

# **TUGAS AKHIR**

## **ANALISA TEGANGAN SISTEM PIPA GAS DARI VESSEL SUCTION SCRUBBER KE BOOSTER COMPRESSOR DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM CAESAR II**

**Diajukan guna melengkapi sebagian syarat  
dalam mencapai gelar Sarjana Strata Satu (S1)**



**Disusun oleh:**

Nama : Ade Mulyadi

NIM : 41307120020

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MERCUBUANA**

**JAKARTA**

**2012**

## LEMBAR PERSETUJUAN

NIM : 41307120020

Nama : Ade MuIyadi

Judul : Analisa Tegangan Sistem Pipa Gas dari *Vessel Suction Scrubber*  
*ke Booster Compressor* dengan menggunakan program Caesar II.

Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan kurikulum sarjana (S1)  
pada Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana.

Tugas akhir ini telah diperiksa dan disetujui,

Jakarta, 10 November 2012



Dr. Ir. Abdul Hamid M. Eng.

Pembimbing



Dr. Ir. Abdul Hamid M.Eng.

Koord. Tugas Akhir Teknik Mesin



Dr. Ir. Abdul Hamid M.Eng.

Kaprodi Teknik Mesin

## **LEMBAR PERNYATAAN**

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Ade Mulyadi

N.I.M : 41307120020

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Judul Skripsi : Analisa Tegangan Sistem Pipa Gas dari *Vessel Suction*

*Scrubber ke Booster Compressor* dengan menggunakan  
program Caesar II.

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan skripsi yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari penulisan skripsi ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan dan bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan tata tertib di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.

Penulis,

( Ade Mulyadi )

## ABSTRAK

Dalam analisa Tugas Akhir ini penulis mendesain suatu sistem jalur perpipaan dari *vessel suction scrubber ke booster compressor* dengan menggunakan program 3D PDMS. Analisis jalur perpipaan dengan perhitungan manual digabungkan dengan menggunakan perhitungan program CAESAR II. Desain dan perhitungan analisis dilakukan dengan mengacu pada kode ASME B31.3. Dari studi diatas dapat ditarik beberapa butir-butir kesimpulan sebagai berikut :

1. 3D PDMS (*3 Dimensi Plant Design Management System*)

Konsep desain yang tepat dan benar pada tahap awal menjadi sangat penting demi mencapai nilai ekonomis suatu sistem instalasi jalur perpipaan yang telah didesain pada jalur perpipaan dari *vessel suction scrubber ke booster compressor* yang berfungsi sebagai transportasi gas (Gambar 1.14 ~1.16).

2. Analisa Perhitungan Manual

- Batas tegangan luluh material (*maximum yield strength*) = 241 Mpa
- Batas tegangan patah (*maximum tensile strength*) = 413.7 Mpa
- Tegangan maksimum yang diizinkan (*allowable displacement stress range*) ( $S_A$ ) = 206,9 N/mm<sup>2</sup> (MPa).
- Maksimum tegangan utama circumferensial (CPS) = 75.1 Mpa

3. Analisa Perhitungan Caesar II

- Perhitungan tegangan maksimum untuk beban *sustained* = 59.36 Mpa
- Perhitungan *allowable stress* 137.89 Mpa dengan rasio tegangan 43% yang terjadi pada node 280.
- Pada kondisi T1 (*thermal*) stress maksimum terjadi di node 10 dengan nilai 6.31 Mpa dengan rasio 2.1%.
- T2 (*thermal*) tegangan maksimum terjadi pada node 10 dengan nilai 35.83 Mpa dengan rasio 12.1%.
- *Maximum torsions stress* = 3.98 N/mm<sup>2</sup> (MPa)
- *Maximum bending stress* = 34.93 N/mm<sup>2</sup> (MPa)
- *Axial stress* = 1.55 N/mm<sup>2</sup> (MPa)

4. Hasil analisis dinyatakan bahwa jalur perpipaan dari *vessel suction scrubber ke booster compressor* tidak terjadi tegangan berlebih (*overstress*) nilai tegangan maksimum masih berada dibawah nilai *allowable stress* sehingga mendapatkan jalur perpipaan yang fleksibel sesuai batas aman yang disepakati secara internasional dan juga aman bagi fasilitas migas dan lingkungan sekitarnya..

---

Kata kunci Perancangan, Jalur Perpipaan, fleksibel

- 
- 1) Judul Tugas Akhir Studi Analisa Tegangan Sistem Pipa Gas dari *Vessel Suction Scrubber ke Booster Compressor* dengan menggunakan program Caesar II.
  - 2) Mahasiswa Fakultas Teknik dan Universitas Mercu Buana, Jurusan Teknik Mesin.

## KATA PENGANTAR

Assalaamualaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah, puji syukur kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini dengan judul “Analisa Tegangan Sistem Pipa Gas dari *Vessel Suction Scrubber ke Booster Compressor* dengan menggunakan program Caesar II”. Shalawat dan salam semoga tetap tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Tugas akhir ini disusun sebagai prasyarat memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (S1) teknik pada program studi Teknik Mesin, Universitas Mercu Buana. Selain itu dengan adanya penyusunan tugas akhir ini, kami berharap dapat memberikan tambahan pengetahuan kepada pembaca, khususnya tentang Perancangan jalur perpipaan atau analisis fleksibilitas sistem perpipaan.

Penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas bantuan, dorongan semangat dan bimbingan yang telah diberikan, sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan. Ucapan terima kasih ini ditujukan kepada :

1. Bapak Dr. Arisetyanto Nugroho, Rektor Universitas Mercu Buana, Jakarta.
2. Bapak Toriq Husein, MT, Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Mercu Buana, Jakarta.
3. Bapak Dr. Ir. Abdul Hamid M. Eng. selaku dosen Pembimbing, Koordinator, dan Kaprodi dari Program Study Teknik Mesin Universitas Mercubuana, Jakarta.

4. Bapak Ir. Yenon Orsa, MT, selaku Direktur Program Kuliah Kelas Karyawan Universitas Mercu Buana Jakarta.
5. Segenap dosen pengajar Teknik Mesin UMB dan Civitas Akademika, atas ilmu yang telah diberikan.
6. Keluarga di rumah : Istri tercinta, Fatih dan Hana, Bapak, Ibu, Adik, dan segenap keluarga besar penulis, atas segala do'a dan motivasi yang tiada terkira sehingga memperlancar proses penyusunan tugas akhir ini.
7. Teman-teman Senior Piping Stress Engineer di PT Synergy Engineering
8. Teman-teman Teknik Mesin Angkatan XII Universitas Mercubuana Jakarta dan yang tidak bisa disebutkan satu per satu yang telah menjadi bagian dari sebuah takdir perjalanan hidup penulis.
9. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, karena itu kritik dan saran akan sangat bermanfaat bagi penulis. Penulis berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan para pembaca pada umumnya, Amiin.

Jakarta, 10 November 2012

Penulis

Ade Mulyadi

## DAFTAR ISI

<b>Halaman Judul.....</b>	i
<b>Halaman Persetujuan .....</b>	ii
<b>Halaman Pernyataan .....</b>	iii
<b>Abstrak .....</b>	iv
<b>Kata Pengantar .....</b>	v
<b>Daftar Isi .....</b>	vii
<b>Daftar Gambar .....</b>	x
<b>Daftar Tabel .....</b>	xi
<b>Daftar Notasi .....</b>	xii
<b>Daftar Lampiran .....</b>	xiv
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah .....	4
1.4 Tujuan Penelitian .....	4
1.5 Sistematika Penulisan .....	5
<b>BAB II. LANDASAN TEORI</b>	
2.1 Pengertian Sistem Perpipaan .....	6
2.2 Kriteria Desain Sistem Perpipaan dengan <i>Software Caesar II</i> .....	7
2.3 Tebal Dinding Pipa .....	8
2.4 Data Pendukung .....	9
2.5 Kode dan Standar ( <i>Code and Standard</i> ) .....	10
2.6 Kode ASME B31 ( <i>ASME B31 Code</i> ) .....	11

2.7 Analisa Tegangan .....	12
2.8 Gaya dan Tegangan .....	13
2.9 Beban Pipa ( <i>Pipe Loading</i> ) .....	14
2.9.1 Beban Sustain ( <i>Sustained Load</i> ) .....	14
2.9.2 Beban Termal ( <i>Thermal Load</i> ) .....	16
2.10 Tebal Dinding Pipa ( <i>Schedule Number</i> ) .....	17
2.11 Teori Tegangan Pipa ( <i>Piping Stress Theory</i> ) .....	17
2.11.1 Tegangan Utama ( <i>Primary Stress</i> ) .....	18
2.11.2 Tegangan Sekunder ( <i>Secondary Stress</i> ) .....	23
2.12 Tegangan Yang Diizinkan ( <i>Allowable Stress</i> ) .....	24
2.13 Kode Tegangan yang di Izinkan ( <i>Code Allowable Stress</i> ) .....	24
2.14 <i>Allowable Stress Stress Range</i> .....	26
2.15 Faktor keamanan ( <i>Safety Factor</i> ) .....	29
2.16 Gambar Sistem Perpipaan ( <i>Piping General Arrangement Drawing</i> ) .....	30
2.17 Penyangga Pipa ( <i>Pipe Support</i> ) .....	31
2.18 Perangkat Bantu CAESAR II dalam Analisa Tegangan Pipa .....	33
2.19 Aplikasi CAESAR II .....	34
2.20 <i>Input</i> CAESAR II .....	35
2.21 Analisa Statis ( <i>Batch Run Caesar II</i> ) .....	36
2.22 <i>Output</i> CAESAR II .....	37

### **BAB III. METODOLOGI PENELITIAN**

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian .....	38
3.2 Object Penelitian .....	38
3.3 Metodologi Pengumpulan data .....	38
3.4 Perancangan Desain .....	39

3.5 Diagram Alir ( <i>Flow Chart</i> ) .....	40
3.6 Metode Analisis dengan Program Caesar II .....	41
<b>BAB IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Data dan Sistem Pemodelan .....	43
4.2 Perhitungan Ketebalan Dinding Pipa ( <i>Wall Thickness</i> ) .....	45
4.3 Kunjungan ke Anjungan Lepas Pantai ( <i>Site Survey</i> ) .....	47
4.4 Perancangan Desain 3D PDMS .....	48
4.5 Membuat <i>Stress Critical line List</i> .....	50
4.6 Membuat <i>Stress Sketch</i> .....	52
4.7 Evaluasi Perhitungan Secara Manual .....	53
4.8 Evaluasi Perhitungan dengan Program Caesar II .....	56
4.9 Pembahasan .....	59
<b>BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan .....	60
5.1 Saran - saran .....	62
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	63
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

No	Judul	Halaman
Gambar 1.0	Lokasi anjungan lepas pantai Maleo, Madura	1
Gambar 1.1	Gaya aksial karena tegangan thermal	14
Gambar 1.2	Gaya dalam aksial pipa	19
Gambar 1.3	Gaya tekanan dalam pipa	20
Gambar 1.4	Gaya momen lendutan pada pipa	21
Gambar 1.5	Gaya keseluruhan longitudinal pada pipa	21
Gambar 1.6	Gaya Tegangan Hoop	23
Gambar 1.7	Diagram T vs YS Yield Strength	26
Gambar 1.8	Diagram T vs YS Tensile Strength	26
Gambar 1.9	Simbol penyangga pipa ( <i>pipe support symbol</i> )	33
Gambar 1.10	Tombol untuk memulai analisa statis	36
Gambar 1.11	Diagram alir perancangan sistem perpipaan	40
Gambar 1.12	Diagram alir analisis sistem perpipaan dengan program Caesar II	42
Gambar 1.13	<i>Existing photo site visit</i> Maleo Platform	48
Gambar 1.14	Desain <i>layout existing</i> ( <i>site visit, laser scan</i> )	48
Gambar 1.15, 1.16	Desain layout modifikasi penambahan <i>Equipment</i> dan jalur pipa 20 inchi (508) dari <i>vessel suction scrubber</i> ke <i>booster compressor.</i>	49
Gambar 1.17	Pemodelan pipa dan titik node	58

## **DAFTAR TABEL**

No	Judul	Halaman
Tabel 1	Koefisien Y untuk $t < D/6$	9
Tabel 2	Tabel Siklus Faktor f	29
Tabel 3	Referensi data	43
Tabel 4	Nilai tegangan yang diijinkan Sumber : ASME B31.3 hal 142	46
Tabel 5	Nilai koefisien bahan (Y) Sumber : ASME B31.3 hal 18	47
Tabel 6	<i>Stress Critical Line List</i>	51
Tabel 7	Hasil akhir analisa tegangan Program Caesar II	57
Tabel 8	Perbandingan hasil akhir analisa tegangan dengan Perhitungan manual dan perhitungan program Caesar II.	61

## DAFTAR NOTASI

<b>LAMBANG</b>	<b>KETERANGAN</b>	<b>UNIT</b>
C	= faktor korosi	mm
CPS	= Tegangan utama circumferensial	N/mm <sup>2</sup> (MPa)
D	= Diameter luar pipa	mm
E	= Modulus elastisitas material pipa	N/mm <sup>2</sup>
E	= Faktor kualitas / efisiensi sambungan	
f	= Factor pemuaian/penyusutan pipa	
F	= Gaya / Force	N
I	= Momen inersia penampang pipa	mm <sup>4</sup>
L	= Panjang	mm
LPS	= Tegangan utama longitudinal	N/mm <sup>2</sup> (MPa)
MS	= Tegangan geser	N/mm <sup>2</sup> (MPa)
RPS	= Tegangan utama radial	N/mm <sup>2</sup> (MPa)
P	= Tekanan / Pressure	N/mm <sup>2</sup> (Pa)
S <sub>A</sub>	= Tegangan yang diijinkan	N/mm <sup>2</sup> (Pa)
S <sub>c</sub>	= Tegangan diijinkan pada T <sub>min</sub>	N/mm <sup>2</sup> (Pa)
S <sub>h</sub>	= Tegangan diijinkan pada T <sub>max</sub>	N/mm <sup>2</sup> (Pa)
t <sub>m</sub>	= Tebal pipa	mm
T min	= Temperatur minimal	°C
T max	= Temperatur maksimal	°C
W	= Berat pipa + berat <i>fluida</i>	N/m
Y	= koefisien bahan	

Z	= Modulus section pipa	$\text{m}^3$
Pd	= Pressure Design	$\text{N/mm}^2$
Po	= Pressure Operasi	$\text{N/mm}^2$
Td	= Temp. Design	$^\circ\text{C}$
To	= Temp. Operasi	$^\circ\text{C}$
$\alpha$	= koefisien muai panjang	
$\sigma$	= Stress pada temperature desain	$\text{N/mm}^2$ (Pa)
$\gamma$	= Berat jenis	$\text{kg/cu.m}$
$\sigma_c$	= Tegangan diijinkan pada $T_{\min}$	$\text{N/mm}^2$
$\sigma_h$	= Tegangan diijinkan pada $T_{\max}$	$\text{N/mm}^2$
$\sigma_a$	= Tegangan yang diijinkan	$\text{N/mm}^2$ (Pa)
$\Delta L$	= Perubahan Panjang	mm
$\Delta T$	= Perubahan Suhu	$^\circ\text{C}$

## **DAFTAR LAMPIRAN**

<b>No</b>	<b>Judul</b>
Lampiran 1	General Plot Plan (Equipment Layout)
Lampiran 2	Piping Plan (Piping Layout)
Lampiran 3	Piping System Isometric
Lampiran 4	P&ID
Lampiran 5	PFD
Lampiran 6	Piping Materials Classification
Lampiran 7	Proses Line List
Lampiran 8	Critical Line List
Lampiran 9	Site Visit Report
Lampiran 10	Caesar Model dan Report