari dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak terdapat kekurangan dan keterbatasan pengetahuan yang dimiliki oleh penulis. Oleh karena itu saran dan kritik sangat diharapkan dalam rangka mendapatkan hasil yang lebih baik di waktu yang akan datang.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb



Jakarta, Februari 2022

Penulis

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Agung Firdaus'.

Agung Firdaus

NIM: 41320110010

ABSTRAK

Alat penukar kalor (APK) merupakan alat yang dapat mengakomodasikan pertukaran panas di antara dua atau lebih fluida yang bertemperatur berbeda. Alat penukar kalor banyak digunakan dalam dunia industri untuk menjaga keberlangsungan proses. Salah satu jenis Alat Penukar Kalor yang sering digunakan adalah *Shell and Tube*. Dalam dunia pendidikan *shell-and-tube heat exchanger* bisa digunakan untuk sarana pembelajaran bagi mahasiswa untuk memahami materi perkuliahan tentang Konversi Energi khususnya untuk mata kuliah Alat Penukar Kalor di Universitas Mercu Buana. Karena keterbatasan alat peraga di Laboratorium Teknik Mesin itulah maka *shell-and-tube heat exchanger* ini diharapkan dapat membantu mahasiswa dalam proses perkuliahan, Oleh karena itu tujuan dari penelitian ini untuk mendesain *shell-and-tube heat exchanger* menggunakan metode matematis berdasarkan permasalahan yang telah ditentukan, dan membandingkan efektivitas hasil secara uji simulasi melalui 3 debit air yang berbeda. Simulasi dilakukan dengan memvariasikan debit air yang masuk mulai dari 3 LPM, 5 LPM dan 7 LPM. Sedangkan debit oli, suhu masuk fluida panas dan suhu masuk fluida dingin yang digunakan adalah sama 1,5 LPM, 60°C dan 27°C. Sehingga diperoleh efektivitas tertinggi sebesar 89.27 % pada debit air 7 LPM dengan suhu masuk fluida panas 60°C dan suhu masuk fluida dingin 27°C. Dari hasil penelitian dihasilkan nilai efektivitas Alat Penukar Kalor berbanding lurus dengan peningkatan debit air masuk karena dengan adanya peningkatan debit air menyebabkan bilangan *Reynold* dan bilangan *Nusselt* semakin besar. Hal tersebut akan mempengaruhi perpindahan panas konveksi yang diterima oleh air yaitu semakin cepat. Sehingga efektivitas maksimum diperoleh pada debit air maksimum yaitu 7 LPM sebesar 89.27 %.

Kata Kunci: Alat penukar kalor tipe *shell and tube*, metode matematis, efektivitas.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

SHELL AND TUBE HEAT EXCHANGER ANALYSIS AS OIL COOLING WITH WATER AS COOLING MEDIUM USING MATHEMATICAL METHODS

A heat exchanger (APK) is a device that can accommodate heat exchange between two or more fluids with different temperatures. Heat exchangers are widely used in the industrial world to maintain the continuity of the process. One type of heat exchanger that is often used is Shell and Tube. In the education, shell-and-tube heat exchangers can be used as learning tools for students to understand subject on Energy Conversion, especially for the Heat Exchanger course at Mercu Buana University. Due to the limitations of instrument in the Engineering Laboratory. Therefore, the purpose of this research is to design a simulation of a shell-and-tube heat exchanger using mathematical method based on the problems that have been determined, and to compare the effectiveness of the simulation test results through 3 different water discharges on. The simulation was carried out by varying the incoming water discharge from 3 LPM, 5 LPM and 7 LPM. While the oil discharge, the hot fluid inlet temperature and the cold fluid inlet temperature used are the same 1.5 LPM, 60°C and 27°C. So that the highest result is 89.27 % at 7 LPM water flow with a hot fluid inlet temperature of 60°C and a cold fluid inlet temperature of 27°C. From the results of the research, the effectiveness of the heat exchanger is directly proportional to the increase in inlet water flow because the increase in water flow causes the Reynolds number and Nusselt number to increase. This will affect the convection heat transfer received by the water, which is faster. So that the maximum effectiveness is obtained at the maximum water discharge, which is 7 LPM of 89.27%.

Keywords: *Shell and tube heat exchanger, mathematical method, effectiveness.*

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
PENGHARGAAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR SIMBOL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. RUMUSAN MASALAH	2
1.3. TUJUAN	2
1.4. MANFAAT	3
1.5. RUANG LINGKUP DAN BATASAN MASALAH	3
1.6. SISTEMATIKA PENULISAN	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. PRINSIP-PRINSIP PERPINDAHAN PANAS	5
2.1.1. Perpindahan Panas Secara Konduksi	6
2.1.2. Perpindahan Panas Secara Konveksi	8
2.1.3. Perpindahan Panas Secara Radiasi	10
2.1.4. Perpindahan Panas Secara Menyeluruh	11
2.2. ALAT PENUKAR KALOR (<i>HEAT EXCHANGER</i>)	14
2.2.1. Klasifikasi Alat Penukar Kalor	16
2.2.2. Aliran Fluida	25
2.2.3. Metode <i>Log Mean Temperature Difference (LMTD)</i>	28
2.2.4. Metode <i>Number of Transfer Unit (NTU)</i>	30

	2.2.5. Faktor Kotoran (<i>Fouling</i>) dalam Alat Penukar Kalor	34
2.3.	<i>SHELL AND TUBE HEAT EXCHANGER</i>	36
	2.3.1. Konstruksi Cangkang	36
	2.3.2. Susunan Tabung	37
	2.3.3. Perpindahan Panas pada <i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>	39
2.4.	SEKAT (<i>BAFFLE</i>)	41
2.5.	KAJIAN TERDAHULU	44
BAB III	METODOLOGI	51
3.1.	DIAGRAM ALIR	51
3.2.	ALAT DAN BAHAN	54
	3.2.1. Perangkat Lunak	54
	3.2.2. Perangkat Keras	54
3.3.	WAKTU DAN TEMPAT	55
3.4.	PERSIAPAN PERHITUNGAN	55
	3.4.1. Menentukan Dimensi <i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>	56
	3.4.2. Menghitung <i>Properties</i> Perhitungan	62
	3.4.3. Pengolahan Perhitungan	64
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	65
4.1.	ANALISA DATA SECARA MATEMATIS	65
4.2.	PERBANDINGAN EFEKTIVITAS	71
BAB V	PENUTUP	73
5.1.	KESIMPULAN	73
5.2.	SARAN	74
	DAFTAR PUSTAKA	75
	LAMPIRAN	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Prinsip Propes Perpindahan Panas	6
Gambar 2.2. Perpindahan Panas Secara Konduksi	7
Gambar 2.3. Perpindahan Panas Secara Konveksi	9
Gambar 2.4. Perpindahan Panas Secara Radiasi	10
Gambar 2.5. Perpindahan Panas Menyeluruh Melalui Dinding Datar	12
Gambar 2.6. Jaringan Tahanan Panas Pada Alat Penukar Kalor	13
Gambar 2.7. <i>Chiller Sentrifugal</i>	16
Gambar 2.8. <i>Cooler</i>	17
Gambar 2.9. Evaporator	18
Gambar 2.10. Konstruksi <i>Heat Exchanger</i>	19
Gambar 2.11. <i>Heat Exchanger Tipe Double Pipe</i>	23
Gambar 2.12. <i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>	24
Gambar 2.13. Eksperimen untuk menentukan jenis aliran	25
Gambar 2.14. Diagram Moody	28
Gambar 2.15. Kesenjangan energi total untuk fluida panas dan fluida dingin	29
Gambar 2.16. Efektivitas (a) 1-shell, 2, 4, 6-tubes, dan (b) 2-shells, 4, 8, 12-tubes	33
Gambar 2.17. Sketsa bentuk cangkang standar TEMA	37
Gambar 2.18. Kombinasi tipe <i>shell</i> dan tipe <i>front end</i> dan <i>rear end</i> standar TEMA	38
Gambar 2.19. Bentuk tube bundle yang sering digunakan	39
Gambar 2.20. Susunan Tabung	42
Gambar 2.21. Jenis-jenis <i>plate baffle</i>	43
Gambar 2.22. Jenis-jenis <i>rod and grid baffle</i>	44
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian	52
Gambar 3.2. Faktor Koreksi (F) STHE dengan 2 Lajuan Tabung	58
Gambar 3.3. Desain 3D <i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>	63
Gambar 4.1. Diagram Perbandingan Efektivitas STHE	71

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Nilai Konduktivitas Termal Beberapa Material	8
Tabel 2.2. Relasi ε -NTU Alat Penukar Kalor	34
Tabel 2.3. Faktor Kotoran Beberapa Fluida	35
Tabel 2.4. Kajian Terdahulu	45
Tabel 3.1 Spesifikasi Komputer	55
Tabel 3.2. <i>Heat Exchanger Tube Data</i>	59
Tabel 3.3. Spesifikasi <i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>	64
Tabel 4.1. Nilai Perbandingan Efektivitas STHE	74



DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Satuan
q	Laju pindahan panas	Watt
Q	Kapasitas aliran	m^3/s
\dot{m}_h	Lajua liran massa fluida panas	kg/s
\dot{m}_c	Laju aliran massa fluida dingin	kg/s
C_{ph}	Panas jenis fluida panas	J/kg K
C_{pc}	Panas jenis fluida dingin	J/kg K
T_{hi}	Temperatur fluida panas masuk APK	$(^{\circ}C)$
T_{ho}	Temperatur fluida panas keluar APK	$(^{\circ}C)$
T_{ci}	Temperatur fluida dingin masuk APK	$(^{\circ}C)$
T_{co}	Temperatur fluida dingin keluar APK	$(^{\circ}C)$
U	Koefisien perpindahan panas menyeluruh	Watt/ m^2K
A	Luas daerah perpindahan panas	m^2
ΔT_{rl}	Beda suhu rata-rata logaritma	$(^{\circ}C)$
μ	Viskositas dinamik	Ns/ m^2
pr	Bilangan Prandatl	
Re	Bilangan Reynold	
ρ	Massa jenis	kg/m^3
Nu	Bilangan Nusselt	

f	Koefisien gesekan	
NTU	Number Transfer Unit	
C	Kapasitas panas	Watt/K
C_{min}	Kapasitas panas minimum	Watt/K
ϵ	Efektivitas APK	
C_h	Kapasitas panas fluida panas	Watt/K
C_c	Kapasitas fluida dingin	Watt/K
R	Hambatan total	C/W
$R_{f,i}$	Hambatan fluida di tabung dalam	C/W
$R_{f,o}$	Hambatan fluida di dalam anullus	C/W
D_i	Diameter tabung dalam	m
D_o	Diameter tabung luar	m
c	Perbandingan C_{min} dengan C_{max}	Kg/m^3
k	Koefisien konduksi	Watt/m K
C_{max}	Kapasitas panas maksimum	Watt/K
