

**PENENTUAN TEGANGAN, DEFLEKSI, DAN KEBOCORAN FLANGE
MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK CAESAR II VER. 5.00
PADA JALUR PIPA OB-89840/89845/89844/89830-117-1**

(Studi Kasus Pelatihan *Pipe Stress Analysis* di PT AP-GREID Jakarta)

TUGAS AKHIR

**DIAJUKAN GUNA MEMENUHI PERSYARATAN UNTUK MEMPEROLEH
GELAR S-1 SARJANA TEKNIK**



Disusun Oleh :

**REDI HERYANTO
2009 013 0035**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
2013**

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**PENENTUAN TEGANGAN, DEFLEKSI, DAN KEBOCORAN *FLANGE*
MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK CAESAR II VER. 5.00 PADA
JALUR PIPA OB-89840/89845/ 89844/ 89830-117-1**

(Studi Kasus Pelatihan *Pipe Stress Analysis* di PT AP-GREID Jakarta)

Dipersiapkan dan Disusun Oleh :

**REDI HERYANTO
2009.013.0035**

Telah Dipertahankan di Depan Tim Penguji
Pada Tanggal 15 Maret 2013

Susunan Tim Penguji :
Ketua

**Bambang Riyanta, S.T.,M.T.
NIK. 123025**

Anggota

**Tito Hadji Agung S., S.T., M.T.
NIK. 123054**

**Teddy Nurcahyadi, S.T.
NIK. 123053**

Tugas Akhir Ini Telah Diterima
Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada
Tanggal 08 April 2013

**Ketua Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta**



**Ir. Aris Widyo Nugroho, M.T.
NIK. 123022**

PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir ini adalah hasil karya saya dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan sumbernya dalam naskah dan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 15 Maret 2013

Redi Heryanto

MOTTO

*"Allah pasti akan mengangkat orang-orang yang beriman
dan berpengetahuan diantaramu beberapa tingkat lebih tinggi. "*

(Q.S. 58: 11)

"Musuh terkuat dalam meraih impian adalah DIRI SENDIRI"

*Ketika diri sudah kehilangan pegangan,
ketika diri sudah kehilangan motivasi,
ketika diri sudah kehilangan kepercayaan & ketika diri sudah kehilangan
keyakinan,
maka sepakat atau tidaksepakat. kemauan pun akan luntur, semangat
juang pun akan tergeser.*

*Jika seseorang percaya sesuatu itu tidak mungkin,
pikirannya akan bekerja baginya untuk membuktikan
mengapa hal itu tidak mungkin. Tetapi..... Jika
seseorang percaya, benar-benar percaya, sesuatu dapat
dilakukan maka pikirannya akan bekerja baginya dan
membantunya mencari jalan untuk melaksanakannya.*

(David J. Schwartz)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Kupersembahkan skripsi ini khusus untuk :

*Kedua orang tuaku tercinta
(Bapak Haryono dan Ibu Rusyati)
sebagai wujud jawaban atas kepercayaannya
yang telah diamanatkan kepadaku,
serta atas kesabaran dan dukungannya.*

*Terima kasih untuk segala
curahan kasih sayang yang tulus
dan ikhlas serta segala
pengorbanan dan do'a yang tiada
henti kepada ananda.*

*Adik-adikku tercinta Eri, Nofi, dan Adi atas dukungan, do'a dan
sayangnya selama ini*

*Semua keluarga, saudara-saudara dan sahabat
yang selalu membantu dalam segala hal.*

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, atas berkat rahmat dan karunia yang dilimpahkan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul “ Penentuan Tegangan, Defleksi, dan Kebocoran Flange Menggunakan Perangkat Lunak Caesar II Ver. 5.00 Pada Jalur Pipa OB-89840/89845/89844/89830-117-1 (Studi Kasus Pelatihan *Pipe Stress Analysis* di PT Ap-Greid, Jakarta).

Laporan Tugas Akhir ini sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan studi Jurusan Teknik Mesin di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, penulis menghaturkan ucapan terima-kasih kepada:

1. Bapak Ir. Aris Widyo Nugroho, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Bapak Tito Hadji Agung Santosa, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I.
3. Bapak Teddy Nurcahyadi, S.T. selaku Dosen Pembimbing II.
4. Bapak Bambang Riyanta, S.T., M.T. selaku Dosen Pengaji Tugas Akhir.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penyusunan laporan ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu dengan segala kerendahan hati penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang bersifat membangun.

Penulis berharap Laporan Tugas Akhir ini dapat berguna dan bermanfaat khususnya bagi kita civitas akademika dan umumnya bagi pembaca semua, Amin. Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 15 Maret 2013

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMBANG, NOTASI, DAN SINGKATAN	xiv
INTISARI.....	xv

BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
BAB II DASAR TEORI.....	4
2.1. Teori Tegangan – Regangan Umum	4
2.2. Macam-macam Tegangan yang Terjadi Pada Suatu Material.....	6
2.3. Analisis Tegangan Pipa.....	10
2.4. Kode Standar Desain Pipa.....	10
2.5. Analisis Tegangan Pipa Dalam Tahap Perancangan.....	11
2.6. Teori Dasar Tegangan Pipa.....	12
2.7. Faktor-Faktor Yang Menyebabkan Tegangan Dalam Pipa.....	13
2.8. Elemen Tegangan dan Lingkaran <i>Mohr</i>	16
2.9. Teori Kegagalan.....	19

2.10. Kelelahan Metal (<i>Fatigue</i>)	20
2.11. Tegangan Kode	24
2.12. Beban <i>Occasional</i>	26
2.13. Persamaan Tegangan Kode ASME/ANSI B31.3	31
2.14. Pembatasan Tegangan Perpipaan Menurut <i>Caesar II</i>	32
2.15. Tegangan Dan Defleksi Karena Beban Bobot Mati.....	33
2.16. Metode analisis <i>check</i> kebocoran <i>flange</i>	37
 BAB III SISTEM PERPIPAAN.....	42
3.1. Pipa.....	42
3.2. <i>Fitting</i>	49
3.3. <i>Fitting</i> dengan Sambungan Ujung <i>Butt-Welding</i>	50
3.4. Penentuan <i>Rating/Kelas Fitting</i> Jenis <i>Flange</i>	56
3.5. <i>Gasket</i>	58
3.6. Katup (<i>Valve</i>)	61
3.7. Penyangga Pipa (<i>Pipe Support</i>).....	67
 BAB IV PERANGKAT LUNAK (<i>SOFTWARE</i>) CAESAR II VERSI 5.00	71
4.1 Pendahuluan.....	71
4.2. Menu Utama Pada Caesar II versi 5.00.....	72
4.3. Aplikasi Khusus	75
4.4. <i>Static Analysis</i>	79
 BAB V METODOLOGI	83
5.1.Diagram Alir Pemodelan dan Pemeriksaan Tegangan	83
5.2. Diagram Alir Pemeriksaan Kebocoran <i>Flange</i>	84
5.3. Data-data Pemodelan Disain	86
5.5. <i>Load Case</i>	93
 BAB VI PEMBAHASAN DAN HASIL	94
6.1. Persiapan Permodelan	94

6.2. Nilai Kekakuan.....	100
6.3. Pemodelan dengan Caesar II.....	102
6.4. Visualisasi pemodelan desain	103
6.5. Analisis Tegangan Pipa (<i>Stress Summary</i>)	103
6.6. Analisis Defleksi Pipa.....	105
6.7. Analisis kebocoran <i>flange</i>	106
BAB VII PENUTUP	110
7.1. Kesimpulan	110
7.2. Saran	110
DAFTAR PUSTAKA	111

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Faktor Reduksi Tegangan Berulang	22
Tabel 2.2. MSS-SP-69 maksimum <i>pipe span</i>	36
Tabel 2.3. Koefisien beta pada <i>static loads</i>	39
Tabel 2.4. Koefisien beta pada <i>static loads and dinamic loads</i>	40
Table 3.1. Material Perpipaan dan Aplikasinya	45
Tabel 3.2. Material Perpipaan yang Umum Digunakan	46
Tabel 3.3. <i>Schedule Pipa</i>	48
Tabel 3.4. Hubungan sambungan <i>socket-welded</i> dan <i>threaded</i>	50
Tabel. 3.5 ASME B16.5 (Tabel 1A)	57
Tabel. 3.6 ASME B16.5 (2-1.1)	58
Tabel 3.7. Pemilihan Material <i>Gasket</i>	59
Tabel 3.8. Pemilihan <i>Gasket</i>	60
Tabel 3.9. Aplikasi <i>Gasket</i>	61
Tabel 3.10 ASME B16.34 (tabel 1 grup 2)	66
Tabel 3.11 ASME B16.34 (tabel 2-2.4)	66
Tabel 6.1. Data Proses	94
Tabel 6.2. Satuan-satuan yang Tersedia Pada Program Caesar II	95
Tabel 6.3. Nomer Pemodelan	98
Tabel 6.4. <i>Analisis High Stresses Summary</i>	104
Tabel 6.5. Defleksi Maksimum Tiap <i>load case</i>	105
Tabel 6.7. Tabel <i>Force and Moment</i> Pada <i>Flange</i>	106
Tabel 6.8. <i>Ratio Tekanan Equivalen (peq)</i>	107

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Kurva Tegangan – Regangan untuk Baja Karbon.....	5
Gambar 2.2. Spesimen Uji Tarik	7
Gambar 2.3. Momen Lentur	7
Gambar 2.4. Gaya geser Tunggal.....	8
Gambar 2.5. Batang Silindris dengan Beban Puntiran.....	9
Gambar 2.6. Hubungan Antara Beberapa Disiplin Ilmu	12
Gambar 2.7. Prinsip Arah Tegangan pada Pipa	13
Gambar 2.8. Sambungan pada Pipa	15
Gambar 2.9. Elemen mesin yang diberi gaya tarik	17
Gambar 2.10. Elemen Tegangan – Regangan pada kondisi 3 Dimensi	17
Gambar 2.11. Elemen Tegangan - Regangan pada kondisi 2 Dimensi	18
Gambar 2.12. Lingkaran <i>Mohr</i>	18
Gambar 2.13. Kurva Maksimum <i>Range</i> dari Tegangan.....	21
Gambar 2.14. Distribusi Tegangan Akibat Diskontinuitas Geometri	23
Gambar 2.15. Kurva Penentuan Nilai Faktor Konsentrasi.....	23
Gambar 2.16. Penentuan Arah Beban Karena Bending <i>Out or In plane</i>	24
Gambar 2.17. Profil Beban Angin.....	27
Gambar 2.18. Profil Beban Gempa	28
Gambar 2.19. <i>Relief Valve</i>	30
Gambar 2.20. Profil Beban <i>Water</i> atau <i>Fluid Hammer</i>	31
Gambar 2.21. Tumpuan Terdistribusi Merata	33
Gambar 2.22. Tumpuan Sederhana	34
Gambar 2.23. Tumpuan Jepit	34
Gambar 2.24. <i>Local Axis</i>	38
Gambar 3.1. Jenis-jenis <i>Elbow</i>	52
Gambar 3.2. Jenis-jenis <i>Reducer</i>	52
Gambar 3.3. Jenis-jenis <i>Tee</i>	53
Gambar 3.4. <i>Flange</i> jenis WN (Welding Neck)	54
Gambar 3.5. <i>Flange</i> jenis SO (Slip-On)	54

Gambar 3.6. <i>Flange Lap Join</i>	55
Gambar 3.7. Jenis-jenis <i>Flange</i>	56
Gambar 3.8. Bagian-Bagian Katup	62
Gambar 3.9. Katup Pintu (<i>Gate Valve</i>)	63
Gambar 3.10. Katup Bola (<i>Globe Valve</i>)	63
Gambar 3.11. <i>Check Valve</i>	64
Gambar 3.12. <i>Ball Float Valve & Blow off Valve</i>	64
Gambar 3.13. <i>Safety Valve/ Relief Valve</i>	65
Gambar 3.14. Penyangga Pipa Struktur	67
Gambar 3.15. Penyangga Pipa Kaki Bebek (<i>Duck Foot</i>)	68
Gambar 3.16. Penyangga Pipa <i>Bracket</i>	68
Gambar 3.17. Pembaringan Pipa (<i>Pipe Sleeper</i>)	69
Gambar 3.18. <i>Pipe Hanger</i>	69
Gambar 3.19. Penyangga Pipa	70
Gambar 4.1. <i>New file</i>	73
Gambar 4.2. <i>Make new unit files</i>	73
Gambar 4.3. <i>Unit files maintenance</i>	74
Gambar 4.4. <i>Input</i> pemulai pemodelan desain	74
Gambar 4.5. <i>Spreadsheet overview</i>	75
Gambar 4.6. <i>Bend</i> jenis <i>elbow</i>	76
Gambar 4.7. <i>Bend</i> pada <i>Spreadsheet</i>	76
Gambar 4.8. <i>Valve</i> dan <i>flange</i> pada <i>Spreadsheet</i>	77
Gambar 4.9. <i>Reducer</i> pada <i>Spreadsheet</i>	77
Gambar 4.10. <i>SIF</i> atau <i>Tee</i> pada <i>Spreadsheet</i>	78
Gambar 4.11. <i>Restraint</i> pada <i>Spreadsheet</i>	79
Gambar 4.12. <i>Load Case</i>	80
Gambar 4.13. <i>Error Checking</i>	81
Gambar 4.14. <i>Static Output Processor</i>	82
Gambar 4.15. <i>Static Output Report</i>	82
Gambar 5.1. Diagram Alir pemeriksaan tegangan	83
Gambar 5.2. Diagram Alir Pemeriksaan Kebocoran <i>Flange</i>	84

Gambar 5.3. 3D <i>modeling piping system</i> atau <i>isometric drawing</i>	87
Gambar 5.4. <i>Piping classes spesification</i>	88
Gambar 5.5. <i>Line List</i>	90
Gambar 5.6. <i>Relief Valve</i>	91
Gambar 6.1. Penomeran pada gambar isometri	96
Gambar 6.2. Translasi yang terjadi pada suatu benda	100
Gambar 6.3. Rotasional yang terjadi pada suatu benda	101
Gambar 6.4. Pemodelan dengan Caesar II.	102
Gambar 6.5. Visualisasi pemodelan desain <i>Base Oil Project</i>	103

NOTASI

Simbol	Keterangan		
r	Jarak Serat Dari Sumbu Netral	S_c	Allowable Stress Pada Suhu Dingin
g	Kostanta Gravitasi	S_h	Allowable Stress Pada Suhu Panas
h	Bend Characteristic	S_t	Torsional Stress
i	SIF (Stress Intensification Factor)	S_A	Allowable Stress Range
k	Flexibility Factor	S_B	Resultant Bending Stress
l	Panjang	S_E	Computed Maximum Stress Range
m	Massa	S_u	Ultimate Tensile Strength
r	Jari-jari	T	Temperatur
r_i	Jari-jari Dalam	U	Energi, Kecepatan
r_o	Jari-jari Luar	V	Volume
r_m	Mean Radius	Y	Resultant Expansion, Yield Stress
t	Tebal	Z	Section Modulus
w	Lebar. Berat Beban	ΔT	Perubahan Suhu
x,y,z.....	Axis Koordinat	ΔL	Perubahan Panjang
A	Luas Permukaan	α	Koefisien Muai, Sudut
B	Kostanta Material	δ	Defleksi
C	Konstan, Cold Spring Factor	ϵ	Regangan Normal
D_i	Diameter Dalam	θ	Sudut
D_o	Diameter Luar	ν	Poisson's Ratio
E	Modulus Elastisitas Young	ρ	Densitas
E_c	Modulus Elastisitas Young Pada Suhu Dingin	σ	Tegangan Normal
E_h	Modulus Elastisitas Young Pada Suhu Panas	σ_t	Tegangan Normal Akibat Gaya Tarik/Tekan
F	Gaya	σ_L	Tegangan Normal Akibat Momen Lentur
G	Shear Modulus	$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$	Tegangan Utama
I	Inersia Penampang	τ	Tegangan Geser
I_p	Inersia Polar	τ_s	Tegangan Geser Akibat Gaya Geser
L	Panjang	τ_p	Tegangan Geser Akibat Momen Torsi
M	Momen		
M_b	Bending Momen		
M_t	Torsional Momen		
N	Number of Cycle		
R	Jari-jari, Rasio		
S	Tegangan, Tegangan Lelah		
Simbol	Keterangan		
S_b	Bending Stress		