



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**PERANCANGAN DAN ANALISA TEGANGAN PADA BEJANA
TEKAN HORIZONTAL DENGAN METODE ELEMEN HINGGA**

TUGAS AKHIR

SYARIEF AFIF HABSYA

L2E 007 077

**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN**

SEMARANG

JUNI 2012

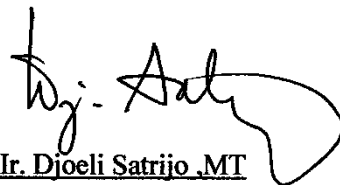
TUGAS SARJANA

Diberikan kepada:

- Nam : Syarief Afif Habsya
NIM : L2E 007077
Dosen Pembimbing : Ir. Djoeli Satrijo ,MT
Jangka Waktu : 12 (dua belas) bulan
Judul : Perancangan dan Analisa Tegangan Pada Bejana Tekan Horizontal dengan Metode Elemen Hingga
Isi Tugas : Merancangan dan Menganalisa tegangan bejana tekan hasil rancangan sesuai dengan ASME BPV VIII div 1, kemudian membuat dokumentasi teknik hasil rancangan.

Semarang, Juni 2012

Dosen Pembimbing,



Ir. Djoeli Satrijo ,MT

NIP. 196107121988031003

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

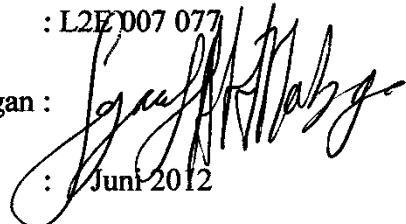
**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Syarief Afif Habsya

NIM : L2E007 077

Tanda Tangan :

Tanggal : Juni 2012



HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Syarief Afif Habsya

NIM : L2E 007 077

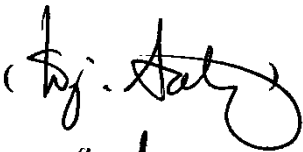
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin

Judul Skripsi : Perancangan dan Analisa Tegangan Pada Bejana Tekan Horizontal dengan Metode Elemen Hingga

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan/Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

Pembimbing : Ir. Djoeli Satrijo, MT

()

Penguji : Ir. Bambang Yuniyanto, MSc

()

Penguji : Dr. Munadi, ST, MT

()

Semarang, 21 Juni 2011

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Sulardjaka, ST, MT

NIP. 197104201998021001

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : SYARIEF AFIF HABSYA
NIM : L2E 007 077
Jurusan/Program Studi : TEKNIK MESIN
Fakultas : TEKNIK
Jenis Karya : SKRIPSI

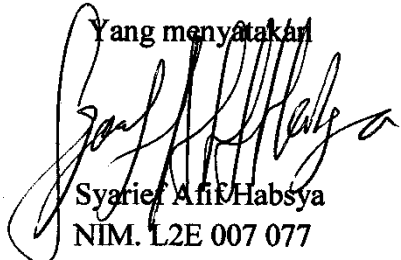
Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

PERANCANGAN DAN ANALISA TEGANGAN PADA BEJANA TEKAN HORIZONTAL DENGAN METODE ELEMEN HINGGA

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang
Pada Tanggal : 21 Juni 2011

Yang menyatakan

Syarif Afif Habsya
NIM. L2E 007 077

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk:

- ❖ Orang tua saya tercinta
- ❖ Adik-adikku tersayang
- ❖ Teman-teman seperjuangan Teknik Mesin Angkatan 2007

ABSTRAK

Bejana tekan merupakan suatu alat proses yang penting dalam industri, oleh karenanya perancangannya sangat kompleks dan dibutuhkan sebuah proses perancangan yang optimal agar bejana tekan yang dihasilkan optimal untuk operasinya dan efisien dalam nilai ekonomis.

Dalam merancang bejana tekan, tahap awal yang dilakukan adalah mendefinisikan fungsi bejana tekan tersebut dan juga kapasitas operasi bejana tekan tersebut. Fungsi dan kapasitas akan menentukan dimensi awal bejana tekan tersebut, ditambah dengan tekanan kerjanya, akan dapat menentukan tebal dinding minimal yang akan digunakan untuk konstruksi bejana tekan. Ketebalan awal yang diperoleh setelah disesuaikan dengan tebal plat yang ada di pasaran adalah 3” pada bagian *shell* dan *head*. Setelah itu, pembebanan bejana tekan diberikan sesuai kondisi operasi dari bejana tekan tersebut. Beban yang diberikan antara lain tekanan internal, berat mati bejana tekan. Konsentrasi tegangan dan diskontinuitas tegangan pada bagian lubang dan pada bagian pertemuan *shell* dan *head*. Oleh karena itu, bagian-bagian kritis tersebut perlu mendapatkan perhatian khusus, agar konsentrasi tegangan dan diskontinuitas tegangan yang terjadi tidak mengakibatkan kegagalan pada struktur.

Dari hasil analisa tegangan pada struktur bejana tekan menggunakan software analisa yang berbasis metode elemen hingga, ditemukan nilai tegangan von mises pada bagian kritis bejana tekan. Pada bagian *manway* 13.437 psi, 11.750 psi pada *inlet* dan 13.566 psi pada *drain*, nilai tegangan maksimum tersebut masih dibawah tegangan yang diijinkan, yaitu 15.700 psi, maka bejana tekan tersebut telah memenuhi kriteria yang diperlukan, dan layak untuk diproduksi.

Kata kunci: bejana tekan, tegangan, metode elemen hingga,

ABSTRACT

Pressure vessel is an important tool in the industrial process, therefore it must be done in an optimal design, both in the safety factor as well as economic value.

In designing a pressure vessel, it is necessary to know the function and capacity of the pressure vessel. Function and capacity would determine the thickness of the pressure vessel. Preliminary design begin by determining the initial wall thickness of pressure vessel under internal pressure. The thickness of pressure vessel selected according to the initial internal pressure is 3" at the shell and head. After the thickness was known, the loading on pressure vessel was given in accordance with operating conditions of the pressure vessel. Given load, among others, internal pressure, and its dead weight. Stress concentration and discontinuity of stress would appear in a critical section of the pressure vessel such as opening and the meeting of shell and head section. Therefore, reinforcement was needed to reduce stress concentration and discontinuity of stress so that the proper pressure vessels designed to be used.

From the analysis of stress in pressure vessels with the help of software based on finite element method, the maximum von-mises stress values was obtained on critical parts of the pressure vessel. The von-mises stress at the manway is 13.437 psi, 11.750 psi at inlet and 13.566 psi at the drain of pressure vessel. With stress permissible magnitude was 15.700 psi, the pressure vessel has met the necessary criteria and the pressure vessel was feasible to operate.

Keywords: pressure vessel, finite element method, stress

KATA PENGANTAR

Puji syukur Kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta hidayah sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul “PERANCANGAN DAN ANALISA TEGANGAN PADA BEJANA TEKAN HORIZONTAL DENGAN METODE ELEMEN HINGGA”.Laporan Tugas Akhir ini diajukan sebagai salah satu tugas dan syarat untuk memperoleh gelar Strata-1 (S-1) Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.

Dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Djoeli Satrijo, MT selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
2. Kepada Orang Tua saya tercinta, juga segenap saudara-saudara saya.
3. Teman-teman seperjuangan Teknik Mesin Angkatan 2007.
4. Semua pihak yang berhubungan langsung maupun tidak langsung telah membantu penulis dalam penulisan laporan.

Penulis menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, baik dari segi isi maupun cara penyusunannya. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca demi kesempurnaan laporan ini.

Semarang, Juni 2012

Penulis

DAFTAR ISI

JUDUL	i
TUGAS AKHIR.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvi
NOMENKLATUR.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Pembatasan Masalah.....	2
1.5 Metode Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II DASAR TEORI	
2.1 Definsi Bejana Tekan	5
2.2 Konsep Perancangan Produk.....	7
2.3 Komponen Bejana Tekan	8
2.3.1 <i>Shell</i>	8
2.3.2 <i>Head</i>	9
2.3.3 <i>Opening</i>	11

2.3.4	Nosel.....	11
2.3.5	<i>Flanges</i>	13
2.3.6	Sadel	15
2.4	Beban Pada Bejana Tekan	17
2.4.1	Tekanan Desain	18
2.4.2	Beban Mati	18
2.4.3	Temperatur Desain	18
2.4.4	Beban Angin.....	19
2.4.5	Beban Gempa Bumi.....	19
2.5	Tegangan Pada Bejana Tekan.....	19
2.6	Teori Kegagalan	20
2.6.1	Teori Tegangan Normal Maksimum	21
2.6.2	Teori Tegangan Geser Maksimum	22
2.6.3	Teori Distorsi Energi	22
2.7	Metode Elemen Hingga	23
2.7.1	Definisi	23
2.7.2	Geometri Elemen.....	25
 BAB III PERANCANGAN BEJANA TEKAN		
3.1	Bagan Perancangan Bejana Tekan	28
3.2	Penentuan Geometri Bejana Tekan	29
3.2.1	Penentuan Dimensi Awal Bejana Tekan	29
3.2.2	Penentuan Tebal <i>Shell</i> dan <i>Head</i>	30
3.2.3	Penentuan Dimensi Pipa-pipa.....	31
3.3	Pemodelan Geometri Bejana Tekan	31
3.3.1	Pemodelan <i>Shell</i> dan <i>Head</i>	33
3.3.2	Pemodelan <i>Openings</i>	35
3.3.3	Pemodelan Sadel.....	36
3.3.4	Pemodelan Pipa-pipa	37
3.3.5	Pemodelan <i>Flanges</i>	37
3.3.6	<i>Assembly</i> Komponen Bejana Tekan	38
3.4	Simulasi Pembebanan pada Bejana Tekan	39

3.4.1 Import Model CAD pada Software Analisa	40
3.4.2 <i>Preprocessing</i>	40
3.4.3 <i>Solution</i>	41
3.4.4 <i>Postprocessing</i>	46
BAB IV ANALISA	
4.1 Pengantar	47
4.2 Data Masukan	49
4.2.1 Spesifikasi Material	49
4.2.2 Nodal dan Elemen	50
4.3 Pembebanan Bejana Tekan.....	51
4.4 Hasil.....	52
4.5 <i>Refinement</i>	55
4.6 Pembahasan	69
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	72
5.2 Saran	73
DAFTAR PUSTAKA	74
LAMPIRAN A Tabel.....	75
LAMPIRAN B Kasus Sederhana.....	77
LAMPIRAN C Dokumentasi Teknik.....	85

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Bejana tekan Horizontal.....	5
Gambar 2.2	(a) Bejana tekan dinding tipis, (b) Bejana tekan dinding tebal	6
Gambar 2.3	Diagram alir perancangan	7
Gambar 2.4	<i>Shell</i>	9
Gambar 2.5	Skema <i>reinforcement pad</i>	12
Gambar 2.6	(a) slip-on <i>flange</i> , (b) weld-neck <i>flange</i> , (c) blind <i>flange</i> , (d) Lap-joint <i>flange</i>	14
Gambar 2.7	Dimensi Slip-on <i>flange</i> untuk perhitungan momen	14
Gambar 2.8	Sudut kontak optimum sadel bejana tekan ukuran besar	16
Gambar 2.9	Diagram benda bebas bejana tekan	20
Gambar 2.10	Grafik Teori Tegangan Normal Maksimum	21
Gambar 2.11	grafik perbandingan teori tegangan geser maksimum dengan teori distorsi energi	23
Gambar 2.12	Masalah struktur a) model struktur, b) Pemodelan elemen hingga...	25
Gambar 3.1	Diagram alir proses perancangan bejana tekan.....	28
Gambar 3.2	Grafik volume plat optimum.....	30
Gambar 3.3	Pengaturan satuan SolidWorks 2010	32
Gambar 3.4	Sketsa dinding bejana.....	33
Gambar 3.5	<i>Extrude</i> untuk membentuk <i>shell</i>	33
Gambar 3.6	Sketsa seperempat ellips	34
Gambar 3.7	Fungsi <i>revolve</i>	34
Gambar 3.8	Model bejana tekan	35
Gambar 3.9	Pembuatan <i>openings</i>	35
Gambar 3.10	Sadel sesuai dengan diameter luar bejana.....	36
Gambar 3.11	Tapak dan <i>rib</i> sebagai penguat sadel	36
Gambar 3.12	Pemodelan pipa	37
Gambar 3.13	Sketsa dan hasil <i>revolve</i> untuk <i>flanges</i>	37
Gambar 3.14	Fungsi <i>circular pattern</i> untuk memperbanyak lubang secara melingkar	38
Gambar 3.15	<i>Assembly</i> komponen bejana tekan.....	38

Gambar 3.16	Jendela awal <i>ANSYS Workbench</i> 12.....	40
Gambar 3.17	<i>Meshing</i> pada bejana tekan	41
Gambar 3.18	Pemberian beban tekanan internal pada permukaan dalam bejana...	42
Gambar 3.19	Pemberian <i>constrain</i> pada tapak sadel	42
Gambar 3.20	Pemberian momen pada permukaan <i>flange</i>	43
Gambar 3.21	Pemberian percepatan gravitasi.....	43
Gambar 3.22	Pengaturan beban akibat tekanan hidrostatik.....	44
Gambar 3.23	Pengaturan untuk analisa kestabilan struktur.....	45
Gambar 3.24	Pengaturan simulasi <i>linear buckling</i>	45
Gambar 3.25	Hasil simulasi berupa tegangan von-mises	46
Gambar 4.1	Diagram alir proses perbaikan desain bejana tekan	48
Gambar 4.2	Model CAD dalam <i>ANSYS Workbench</i>	59
Gambar 4.3	Daerah kritis pada bejana tekan horizontal	51
Gambar 4.4	Grafik tegangan terhadap jaraknya dari lubang arah longitudinal	54
Gambar 4.5	Grafik tegangan terhadap posisi pada tepi lubang	54
Gambar 4.6	a) sketsa perbaikan desain, b) hasil simulasi dengan <i>reinforcement pad</i> diameter 54”	55
Gambar 4.7	a) sketsa perbaikan desain, b) hasil simulasi dengan diameter <i>reinforcement pad</i> manway sebesar 90”	56
Gambar 4.8	Grafik tegangan pada daerah lubang arah longitudinal dengan <i>reinforcement pad</i>	57
Gambar 4.9	Grafik tegangan pada daerah tepi lubang dengan <i>reinforcement pad</i>	58
Gambar 4.10	a) diskontinuitas tegangan, b) tebal sambungan <i>shell head</i>	58
Gambar 4.11	Grafik diskontinuitas tegangan pada pertemuan <i>head shell</i>	59
Gambar 4.12	Bejana tekan hasil simulasi dengan tebal <i>head</i> 4”	60
Gambar 4.13	Grafik tegangan pada sambungan <i>shell-head</i> dengan tebal <i>head</i> 4”.	61
Gambar 4.14	Simulasi dengan pembebanan lengkap dan pembebanan total	61
Gambar 4.15	Simulasi dengan <i>schedule</i> pipa lebih besar (sch160).....	62
Gambar 4.16	Simulasi dengan perbaikan desain <i>reinforcement pad</i>	63
Gambar 4.17	Perbaikan desain perpipaan dan simulasi.....	63
Gambar 4.18	Grafik tegangan pada desain terbaik	64

Gambar 4.19	Simulasi pengujian tekanan hidrostatik akibat pengisian air	65
Gambar 4.20	Grafik tegangan pada pengujian hidrotres.....	66
Gambar 4.21	Simulasi pembebanan tekanan internal 1.5 kali tekanan desain	67
Gambar 4.22	Grafik tegangan simulasi beban 1.5 kali tekanan internal	68
Gambar 4.23	Simulasi pengujian <i>buckling</i> pada struktur bejana.....	68

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	rumus perhitungan tebal dinding <i>head</i>	10
Tabel 2.2	Perhitungan geometri <i>reinforcement pad</i>	12
Tabel 2.3	Rumus perhitungan momen <i>flange slip on</i>	15
Tabel 2.4	Tipe elemen dalam metode elemen hingga.....	26
Tabel 4.1	Spesifikasi material komponen bejana tekan.....	50
Tabel 4.2	Tegangan pada daerah kritis arah longitudinal	52
Tabel 4.3	Tegangan daerah kritis pada tepi lubang	53
Tabel 4.4	Tegangan pada daerah lubang arah longitudinal dengan <i>reinforcement pad</i>	56
Tabel 4.5	Tegangan pada daerah tepi lubang dengan <i>reinforcement pad</i>	57
Tabel 4.6	Diskontinuitas tegangan pada pertemuan <i>head-shell</i>	59
Tabel 4.7	Diskontinuitas tegangan pada <i>head</i> tebal 4”	60
Tabel 4.8	Data tegangan desain terbaik	64
Tabel 4.9	Data tegangan akibat pengujian hidrotas	66
Tabel 4.10	Tegangan pada bagian kritis pembebanan 1.5 kali tekanan desain	67

NOMENKLATUR

Simbul	Besaran	Satuan
A	Luas permukaan	[in ²]
A_1	Luas yang terdapat pada <i>shell</i>	[in ²]
A_2	Luas yang terdapat pada nosel	[in ²]
A_{21}	Luas pengelasan	[in ²]
A_3	Luas <i>reinforcement pad</i>	[in ²]
A_{42}	Luas pada pengelasan	[in ²]
b	Lebar efektif gasket	[in]
B	Diameter dalam <i>flange</i>	[in]
C	Diameter antara baut	[in]
d	Diameter nosel	[in]
D	Lebar bejana	[in]
D_i	Diameter dalam	[in]
D_o	Diameter luar	[in]
D_p	Diameter luar <i>reinforcement pad</i>	[in]
E	Efisiensi sambungan	[-]
f_r	Faktor reduksi kekuatan	[-]
F	Rasio optimum diameter dengan panjang bejana	[-]
g_1	Tebal hub pada <i>flange</i>	[in]
G	Diameter reaksi beban gasket	[in]
h_D	Jarak radial	[in]
h_G	Jarak radial	[in]
h_T	Jarak radial	[in]
H	Beban akibat hidrostatis	[lbf]
H_D	Beban akibat gaya dalam <i>flange</i>	[lbf]
H_G	Beban gasket	[lbf]
H_P	Beban tekan total permukaan kontak sambungan	[lbf]
H_T	Beban akibat tekanan pada permukaan <i>flange</i>	[lbf]

m	Faktor gasket	[-]
M	Momen	[lbf.in]
M_o	Momen total operasi pada <i>flange</i>	[lbf.in]
M_D	Momen akibat gaya dalam pada <i>flange</i>	[lbf.in]
M_G	momen akibat beban pada gasket	[lbf.in]
M_T	Momen akibat tekanan pada permukaan <i>flange</i>	[lbf.in]
P	Tekanan	[psi]
P_a	Tegangan eksternal yang diijinkan	[psi]
P_w	Tekanan akibat angin	[psi]
R	Jarak radial	[in]
R_i	radius dalam	[in]
R_o	radius luar	[in]
S	Tegangan maksimum yang diijinkan	[psi]
S_{SY}	Kekuatan luluh geser	[psi]
S_y	Kekuatan luluh	[psi]
t	Tebal <i>shell</i> yang digunakan	[in]
t_r	Tebal <i>shell</i> yang dibutuhkan	[in]
t_n	Tebal nosel yang digunakan	[in]
t_m	Tebal nosel yang dibutuhkan	[in]
V_w	kecepatan angin	[mil/jam]
σ	Tegangan Normal	[psi]
$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$	Tegangan principal	[psi]
σ_{max}	Tegangan maksimum	[psi]
σ_{min}	Tegangan minimum	[psi]
σ_x	Tegangan Longitudinal	[psi]
σ_y	Tegangan circumfential	[psi]
τ	Tegangan geser	[psi]
τ_{max}	Tegangan geser maksimum	[psi]