

TUGAS AKHIR

**ANALISA TEGANGAN RANCANGAN PERPIPAAN DARI STEAM HEADER
BOILER BATUBARA MENUJU STEAM HEADER BOILER GAS PLANT 1 DI
PT. INDOFOOD CBP SUKSES MAKMUR TBK**



Disusun Oleh :

**UNIVERSITAS
MERCU BUANA**

Nama : Tejo Sutopo
NIM : 41311120072

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MERCUBUANA

JAKARTA

2016

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Tejo Sutopo
NIM : 41311120072
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Skripsi : Analisa Tegangan Rancangan Perpipaan dari Steam Header
Boiler Batubara menuju Steam Header Boiler Gas Plant 1 di
PT. Indofood CBP Sukses Makmur Tbk-Bandung

Dengan ini menyatakan bahwa penulisan skripsi ini adalah benar dari hasil karya saya sendiri dan benar aslinya. Apabila dikemudian hari penulisan skripsi ini merupakan hasil penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi berdasarkan peraturan dan tata tertib Universitas Mercubuana.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya paksaan dari pihak manapun.

Penulis,

(Tejo Sutopo)



LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA TEGANGAN RANCANGAN PERPIPAAN DARI STEAM HEADER BOILER
BATUBARA MENUJU STEAM HEADER BOILER GAS PLANT 1 DI PT. INDOFOOD
CBP SUKSES MAKMUR TBK.



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Disusun oleh :

Nama : Tejo Sutopo

NIM : 41311120072

Jurusan : Teknik Mesin

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Pembimbing

(Dr. Ir. Abdul Hamid, M. Eng)

Mengetahui,

Koordinator Tugas Akhir

(Nurato ST.MT)

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum Wr. Wb.

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Allah Swt. yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis, sehingga penulis mampu menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini dengan judul “ Analisa Tegangan Rancangan Perpipaan dari Steam Header Boiler Batubara menuju Steam Header Boiler Gas Plant 1.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (S1) pada program studi Teknik Mesin Fakultas Teknik dari Universitas Mercu Buana.

Dalam menyusun Tugas Akhir ini penulis juga banyak mendapat bantuan dan dukungan baik moril maupun materiil dari berbagai pihak, maka dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yan sebesar-besarnya kepada :

1. Orang tua, yang telah membantu baik moril maupun materiil, sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Ir. Abdul Hamid, M. Eng selaku dosen pembimbing dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Seluruh dosen Fakultas Teknik dan Uninersitas Mercu Buana yang telah mendidik dan memberikan pengetahuan selama mengikuti pendidikan di Universitas Mercu Buana.
4. Teman – teman kampus yang telah membantu dan mendukung sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Management dan karyawan PT. Indofood CBP Sukses Makmur Tbk Noodle-HO dan Bandung yang telah membantu dan memberikan kesempatan untuk melakukan riset serta


membantu dalam mengumpulkan data dan informasi yang diperlukan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Demikian ucapan terima kasih ini penulis sampaikan, dan semoga tulisan ini dapat menambah pengetahuan dan wawasan bagi segenap pembaca dalam menghadapi tantangan ke depan.

Wassalamu'alakum Wr. Wb.

Jakarta, 20 Juli 2016

Penulis



Tejo Sutopo



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	<i>i</i>
LEMBAR PERNYATAAN	<i>ii</i>
LEMBAR PENGESAHAN	<i>iii</i>
ABSTRAK	<i>iv</i>
KATA PENGANTAR	<i>v-vi</i>
DAFTAR ISI	<i>vii-ix</i>
DAFTAR GAMBAR	<i>x-xi</i>
DAFTAR TABEL	<i>xii</i>
DAFTAR GRAFIK	<i>xiii</i>
DAFTAR NOTASI	<i>xiv-xv</i>
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1-2
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2-3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	3-4
1.6 Sistematika Penulisan	4-5
BAB II LANDASAN TEORI	6
2.1 Sistem Perpipaan	6-7
2.2 Klasifikasi Material Pipa	7-8
2.3 Lingkup Sistem Perpipaan Steam (<i>Steam Piping</i>)	8-9
2.4 Teori Kegagalan	9-10
2.4.1 Teori Tegangan Normal Maksimum	10-11

2.4.2 Teori Tegangan Geser Maksimum	11
2.4.3 Teori Tegangan Von Misses	12-13
2.5 Kelelahan Metal (<i>Fatigue</i>)	13
2.5.1 Fenomena Fatigue	13-14
2.5.2 Hukum Hooke	14-15
2.6 Ketebalan Minimum	15-18
2.7 Tegangan Ijin (<i>Allowable Stress</i>).....	18
2.7.1 Kode Tegangan yang di ijinikan	18-19
2.7.2 Allowable Stress Range	19-22
2.8 Analisa Tegangan Pipa	22-23
2.9 Critical Line dan Checking Grade	23-25
2.10 Analisa Fleksibilitas Sistem Perpipaan	25-29
2.11 Teori Tegangan Pipa	29
2.11.1 Tegangan Utama (<i>Primery Stress</i>)	29-38
2.11.2 Tegangan Sekunder (<i>Secondary Stress</i>)	38-39
2.12 Beban Pipa	40
2.12.1 Sustained Load	40-41
2.12.2 Occasional Load-Wind	41-42
2.12.3 Occasional Load-Seismic.....	42-43
2.12.4 Expansion Load	43-45
2.13 Penyangga Pipa(<i>Support</i>)	45-48
2.14 Jarak Penyangga Pipa (<i>Span Support</i>)	49-50
2.15 Perangkat Bantuan CAESAR II dalam Analisa Tegangan Pipa	51
2.15.1 Aplikasi CAESAR II	52
2.15.2 Program Piping Stress Analysize Selain Program CAESAR	52-53
2.15.3 Permodelan Sistem Perpipaan CAESAR II	53-55
2.15.4 Analisa Statis CAESAR II	55-56
2.15.5 Analisa Statis Run CAESAR II	56-57

2.15.6 Output CAESAR II	57
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	58
3.1 Garis Besar Penelitian.....	58
3.1.1 Tahap Identifikasi Awal	59-60
3.1.2 Tahap Pengumpulan Data	60-65
3.1.3 Tahap Pengolahan Data.....	65-66
3.1.4 Tahap Analisa dan Kesimpulan	67
BAB IV ANALISA DAN PERHITUNGAN	68
4.1 Perhitungan Ketebalan Minimum (<i>Minimum Wall Thickness</i>)	68-72
4.2 Perhitungan Nilai Jarak Span Support berdasarkan <i>Maximum Stress</i>	72-73
4.3 Analisa Tegangan Pipa dengan Output CAESAR II	73-82
4.4 Analisa Tegangan Pipa dengan Perhitungan Manual	83-84
4.4.1 Perhitungan Tegangan Ijin (<i>Allowable Stress</i>).....	85-86
4.4.2 Nilai Tegangan Sustained Load	86-96
4.4.3 Nilai Tegangan Occasional Load	96-99
4.4.4 Nilai Tegangan Expansion Load.....	99-102
4.4.4 Perhitungan Nilai Defleksi Maksimum pada segmen.....	102-104
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	103
5.1 Kesimpulan	103-106
5.2 Saran	106

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Teori tegangan normal maksimum (MNS) dan garis beban	10
Gambar 2.2 Perbandingan teori tegangan geser maksimum dengan <i>distorsi energy</i>	12
Gambar 2.3 Pipe elbow	17
Gambar 2.4 Contoh penyelesaian kasus dengan pemasangan <i>expansion loop</i>	28
Gambar 2.5 Contoh penyelesaian kasus dengan pemasangan <i>expansion leg</i>	28
Gambar 2.6 Contoh penyelesaian kasus dengan pemasangan <i>expansion joint</i>	29
Gambar 2.7 Gaya aksial pada pipa	31
Gambar 2.8 Tekanan dalam pipa satu arah	31
Gambar 2.9 Tekanan dalam pipa ke segala arah	32
Gambar 2.10 Tegangan longitudinal akibat bending momen	33
Gambar 2.11 Tegangan longitudinal keseluruhan pada pipa	33
Gambar 2.12 <i>Radial stress</i> pada pipa	34
Gambar 2.13 Tegangan sirkumferensial atau <i>hoop stress</i> persamaan Lame's	35
Gambar 2.14 Arah tegangan geser pipa	37
Gambar 2.15 Momen puntir pipa	38
Gambar 2.16 Sistem Pipa Beban Merata	40
Gambar 2.17 Metode Guided Cantilever	44
Gambar 2.18 Simbol penyangga pipa	48
Gambar 2.19 Tampilan software CAESAR II	51
Gambar 2.20 Tampilan classic piping input CAESAR II	55
Gambar 2.21 Tampilan batch run CAESAR II	55
Gambar 2.22 Tampilan error and warning checking CAESAR II	56
Gambar 2.23 Tampilan load case untuk analisa CAESAR II	57
Gambar 2.24 Tampilan report analisa CAESAR II	57

Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	58
Gambar 3.2 Wilayah gempa Indonesia dengan percepatan batuan dasar	62
Gambar 3.3 Lay out isometric perpipaan steam.....	65
Gambar 3.4 Metode Analisa CAESAR II	66
Gambar 4.1 Tampilan layar input defines system.....	74
Gambar 4.2 Tampilan layar units system.....	74
Gambar 4.3 Tampilan classic piping input	75
Gambar 4.4 Isometric drawing rancangan perpipaan steam	75
Gambar 4.5 Tampilan modeling perpipaan steam pada CAESAR II	76
Gambar 4.6 Tampilan error and warning checking CAESAR.....	76
Gambar 4.7 Tampilan load case analisa CAESAR II	77
Gambar 4.8 Tampilan report analisa CAESAR II	77-78
Gambar 4.9 Tampilan grafik analisa tegangan pipa output CAESAR II.....	78
Gambar 4.10 Ilustrasi gambar analisa failed design berdasarkan teori dasar	80
Gambar 4.11 Desain ulang perpipaan steam.....	81
Gambar 4.12 Tampilan view report CAESAR untuk sustained load.....	81
Gambar 4.13 Tampilan view report CAESAR untuk occasional load.....	82
Gambar 4.14 Tampilan view report CAESAR untuk expansion load	82
Gambar 4.15 Tampilan segmen dari lay out perpipaan	88
Gambar 4.16 FBD,SFD dan BMD pada segmen 1 (node 64-75)	91

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tegangan ijin (<i>Allowable Stress</i>).....	19
Tabel 2.2 Faktor f berdasarkan siklus operasi.....	22
Tabel 2.3 Standar span support.....	49
Tabel 3.1 Spesifikasi material sistem peripaan standard ASME.....	63
Tabel 3.2 Nilai koefisien Y untuk $t < D/6$	63
Tabel 3.3 Basic quality factor longitudinal of weld joint in pipes, tubes, and fittings.....	64
Tabel 3.4 Basic allowable stress in tension for ASME -106 A GR.B.....	64
Tabel 4.1 Ketebalan minimum untuk pipa lurus.....	69
Tabel 4.2 Ketebalan minimum untuk pipa bends.....	71
Tabel 4.3 Data material pipa.....	83
Tabel 4.4 Properti profil <i>cross section</i> bangun ruang.....	84
Tabel 4.5 Kondisi kerja pipa.....	84
Tabel 4.6 Allowable stress pipa pada variasi temperatur.....	84
Tabel 4.7 Nilai tegangan ijin material untuk <i>sustained load</i>	85
Tabel 4.8 Nilai tegangan ijin material berdasarkan ekspansi load.....	86
Tabel 4.9 Nilai tegangan longitudinal tekan.....	86
Tabel 4.10 Nilai tegangan akibat axial load.....	88
Tabel 4.11 Beban akibat <i>sustained load</i> dari perhitungan manual.....	96
Tabel 4.12 Beban akibat <i>occasional load</i> (wind).....	98
Tabel 4.13 Beban akibat <i>seismic load</i>	99
Tabel 4.14 Beban akibat <i>wind load</i> dan <i>seismic load</i> /(occasional Load).....	99
Tabel 4.15 Beban akibat seismic load.....	102
Tabel 4.16 Perbandingan defleksi maksimum dari desain awal dan desain ulang.....	104

DAFTAR GRAFIK

Grafik 2.1 Tegangan-regangan untuk material pipa baja.....	15
Grafik 2.2 Critical line sistem perpipaan yang dihubungkan dengan nozzle static equipment	24
Grafik 2.3 Critical line sistem perpipaan yang dihubungkan dengan nozzle rotating equipment ..	24



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR NOTASI

Lambang	Keterangan	Satuan
P	<i>Internal design pressure</i>	(kPa)
S	<i>Maximum allowable working pressure</i>	(kPa)
F_p	<i>Factor production</i>	
y	<i>Coefficient</i>	
t_m	<i>Minimum wall thickness</i>	(mm)
A	<i>Additional wall thickness</i>	(mm)
R_l	<i>Radius elbow</i>	(mm)
D	<i>Diameter pipa</i>	(mm)
S_A	<i>Allowable stress dari piping sistem pada kondisi material dan temperatur yang sama</i>	(kPa)
S_c	<i>Allowable stress pada temperatur dingin atau minimum</i>	(kPa)
S_h	<i>Allowable stress pada temperatur operasi</i>	(kPa)
S_L	<i>Longitudinal stress.</i>	(kPa)
f	Faktor yang tergantung siklus yang dialami pipa tersebut.	
p	Tekanan fluida dalam pipa	(kPa)
F	Gaya /beban	(N)
A	Luas diameter dalam pipa	(mm ²)
A_m	Luas permukaan pipa	(mm ²)
d_o	Diameter luar pipa	(mm)
d_i	Diameter dalam pipa	(mm)
A_i	Luas permukaan dalam pipa	(mm ²)

t	Ketebalan dinding pipa	(mm)
r_o	Radius luar pipa	(mm)
r_i	Radius dalam pipa	(mm)
r	Radius pipa yang diperhatikan pipa	(mm)
Q	Faktor bentuk tegangan geser	
L	Panjang pipa	(m)
μ	Viskositas dinamik udara	(N.s/m ²)
C_d	Koefisien drag	
q	Tekanan dinamik	(N/m ²)
ρ	Massa jenis udara	(kg/m ³)
v	Kecepatan udara	(m/s)
Re	<i>Reynold number</i>	
i	<i>Stress intensification factor</i>	
W	Berat pipa	(N)
Z	Modulus penampang pipa	(m ⁴)
L	Panjang pipa	(m)
G	<i>Seismic acceleration.</i>	
Δ	Displacement	(m)
M	Momen yang terjadi pada tumpuan	(N.m)
I	Momen inersia	(m ⁴)
E	<i>Modulus elastistas</i>	(kPa)
W_p	Berat pipa	(N)
W_c	Berat fluida	(N)
W_i	Berat insulasi	(N)