SKRIPSI

ANALISIS EFEKTIVITAS HEAT EXCHANGER TIPE SHELL AND TUBE DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE AUTODESK SIMULATION

ARDA ALVONSIA.B
03121005015

JURUSAN

S
536.407
Ard
a
no16.

- 9021 -

SKRIPSI

ANALISIS EFEKTIVITAS HEAT EXCHANGER TIPE SHELL AND TUBE DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE AUTODESK SIMULATION

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana teknik

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
UPT
PERPUSTAKAAN

OLEH
ARDA ALVONDA.H
03121005015

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2016

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

ANALISIS EFEKTIVITAS HEAT EXCHANGER TIPE SHELL AND TUBE DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE AUTODESK SIMULATION

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar
sarjana teknik

Oleh:

ARDA ALVONDA.H
03121005015

Inderalaya, 15 Desember 2016

Mengetahui:
Ketua Jurusan Teknik Mesin,

Qomarul Hadi, S.T, M.T
NIP. 19690213 199503 1 001

Diperiksa dan disetujui oleh:
Pembimbing Skripsi,

Barlin, S.T., M.Eng.
NIP. 198106302006041001

UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN

Agenda : 005/TM/AK/2017
Diterima Tgl. : 23/1- 2017
Paraf : Vgp.

SKRIPSI

Nama	:	**ARDA ALVONDA.H**
NIM	:	**03121005015**
Jurusan	:	**TEKNIK MESIN**
Bidang Studi	:	**KONVERSI ENERGI**
Judul Skripsi	:	**ANALISIS EFEKTIVITAS *HEAT EXCHANGER* TIPE *SHELL AND TUBE* DENGAN MENGGUNAKAN *SOFTWARE AUTODESK SIMULATION***
Diberikan	:	**18 APRIL 2016**
Selesai	:	**15 DESEMBER 2016**

Indralaya, 15 Desember 2016
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Qomarul Hadi, S.T, M.T.
NIP. 19690213 199503 1 001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul "Analisis Efektivitas Heat Exchanger Tipe Shell and Tube Dengan Menggunakan Software Autodesk Simulation." telah dipertahankan di hadapan Tim Pembahas Sidang Sarjana Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 15 Desember 2016

Indralaya, 15 Desember 2016

Tim penguji karya tulis ilmiah berupa Skripsi

Ketua :

Prof. Dr. Ir. H. Kaprawi, DEA (.....)
NIP. 19580615 198703 1 002

Anggota :

1. Prof. Ir. Riman Sipahutar, M.Sc, Ph.D (.....)
   NIP. 19560604 198602 1 001
2. Ir. Hj. Marwani, MT (.....)
   NIP. 19650322 199102 2 001
3. Ir. Dyos Santoso, MT (.....)
   NIP. 19601223 199102 1 001
4. Ellyanie, ST, MT (.....)
   NIP. 19690501 199412 2 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin,

Qomarul Hadi, S.T., M.T.
NIP. 19690213 199503 1 001

Diperiksa dan Disetujui oleh,
Pembimbing Skripsi

Barlin, S.T., M.Eng.
NIP. 19810630 200604 1 001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Arda Alvonda.H

NIM : 03121005015

Judul : Analisis Efektifitas *Heat Exchanger* Tipe *Shell And Tube* Dengan Menggunakan *Software Autodesk Simulation*

menyatakan bahwa Laporan Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Inderalava, 15 Desember 2016

Arda Alvonda.H

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Arda Alvonda.H

NIM : 03121005015

Judul : Analisis Efektifitas *Heat Exchanger* Tipe *Shell And Tube* Dengan Menggunakan *Software Autodesk Simulation*

memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*Corresponding author*)

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Inderalaya, 15 Desember 2016

Arda Alvonda.H
NIM. 03121005015

RIWAYAT PENULIS

Dilahirkan pada 5 September 1994 di Kecamatan Talang Ubi, Kabupaten Pali, Palembang, Sumatera Selatan, dari pasangan Alm. Bapak Suherman dan Ibu Kurniati. Penulis menamatkan pendidikan di SDN 15 Pali pada tahun 2006, pada saat SD penulis pernah mengikuti perlombaan olimpiade pelajaran IPA tingkat Kabupaten Muara Enim dan mendapatkan juara 1, kemudian melanjutkan ke tahap Provinsi Palembang dan mendapatkan juara 5. Penulis melanjutkan pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 1 Pali dan menyelesaikannya pada tahun 2009. Hingga di tahun 2012 berhasil menyelesaikan pendidikan menengah pertama di SMA Negeri 2 Pali dan pernah menjabat sebagai anggota OSIS divisi Ketua Budi Pekerti, penulis pernah mengikuti seleksi PASKIBRA di tingkat Kabupaten untuk mewakili Kecamatan. Kemudian akhirnya penulis berhasil memperoleh gelar Strata-1 di salah satu Universitas Negeri di Indonesia yaitu Universitas Sriwijaya, Indralaya, Sumatera Selatan.

Selama menjadi Mahasiswa Universitas Sriwijaya, Penulis juga aktif dalam berbagai kegiatan di internal maupun eksternal kampus Universitas Sriwijaya. Penulis pernah menjadi Asisten Laboratorium Konversi Energi Mesin periode 2015-2016. Penulis juga aktif dalam kegiatan organisasi internal kampus seperti Badan Eksekutif Mahasiswa Keluarga Mahasiswa Fakultas Teknik (BEM KM FT) periode 2013-2014, dan Himpunan Mahasiswa Mesin (HMM) periode 2012-2016.

Penulis juga memiliki pengalaman dalam dunia industri yaitu Kerja Praktek di PT. Pertamina EP Field Pendopo pada Desember 2015 dengan Laporan Kerja Praktek berjudul "Analisis Performansi Pompa Reciprocating Gardner Denver FXN Duplex Slush Pump PT. Pertamina EP Asset 2 Field Pendopo". Penulis juga memiliki pengalaman mengambil data riset untuk skripsi di PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang.

MOTTO DAN HALAMAN PERSEMBAHAN

Bismillahirrohmannirrohim…

"Dan kami perintahkan kepada manusia (agar berbuat baik) kepada kedua orang tuanya. Ibunya telah mengandungnya dalam keadaan lemah yang bertambah-tambah, dan menyapihnya dalam usia dua tahun. Bersyukurlah kepada-Ku dan kepada kedua orang tuamu. Hanya kapada Aku kembalimu." (Q.S. Luqman: 14).

"Allah tidak akan merubah nasib suatu kaum jika bukan kaum itu sendiri yang merubahnya" (QS. Ar-Ra'du : 11)

"Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya" (QS. Al-Baqarah : 286)

Waktu adalah perjalanan yang tidak tahu di mana ujungnya, kesalahan akan meninggalkan penyesalan, untuk itu lakukan yang terbaik untukmu dan keluargamu.

Motto:

Mimpi ada untuk diwujudkan

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

- *Ungkapan Rasa Syukur kepada ALLAH SWT*
- *Kedua orang tuaku (alm) ayah dan mama yang selalu mendoakan dan selalu bersabar.*
- *Adikku yang tersayang dan seluruh keluarga besarku*
- *(Alm)Mba lanang dan mba wedok yang selalu memberi doa dan supportnya.*
- *Dosen pembimbing yang telah membimbing saya*
- *Orang spesial yang selalu ada dalam setiap keadaan terburukku.*
- *Sahabat-sahabat yang mengisi hari-hari.*
- *Teman-teman kos Ridho Ilahi*
- *Almamater UNSRI dan Jurusan Teknik Mesin UNSRI*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dalam rangka Tugas Akhir (Skripsi) yang dibuat untuk memenuhi syarat mengikuti Seminar dan Sidang sarjana pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya dengan judul **"Analisis Efektivitas *Heat Exchanger* Tipe *Shell And Tube* Dengan Menggunakan *Software Autodesk Simulation*".**

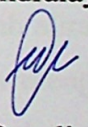
Pada kesempatan ini dengan setulus hati penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala bimbingan dan bantuan yang telah diberikan dalam penyusunan tugas akhir ini kepada:

1. Allah SWT .
2. Kedua Orang Tua saya (alm) Suherman dan Kurniati, Adikku Tersayang Silvi Violanita serta seluruh keluarga besar yang telah banyak memberikan do'a dan dukungan.
3. Bapak Qomarul Hadi, S.T., M.T, selaku ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya dan Bapak Prof. Dr. Ir. Nukman, M.T. selaku dosen Pembimbing Akademik selama kuliah di Jurusan Teknik Mesin.
4. Bapak Ir. Dyos Santoso, M.T selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
5. Barlin, S.T., M.Eng selaku dosen pembimbing skripsi yang telah membimbing, mengarahkan dan membantu selama proses penyelesaian skripsi.
6. Seluruh staf pengajar Teknik Mesin Universitas Sriwijaya, untuk semua ilmunya selama penulis menimba ilmu di Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
7. Para Karyawan staff Jurusan Teknik Mesin, seluruh koordinator Lab. Di Teknik Mesin, Kak Yan, Kak Sapril yang sangat membantu penulis dalam menyelesaikan skiripsi ini.
8. Teman-teman seperjuangan "Teknik Mesin *Solidarity Forever*" selama ini terutama Teknik Mesin angkatan 2012 yang telah melalui banyak cerita dan kenangan selama masa perkuliahan ini.
9. Teman-teman kosan Ridho Ilahi dari masa ke masa yang memberikan banyak cerita.

10. Kakak-kakak tingkat di Teknik Mesin
11. Orang spesial yang selalu ada dalam setiap dukungan dan doanya
12. Kepada Pulo Rudi Valentino Samosir yang telah meminjamkan laptopnya untuk pengerjaan simulasi ini, M.zulhardi yang pernah melaksanakan kerja praktek bersama, dan Dylan Admiral yang melakukan pengambilan data bersama-sama dan merasakan pahit sama-sama dan ketiganya selaku assisten Lab. Konversi Energi
13. Dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar penelitian ini menjadi lebih baik. Semoga penulisan skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan semua pihak yang berkepentingan.

Indralaya, November 2016



Penulis

RINGKASAN

ANALISIS EFEKTIVITAS HEAT EXCHANGER TIPE SHELL AND TUBE DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE AUTODESK SIMULATION
Karya tulis ilmiah berupa skripsi, 15 Desember 2016

Arda Alvonda.H; Dibimbing oleh Barlin, S.T., M.Eng.

Effectiveness Analysis Shell And Tube Heat Exchanger Using Software Autodesk Simulation

xx + 53 Halaman + 48 Gambar + 4 Tabel + 8 Lampiran

RINGKASAN

Heat exchanger adalah suatu alat dengan proses perpindahan panas antara dua fluida yang berbeda temperaturnya yang dipisahkan oleh dinding pemisah dan dengan teknik perpindahan panas yang beragam. *Heat exchanger* pada umumnya ada beberapa jenis, akan tetapi tipe *shell* dan *tube* merupakan jenis penukar kalor yang banyak digunakan dalam industri karena yang paling efisien. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji efektifitas *heat exchanger* yang digunakan kemudian membandingkannya berdasarkan hasil analitis dan hasil simulasi, mengkaji hasil dari simulasi berdasarkan variasi arah aliran sejajar dan arah aliran berlawan terhadap efektifitas *heat exchanger,* dan mengkaji hasil dari simulasi berdasarkan variasi jumlah tube pada *heat exchanger.* Analisis efektifitas dilakukan untuk melihat sejauh mana kinerja *heat exchanger* tersebut beroperasi secara maksimal. Efektifitas *heat exchanger* dapat mengalami penurunan antara lain diakibatkan oleh usia pemakaian, faktor pengotoran, dan koefisien perpindahan panas yang menurun. Analisis efektivitas yang dilakukan secara teoritis dan simulasi untuk mengetahui kinerja dari *heat exchanger* yang terbaik dengan menggunakan *software Autodesk Simulation CFD* dan memasukan kondisi batas yang terjadi pada model. Simulasi dilakukan dengan variasi arah aliran yang awalnya aliran berlawanan menjadi aliran sejajar dan variasi jumlah tube yang awalnya berjumlah 417 tube menjadi 439 tube, sehingga kita dapat melakukan optimasi desain *heat exchanger* yang terbaik. Data desain dan nilai kondisi batas untuk analisis didapatkan langsung dari data lapangan. Pada perhitungan data

secara teoritis berdasarkan data di lapangan didapatkan efektifitas *heat exchanger* sebesar 51,14 % dengan temperatur fluida panas masuk dan keluar sebesar ($T_{h,i}$) 50,1 °C dan ($T_{h,o}$) 40,29 °C dan temperatur fluida dingin masuk dan keluar sebesar ($T_{c,i}$) 30,92 °C dan ($T_{c,o}$) 41 °C. Pada perhitungan data secara simulasi berdasarkan data di lapangan didapatkan efektifitas *heat exchanger* sebesar 40,45 % dengan temperatur fluida panas masuk dan keluar sebesar ($T_{h,i}$) 50,1 °C dan ($T_{h,o}$) 42,34 °C dan temperatur fluida dingin masuk dan keluar sebesar ($T_{c,i}$) 30,92 °C dan ($T_{c,o}$) 36,65 °C. Pada perhitungan data secara simulasi berdasarkan variasi arah aliran didapatkan efektifitas *heat exchanger* sebesar 61,9 % dengan temperatur fluida panas masuk dan keluar sebesar ($T_{h,i}$) 50,1 °C dan ($T_{h,o}$) 38,21 °C dan temperatur fluida dingin masuk dan keluar sebesar ($T_{c,i}$) 30,92 °C dan ($T_{c,o}$) 32,46 °C. Pada perhitungan data secara simulasi berdasarkan variasi jumlah *tube* didapatkan efektifitas *heat exchanger* sebesar 63 % dengan temperatur fluida panas masuk dan keluar sebesar ($T_{h,i}$) 50,1 °C dan ($T_{h,o}$) 38 °C dan temperatur fluida dingin masuk dan keluar sebesar ($T_{c,i}$) 30,92 °C dan ($T_{c,o}$) 36 °C. Terdapat perbedaan efektifitas *heat exchanger* dari hasil teoritis maupun simulasi. Dari hasil penelitian ini didapat bahwa efektifitas dari heat exchanger ini akan lebih baik jika arah aliran masuk fluida dinginnya kita ubah, dan bisa juga dengan penambahan jumlah tube sehingga daerah perpindahan panas lebih luas. Diperlukan kalibrasi ulang alat ukur dan komponen pada *heat exchanger* karena terdapat perbedaan hasil efektifitas teoritis dan simulasi berdasarkan data lapangan.

Kata Kunci : *heat exchanger*, efektifitas, *autodesk simulation CFD.*
Kepustakaan : 11 (1988 - 2013)

SUMMARY

EFFECTIVENESS ANALYSIS SHELL AND TUBE HEAT EXCHANGER USING SOFTWARE AUTODESK SIMULATION
Scientific Paper in the form of Skripsi, 15 Desember 2016

Arda Alvonda.H; advised by Barlin, S.T., M.Eng.

Analisis Efektifitas Heat Exchanger Tipe Shell And Tube Dengan Menggunakan Software Autodesk Simulation

xx + 53 pages + 48 pictures + 4 table + 8 appendixes

Heat exchanger is a device with a heat transfer process between two fluids of different temperatures, separated by the solid wall and the heat transfer techniques diverse. Heat exchanger types shell and tube are the types of heat exchanger which are widely used in industry as the most efficient. Effectiveness analysis is done to see performance of the heat exchanger is operating optimally. It can be decreased due to the use of age, fouling factors, and the heat transfer coefficient decreased. The purpose of the research is to assess the effectiveness of heat exchangers that use by company and then compare them based on analytical and simulation results, assess the results of simulation based on variations in the flow direction parallel and the flow direction opposite to the effectiveness of heat exchangers, and reviewing the results of a simulation based on the variation of tubes number in heat exchanger. Effectiveness analysis conducted theoretical and simulation to know the performance of heat exchanger is best using Autodesk Simulation CFD software and enter the boundary conditions that occur in the model. The simulation was performed with a varieties of flow direction and the total of tube. So we can do the best perform for optimization heat exchanger design. The simulation was performed with a variety of flow direction that started from counter-flow into parallel flow and the variation of tubes number which originally totaled 417 tube become 439 tube, so we can do the best optimization heat exchanger design. Design data and the value of the boundary conditions for analysis getting directly from field data. The result of theoretical calculations based on field data, effectiveness of heat exchanger is 51.14% with temperature input and output of hot fluid is (Th,i) 50.1℃ and (Th,o) 40.29℃, input and output of cold fluid is (Tc,i)

30.92°C and (Tc,o) 41°C. The calculation of simulated based on field data, effectiveness of heat exchanger is 40.45%, with temperature input and output of hot fluid is (Th,i) 50.1°C and (Th,o) 42.34°C input and output of cold fluid is (Tc,i) 30.92°C and (Tc,o) 36.65°C. In the calculation of the simulation data based on variation of flow direction, effectiveness of heat exchanger is 61.9% with temperature input and output hot fluid is (Th,i) 50.1°C and (Th,o) 38.21°C input and output cold fluid is (Tc,i) 30.92°C and (Tc,o) 32.46°C. In calculation of the simulation based on total variation of tube, effectiveness of heat exchanger is 63% with temperature input and output of hot fluid is (Th,i) 50.1°C and (Th,o) 38°C input and output of cold fluid is (Tc,i) 30.92°C and (Tc,o) 36°C. There are differences result about effectiveness of heat exchanger between theoretical and simulation results. From the results of this research, we can conclude that effectiveness of heat exchanger would be better if we change the inflow of cold fluid , and also increase total of tube so the area of heat transfer become more wider. Important to recalibration of measuring instruments and heat exchanger components because there are differences result about effectiveness between theoretical and simulation results based on field data.

Keywords : heat exchanger, effectiveness, Autodesk CFD simulation.
Citations : 11 (1988 - 2013)

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
Halaman Persetujuan Agenda	iii
Halaman Persetujuan	iv
Halaman Pernyataan Integritas	v
Halaman Pernyataan Publikasi	vi
Riwayat Penulis	vii
Motto dan Halaman Persembahan	viii
Kata Pengantar	ix
Ringkasan	xi
Summary	xiii
Daftar Isi	xv
Daftar Gambar	xvii
Daftar Tabel	xix
Daftar Simbol	xx

UPT PERPUSTAKAAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
NO DAFTAR : 170313
TANGGAL : 27-2-2017

BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Permasalahan	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Perpindahan Kalor	4
2.1.1. Perpindahan Kalor Konduksi	4
2.1.2. Perpindahan Kalor Konveksi	5
2.2 Pengertian Alat Penukar Kalor	6
2.2.1. Klasifikasi berdasarkan fungsi	6
2.2.2. Klasifikasi berdasarkan nomenklatur	6
2.2.3. Klasifikasi berdasarkan bentuk konstruksi	7
2.3 *Shell and Tube Heat Exchanger*	9
2.3.1. Prinsip Kerja *Shell and Tube Heat Exchanger*	9
2.3.2. Komponen-Komponen *Shell and Tube Heat Exchanger*	10
2.3.3. Jenis-Jenis *Shell and Tube Heat Exchanger*	13
2.4 Perhitungan Termal	15
2.4.1. Pendekatan Beda Temperatur Rata-rata Logaritma (LMTD)	15

2.4.2. Faktor Pengotoran 16
2.5. *Computational Fluid Dynamic* 17
2.6. Persamaan atau Rumus yang digunakan 20

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN
3.1. Diagram Alir Penelitian 25
3.2. Tahapan Penelitian 26
3.3. Survei lapangan 27
3.4. Diagram Alir Simulasi pada *Autodesk Simulation* 29
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN
4.1. Perhitungan Laju Perpindahan Kalor 31
4.2. Spesifikasi dan Desain *Tube* 32
4.3. Koefisien Perpindahan Kalor Menyeluruh 34
4.4. Perhitungan Sisi *Tube* 34
4.5. Perhitungan Sisi *Shell* 35
4.6. Laju Kapasitas Kalor 37
4.7. Laju Perpindahan Kalor Maksimum 37
4.8. Efektifitas *Heat Exchanger* 37
4.9. *Number Of Transfer Unit* (NTU) 37
4.10. Simulasi Distribusi Temperatur pada *Heat Exchanger* 202-C Menggunakan Program *Autodesk Simulation CFD* 37
4.11. Hasil Simulasi dan Pembahasan 46

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN
5.1. Kesimpulan 53
5.2. Saran 53

Daftar Pustaka

DAFTAR GAMBAR

		Halaman
2.1	Distribusi Kalor berpindah dalam keadaan stedi	4
2.2	Perpindahan konveksi dari sebuah plat	5
2.3	Alat Penukar Kalor tipe shell dan tube berdasarkan jenis head dan cover	8
2.4	Bentuk shell and tube heat exchanger	10
2.5	Tube layout patterns	11
2.6	Jenis-Jenis Baffle	12
2.7	U-tube heat exchanger	13
2.8	Fixtubesheet	14
2.9	Profil temperatur pada alat penukar kalor	15
2.10	Diagram alir simulasi	18
3.1	Diagram Alir Penelitian	25
3.2	Diagram Alir Rumus Efektifitas *Heat Excanger*	26
3.3	Survei Lapangan Heat Exchanger 202-C	28
3.4	Instalasi Cooling Water Pusri IB	28
3.5	Instalansi (a) *Natural Gas Feed* (b) *Feed Gas Compressor*	29
3.6	Diagram Alir Simulasi CFD	30
4.1	Profil Temperatur Arah Aliran Berlawanan	31
4.2	*Heat Exchanger Tipe Shell And Tube* Berdasarkan Standar TEMA	32
4.3	Detail *Tubesheet*	33
4.4	Detail Tube yang Dinonaktifkan	33
4.5	Geometri *Heat Exchanger*	38
4.6	Geometri *Heat Exchanger* bagian dalam	38
4.7	Penggabungan Tepi Model	39
4.8	*Small Object Remove*	40
4.9	*Build Surface*	40
4.10	Menentukan Material Sisi Dalam *Shell*	41
4.11	Menentukan Material Sisi Dalam *Tube*	41
4.12	Menentukan Jenis Material Bagian Lapisan Geometri	42
4.13	Kondisi Batas Pertama Untuk Sisi Masuk *Shell*	42
4.14	Kondisi Batas Kedua Untuk Sisi Masuk *Tube*	43

4.15 *Meshing* Pada *Heat Exchanger* 43
4.16 Tampilan *Grid Meshing* Pada *Heat Exchanger* 44
4.17 Menu *Solve* Untuk Memulai Analisis 44
4.18 Variasi Arah Aliran 45
4.19 *Tubesheet* Setelah Penambahan *Tube* 46
4.20 Menu *Solve* Simulasi Dengan Variasi Jumlah *Tube* 46
4.21 Hasil Iterasi Simulasi HE Data Lapangan 47
4.22 Hasil Iterasi Simulasi HE Variasi Arah Aliran 47
4.23 Hasil Iterasi Simulasi HE Variasi Jumlah *Tube* 48
4.24 Distribusi Temperatur Pada *Heat Exchanger* Data Operasi 46
4.25 Grafik Distribusi Temperatur Sepanjang *Shell* Data Operasi 47
4.26 Grafik Distribusi Temperatur Sepanjang *Tube* Data Operasi 47
4.27 Distribusi Temperatur Pada *Heat Exchanger* Variasi Arah Aliran 48
4.28 Grafik Distribusi Temperatur Sepanjang *Shell* Variasi Arah Aliran 48
4.29 Grafik Distribusi Temperatur Sepanjang *Tube* Variasi Arah Aliran 49
4.30 Distribusi Temperatur Pada *Heat Exchanger* Variasi Jumlah Tube 50
4.31 Grafik Distribusi Temperatur Sepanjang *Shell* Variasi Jumlah *Tube* 50
4.32 Grafik Distribusi Temperatur Sepanjang *Tube* Variasi Jumlah *Tube* 51

DAFTAR TABEL

	Halaman
3.1 Data desain *heat exchanger*	29
3.2 Data operasional	29
4.1 Temperatur pada fluida panas dan fluida dingin	31
4.2 Perbandingan Efektifitas *Heat Exchanger*	52

DAFTAR SIMBOL

a_s	: flow area shell (m^2)
D_i	: Diameter inside shell (m)
C'	: *Cleareance* antar tube ke tube
B	: Jarak antar baffle antar baffle
Pitch	: Jarak antara titik pusat tube ke tube
G_s	: Kecepatan massa/mass *velocity* ($kg/m^2.s$)
Re_s	: Bilangan Reynolds
μ	: Viskositas dinamik
f	: Friction factor
Re_t	: Bilangan Reynolds
$D_{i\ tubes}$	: Diameter dalam tube (lihat tabel BWG)
μ	: Viskositas dinamik
f	: *Friction factor*
IDs	: Diameter dalam dari *shell* (m)
N	: Jumlah Baffles
De	: Diameter ekuivalen dari *shell* (m)
s	: Spesifik gravity
G_t	: Kecepatan aliran massa melalui *tube* ($kg/m^2.s$)
L	: Panjang dari *tube* (m)
n	: Jumlah passes
$D_{i\ tube}$	: Diameter dalam dari *tube* (m)
g	: Gravity Acceleration (m^2/s)
a_t	: Luas area tube
N_t	: Jumlah tube
v	: Laju aliran massa
V	: Kecepatan fluida (m/s)

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
U P T
PERPUSTAKAAN

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam dunia teknik dan industri khususnya bidang konversi energi, *heat exchanger* atau alat penukar kalor merupakan suatu alat yang sangat penting dalam dunia industri sebagai pendingin atau merubah fasa suatu fluida. *Heat exchanger* digunakan untuk memindahkan sejumlah energi dalam bentuk panas dari suatu fluida ke fluida lain yang memiliki perbedaan temperature tertentu. Dalam dunia industri petrokimia, khususnya industri pembuatan pupuk, selain peralatan utama seperti *Syntesis Gas Compressor,* diperlukan juga peralatan pendukung untuk menunjang beroperasinya peralatan utama. Salah satu peralatan pendukung yang diperlukan adalah *Lube Oil Cooler*, dan yang banyak digunakan di industri adalah tipe *Shell and Tube Heat Exchanger* dikarenakan proses pemeliharaan dan pembersihannya yang sangat mudah.

Shell and tube heat exchanger terdiri dari *shell* pada bagian luarnya dan terdapat *tubes* dibagian dalamnya. Bagian dalam *shell* dan *tubes* terdapat fluida yang mengalir didalamnya dan memiliki perbedaan temperature, tetapi kedua fluida tersebut tidak bercampur satu dengan yang lain. Arah aliran dari kedua fluida tersebut bias terjadi secara *parallel*, *counter, cross* dan campuran. Aliran *parallel* terjadi apabila kedua fluida masuk kedalam *shell* dan *tubes* dari arah yang sama dan keluar dari arah yang sama pula, untuk aliran *counter* terjadi apabila kedua fluida masuk kedalam *shell* dan *tubes* dari arah yang berlawanan kemudian mengalir dengan arah yang berlawanan, dan keluar dengan arah berlawanan, sedangkan pada aliran *cross* terjadi ketika salah satu fluida baik didalam *shell* atau didalam *tubes* mengalir secara tegak lurus terhadap fluida yang lain, dan aliran campuran merupakan aliran gabungan dari beberapa tipe aliran tersebut.

Pada *heat exchanger* khususnya tipe *shell and tube* biasanya terjadi penurunan efektifitas, seperti panas yang ditransfer oleh *heat exchanger* belum maksimal, terjadinya penurunan tekanan sehingga kinerja pompa lebih berat, hal ini mengakibatkan biaya listrik dan perawatan lebih tinggi. Penurunan kinerja *heat exchanger* ini diakibatkan oleh beberapa hal seperti faktor pengotoran *(fouling)* dan

usia pemakaian yang sudah lama. *Fouling* pada peralatan penukar panas akan menyebabkan suatu tambahan biaya bagi sektor industri (Handoyo, Yopi., dan Ahsan. 2012). Oleh karena itu, *heat exchanger* tersebut disimulasikan dengan variasi arah aliran sejajar, aliran berlawanan dan variasi jumlah *tubes* untuk melihat hasil yang terbaik dan dibandingkan dengan data aktual sehingga didapat hasil yang diinginkan. Penelitian yang berhubungan dengan simulasi heat exchanger sebelumnya telah dilakukan oleh Anggareza Adhitiya dan Djatmiko Ichsani (2013).

Demikianlah perlu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk menganalisa kinerja *heat exchanger* yang paling maksimum dengan cara simulasi dan melihat perbedaan hasil simulasi dan keadaan aktual dari *heat exchanger* tersebut, sehingga akan didapat suatu desain *heat exchanger* dengan kinerja yang terbaik.

1.2. Permasalahan

Pada heat exchanger terjadi penurunan koefisien perpindahan kalor yang diakibatkan oleh berbagai hal seperti, arah aliran, luas permukaan, bahan yang digunakan pada heat exchanger, pengotoran, dan lain-lain, yang akan mempengaruhi efektivitas dan menurunkan kinerja dari *heat exchanger* tersebut. Kemudian akan menimbulkan permasalahan, apakah *heat exchanger* tersebut akan dapat terus mempertahankan temperatur kerjanya pada saat sedang beroperasi, bagaimana cara menanggulangi penurunan laju perpindahan kalor yang terjadi, dan apakah desain *heat exchanger* yang digunakan telah sesuai dengan kondisi operasinya. Oleh karena itu, untuk mendapatkan efektifitas yang tinggi diperlukan simulasi pada *heat exchanger* dalam menentukan arah aliran dan jumlah tube yang sesuai untuk melihat sejauh mana *heat exchanger* tersebut beroperasi secara maksimal.

1.3. Batasan Masalah

Penulis membatasi permasalahan penelitian dalam perhitungan efektivitas dari *heat exchanger* yang digunakan dan simulasi dengan variasi arah aliran dan jumlah tube, dimana perpindahan kalor yang dianalisis adalah secara konduksi dan konveksi.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Mengkaji efektifitas *heat exchanger* yang digunakan kemudian membandingkannya berdasarkan hasil analitis dan hasil simulasi.
2. Mengkaji hasil dari simulasi berdasarkan variasi arah aliran sejajar dan arah aliran berlawan terhadap efektifitas *heat exchanger.*
3. Mengkaji hasil dari simulasi berdasarkan variasi jumlah tube pada *heat exchanger* terhadap efektifitas *heat exchanger.*

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini, diantaranya :

1. Didapatkan kondisi *heat exchanger* yang terbaik berdasarkan hasil simulasi.
2. Dapat dijadikan referensi untuk penelitian selanjutnya yang berkenaan dengan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Adhitiya, A. dan Ichsani, D., 2013. *Simulasi Performansi Heat Exchanger Type Shell and Tube* dengan *Double Segmental Baflle* Terhadap *Helical Buffle.* Surabaya: Jurnal Teknik Pomits. Vol. 2, No. 3: 2337-3539.

Bartlett, D. A., 1996. *The Fundamentals of Heat exchanger*s. *The Industrial Physics.* American Institute of Physics. Vol. 2, No. 4: 18-21.

Bizzy, I. dan Setiadi, R., 2013. *Studi Perhitungan Alat Penukar Kalor Tipe Shell and Tube dengan Program Heat Transfer Research Inc (HTRI).* Palembang: Jurnal Teknik Mesin Universitas Sriwijaya. Vol. 13, No. 1: 76-87

Cengel, Y. A. and Boles, M. A., 2002. *Thermodynamics, an Engineering Approach 4th Edition in SI Unit*. Singapore.

Holman, J. P., 2010. *Heat Transfer*. New York: The McGraw Hil Companies, Inc.

Incropera, F. P., 2006. *Fundamentals of Heat and Mass Transfer Sixth Edition.* United States of American: John Wiley & Sons, Inc.

Kristyawan, I. P. A., Hantoro, R., dan Nugroho, G., 2013. Efek Perbedaan Jumlah dan Material Tube pada Distribusi Temperatur Tube Heat Exchanger dalam Kompor (Studi Kasus di Industri Tempe Kecamatan Tenggilis Mejoyo Surabaya). Surabaya: Jurnal Teknik Pomits. Vol. 2, No. 2: 2337-3539.

Mukherjee, R., 1997. *Effectively Design Shell And Tube Heat Exchanger*. India : Engineers India Ltd. Vol 11, No.8: 47-52.

Moran, M. J. and Shapiro H. N., 1988. *Fundamentals of engineering thermodynamics*. New York.

Paulin, T., 2007. *Standards of the Turbular Echanger Manufactures Association 9th ed.* New York : Turbular Exchanger Manufacture Association, Inc.

Suroso dan Darwis, M. I., 2010. Penggunaan Fluent untuk Simulasi Distribusi Suhu dan Kecepatan pada Alat Penukar Kalor. Batan: Risalah Lokakarya Komputasi dalam Sains dan Teknologi Nuklir. Vol. 2, No. 3: 185-197.