

**KAJI ULANG KONSTRUKSI BEJANA TEKAN TIFE V-14-009  
DI UNIT HVU PERTAMINA UP DI PLAJU DENGAN  
PROGRAM COSMOSWORK**



**SKRIPSI**

**Ditulis Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik di Fakultas Teknik  
Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya**

**OLEH:  
CHIPTA  
03040150168**

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
INDERALAYA  
2008**

S.  
603.807  
Chi  
6  
C-Blota  
2008

**KAJI ULANG KONSTRUKSI BEJANA TEKAN TIPE V-14-005  
DI UNIT HVU PERTAMINA UP III PLAJU DENGAN  
PROGRAM COSMOSWORK**



17756  
10101




**SKRIPSI**

**Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik di Fakultas Teknik  
Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya**

**OLEH:  
CHIPTA  
03043150068**

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
INDERALAYA  
2008**

UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN

Agenda : 1778/TA/IA/2008  
Diterima Tanggal: 22 oktober 2008  
Paraf : 

## SKRIPSI

Nama : CHIPTA  
NIM : 03043150068  
Mata Kuliah : BEJANA TEKAN  
Judul : KAJI ULANG KONSTRUKSI BEJANA TEKAN  
TIPE V- 14 - 005 DI UNIT HVU PERTAMINA UPIII PLAJU  
DENGAN PROGRAM COSMOSWORK  
Diberikan :  
Selesai :

Diketahui oleh  
Ketua Jurusan Teknik Mesin,

  
Ir. Helmy Alian, MT  
NIP. 131 672 077

Inderalaya, September 2008  
Diperiksa dan disetujui oleh  
Dosen Pembimbing,

  
Ir. Zainal Abidin, MT  
NIP. 131 595 557

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN**

**SKRIPSI**

**KAJI ULANG KONSTRUKSI BEJANA TEKAN TIPE V- 14 - 005  
DI UNIT HVU PERTAMINA UP III PLAJU DENGAN  
PROGRAM COSMOSWORK**


**Oleh:**

**CHIPTA  
03043150068**

*Disetujui dan Disahkan Sebagai Skripsi*

**Inderalaya, September 2008**

**Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin  
Universitas Sriwijaya:**



**Ir. Helmy Alian, MT  
NIP. 131 672 077**

**Diperiksa dan disetujui oleh,  
Dosen Pembimbing Skripsi:**



**Ir. Zainal Abidin, MT  
NIP. 131 595 557**

**Motto:**

*"Belajar adalah sebagian dari ibadah,  
maka kajiilah ilmu sebanyak-banyaknya agar kamu beriman."  
(Kata Mutiara Rasulullah SAW)*

*"Semua orang dilahirkan tanpa kemampuan apapun, kemampuan itu harus diciptakan. Kita bisa karena terbiasa, kita terampil karena berlatih."*

*"Hidup adalah perjuangan. Perjuangan akan tetap berkorban tatkala kita mewujudkan keinginan, impian dan cita-cita menjadi sebuah kenyataan, bahagia, sedih dan senang bercampur aduk tatkala impian kita menjadi sebuah kenyataan." (K'chip)*

Skrripsi ini kuperssembahkan kepada:

*Allah SWT, Rasul dan Agama Islam ku  
Buya "Guru ku"  
Ayah dan emak ku  
Nenek dan kakek ku  
Kak ku dan suaminya  
Adik – adikku Yanto dan Linda mawarni  
Keponakan ku " M. Farel Rizda"  
Keluarga besar ku  
Almamater ku*

## ABSTRAK

Pressure vessel adalah bejana tekan yang tahan dari kebocoran yang berfungsi sebagai tempat penampung atau pemroses senyawa hydro karbon dan liquid. Bagian utama dari bejana tekan adalah badan bejana (shell), tutup bejana (head) dan tumpuan bejana (support).

Bejana tekanl dalam operasinya sangat memerlukan keamanan yang tinggi sebab dilapangan bejana tekanl ini akan mendapatkan bermacam-macam beban antara lain beban tekanan dalam maupun tekanan luar yang mempengaruhinya. Sehingga dalam proses penampungannya, bejana tekanl ini memerlukan cara yang tepat agar bisa mengatasi hal tersebut. Bejana tekan yang tidak sesuai standar akan mempengaruhi keamanannya, hal yang paling berpengaruh dari bejana tekan penampung fluida ini adalah rancangan dari bejana tekan itu sendiri dan juga jenis material yang digunakan dalam pembuatan bejana tekan.

Pada pengambilan data-data di lapangan, bejana penampung fluida ini menggunakan rancangan dengan bentuk silinder dan tutup ellip dengan tipe V-14-005 dan jenis fluida yang ditampung adalah fluida gas. Material yang digunakan dalam pembuatan bejana tekan ini yaitu SA 516 grade 60 yaitu baja karbon dengan kekuatan tarik ( $\sigma_u$ ) =  $4.25e+008$  N/m<sup>2</sup> dan kekuatan luluh ( $\sigma_y$ ) =  $2.8269e+008$  N/m<sup>2</sup> Tujuan dalam tugas akhir ini untuk mendapatkan distribusi tegangan, regangan, perpindahan, dan faktor keamanan (FOS) dengan menggunakan program solidwork dan cosmoswork.

Dari hasil analisis menggunakan CosmosWork nilai tegangan yang terjadi pada bejana tekan ialah sebesar  $3.71034 \times 10^7$  N/m<sup>2</sup>. Hal ini menunjukkan bahwa tegangan maksimum yang terjadi masih dibawah tegangan yield sebesar  $2.8269 \times 10^8$  N/m<sup>2</sup> sehingga nilai *Factor of Safety* (FOS) dari bejana tekan ini ialah 7,61, sedangkan perhitungan dengan analitis didapat *Factor of Safety* (FOS) sebesar 6,6 maka persentase kesalahan menggunakan rumus sebesar 15,15%.

Kata kunci: Tegangan, Perpindahan, Regangan, Faktor Keamanan, dan CosmosWork.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur Penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya juga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Sholawat dan salam selalu tercurah kepada Nabi Besar Muhammad SAW.

Pada kesempatan ini Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada **Bapak Ir. Zainal Abidin, MT** selaku dosen pembimbing, yang telah memberikan sebagian waktunya untuk bimbingan dan memberikan arahan sehingga skripsi ini dapat selesai pada waktu yang direncanakan.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis juga mendapat bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis juga mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Helmy Alian, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Ir. M. Zahri Kadir, MT selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Jimmy D Nasution, ST, MT selaku Dosen Pembimbing Akademik.
4. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
5. Buya guru saya yang telah memberikan berkat guru yang tiada hentinya dari dulu sampai sekarang tanpa itu semua saya tak akan bisa berhasil.
6. Ayah dan Emak yang telah memberikan restu dan dukungan baik moril maupun materil.

7. Firda Ningsih kakak ku dan suaminya terima kasih atas semua bantuannya baik moril dan materil.
8. Adik-adikku tercinta (Yanto dan Linda). Tanpa kalian semua uda tak akan bersemangat dalam menempuh kuliah dirantau seperti sekarang ini.
9. M. Farel Rizda keponakan pertama saya yang menjadi suntikan semangat baru dalam hidupku.
10. Kakek dan nenek dipadang, ibu uo dan ayah uo, teta,teti,unie,om boy,ayang mega,etek,mbak,one dan om budi.
11. Sahabat-sahabatku: Hadi, Fauzie, Toni, Dadang, Aang, Airin, Ade k. AZ, Ruli, Angga, Fadli sipil, Hendra, dan teman-teman angkatan 2004 yang telah banyak memberikan saran dan bantuan yang tidak ternilai kepada saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari dalam penyelesaian skripsi ini terdapat banyak kekurangannya. Untuk itu kritik dan saran yang membangun sangatlah Penulis harapkan.


Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, kemajuan dan kesejahteraan masyarakat. Amin..

Inderalaya, agustus 2008

penulis



## DAFTAR ISI

Halaman Judul		i
Halaman Pengesahan		ii
Halaman Persembahan		iii
Abstrak		iv
Kata Pengantar		vi
Daftar Isi		viii
Daftar Gambar		x
Daftar Tabel		xi
Daftar Lampiran		I-1
BAB I. PENDAHULUAN		I-1
I.1. Latar Belakang		I-3
I.2. Tujuan Penulisan		I-3
I.3. Pembatasan Masalah		I-4
I.4. Metodologi Penulisan		I-5
I.5. Sistematika Penulisan		II-1
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA		II-1
II.1. Metode Elemen Hingga		II-1
1. Pengertian Metode Elemen Hingga		II-5
2. Notasi Matrik Metode Elemen hingga		II-7
3. Langkah-langkah Umum Analisa Metode Elemen Hingga		II-9
4. Metode Elemen Hingga Untuk Elemen Cangkang		II-13
5. Kriteria Kegagalan		II-19
II.2. Bejana ( <i>Vessel</i> )		II-20
1. Bagian-Bagian Bejana Tekan		II-22
2. Metode Perancangan Bejana Tekan		II-26
3. Perancangan Bejana Tekan		II-35
II.3. Tegangan Pada Bejana Tekan		II-36
II.4. Program Komputer Untuk Metode Elemen Hingga		III-1
BAB III. PENGENALAN PROGRAM		III-1
III.1. Pengenalan Program <i>SolidWork</i> dan <i>CosmosWork</i>		III-1

1. Dasar-Dasar Pemodelan	III-3
2. Dasar-Dasar Pengeditan Gambar	III-4
III.2. Analisa Menggunakan <i>CosmosWork</i> 2004	III-7
1. Analisa Statik Dengan <i>CosmosWork</i> 2004	III-7
 BAB IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN	IV-1
IV.1. Perancangan Geometri Bejana	IV-1
1. Bejana (Shell)	IV-1
2. Tutup Bejana (Head)	IV-4
3. Nozzle	IV-7
IV.2. Analisa Tegangan Pada Bejana	IV-11
1. Analisa Distribusi Tegangan Dengan Menggunakan <i>CosmosWork</i>	IV-11
2. Perhitungan Secara Analitis	IV-25
 BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	V-1
V.1. Kesimpulan	V-1
V.2. Saran	V-2
 DAFTAR PUSTAKA	
 LAMPIRAN	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Pendefinisian titik simpul dan elemen	II-3
Gambar 2. Tipe-tipe elemen pada Metode Elemen Hingga	II-9
Gambar 3. Elemen isoparametrik Quad4	II-10
Gambar 4. Derajat kebebasan titik simpul elemen Quad4	II-10
Gambar 5. Grafik hubungan kriteria <i>von Mises</i> dan kriteria tegangan geser maksimum	II-16
Gambar 6. Grafik kriteria tegangan <i>Mohr-Coulomb</i>	II-18
Gambar 7. Bagian-bagian utama bejana tekan	II-20
Gambar 8. Metode tegangan membran pada bejana	II-23
Gambar 9. a. Potongan membran pada bejana	II-24
Gambar 9. b. Membran dilihat dari atas	II-24
Gambar 9. c. Membran bejana dilihat dari samping	II-24
Gambar 10. Metode tegangan lengkung	II-26
Gambar 11. Diagram alir menghitung tebal badan bejana	II-31
Gambar 12. Diagram alir menghitung tebal tutup	II-34
Gambar 13. Bejana tekan silinder	II-35
Gambar 14. Diagram alir program CosmosWork	III-2
Gambar 15. Sketsa badan bejana tekan	IV-2
Gambar 16. Sketsa tutup bejana tekan	IV-5
Gambar 17. Sketsa nosel A dan B	IV-8
Gambar 18. Sketsa nosel C1, D1, dan D2	IV-9

Gambar 19. Sketsa nosel F	IV-11
Gambar 20. Model pembuatan bejana tekan	IV-12
Gambar 21. Pemilihan jenis material	IV-13
Gambar 22. Pemodelan tumpuan dan tekanan	IV-13
Gambar 23. Pemodelan mesh	IV-14
Gambar 24. Proses analisa	IV-14
Gambar 25. Distribusi tegangan	IV-15
Gambar 26. Distribusi Perpindahan	IV-16
Gambar 27. Distribusi regangan	IV-16
Gambar 28. Distribusi deformasi	IV-17
Gambar 29. Distribusi faktor keamanan	IV-17
Gambar 30. Kondisi tumpuan dan tekanan pada bejana	IV-18
Gambar 31. Distribusi tegangan <i>von Mises</i> bejana	IV-20
Gambar 32. Perpindahan yang terjadi pada bejana	IV-20
Gambar 33. Distribusi tegangan pada bejana	IV-22
Gambar 34. Deformasi yang terjadi pada bejana	IV-23
Gambar 35. Distribusi faktor keamanan pada bejana	IV-25

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Jenis-jenis badan bejana (shell) pada bejana tekan	II-21
Tabel 2. Jenis_jenis tutup bejana (head)	II-21
Tabel 3. Spesifikasi material model bejana tekan	IV-19
Tabel 4. Tegangan maksimum dan minimum pada bejana tekan	IV-20
Tabel 5. Perpindahan yang terjadi pada bejana tekan	IV-21
Tabel 6. Regangan maksimum dan minimum pada bejana tekan	IV-23

## **DAFTAR LAMPIRAN**

### **Lampiran I**

Diagram Geometrik Faktor A dan B

### **Lampiran II**

Stress Analysis of Bejana Tekan Tipe V-14-005

### **Lampiran III**

Photo Bejana Tekan Tipe V-14-005

### **Lampiran IV**

Gambar Teknik

# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1. Latar Belakang

Bejana atau vessel berfungsi sebagai alat penyimpanan bahan atau material yang berbentuk fluida, gas atau zat padat serta zat-zat yang sedang bereaksi atau mengalami proses seperti reaktor dan reformer. Jika tekanan di dalam bejana melebihi tekanan atmosfer di luar bejana, maka bejana dinamakan bejana tekan atau *pressure vessel*. Bejana tekan adalah bagian yang hanya mewadahi material, yaitu badan bejana yang terdiri dari bagian silinder dan tutup pada kedua ujungnya serta beberapa bukaan yang dapat ditutup yang terdapat padanya.

Bejana ini dapat mengalami kerusakan yang dapat disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu:

1. Kesalahan dalam pemilihan material ataupun material yang mengalami cacat walaupun material yang dipilih sudah tepat.
2. Kesalahan dalam perancangan dan perhitungan yang berdasarkan anggapan-anggapan.
3. Kesalahan dalam pembuatan dan fabrikasi.
4. Kesalahan dalam hal perawatan.

Salah satu dari penyebab kerusakan tersebut yaitu kesalahan dalam perancangan sehingga dalam melaksanakan perancangan dan fabrikasi ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dan dipertimbangkan, yaitu:

1. Penentuan tekanan dan temperatur rancangan.
2. Spesifikasi material yang digunakan.
3. Macam beban yang dapat membebani bejana tersebut.
4. Berat bejana dan isinya.
5. Harga tegangan izin maksimum dari material yang digunakan.

Perancangan bejana dapat dilakukan dengan bantuan program-program komputer ataupun secara manual. Apabila menggunakan cara manual yaitu secara analitis, maka dalam prakteknya, bila rancangan bejana yang dianalisis merupakan rancangan yang rumit dan kompleks diperlukan penurunan rumus matematis yang rumit dan memerlukan waktu yang lebih lama, dan apabila menggunakan bantuan program-program komputer relatif lebih mudah.

Untuk itu dalam menyelesaikan masalah tersebut dapat menggunakan program komputer *SolidWork* dan *CosmosWork* yang berbasis metode elemen hingga. Metode elemen hingga adalah metode numerik yang membagi struktur menjadi elemen berhingga dan dapat dihitung dengan ukuran serta bentuk geometris yang homogen dan sederhana. Masing-masing elemen tersebut mempunyai beberapa titik simpul yang saling berhubungan dan kontinyu yang membentuk suatu jaring-jaring atau *mesh*. Beberapa masalah keteknikan yang dapat diselesaikan dengan menggunakan metode elemen hingga adalah analisa tegangan, analisa getaran, perpindahan, mekanika retakan.



Struktur yang dikenai beban atau pengaruh-pengaruh lainnya akan menyebabkan terjadinya deformasi pada struktur tersebut, juga disertai dengan terjadinya tegangan dalam dan reaksi-reaksi pada titik-titik simpul. Tujuan utama analisis dengan metode elemen hingga adalah untuk memperoleh nilai pendekatan bukan eksak tegangan dan perpindahan yang terjadi pada struktur.

## **I.2. Tujuan Penulisan**

Adapun tujuan dari penulisan ini, yaitu:

1. Merancang geometri dan dimensi yang aman sesuai dengan ASME section VIII divisi 1 dan 2 tentang bejana tekan.
2. Mengetahui distribusi tegangan dan regangan yang terjadi pada bejana tekan dengan program *SolidWork* dan *CosmoWork*
3. Mempelajari dan menggunakan salah satu perangkat lunak analisa struktur yaitu *SolidWork* dan *CosmosWork*

## **I.3. Pembatasan Masalah**

Dalam hal ini Penulis memberikan batasan-batasan dalam menganalisa bejana tekan ( pressure vassel ) ini, yang dikarenakan bentuk struktur dari bejana tekan ini pada umumnya sangat kompleks dan rumit, maka Penulis menyederhanakan struktur bejana tekan yang akan dibahas, yaitu:

1. Tipe bejana tekan yang dikaji ulang konstruksinya adalah V – 14 – 005 di unit HVU Pertamina UPIII Plaju.
2. Analisa yang dilakukan dalam kaji ulang konstruksi bejana tekan adalah analisa statik
3. Beban yang digunakan yaitu beban tekanan kerja dari bejana tekan itu sendiri ditambah dengan beban yang diakibatkan oleh berat fluida (gas).
4. Ketebalan dinding serta bahan yang digunakan sama.

#### **I.4. Metodologi Penulisan**

Metode yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Studi lapangan

Studi lapangan langsung di lapangan dengan mengambil data-data yang diperlukan di Unit HVU Pertamina Persero UPIII Plaju.

2. Metode literatur

Mempelajari literatur-literatur yang berhubungan dengan teori metode elemen hingga.

3. Metode Konsultasi

Metode ini dilakukan dengan cara berkonsultasi pada dosen dan pembimbing Tugas Sarjana mengenai hal-hal yang berkaitan dengan penyusunan skripsi ini sehingga mendapatkan bahan masukan serta ide-ide yang cemerlang demi kesempurnaan skripsi ini.

4. Studi perangkat lunak ( *Software* )

yaitu mempelajari dan menggunakan perangkat lunak *SolidWork* dan *CosmosWork*

## **I.5. Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan dibagi dalam beberapa bab, yaitu:

### **BAB I. PENDAHULUAN**

Pada bab ini menjelaskan tentang latar belakang, tujuan penulisan, pembatasan masalah, metodologi penulisan, dan sistematika penulisan.

### **BAB II. TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini membahas tentang teori-teori tentang metode elemen hingga dan bejana tekan.

### **BAB III. PENGENALAN PROGRAM**

Pada bab ini akan menjelaskan tentang program komputer yang digunakan yaitu *SolidWork* dan *CosmosWork*.

### **BAB IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini akan membahas tentang perhitungan komponen-komponen utama rancangan geometri dari data sheet tentang bejana tekan terutama tebal tutup, badan dan tumpuan bejana sebagai bagian utama dalam merancang sebuah bejana tekan. Analisa distribusi tegangan beban statik dengan menggunakan program *SolidWork* dan *CosmosWork* dan menganalisa hasil-hasil dari perhitungan yang telah diperoleh.

## BAB V. KESIMPULAN

Pada bab ini akan memuat kesimpulan dan saran yang akan dijelaskan secara singkat hasil-hasil yang telah diperoleh dari analisa ini.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Maan H. Jawad & James R. Farr. *Structural Analysis and Design Of Process Equipment*, 2<sup>ed</sup> Edition, A. Wiley-Interscience Publication, New York: 1989.
2. F. Megyesy, Eugene. *pressure vessel Handbook 6<sup>th</sup>*, Publishing Inc, USA: 1983
3. Gere & Timoshenko. *Mekanika Bahan*, Edisi ke empat, jilid 2, Erlangga. Jakarta:2000.
4. CosmosWorks Teacher Guide, *Basic Functionality Of CosmosWork*, Reproducible Slide From Web.
5. D.N, Jimmy, *Desain Mekanik Dengan SolidWorks*, Buku Ajar Jurusan Teknik Mesin UNSRI, Indralaya, 2004.
6. Harsokoesoemo Darmawan. *Bejana Tekan berdasarkan ASME Boiler and Pressure Vessel code section VIII division I*, ITB. Bandung.
7. J. N Reddy. *An Introduction to the Finite Elemen Method*, 2<sup>nd</sup> Edition, Mc. Graw Hill Book Co. Singapore: 1993
8. Timoshenko S, Woinowsky-Kreger S, Hindarko S. *Teori Pelat dan Cangkang*, Edisi Kedua, Erlangga. Jakarta: 1992.
9. Shigley Joseph E, Mitchell Larry D, Harahap Gandhi. *Perencanaan Teknik Mesin*, Edisi ke empat, Jilid 1, Erlangga. Jakarta: 1984