



**ANALISIS PENGARUH VISKOSITAS FLUIDA DINGIN  
TERHADAP KARAKTERISTIK *HEAT EXCHANGER*  
TIPE *SHELL AND TUBE***

**SKRIPSI**

Oleh

**Afra Rizki Amanda  
NIM 091910101009**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2013**



**ANALISIS PENGARUH VISKOSITAS FLUIDA DINGIN  
TERHADAP KARAKTERISTIK *HEAT EXCHANGER*  
TIPE *SHELL AND TUBE***

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**Afra Rizki Amanda  
NIM 091910101009**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2013**

## PERSEMBAHAN

Segala puji dan puja hanya untuk Allah SWT Tuhan semesta alam, dan semoga sholawat dan salam tetap tercurahkan kepada nabi Muhammad SAW. Saya persembahkan skripsi ini kepada:

1. Ibunda Esti wahyuni dan Ayahanda Mudiono atas kasih sayang, bimbingan, motivasi, doa dan semua pengorbanan yang telah diberikan, demi kebaikan anaknya dimasa mendatang agar kelak berguna bagi agama, Nusa dan Bangsa;
2. Semua Dosen Jurusan Teknik Mesin F. Teknik Unej yang telah membimbing dan memberikan ilmu. Terutama Bpk. Hary Sutjahjono,S.T.,M.T. selaku DPU, Bpk. Ir. Digdo Listyadi S.,MSc selaku DPA, Bpk. Dr. Nasrul Ilimafik, S.T., M.T dan Bpk. Dedi Dwi Laksana ST.,MT. selaku penguji skripsi;
3. Adikku Laila Nurul Hamidah. Kedua adik laki-lakiku Abdul Karim Husna dan Sulthon Nasrul Fatana.
4. Komunitas *Heat Exchanger*, Luqman, Dimas, Dedi. Terima kasih untuk semangat kebersamaannya. Temen-temen seperjuangan skripsi Sandi, Memet. Temen-temen yang sudah membantu proses pembuatan alat, Tower, Doni. Terima kasih untuk semua.
5. Teknik mesin angkatan 2009 (*N-Gine*) yang tidak bisa disebutkan satu-setu. Ini untuk kalian semua. Terima kasih untuk 4 tahun kebersamaan kita. Semua bantuannya, semangatnya. *I'm proud become the one and the only one girl in this community.*
6. Sahabatku, Fenny septiani yang selalu memberiku semangat walau jarak memisahkan. Temen – temen facebook maupun twitter yang selalu menanyakan kapan aku lulus. Trima kasih untuk comment dan mentionnya.
7. Dan untuk semua orang yang tidak bisa saya sebutkan satu-satu, terima kasih.

## MOTO

الرَّحِيمِ الرَّحْمَنِ اللَّهُ بِسْمِ

*“life is a choice. Even when you said you have no choice, it means you choose to accept that you have no choice instead of changing situation”*

(Ika Natassa)

*“when you absolutely believe in yourself and your ability to succeed, nothing will stop you”*

(Brian Tracy)

“saat lahir kau menangis, dan dunia tersenyum melihatmu. Saat kau hidup berilah kebaikan untuk orang di sekitarmu. Sehingga ketika kau mati, dunia menangis dan kau tersenyum mengadap Tuhanmu”

(siir)

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Afra Rizki Amanda

NIM : 09191010109

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul : “Analisis Pengaruh Viskositas Fluida Dingin terhadap Karakteristik *Heat Exchanger Tipe Shell and Tube*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada instansi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 17 April 2013  
Yang menyatakan,

Afra Rizki Amanda  
091910101009

**SKRIPSI**

**ANALISIS PENGARUH VISKOSITAS FLUIDA DINGIN  
TERHADAP KARAKTERISTIK *HEAT EXCHANGER TIPE  
SHELL AND TUBE***

Oleh

Afra Rizki Amanda

091910101009

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Hary Sutjahjono., ST., MT.

Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Digdo Listiyadi S., Msc.

## PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Analisis Pengaruh Viskositas Fluida Dingin terhadap Karakteristik *Heat Exchanger Tipe Shell and Tube*” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, Tanggal : Rabu, 17 April 2013

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

Sekretaris,

Hary Sutjahyono, S.T., M.T.  
NIP 19681205 199702 1 002

Ir.Digdo Listyadi S., M.Sc.  
NIP. 19680617 199501 1 001

Anggota I,

Anggota II,

Dr.Nasrul Ilimafik, S.T.,M.T.  
NIP 19711114 199903 1 002

Dedi Dwi Laksana, S.T., M.T.  
NIP 19691201 199602 1 001

Mengesahkan  
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Ir. Widyono Hadi., MT.  
NIP 19680617 199501 1 001

## RINGKASAN

Analisis Pengaruh Viskositas Fluida Dingin terhadap Karakteristik *Heat Exchanger Tipe Shell and Tube*; **Afra Rizki Amanda ; 091910101009 : 2013, 80 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.**

Di dalam operasi dan perkembangannya, industri - industri tidak dapat melepaskan diri dari peran penukar panas. Alat ini berfungsi untuk memindahkan panas antara dua fluida atau lebih yang memiliki perbedaan temperature. Perpindahan panas secara konveksi sangat dipengaruhi oleh bentuk geometri *heat exchanger* dan ketiga bilangan tidak berdimensi yaitu bilangan Reynold (Re), bilangan Nusselt (Nu) dan bilangan Prandtl (Pr) fluida. Ketiga bilangan tak berdimensi ini tergantung dari kecepatan aliran serta sifat fluida yang meliputi massa jenis, viskositas absolut, panas jenis dan konduktivitas panas. Peningkatan viskositas pada fluida dingin dapat meningkatkan efektivitas *heat exchanger*.

Dalam pengujian digunakan alat penukar panas tipe aliran berlawanan arah dengan 1 pipa dan satu selongsong. Fluida panas yang digunakan adalah oli, sedangkan untuk fluida dingin menggunakan air sebagai pembanding untuk air garam 3.5%, 5%, air radiator 30% dan 50%. Pengambilan data dilakukan dengan mengambil data setiap 30 detik selama 180 detik.

Hasil yang didapatkan yaitu Kenaikan angka viskositas menyebabkan nilai bilangan Reynold semakin kecil. Kenaikan angka viskositas meningkatkan nilai bilangan Prandlt. Pada fluida air garam kenaikan angka viskositas menurunkan nilai bilangan Prandlt. Kenaikan angka viskositas pada air radiator dan air garam dapat menurunkan nilai bilangan Nuselt.



Pengaruh viskositas terhadap efektivitas pada fluida air radiator dimana kenaikan angka viskositas menurunkan nilai efektivitas. Untuk fluida air garam, kenaikan angka viskositas menaikkan nilai efektivitas. Efektivitas terbaik untuk fluida air radiator dimiliki air radiator dengan konsentrasi 30% sebesar 14.14%. Untuk air garam efektivitas terbaik dimiliki oleh air garam 5% sebesar 14.42%

Laju perpindahan panas pada fluida air radiator meningkat mengikuti kenaikan nilai viskositas. Untuk air radiator 30% laju perpindahan panas sebesar 1.96 watt, sedangkan air radiator 50% 2.024 watt. Untuk air air garam laju perpindahan panas menurun mengikuti kenaikan nilai viskositas. Air garam 3.5% memiliki laju perpindahan panas sebesar 1.87 watt, dan air garam 5% memiliki laju perpindahan panas sebesar 1.86 watt.

## SUMMARY

Influence of Cold Fluid Viscosity on Heat Exchangers Shell and Tube Characteristics; **Afra Rizki Amanda; 091910101009: 2013, 80 pages; Department of Mechanical Engineering Faculty of Engineering, University of Jember.**

In the operation and its development, industry - the industry can not escape the role of the heat exchanger. Almost all of the heat exchanger, the heat transfer mechanism is dominated by convection and conduction from the hot fluid to cold fluid, both of which are separated by a wall. Heat transfer by convection is strongly influenced by the geometry of the heat exchanger and the third number is a dimensionless Reynolds number (Re), Nusselt number (Nu) and Prandtl number (Pr) fluid. The third dimensionless number depends of flow velocity and fluid properties, including density, absolute viscosity, specific heat and thermal conductivity. Increase the viscosity of the fluid cooler can increase the effectiveness of heat exchangers.

Used in testing heat exchanger with counter-flow type 1 pipe and the sleeve. Hot fluid used is oil, while the cold fluid uses water as a comparison to salt water 3.5%, 5%, 30% water radiator and 50%. Data collection was done by taking data every 30 seconds for 180 seconds.

The results obtained led to the increase in viscosity number the smaller the value of the Reynolds number. Rise in viscosity increase Prandtl numbers. In the brine fluid viscosity decrease rate increase Prandtl numbers. Rise in the viscosity of the water radiator and salt water can reduce the number Nuselt.

Effect of fluid viscosity on the effectiveness of the radiator where the water rise in the viscosity of the lower value of effectiveness. For the brine fluid, the viscosity increase rate increase effectiveness values. Best effectiveness for water

radiator fluid to the radiator water concentration is owned 30% by 14.14%. For best effectiveness salt water brine is owned by 5% of 14.42%

The rate of heat transfer on the water radiator fluid increases with the increase in the value of viscosity. 30% for water radiator heat transfer rate of 1.96 Watts, while the water in the radiator 50% 2,024 Watts. For brine water heat transfer rate decreases with the increase in the value of viscosity. 3.5% salt water has a heat transfer rate of 1.87 Watts, and 5% salt water has a heat transfer rate of 1.86 Watts.

## PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah Swt. Atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Pengaruh Viskositas Fluida Dingin terhadap Karakteristik *Heat Exchanger Tipe Shell and Tube*”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk dapat menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah Swt., dan Muhammad Saw . Semoga sholawat dan salam tercurahkan kepada baginda Rosul Muhammad Saw;
2. Bapak Hary Sutjahjono, S.T.,M.T selaku Dosen Pembimbing Utama, serta bapak Ir. Digdo Listiyadi S, Msc. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang memberikan arahan dan saran-saran yang sangat membantu dalam penyelesaian skripsi ini;
3. Bapak Dr. Nasrul Iminafik, S.T.,M.T. selaku penguji pertama dan bapak Dedi Dwi Laksana S.T., M.T selaku penguji kedua yang telah banyak memberikan saran, waktu, dan perhatiannya dalam penulisan skripsi;
4. Kedua orang tua saya yang selalu memberikan kasih sayang, semangat, serta doa dalam menyelesaikan skripsi ini;
5. Teman- teman mesin SI angkatan 2009 (*Nine-Engine*). Terutama tim *Heat Exchanger*, Luqman, Dimas, Dedi. Dan seluruh teman-teman yang membantu dalam proses penyelesaian skripsi ini;

6. Teman – teman KKT kelompok 33 Desa Andongrejo. Terima kasih untuk saling mengingatkan skripsi masing-masing.
7. Mbak Halimah, selaku staf administrasi jurusan Teknik Mesin Universitas Jember, terima kasih atas bantuannya dalam kelancaran pembuatan skripsi;
8. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis juga menerima segala saran dan kritik yang membangun dari semua pihak guna kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, April 2013

Penulis

## DAFTAR ISI

	halaman
<b>HALAMAN JUDUL.....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN MOTO.....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN.....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>vii</b>
<b>RINGKASAN.....</b>	<b>viii</b>
<b>PRAKATA.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xviii</b>
<b>DAFTAR NOTASI.....</b>	<b>xix</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN 22</b>	
<b>1.1 Latar Belakang.....</b>	<b>22</b>
<b>1.2 Perumusan Masalah .....</b>	<b>24</b>
<b>1.3 Batasan Masalah .....</b>	<b>24</b>
<b>1.4 Tujuan Dan Manfaat .....</b>	<b>24</b>
<b>1.4.1 Tujuan Penelitian.....</b>	<b>24</b>

1.4.2 Manfaat Penelitian.....	24
<b>BAB 2. TINJAUAN</b>	
<b>PUSTAKA.....</b>	<b>26</b>
2.1.1 Heat Exchanger Shell and Tube.....	27
2.2 Aliran Counter Flow pada Heat Exchanger Tipe Shell and Tube .....	28
2.3 Perpindahan Panas Konveksi .....	29
2.3.1 Bilangan-bilangan tak berdimensi pada perpindahan panas konveksi.....	30
2.3.2 Sistem konveksi paksa pada aliran dalam pipa.....	32
2.4 Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh Pada Silinder .....	33
2.5 Beda Suhu Rata-Rata Log (LMTD) .....	35
2.6 Metode NTU Efektivitas .....	37
2.7 Viskositas .....	44
2.8 Air Laut.....	45
2.9 Etilen glikol.....	45
2.10 Pelumas / Oli.....	45
2.11 Hipotesa.....	46
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN</b>	<b>47</b>
3.1 Waktu dan Tempat .....	47
3.2 Alat dan bahan Penelitian .....	47
3.2.1 Alat.....	47
3.2.2 Bahan:.....	49
3.3 Variable Pengukuran.....	49
3.3.1 Variable Bebas.....	49
3.3.2 Variable terikat.....	50
3.4 Prosedur Penelitian.....	51
3.4.1 Persiapan Pengujian.....	51
3.4.2 Pengujian.....	51



3.4.3 Tahap Pengambilan Data.....	54
3.5 Skema Alat Uji .....	56
3.6 Diagram Alir Penelitian.....	57
3.7 Jadwal Kegiatan Penelitian.....	58
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>59</b>
4.1 Hasil.....	59
4.1.1 Bilangan Reynold.....	61
4.1.2 Bilangan Prandlt.....	62
4.1.3 Bilangan Nuselt.....	63
4.1.4 Laju Perpindahan Panas Menyeluruh (Q).....	64
4.1.5 Efektivitas <i>heat exchanger</i> .....	66
4.2 Pembahasan .....	68
4.2.1 Karakteristik <i>Heat Exchanger</i> .....	68
4.2.2 Laju Perpindahan Panas Keseluruhan (Q).....	70
4.2.3 Efektivitas ( $\epsilon$ ).....	71
<b>BAB 5. PENUTUP.....</b>	<b>72</b>
5.1 Kesimpulan .....	72
5.2 Saran .....	73
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>74</b>
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN</b>	
<b>A. LAMPIRAN PERHITUNGAN.....</b>	<b>55</b>
<b>B. LAMPIRAN TABEL.....</b>	<b>66</b>
<b>C. LAMPIRAN GRAFIK.....</b>	<b>72</b>
<b>D. LAMPIRAN FOTO.....</b>	<b>79</b>

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Nilai kira-kira koefisien perpindahan panas konveksi .....	9
Tabel 2.2 Nilai representative koefisien perpindahan panas keseluruhan .....	14
Tabel 2.3 Persamaan-persamaan Efektivitas Penukar Kalor .....	20
Tabel 2.4 Persamaan-persamaan NTU untuk Penukar Kalor .....	21
Tabel 3.1 Pengambilan data untuk <i>heat exchanger</i> variasi bebas fluida air .....	33
Tabel 3.2 Pengambilan data untuk <i>heat exchanger</i> variasi terikat fluida air .....	33
Tabel 3.3 Pengambilan data untuk <i>heat exchanger</i> variasi bebas air garam .....	33
Table 3.4 Pengambilan data untuk <i>heat exchanger</i> variasi terikat air garam .....	34
Tabel 3.5 Pengambilan data untuk <i>heat exchanger</i> variasi bebas etilen glikol .....	34
Tabel 3.6 Pengambilan data untuk <i>heat exchanger</i> variasi terikat etilen glikol .....	34
Tabel 3.7 Jadwal kegiatan penelitian .....	37
Tabel 4.1 Hasil penelitian fluida air .....	38
Tabel 4.2 Hasil penelitian fluida air garam 3.5% .....	38
Tabel 4.3 Hasil penelitian fluida air garam 5% .....	39
Tabel 4.4 Hasil penelitian fluida etilen glikol 30% .....	39
Tabel 4.5 Hasil penelitian fluida etilen glikol 50% .....	39
Tabel 4.6 Hasil penelitian viskositas fluida .....	40

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Konstruksi detail dari <i>heat exchanger</i> tipe <i>shell and tube</i> .....	6
Gambar 2.2 Aliran <i>counter flow</i> pada <i>heat exchanger</i> tipe <i>shell and tube</i> .....	7
Gambar 2.3 Perpindahan panas menyeluruh melalui silinder berongga.....	12
Gambar 2.4 Grafik faktor koreksi untuk penukar kalor dengan satu lintas selongsong dan dua, empat, atau masing-masing kelipatan dari lintas tabung tersebut.....	16
Gambar 2.5 Bagan efektivitas penukar kalor Kays dan London .....	22
Gambar 3.1 Skema alat uji .....	35
Gambar 3.2 Diagram alir penelitian.....	36
Gambar 4.1 Grafik hubungan viskositas fluida dingin terhadap bilangan Reynold ...	41
Gambar 4.2 Grafik hubungan viskositas fluida dingin terhadap bilangan Prandtl .....	42
Gambar 4.3 Grafik hubungan viskositas fluida dingin terhadap bilangan Nuselt .....	43
Gambar 4.4 Grafik hubungan viskositas fluida dingin etilen glikol terhadap laju perpindahan panas .....	44
Gambar 4.5 Grafik hubungan viskositas fluida dingin air garam terhadap laju perpindahan panas .....	45
Gambar 4.6 Grafik hubungan viskositas fluida dingin etilen glikol terhadap efektivitas .....	46
Gambar 4.7 Grafik hubungan viskositas fluida dingin air garam terhadap efektivitas .....	47

## DAFTAR NOTASI

$r$	= jari-jari, m
$d$	= diameter, m
$L$	= panjang lintasan <i>heat exchanger</i> , m
$q$	= laju perpindahan panas konduksi atau konveksi, Watt (Btu/h)
$k$	= konduktivitas termal, W/m, °C (Btu/h.ft.°F)
$A$	= luas dinding atau luas permukaan, m <sup>2</sup> (ft <sup>2</sup> )
$T$	= suhu, °C (°F)
$\Delta T$	= beda suhu, °C (°F)
$x$	= jarak/tebal dinding, m (ft)
$R_{th}$	= tahanan termal, °C/W
$h$	= koefisien perpindahan panas konveksi, W/m <sup>2</sup> .°C (Btu/h.ft <sup>2</sup> .°F)
$Re$	= bilangan Reynolds
$Pr$	= bilangan Prandtl
$Nu$	= bilangan Nusselt
$\rho$	= densitas, (densitas bola) kg/m <sup>3</sup>
$\rho_o$	= densitas zat cair, kg/m <sup>3</sup>
$t$	= waktu, detik
$g$	= gravitasi, m/s <sup>2</sup>
$v$	= kecepatan fluida, m/s
$d$	= diameter pipa, m
$cp$	= centipoise
$\mu$	= viskositas dinamik, kg/m.s

$c_p, c$	= kalor spesifik, kJ/kg.°C
$\dot{m}$	= laju aliran massa, kg/s
$U$	= koefisien perpindahan panas secara keseluruhan, W/m <sup>2</sup> .°C
$A$	= luas permukaan penukar panas, m <sup>2</sup>
$\Delta T_m$	= beda suhu rata-rata log, °C (°F)
$F$	= nilai faktor koreksi untuk <i>heat exchanger</i> tipe <i>shell and tube</i>
$\epsilon$	= efektivitas <i>heat exchanger</i> , %
NTU	= jumlah satuan perpindahan ( <i>number of transfer unit</i> )
$C$	= kapasitas panas
$T_{o1}$	= temperatur oli masuk, °C
$T_{a1}$	= temperatur air masuk, °C
$T_{ot}$	= temperatur oli di tengah <i>tube</i> , °C
$T_{as}$	= temperatur air di tengah <i>shell</i> , °C
$T_{o2}$	= temperatur oli keluar, °C
$T_{a2}$	= temperatur air keluar, °C
$P_{o1}$	= tekanan oli masuk, Psi
$P_{a1}$	= tekanan air masuk, Psi
$P_{o2}$	= tekanan oli keluar, Psi
$P_{a2}$	= tekanan air keluar, Psi
$Q_o$	= debit oli, m <sup>3</sup> /s
$Q_a$	= debit air, m <sup>3</sup> /s