



**ANALISA PERANCANGAN BEJANA TEKAN (*SHELL THICKNES, ELIPSODIAL HEAD 2:1, NOZZLE NECK*) PADA *SHELL & TUBE HEAT EXCHANGER* TIPE BEU**

**SKRIPSI**

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

Oleh;

**IYUS SURIYANTO**  
**NIM 051910101019**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK**  
**JURUSAN TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS JEMBER**  
**2010**

## **PERSEMBAHAN**

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

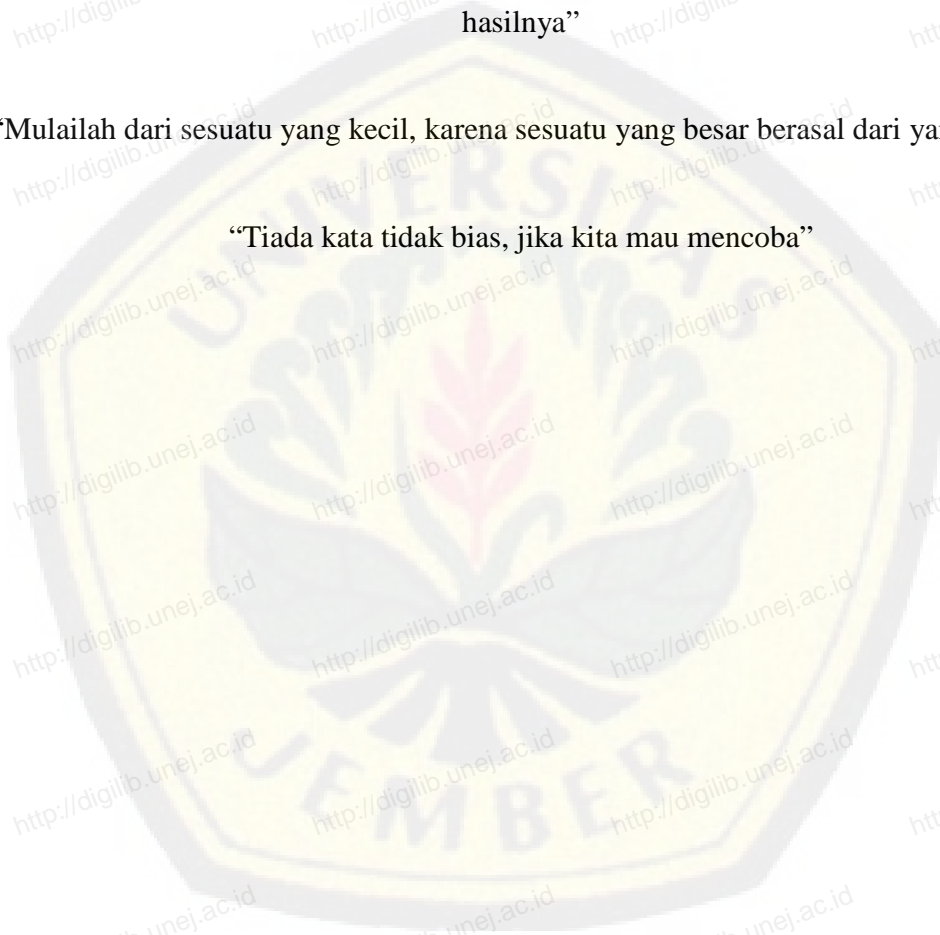
1. Bapak, Ibu sekeluarga. Terima kasih atas semua cinta, kasih sayang, pengorbanan, perhatian, doa, motivasi dan bimbingan kalian. Semoga Allah SWT selalu melimpahkan rahmat dan karunia-Nya serta membalas semua kebaikan yang telah dilakukan;
2. Almamater Jurusan Teknik Fakultas Teknik Mesin Universitas Jember;
3. Semua Guru-guru mulai dari SD sampai PT, tiada ilmu yang saya dapatkan tanpa perantara beliau semua;
4. Saudar/i Ruliana K, yang telah dengan sabar menemani saya baik dalam keadaan susah ataupun senang;
5. Sahabat-sahabat, teman-teman teknik mesin semuanya yang telah memberi banyak dukungan terima kasih yang sebesar-besarnya.

## **MOTTO**

**“Berjuang walaupun sampai detik terakhir, biarkan yang maha kuasa menentukan hasilnya”**

**“Mulailah dari sesuatu yang kecil, karena sesuatu yang besar berasal dari yang kecil”**

**“Tiada kata tidak bias, jika kita mau mencoba”**



## **PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Iyus Suriyanto

NIM : .051910101019

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis yang berjudul: “Analisa Perancangan Bejana Tekan (*Shell Thicknes, Elipsodial Head 2:1, Nozzle Neck*) Pada *Shell & Tube Heat Exchanger* Tipe BEU” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika disebutkan sumbernya 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, Juli 2010

Yang menyatakan;

Iyus Suriyanto  
NIM 051910101019

**SKRIPSI**

**ANALISA PERANCANGAN BEJANA TEKAN (*SHELL THICKNES, ELIPSODIAL HEAD 2:1, NOZZLE NECK*) PADA *SHELL & TUBE HEAT EXCHANGER* TIPE BEU**

Oleh

**IYUS SURIYANTO**  
**NIM .051910101019**

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Moh. Nurkoyim K., S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Digdo Listyadi S., M.Sc.

## PENGESAHAN

Skripsi berjudul "Analisa Perancangan Bejana Tekan (*Shell Thicknes, Elipsodial Head 2:1, Nozzle Neck*) Pada *Shell & Tube Heat Exchanger* Tipe BEU" telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada:

hari :

tanggal:

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

### Tim penguji

Ketua,

Sekretaris,

Moh. Nurkoyim K., S.T., M.T.  
NIP 19691122 199702 1 001

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

Anggota I,

Anggota II,

Yuni Hermawan.,S.T.,M.T  
NIP. 19750615 200212 1 008

Sumarji.,S.T.,M.T  
NIP. 19680202 199702 1 001

Mengesahkan  
Dekan Fakultas Teknik,

Ir. Widyono Hadi, M.T.  
NIP 19610414 198902 1 001

## SUMMARY

**Analysis Settings Up Plans Pressure Vessel (Shell Thickness, Elipsodial Head 2:1, Nozzle Neck) in Shell & Tube Heat Exchanger Type BEU; Iyus Suriyanto, 051910101019; 2010; 67 page; Mechanical Engineering; Faculty of Engineer; University Jember.**

Heat exchanger is an equipment which has function to transfer heat from one media to the other, especially in fluida in one phase or two phase. Shell and tube heat exchanger has many type, one from the other type is shell and tube.

Shell and tube has many type too, one of type which writer use in this minithesis to analysis is type BEU. In settings up design of equipment, generally many engineering design use standard to be the main analysis of basic calculation. In the fact standard cannot be the main source of design calculation.

Generally designer has a main set that the standard is to be the one source of design calculation, for this reason many designer can't makes a valuation of optimum value for the equipment which show how much the value of design from the real condition. So that can be important to comparing the data standard with the fundamental analysis (which show the real condition).

In this minithesis writer made a data comparable for standard of pressure vessel from the fundamental analysis (membrane stress analysis). The writer use the thickness, longitudinal stress, tangential stress, and radial growth to be factors which to compared with standard pressure vessel (ASME).

From the final value of the calculation in this minithesis, can be summarize that the mechanical design or standard design (ASME) has a value comparable factors (thicknes, stress, and radial growth) more than fundamental analysis (membrane stress analysis). The difference average value of thickness is 0,305 in, with percentage of thickness increase value is 164%.

In longitudinal stress of mechanical design has a decrease value toward fundamental design, in new condition 55% and corroded condition 82%. In tangential stress of mechanical design has decrease value toward fundamental design, in new condition 54% and corroded condition 82%. Radial growth of mechanical design has a decrease value too, in new condition 70% and corroded condition 56%.

More specific, from the comparing all data can be summarized that in nozzle neck, which settings up with mechanical design (standard) has not an optimum value, because the requirement of thickness this part is to much than the real condition. So this part of nozzle neck has the worst economical value from the other part in equipment shell and tube heat exchanger type BEU.

**Keyword:** *Heat exchanger type BEU, Shell thickness, Longitudinal stress, Tangential stress, Radial growth.*

## RINGKASAN

**Analisa Perancangan Bejana Tekan (*Shell Thicknes, Elipsodial Head 2:1, Nozzle Neck*) Pada *Shell & Tube Heat Exchanger Tipe BEU***; Iyus Suriyanto, 051910101019; 2010; 67 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

*Heat exchanger* merupakan alat yang berfungsi untuk mentransfer panas dari media satu ke media lain khususnya untuk media fluida, baik satu fasa maupun banyak fasa. Salah satu tipe dari *heat exchanger* adalah tipe *shell and tube*.

*Shell & tube heat exchanger* mempunyai banyak tipe, salah satunya tipe BEU (TEMA). Spesifikasi equipment ini dapat digunakan dalam banyak kondisi. Selain itu dari segi perawatan yang lebih dapat dikontrol.

Dalam perancangan desain biasanya *engineering design* menggunakan standar sebagai dasar analisis perhitungan. Dalam kenyataannya standar belum dapat dikatakan sebagai sumber yang riil dalam melakukan suatu perancangan *equipment*.

Umumnya tolak ukur seorang desainer praktisi adalah standar. Sehingga kebanyakan seorang desainer praktisi tidak mengetahui seberapa besar nilai tepat guna suatu alat. Maka dari itu perlu dilakukan suatu perbandingan dengan kondisi dasar (fundamental), hal ini untuk mengetahui seberapa besar aspek-aspek tambahan yang diberikan oleh standar.

Dalam penelitian ini dilakukan perbandingan data dari nilai ketebalan, tegangan longitudinal, tegangan tangensial, dan defleksi, dari mekanikal desain bejana tekan pada alat penukar kalor tipe BEU (*heat exchanger*) dengan analisa fundamental (*membrane shell analysis*).

Dari hasil desain yang dikalkulasikan dengan mekanikal desain memiliki nilai yang berlebih dibandingkan dengan desain fundamental. Rata-rata selisih nilai ketebalan adalah 0,305 in dengan persentase kenaikan nilai ketebalan mekanikal desain terhadap fundamental desain adalah 164%.

Pada tegangan longitudinal terjadi penurunan nilai tegangan longitudinal mekanikal desain terhadap fundamental desain, pada kondisi baru 55% dan pada kondisi terkorosi 82%. Penurunan nilai ini terjadi pula pada tegangan tangensial dan penambahan radius. Untuk tegangan tangensial pada kondisi baru terjadi penurunan 54% dan pada kondisi terkorosi terjadi penurunan 82%, dan untuk penambahan radius terjadi penurunan pada kondisi baru 70% dan pada kondisi terkorosi 56 %.

Hasil yang lebih spesifik lagi, dari perbandingan data secara keseluruhan maka dapat disimpulkan bahwa pada bagian *nozzle neck shell & tube heat exchanger* tipe BEU yang didesain dengan menggunakan mekanikal desain, memiliki nilai yang kurang tepat guna. Nilai ketebalan yang terlalu berlebih dengan kondisi kerja yang cukup rendah akan mengurangi nilai ekonomis pada bagian *nozzle neck*.

Kata Kunci: Alat Penukar Panas type BEU, Ketebalan Shell, Tegangan Longitudinal, Tegangan Tangensial, Pertambahan Radius.



## KATA PENGANTAR

Segala puji penulis panjatkan kepada Allah SWT karena atas segala rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian ini. Shalawat dan salam semoga tetap tercurah limpahkan atas junjungan besar nabi Muhammad SAW yang membimbing segala gerak langkah hidup kita.

Penelitian yang diberi judul “Analisa Perancangan Bejana Tekan (*Shell Thickness, Elipsodial Head 2:1, Nozzle Neck*) Pada *Shell & Tube Heat Exchanger* Tipe BEU” ini disusun untuk memenuhi syarat kelulusan dalam kurikulum pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah memberikan bimbingan, dukungan, dan arahan kepada penulis selama penyusunan laporan, khususnya kepada :

1. Allah SWT, karena dengan karunia dan hidayahnya penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini.
2. Bapak/Ibu yang telah memberikan contoh untuk bertahan dan tidak mudah putus asa dalam menjalani hidup, serta dengan do'a-nya yang selalu di panjatkan buat penulis. Terima kasih banyak Bapak/Ibu.
3. Bapak Moh. Nurkoyim K., S.T., M.T, selaku pembimbing utama
4. Bapak Ir Digdo Listyadi M.sc., selaku pembimbing anggota
5. Bapak Andi S., S.T., M.T, yang selalu memberikan arahan untuk terselesaikannya Skripsi ini.
6. Seluruh dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember yang dengan sabar memberikan ilmunya kepada penulis.
7. Bapak Mardada., S.T, selaku pembimbing lapangan di PT. Petrokimia Gresik.
8. Bapak Waluyo Sirdjo., S.T, selaku pembimbing lapangan di PT. Petrokimia Gresik.

9. Sdr. Alifia Rahman selaku senior yang selalu memberikan bimbingan dan motivasi untuk terselesaikannya skripsi ini.
10. Sdr/i. Ruliana K. yang selalu memberikan sesuatu terbaik untuk terselesaikannya skripsi ini.
11. Teman-teman yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu namanya, yang juga telah memberikan dorongan semangat, pemikiran dll.

Semoga apa yang telah kita lakukan adalah untuk kebaikan dan semoga juga penelitian ini dapat bermanfaat bagi semua pihak, khususnya bagi penulis pribadi dan perusahaan tempat penulis melakukan penelitian.

Jember, Juli 2010

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PEMBIMBINGAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>SUMMARY</b> .....	vii
<b>RINGKASAN</b> .....	ix
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xviii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xix
<b>1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang Masalah</b> .....	1
<b>1.2 Perumusan masalah</b> .....	2
<b>1.3 Batasan masalah</b> .....	2
<b>1.3 Tujuan Penelitian</b> .....	3
<b>1.4 Manfaat Penelitian</b> .....	3
<b>2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
<b>2.1 Definisi Umum</b> .....	4
<b>2.2 Shell &amp; Tube Heat Exchanger</b> .....	5
2.2.1 Lingkup Standar.....	5

2.2.2	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i> Ukuran dan Penentuan Tipe.....	6
2.2.3	Struktur <i>Shell and Tube Heat Exchanger</i> .....	9
2.2.4	Seleksi <i>Shell &amp; Tube Heat Exchanger</i> .....	10
2.2.5	Aplikasi <i>Shell &amp; Tube Heat Exchanger</i> .....	13
2.2.6	Keunggulan <i>Shell &amp; Tube Heat Exchanger</i> .....	13
2.2.7	<i>Part</i> Bejana Tekan yang Dianalisis.....	13
<b>2.3</b>	<b>Elastisitas</b> .....	14
<b>2.4</b>	<b>Tarikan Dan Tekanan</b> .....	14
2.4.1	Pembebanan Batang Secara Aksial.....	15
2.4.2	Tegangan Normal.....	16
2.4.3	Regangan Normal.....	16
2.4.4	Kurva Tegangan-Regangan.....	17
2.4.5	Batas Elastis ( <i>Elastic Limit</i> ).....	18
<b>2.5</b>	<b>Modulus Elastisitas</b> .....	18
2.5.1	Modulus Young.....	18
2.5.2	Modulus Volume (Bulk) .....	19
2.5.3	Modulus Keuletan ( <i>Modulus Of Resilience</i> ) .....	19
2.5.4	Modulus Kekerasan ( <i>Modulus Of Toughness</i> ).....	19
2.5.5	Modulus Tangen .....	19
2.5.6	Modulus Spesifik .....	20
<b>2.6</b>	<b>Tegangan &amp; Regangan</b> .....	20
2.6.1	Tegangan ( <i>Stress</i> ).....	20
2.6.2	Regangan ( <i>Strain</i> ) .....	21
2.6.3	Rasio Poisson .....	22
2.6.4	Hubungan <i>Stress</i> dan <i>Strain</i> .....	22
<b>2.7</b>	<b>Analisis Fundamental Bejana Tekan</b> .....	23
2.7.1	Membran Stress Analisis yang Diakibatkan <i>Uniform Internal Pressure</i> .....	27
2.7.2	Analisis Pertambahan Radius Bejana Tekan Akibat Defleksi (et).....	34

<b>2.8 Analisis Fundamental <i>Cylindrical Shell</i></b> .....	37
2.8.1 Analisis Tegangan Longitudinal pada Bejana Tekan Silinder.....	38
2.8.2 Analisis Tegangan Tangensial pada Bejana Tekan Silinder .....	39
2.8.3 Analisis Ketebalan ( <i>Thickness</i> ) Yang Dibutuhkan	
Bejana Tekan Silinder .....	39
2.8.4 Analisis Pertambahan Radius Bejana Tekan Silinder	
Akibat Defleksi ( <i>et</i> ).....	40
<b>2.9 Analisis Fundamental <i>Semiellipsoidal Heads</i></b> .....	40
2.9.1 Analisis Tegangan Longitudinal pada Bejana Tekan	
<i>Semiellipsoidal 2 : 1</i> .....	41
2.9.2 Analisis Tegangan Tangensial pada Bejana Tekan	
<i>Semiellipsoidal 2 : 1</i> .....	43
2.9.3 Analisis Ketebalan yang Dibutuhkan Bejana Tekan	
<i>Semiellipsoidal 2 : 1</i> .....	44
2.9.4 Analisis Pertambahan Radius Bejana Tekan Silinder	
Akibat Defleksi ( <i>et</i> ).....	45
<b>2.10 Mekanikal Desain</b> .....	47
<b>2.11 Tekanan Internal</b> .....	50
<b>3. METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	51
<b>3.1 Waktu dan Tempat Penelitian</b> .....	51
<b>3.2 Bahan</b> .....	51
<b>3.3 Langkah-langkah Penelitian</b> .....	52
<b>3.4 Diagram Alir Penelitian</b> .....	53
<b>3.5 Penyajian Analisis Data</b> .....	54
<b>4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	55
<b>4.1 Pemilihan bahan</b> .....	55
<b>4.2 Ketebalan</b> .....	59

4.3	Tegangan Longitudinal.....	61
4.4	Tegangan Tangensial .....	63
4.5	Pertambahan Radius ( <i>Radial Growth</i> ) .....	65
5.	KESIMPULAN DAN SARAN .....	68
5.1	Kesimpulan .....	68
5.2	Saran .....	69
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		
<b>LAMPIRAN.....</b>		
		71

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Klasifikasi <i>performance shell &amp; tube heat exchanger</i> .....	8
Tabel 2.2 Spesifikasi <i>stationary head</i> .....	10
Tabel 2.3 Spesifikasi <i>shell side</i> .....	11
Tabel 2.4 Spesifikasi <i>rear head side</i> .....	12
Tabel 2.5 Komponen yang dianalisis pada <i>shell &amp; tube heat exchanger</i> tipe BEU .....	14

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1	Penentuan Tipe <i>Shell &amp; Tube Heat Exchanger</i> ..... 7
Gambar 2.2	Standar Bentuk <i>Heat Exchanger Tipe BEU (TEMA)</i> ..... 9
Gambar 2.3	Pembebanan Batang Secara Aksial ..... 15
Gambar 2.4	Ilustrasi Tegangan Normal ..... 16
Gambar 2.5	Kurva Tegangan-Regangan..... 17
Gambar 2.6	Tegangan Normal Pada Bidang Deferensial Pada Balok..... 20
Gambar 2.7	Pemodelan Macam-Macam Kondisi Stress ..... 21
Gambar 2.8	Pemodelan Kondisi Regangan ..... 21
Gambar 2.9	Geometrikal Dasar Analisis ..... 24
Gambar 2.10	Deferensial Bidang abcd pada Bejana Tekan..... 24
Gambar 2.11	Tegangan yang Terjadi Akibat <i>General Load</i> ( $P\Phi$ , $P\theta$ , Dan $PR$ )..... 25
Gambar 2.12	Elemen-Elemen Gaya yang Mewakili Kondisi Reaksi Pada Bejana Tekan Deferensial Bidang Pada Sumbu $x,y,z$ ..... 27
Gambar 2.13	Sebuah Elemen yang Mengalami Tegangan Normal Pada Sumbu $(x,y,z)$ ..... 35
Gambar 2.14	Pemodelan Pertambahan Nilai Radius pada Bejana Tekan dengan Arah Sumbu $(x,z)$ ..... 36
Gambar 2.15	Tegangan yang Terjadi pada Bejana Tekan Silinder ( $R_L = \infty$ , $R = R_t$ )..... 37
Gambar 2.16	Pemodelan Gaya yang Bekerja pada Bejana Tekan Silinder (Bidang Longitudinal) ..... 38
Gambar 2.17	Geometrikal Elipsoidal 2 : 1 dan Kondisi Kerja yang Terjadi (Dimana, $R_a = R_t \sin \Phi$ )..... 41
Gambar 2.18	Pemodelan Tegangan yang Bekerja pada <i>Semiellipsoidal 2 : 1</i> ..... 42
Gambar 2.20	Bagan Alur Desain <i>Nozzle Neck</i> (ASME UG 45(b) & ANSI B36 10M)..... 49



## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A Kalkulasi Ketebalan Bejana Tekan (Fundamental Desain) .....	71
Lampiran B Kalkulasi Ketebalan Bejana Tekan (Mekanikal Desain) .....	81
Lampiran C Kalkulasi Tegangan Longitudinal .....	92
Lampiran D Kalkulasi TeganganTangensial .....	105
Lampiran E Kalkulasi Pertambahan Radius ( <i>Radial Growth</i> ).....	117
Lampiran F Material Properties .....	134
Lampiran G Tabel Pipa (ANSI).....	144
Lampiran H Data Shett .....	149