

**ANALISA TEGANGAN DAN DEFLEKSI PIPA DENGAN *SOFTWARE*
CAESAR II VERSI 5.00 PADA JALUR *MAIN STEAM PIPE* DI PT. PJB
UNIT BISNIS JASA *OPERATING & MAINTENANCE* PLTU PACITAN**

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Memperoleh Gelar S-1
Pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



Disusun Oleh :

ANGGA YOGA PRATAMA SWARDHIKA

20100130054

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
YOGYAKARTA
2014**

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**ANALISA TEGANGAN DAN DEFLEKSI PIPA DENGAN SOFTWARE CAESAR II
VERSION 5.00 PADA JALUR MAIN STEAM PIPE DI PT. PJB UNIT BISNIS JASA
OPERATING & MAINTENANCE PLTU PACITAN**

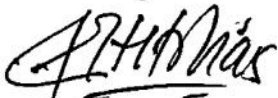
Disusun Oleh :

Angga Yoga Pratama Swardhika
NIM : 20100130054

Telah dipertahankan didepan Tim Penguji
Pada tanggal

Susunan Tim Penguji

Dosen Pembimbing I



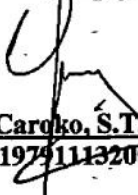
Tito Hadji Agung Santosa, S.T., M.T.
NIK. 123054

Dosen Pembimbing II



M. Budi Nur Rahman, S.T., M. Eng.
NIP. 19790523 200511001

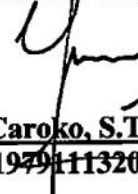
Penguji



Novi Caroko, S.T., M. Eng.
NIP. 197911132005011001

Tugas Akhir ini telah dinyatakan sah sebagai salah satu persyaratan untuk
memperoleh gelar Sarjana Teknik tanggal ..17.. April.....2014

Mengesahkan
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Novi Caroko, S.T., M. Eng.
NIP. 197911132005011001

PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi ini adalah asli 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, 10 April 2014



Angga Yoga Pratama Swardhika

(5cm)

"Kali yang berjalan lebih jauh, tangan yang berbuat lebih banyak, mata yang mematap lebih lama, ekor yang menggigit lebih sering melihat keatas, capisan tanah yang seribu kali lebih keras dari baja, dan hati yang akan berjerita lebih keras, serta mulut yang akan terus berdoa"

(Pencilis)

"Berjuang hari ini untuk esok yang lebih baik, berjuang lagi esok untuk masa depan yang lebih baik"

(Mogkon Mo Larkelin)

"Orang yang paling tidak bahagia ialah mereka yang paling takut pada perubahan"

(Horista Wahab)

"Hidup adalah gabungan antara bahagia dan derita. Ia adalah menguji keteguhan iman seseorang. Matangnya bagi mereka yg hanya mengigit kekondusif hati tidak sanggup menerima penderitaan"

(H.R. Muselim dan Tarwidzi)

"Barang siapa menampik jalan untuk mencari ilmu, maka Allah meniadakan jalan baginya menuju surga"

MOTTO

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum wr. Wb.

Allhamdullillah, Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayat, dan bimbingannya selama ini hingga penulisan laporan Tugas Akhir dengan judul "**ANALISA TEGANGAN DAN DEFLEKSI PIPA DENGAN SOFTWARE CAESAR II VERSION 5.00 PADA JALUR MAIN STEAM PIPE DI PT. PJB UNIT BISNIS JASA OPERATING & MAINTENANCE PLTU PACITAN**" dapat diselesaikan. Analisis tegangan merupakan salah satu metode terpenting untuk meyakinkan dan menetapkan secara numerik bahwa sistem perpipaan aman, salah satunya menggunakan *software Caesar II versi 5.00* di jalur *Main Steam Pipe* PT. PJB. Pada laporan tugas akhir ini akan dibahas dari awal pengambilan data sampai *ouput report* jalur pipa tersebut *overstress* atau tidak, jika terjadi *overstress* dilakukan modifikasi dengan penambahan *support*.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berpartisipasi dalam penyelesaian tugas akhir ini :

1. Bapak Novi Caroko, S.T., M. Eng. Selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
2. Bapak Tito Hadji Agung Santosa, S.T., M.T. Selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir. yang telah mengarahkan, membimbing, serta memberi nasihat selama pelaksanaan penyusunan tugas akhir, terima kasih atas waktu dan masukannya bagi penulis dan tugas akhir ini.
3. Bapak M. Budi Nur Rahman, S.T., Eng. Selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir yang telah mengarahkan, membimbing, serta memberi nasihat selama pelaksanaan penyusunan tugas akhir, terima kasih atas waktu dan masukannya bagi penulis dan tugas akhir ini.

4. Bapak Novi Caroko, S.T., M. Eng. Selaku Dosen Penguji Tugas Akhir yang telah memberikan kritik, saran dan masukan guna sempurnanya tugas akhir ini.
5. Keluarga Besar yang telah mendukung penulis baik secara material maupun spiritual
6. Teman-Teman Teknik Mesin 2010 Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
7. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan disini yang telah membantu dan mendukung penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan laporan ini masih terdapat banyak kesalahan, oleh karena itu bila ada saran dan kritik demi kesempurnaan laporan ini akan penulis terima dengan ikhlas dan dengan ucapan terima kasih.

Akhirnya dengan segala keterbatasan yang ada penulis berharap laporan ini dapat bermanfaat dan digunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 10 April 2014



Angga Yoga Pratama Swardhika

2.7	Teori Tegangan Normal Maksimum.....	20
2.8	Teori Tegangan Geser Maksimum (<i>TRESCA</i>).....	21
2.9	Teori Energi Distorsi Maksimum (<i>Von Mises</i>).....	21
2.10	Kelelahan Metal (<i>Fatigue</i>).....	21
2.11	Tegangan Primer dan Tegangan Sekunder	23
2.12	Beban <i>Occasional</i>	24
2.13	Beban Random.....	26
	2.13.1 Beban angin.....	26
	2.13.2 Beban gempa.....	27
2.14	Beban Kejut.....	28
	2.14.1 Beban <i>relief valve</i>	29
	2.14.2 Beban karena <i>water</i> atau <i>fluid hammer</i>	30
2.15	Tegangan dan Defleksi Karena Beban Bobot Mati.....	30
2.16	Persamaan Tegangan Kode ASME/ANSI B31.1	33
	2.16.1 Tegangan karena beban tetap.....	33
	2.16.2 Tegangan karena beban <i>occasional</i>	33
	2.16.3 Tegangan karena beban ekspansi.....	34
2.17	Metode Analisis Cek Kebocoran.....	34
	2.17.1 <i>Flange</i>	34
	2.17.2 Gasket	38
2.18	Pembatasan Tegangan Perpipaan Menurut <i>Caesar II</i>	39

BAB III SISTEM PERPIPAAN	41
3.1 Perpipaan (<i>Piping</i>)	41
3.1.1 Jenis pipa berdasarkan fabrikasinya (API 5 L)	42
3.1.2 Jenis pipa berdasarkan jalur perpipaannya	42
3.1.3 Material pipa	43
3.1.4 Standarisasi pipa	44
3.1.5 Industri material	45
3.1.6 NPS, diameter, <i>schedule</i> , dan ukuran tebal pipa.....	47
3.1.7 Penentuan <i>rating</i> pipa	49

3.2	Komponen Sistem Perpipaan	50
3.2.1	<i>Fitting</i>	50
3.2.3	<i>Washer</i>	58
3.2.2	Gasket	58
3.2.4	Katup (<i>Valve</i>).....	63
3.3	Penyangga Pipa (<i>Pipe Support</i>)	66
3.4	Pembebanan <i>Static</i>	67
3.4.1	Penyangga struktur.....	67
3.4.2	Penyangga kaki bebek (<i>duck support</i>)	67
3.4.3	Penyangga bentuk siku-siku (<i>bracket support</i>).....	68
3.4.5	Penyangga pembaringan pipa (<i>pipe sleeper</i>)	68
3.4.6	Penyangga gantung (<i>pipe hanger</i>)	69
3.4.7	Jenis Penyangga Pipa Lain.....	70
3.5	<i>P & ID</i>	72
3.6	Isometrik	76
BAB IV SOFTWARE COADE CAESAR II		78
4.1	Penjelasan <i>Software Caesar</i>	78
4.1.1	<i>Complete</i> (lengkap).....	78
4.1.2	<i>Flexible</i>	78
4.1.3	Mudah untuk digunakan	78
4.1.4	Pembuktian	79
4.1.5	Penerimaan <i>universal</i>	79
4.2	Kemampuan-Kemampuan <i>CAESAR II</i>	79
4.2.1	Sistem permodelan.....	79
4.2.2	Analisis statis	79
4.2.3	Analisis dinamis.....	80
4.2.4	<i>Output</i>	81
4.2.5	<i>Standard</i> dan <i>code</i> analisis.....	81
4.3	Menu Utama Pada <i>Caesar II versi 5.00</i>	82
4.3.1	<i>New file</i>	82

4.3.2	<i>Make unit file</i>	82
4.3.3	<i>Input piping</i>	84
4.3.4	Aplikasi khusus	84
4.4	<i>Static Analisis</i>	88
4.4.1	<i>Static dan dynamic load</i>	88
4.4.2	<i>Load case</i>	89
4.4.3	<i>Error checking</i>	90
4.4.4	<i>Static output processor</i>	91
4.4.5	<i>Static output report</i>	91
BAB V METODOLOGI		93
5.1	Diagram Alir Proses Analisis Tegangan Pipa	93
5.2	Persiapan Pendesainan	94
5.2.1	Penggunaan <i>software</i> dan alat bantu lainnya	94
5.2.2	<i>Standard and code</i> yang digunakan	97
5.3	Data-Data Permodelan Desain	97
BAB VI PEMBAHASAN DAN HASIL		111
6.1	Pembahasan Dan Perhitungan Dalam <i>Caesar II</i>	111
6.2	Persiapan Permodelan	111
6.2.1	Gambar isometrik	111
6.2.2	Unit konversi	114
6.2.3	Hasil olah data	115
6.3	Visualisasi Permodelan Desain	120
6.4	Analisis	124
6.4.1	<i>Load case</i>	125
6.4.2	Analisis tegangan pipa sebelum modifikasi	125
6.4.3	Analisis tegangan pipa setelah modifikasi	127
6.4.4	Penentuan defleksi	133

BAB VII PENUTUP.....	135
7.1 Kesimpulan	135
7.2 Saran	136
 DAFTAR PUSTAKA	 137

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kurva tegangan-regangan untuk baja karbon	6
Gambar 2.2 Diagram $\sigma - \epsilon$	8
Gambar 2.3 Spesimen uji tarik.....	9
Gambar 2.4 Momen lentur.....	9
Gambar 2.5 Skema gaya geser tunggal.....	10
Gambar 2.6 Batang silindris dengan beban puntiran	11
Gambar 2.7 Hubungan antara beberapa disiplin ilmu	14
Gambar 2.8 Indikasi jalur pipa kritis	15
Gambar 2.9 Sambungan pada pipa	17
Gambar 2.10 Elemen mesin yang diberi gaya tarik.....	19
Gambar 2.11 Elemen tegangan – regangan pada kondisi 3 dimensi	20
Gambar 2.12 Elemen tegangan - regangan pada kondisi 2 dimensi.....	20
Gambar 2.13 Lingkaran mohr.....	21
Gambar 2.14 Kurva <i>maksimum range</i> dari tegangan.....	24
Gambar 2.15 Profil beban angin	27
Gambar 2.16 Profil beban gempa	29
Gambar 2.17 <i>Relief valve</i>	30
Gambar 2.18 Profil Beban <i>water</i> atau <i>fluid hammer</i>	31
Gambar 2.19 Tumpuan terdistribusi merata.....	31
Gambar 2.20 Gaya terdistribusi merata pada tumpuan engsel dan rol	32
Gambar 2.21 Gaya terdistribusi merata pada tumpuan jepit	32
Gambar 2.22 Momen <i>inplane</i> dan <i>outplane</i> pada suatu <i>tee</i>	36
Gambar 3.1 Jenis-jenis <i>elbow</i>	53
Gambar 3.2 <i>Flange</i> jenis WN (<i>Welding Neck</i>)	54
Gambar 3.3 <i>Flange</i> jenis SO (<i>Slip-On</i>).....	54
Gambar 3.4 <i>Flange lap joint</i>	55
Gambar 3.5 Bagian-Bagian Katup.....	63
Gambar 3.6 Penyangga pipa struktur.....	67
Gambar 3.7 Penyangga pipa kaki bebek (<i>Duck Foot</i>).....	68

Gambar 3.8 Penyangga pipa <i>bracket</i>	68
Gambar 3.9 Pembaringan pipa (<i>Pipe Sleeper</i>).....	69
Gambar 3.10 <i>Pipe hanger</i>	70
Gambar 3.11 Standar alat penggantung pipa	71
Gambar 3.12 Penyangga pipa	71
Gambar 3.13 Simbol penyangga pipa	72
Gambar 3.14 <i>Piping and instrumentation diagram</i>	74
Gambar 3.15 <i>Basic Piping and Instrumentation Symbols</i>	75
Gambar 3.16 Isometrik (jenis garis ganda).....	76
Gambar 3.17 Isometrik (jenis garis tunggal).....	77
Gambar 4.1 <i>New file</i>	82
Gambar 4.2 <i>Make new unit files</i>	83
Gambar 4.3 <i>Unit files maintenance</i>	83
Gambar 4.4 <i>Input</i> pemulai pemodelan desain	84
Gambar 4.5 <i>Bend</i> jenis <i>elbow</i>	85
Gambar 4.6 <i>Bend</i> pada <i>Spreadsheet</i>	85
Gambar 4.7 <i>Valve</i> dan <i>flange</i> pada <i>Spreadsheet</i>	86
Gambar 4.8 <i>Reducer</i> pada <i>Spreadsheet</i>	86
Gambar 4.9 <i>SIF</i> atau <i>Tee</i> pada <i>Spreadsheet</i>	87
Gambar 4.10 <i>Restraint</i> pada <i>Spreadsheet</i>	88
Gambar 4.11 <i>Load case</i>	89
Gambar 4.12 <i>Error checking</i>	90
Gambar 4.13 <i>Static output processor</i>	91
Gambar 4.14 <i>Static output reports</i>	92
Gambar 5.1 Diagram alir proses analisa tegangan pipa di PT PLN	93
Gambar 5.2 Diagram alir proses analisa tegangan pipa di PT PLN (lanjutan). 94	
Gambar 5.3 <i>Software COADE Caesar II Version 5.00</i>	95
Gambar 5.4 Kamera Casio 14.1 MP	96
Gambar 5.5 <i>Pipe Data-PRO72</i>	96
Gambar 5.6 <i>Isometric drawing of Main Steam Pipe</i>	98
Gambar 5.7 <i>Fabrication drawing of Main Steam and HP by-pass pipe (no.1)</i> 99	

Gambar 5.8	<i>Fabrication drawing of Main Steam and HP by-pass pipe (no.2)</i>	100
Gambar 5.9	<i>System diagram of Main Steam Pipe</i>	106
Gambar 5.10	<i>Support and hangers installation drawings of main steam pipe (no.1)</i>	107
Gambar 5.11	<i>Support and hangers installation drawings of main steam pipe (no.2)</i>	108
Gambar 5.12	<i>Support and hangers installation drawings of main steam pipe (no.3)</i>	109
Gambar 5.13	Data proses di <i>Control Room</i>	110
Gambar 6.1	<i>Fabrication drawing of Main Steam Pipe and HP by-pass (no.1)</i>	112
Gambar 6.2	<i>Fabrication drawing of Main Steam and HP by-pass pipe (no.2)</i>	113
Gambar 6.3	Visualisasi pemodelan desain <i>Main Steam Pipe</i>	120
Gambar 6.4	Pengecekan <i>Error And Warnings</i> sebelum pengurangan radius..	121
Gambar 6.5	Pengecekan <i>Error And Warnings</i> setelah pengurangan radius...	121
Gambar 6.6	Profil benda tidak ada Translasi.....	122
Gambar 6.7	Profil benda terdapat Translasi	122
Gambar 6.8	Profil benda terdapat Rotasi.....	123
Gambar 6.9	Visualisasi pemodelan desain <i>Main Steam Pipe</i> sebelum modifikasi.....	124
Gambar 6.10	Visualisasi Kondisi <i>Existing</i> Desain <i>Main Steam Pipe</i> sebelum modifikasi	127
Gambar 6.11	Penambahan <i>support</i> di node 50 dengan support Z+	128
Gambar 6.12	Penambahan <i>support</i> di node 240 dengan support Y	129
Gambar 6.13	Penambahan <i>support</i> di node 260 dengan support X.....	129
Gambar 6.14	Penambahan <i>support</i> di node 420 dengan support Z+	129
Gambar 6.15	Penambahan <i>support</i> di node 430 dengan support <i>Guide</i>	130
Gambar 6.16	Penambahan <i>support</i> di node 430 dengan support Z+	130
Gambar 6.17	Penambahan <i>support</i> di node 670 dengan support Z+.....	131

Gambar 6.18 Visualisasi pemodelan desain *Main Steam Pipe*
setelah modifikasi..... 131

Gambar 6.19 Visualisasi Kondisi *Existing* Desain *Base Oil Project* Setelah
modifikasi..... 133

Gambar 6.20 *Isometric drawing of Main Steam Pipe*..... 135

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Faktor reduksi	34
Tabel 2.2 Koefisien beta pada <i>static loads</i>	37
Tabel 2.3 Koefisien beta pada <i>static loads and dinamic loads</i>	38
Tabel 3.1 Material perpipaan dan aplikasinya.....	45
Tabel 3.2 Material perpipaan yang umum digunakan	46
Tabel 3.3 <i>Table</i> pipa.....	48
Tabel 3.4 Ketebalan dinding (untuk alat penyambung dan pipa).....	49
Tabel 3.5 Hubungan sambungan <i>socket-welded</i> dan <i>threaded</i>	52
Tabel 3.6 ASME B16.5 (Tabel 1A).....	57
Tabel 3.7 ASME B16.5 (2-1.1).....	58
Tabel 3.8 Pemilihan material <i>gasket</i>	60
Tabel 3.9 Pemilihan <i>gasket</i>	61
Tabel 3.10 Aplikasi <i>gasket</i>	62
Tabel 3.11 ASME B16.34 (tabel 1 grup 2).....	65
Tabel 3.12 ASME B16.34 (tabel 2-2.4).....	66
Tabel 5.1 <i>Material list of Main Steam Pipe</i>	101
Tabel 6.1 Unit konversi.....	114
Tabel 6.2 <i>Data input piping</i>	115
Tabel 6.3 <i>Analisis high stresses summary</i> sebelum modifikasi.....	126
Tabel 6.4 Tabel modifikasi	128
Tabel 6.5 <i>Analisis High Stresses Summary</i> Setelah Modifikasi	130
Tabel 6.6 Hasil analisis defleksi maksimal.....	132
Tabel 6.7 Besar defleksi pipa pada <i>node</i> 40 dan 270.....	134
Tabel 6.3 Tabel modifikasi	126

DAFTAR SIMBOL

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