

TUGAS AKHIR

PERHITUNGAN TEGANGAN PIPA DARI *DISCHARGE* KOMPRESOR MENUJU *AIR COOLER* MENGGUNAKAN *SOFTWARE CAESAR II.5.10* DAN PERHITUNGAN MANUAL PADA PROYEK *GAS LIFT COMPRESSOR STATION*

Diajukan Guna Melengkapi Syarat Dalam Mencapai Gelar

Sarjana Strata Satu (S1)



UNIVERSITAS

MERCU BUANA

UNIVERSITAS

MERCU BUANA

Disusun Oleh :

Nama : Arief Maulana

NIM : 41311120039

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MERCUBUANA

JAKARTA

2016

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Arief Maulana

N.I.M : 41311120039

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Judul Skripsi : Perhitungan Tegangan Pipa Dari *Discharge* Kompresor Menuju *Air Cooler* Menggunakan *Software CAESAR II.5.10* Dan Perhitungan Manual Pada Proyek *Gas Lift Compressor Station*.

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan laporan tugas akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari, penulisan laporan tugas akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus menerima sanksi berdasarkan peraturan yang berlaku di Universitas Mercu Buana.

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

Penulis,



Arief Maulana

(41311120039)

LEMBAR PENGESAHAN

**PERHITUNGAN TEGANGAN PIPA DARI *DISCHARGE*
KOMPRESOR MENUJU *AIR COOLER* MENGGUNAKAN
SOFTWARE CAESAR II.5.10 DAN PERHITUNGAN MANUAL
PADA PROYEK *GAS LIFT COMPRESSOR STATION***



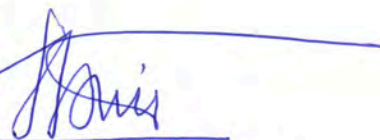
Disusun Oleh :

Nama : Arief Maulana

NIM : 41311120039

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

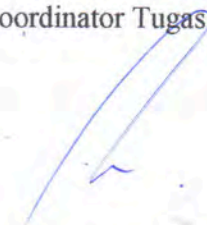
Pembimbing



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

Mengetahui,

Koordinator Tugas Akhir



(Nurato, S.T., M.T.)

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT yang dengan segala berkah dan kemurahan-Nya, saya dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Sungguh saya teringat akan salah satu firman-Nya yang menyebutkan bahwa Allah akan meninggikan derajat orang yang mempunyai ilmu, serta sabda rasullulla SAW yang menyatakan bahwa tuntutlah ilmu walau sampai ke negeri China.

Tugas akhir ini dibuat sebagai salah satu syarat bagi mahasiswa untuk menempuh program sarjana Strata Satu (S1) pada jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Mercubuana. Tugas akhir ini yang disusun ini berjudul **“Perhitungan Tegangan Pipa Dari *Discharge* Kompresor Menuju *Air Cooler* Menggunakan *Software* CAESAR II.5.10 Dan Perhitungan Manual Pada Proyek *Gas Lift Compressor Station*”**.

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, penulis banyak mendapatkan dukungan, bimbingan, pengarahan dan segala bentuk bantuan baik berupa moral maupun spiritual, yang oleh karenanya saya ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua saya yang selalu mengiringi semua langkah penulis dengan do'a serta ridhonya, sehingga penulis merasa yakin dan mendapat dorongan positif dalam segala sesuatunya.
2. Bapak Dr. Ir. Abdul Hamid, M.Eng. selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan serta perhatiannya kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

3. Isteri tercinta Rinar Eka Septa M yang harus merelakan kehilangan sebagian besar waktu kebersamaan kita, dan do'a serta dukunganya hingga saya mampu menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Rekan rekan kerja yang sangat mendukung dan sangat memaklumi keadaan saya pada saat penyusunan laporan tugas akhir ini.
5. Teman-teman teknik mesin Universitas Mercubuana kelas karyawan angkatan XX serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang memberikan masukan serta ide yang sangat bermanfaat.

Penulis sangat menyadari bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini tentu terdapat banyak kekurangan dan mungkin juga terdapat kesalahan. Saran serta kritik yang membangun akan sangat saya harapkan demi untuk menyempurnakan. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi rekan-rekan mahasiswa lainnya dikemudian hari.



Jakarta, 26 Januari 2016

Arief Maulana
(41311120039)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GRAFIK	xv
DAFTAR NOTASI	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan	6
BAB II LANDASAN TEORI	8
2.1 Tegangan Pipa	8
2.1.1 Teori Dasar Tegangan Pipa	11
2.1.2 Tegangan Longitudinal	14
2.1.3 Tegangan Radial	19
2.1.4 Tegangan Sirkumferensial (<i>Hoop Stress</i>)	20
2.2 Teori Dasar Kegagalan	22
2.3 Tegangan <i>Code</i>	24

2.3.1	Tegangan Karena Beban Tetap (<i>Sustain Load</i>)	26
2.3.2	Tegangan Karena Beban Occasional (<i>Occasional Load</i>)	30
2.3.3	Tegangan karena Beban Ekspansi (<i>Expansion Load</i>)	31
2.4	Batasan Beban Pada Kompresor	41
2.5	Batasan Beban Pada <i>Air Cooler</i>	42
2.6	Penyangga Pipa (<i>Pipe Support</i>).....	44
2.7	Program CAESAR II.5.10	48
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	51
3.1	Diagram Alir Penelitian.....	51
3.2	Persiapan Perhitungan Tegangan Pipa	53
BAB IV	PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA	56
4.1	Pengumpulan Data	56
4.1.1	Data Spesifikasi Material Sistem Perpipaan	56
4.1.2	Skema 3 Dimensi Jalur Pipa	58
4.1.3	Data Berat Komponen Pipa	59
4.1.4	Menentukan Jarak Maksimum Penyangga Pipa	64
4.2	Pengolahan Data	65
4.2.1	Input Pada CAESAR II.5.10	67
BAB V	PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN	70
5.1	Hasil Perhitungan Tegangan <i>Sustain Load</i> Pada CAESAR II.5.10 ...	70
5.2	Perhitungan Tegangan Pipa Akibat Beban Tetap (<i>Sustain Load</i>) Dengan Perhitungan Manual	71
5.3	Hasil Perhitungan Tegangan Akibat Beban Ekspansi Termal (<i>Thermal Expansion Load</i>) Pada CAESAR II.5.10	90
5.4	Perhitungan Tegangan Akibat Beban Ekspansi Termal Dengan Perhitungan Manual	92
5.4.1	Perhitungan Tegangan Aksial Karena Ekspansi Pipa	93
5.4.2	Menghitung Pertambahan Pankang Pipa Pada Sumbu X, Y, Z	111

5.4.3	Perhitungan Gaya Yang Bekerja Pada Zumbu X, Y, Z	111
5.4.4	Perhitungan Momen Tekuk dan Momen Torsi yang Terjadi	113
5.4.5	Perhitungan Tegangan Tekuk, Tegangan Torsi, Serta Tegangan Ekspansi Yang Terjadi	116
5.4.6	Perhitungan Batas Tegangan Maksimum Yang Diizinkan	117
BAB VI	PENUTUP	122
6.1	Kesimpulan	122
6.2	Saran	123
DAFTAR PUSTAKA		125
LAMPIRAN		



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 <i>Layout</i> Proyek <i>Gas Lift Compressor Station</i>	2
Gambar 2.1 Diagram Tegangan Regangan	12
Gambar 2.2 Arah Tegangan Pada Pipa	13
Gambar 2.3 Gaya Aksial Pada Pipa	15
Gambar 2.4 Tekanan Dalam Pipa Searah Aliran Fluida.....	15
Gambar 2.5 Tekanan Dalam Pipa Ke Segala Arah.....	16
Gambar 2.6 Tekanan Longitudinal Akibat Momen Tekuk	17
Gambar 2.7 Tegangan Tekuk Pada Pipa Lurus	17
Gambar 2.8 Tegangan Radial Pada Pipa	19
Gambar 2.9 Tegangan Sirkumferensial (<i>Hoop Stress</i>)	21
Gambar 2.10 Momen Tekuk Yang Terjadi Pada Elbow 90° Dan Percabangan Tee	27
Gambar 2.11 Model Tumpuan Sederhana Dengan Beban Merata	28
Gambar 2.12 Model Tumpuan Sederhana Dengan Beban Terpusat Di Tengah	28
Gambar 2.13 Model Tumpuan Sederhana Dengan Beban Di Salah Satu Sisi	29
Gambar 2.14 Model Tumpuan <i>Cantilever</i> Dengan Beban Merata	29
Gambar 2.15 Model Tumpuan <i>Cantilever</i> Dengan Beban Terpusat Di Sisi Lain	29
Gambar 2.16 Perubahan Panjang Pipa Akibat Perubahan Temperatur	31
Gambar 2.17 Gaya Aksial Karena Tekanan Akibat Perubahan Temperatur	32
Gambar 2.18 Ekspansi Pada Pipa Akibat Perubahan Temperatur	35
Gambar 2.19 Momen Akibat Ekspansi Pada Pipa	36
Gambar 2.20 Perpindahan Pipa Akibat Pemuaihan dan Lokasi Centeroid Bidang Pada Sumbu X-Y	36
Gambar 2.21 Posisi Titik Berat Untuk Pipa Lurus	37
Gambar 2.22 Posisi Titik Pusat Pada Pipa Lurus	37
Gambar 2.23 Posisi Titik Pusat Pada Pipa Yang Tegak Lurus Sumbu Acuan	37
Gambar 2.24 Momen Inersia Satu Sumbu Dengan Orientasi Pipa Lurus Horizontal	38

Gambar 2.25 Momen Inersia Satu Sumbu Dengan Orientasi Ouaa Lurus Vertikal .	39
Gambar 2.26 Momen Inersia Satu Sumbu Dengan Orientasi Pipa Lurus Yang Tegak Lurus Dengan Bidang Acuan	39
Gambar 2.27 Penampang Kompresor Sentrifugal	41
Gambar 2.28 Momen dan Gaya Pada <i>Nozzle</i> Kompresor	42
Gambar 2.29 Contoh Air <i>Fin Cooler</i>	43
Gambar 2.30 Beban dan Momen Pada <i>Nozzle Air Cooler</i>	44
Gambar 2.31 Simbol Penyangga Pipa	47
Gambar 4.1 Perencanaan Sistem Perpipaan Dalam 3 Dimensi	58
Gambar 4.2 Data Dimensi dan Berat Pada <i>Elbow</i> 6 inch Sch.120	60
Gambar 4.3 Data Dimensi dan Berat Pada <i>Reducing Tee</i> 10x6 inch Sch.120	60
Gambar 4.4 Data Dimensi dan Berat Pada <i>Concentric Reducer</i> 8x6 inch Sch.120 .	61
Gambar 4.5 Data Dimensi dan Berat Pada <i>Pipe Cap</i> 10 inch Sch.120	61
Gambar 4.6 Data Dimensi dan Berat Pada <i>Flange</i> 8 inch 1500Lb RTJ Sch.120	62
Gambar 4.7 Data Dimensi dan Berat Pada Pipa 10 inch Sch.120	62
Gambar 4.8 Data Dimensi dan Berat Pada <i>Flange</i> 6 inch 900Lb RTJ Sch.120	63
Gambar 4.9 Isometrik Desain Rute Sistem Perpipaan Bagian-1	66
Gambar 4.10 Isometrik Desain Rute Sistem Perpipaan Bagian-2	67
Gambar 4.11 Pengisian Parameter Pada <i>Input</i> CAESAR II.5.10	68
Gambar 4.12 Hasil 3D Model <i>Input</i> Pada CAESAR II.5.10	69
Gambar 5.1 Analisa Gaya Pada <i>Node</i> 90-100.....	74
Gambar 5.2 FBD, SFD, Serta BMD Pada <i>Node</i> 90-100	75
Gambar 5.3 Analisa Gaya Pada <i>Node</i> 35	76
Gambar 5.4 FBD, SFD, Serta BMD Pada <i>Node</i> 35	78
Gambar 5.5 Analisa Gaya Pada <i>Node</i> 100.....	79
Gambar 5.6 FBD, SFD, Serta BMD Pada <i>Node</i> 100	80
Gambar 5.7 Analisa Gaya Pada <i>Node</i> 150.....	81
Gambar 5.8 FBD, SFD, Serta BMD Pada <i>Node</i> 150	82

Gambar 5.9 Analisa Gaya Pada <i>Node</i> 160.....	83
Gambar 5.10 FBD, SFD, Serta BMD Pada <i>Node</i> 160	84
Gambar 5.11 Desain Pipa Pada Sambungan <i>Nozzle Air Cooler</i> AC-200A	85
Gambar 5.12 Analisa Gaya Pada <i>Node</i> 200 & 250.....	85
Gambar 5.13 FBD, SFD, Serta BMD Pada <i>Node</i> 160	86
Gambar 5.14 Proyeksi Sistem Perpipaan Terhadap Bidang X-Y	95
Gambar 5.15 Lokasi <i>Centeroid</i> Sistem Perpipaan Pada Bidang X-Y	97
Gambar 5.16 Proyeksi Sistem Perpipaan Terhadap Bidang Y-Z	100
Gambar 5.17 Lokasi <i>Centeroid</i> Sistem Perpipaan Pada Bidang Y-Z	102
Gambar 5.18 Proyeksi Sistem Perpipaan Terhadap Bidang X-Z	105
Gambar 5.19 Lokasi <i>Centeroid</i> Sistem Perpipaan Pada Bidang X-Z	107



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Properti Profil Penampang Bangun Ruang	18
Tabel 2.2 Siklus Faktor f	34
Tabel 2.3 Modulus Elastisitas Material (E)	40
Tabel 2.4 Standar Gaya dan Momen Maksimum Pada <i>Air Cooler</i>	43
Tabel 4.1 Data Sistem Perpipaan	56
Tabel 4.2 Tegangan Dasar yang Diizinkan Pada Material API 5L Gr.B	57
Tabel 4.3 Modulus Elastisitas Bahan Metal Dalam Satuan Msi Pada Temperatur °F	58
Tabel 4.4 Ringkasan Berat Komponen Pipa	63
Tabel 5.1 Nilai Tegangan <i>Sustain Load</i> Hasil <i>Output</i> CAESAR II.5.10	70
Tabel 5.2 Nilai Tegangan Tekuk Akibat Beban Tetap	87
Tabel 5.3 Perbandingan nilai Tegangan <i>Sustain Load</i> Perhitungan Manual Dengan Hasil <i>Software</i> CAESAR II.5.10	89
Tabel 5.4 Nilai Tegangan Karena Beban Ekspansi Hasil <i>Output</i> CAESAR II.5.10	90
Tabel 5.5 Ringkasan Panjang Sistem Perpipaan	93
Tabel 5.6 Nilai Tekanan, Gaya Aksial, dan Tegangan Aksial Akibat Ekspansi Pada Sistem Perpipaan	94
Tabel 5.7 Penentuan Nilai Centeroid Bidang X-Y	95
Tabel 5.8 Nilai Momen Inersia Bidang X-Y	97
Tabel 5.9 Nilai Momen Inersia Bidang X-Y Pada Sumbu X	98
Tabel 5.10 Nilai Momen Inersia Bidang X-Y Pada Sumbu Y	99
Tabel 5.11 Nilai Momen Titik Berat Bidang Y-Z	101
Tabel 5.12 Nilai Momen Inersia Bidang Y-Z	102
Tabel 5.13 Nilai Momen Inersia Bidang Y-Z Pada Sumbu Z	103
Tabel 5.14 Nilai Momen Inersia Bidang Y-Z Pada Sumbu Y	104
Tabel 5.15 Nilai Momen Titik Berat Bidang X-Z	106
Tabel 5.16 Nilai Momen Inersia Bidang X-Z	108

Tabel 5.17 Nilai Momen Inersia Bidang X-Z Pada Sumbu X	108
Tabel 5.18 Nilai Momen Inersia Bidang X-Z Pada Sumbu Z	109
Tabel 5.19 Nilai Momen Tekuk dan Momen Torsi	113
Tabel 5.20 Nilai Tegangan Tekuk, Tegangan Torsi, Tegangan Ekspansi Serta Tegangan Izin dari Perhitungan Manual	117
Tabel 5.21 Perbandingan Nilai Tegangan Ekspansi Perhitungan Manual Dengan Software CAESAR II.5.10	120



DAFTAR GRAFIK

Grafik 2.1 Pemilihan Kriteria Kondisi Kritis Pada Sistem Perpipaan yang Dihubungkan Dengan <i>Nozzle Static Equipment</i>	10
Grafik 2.2 Pemilihan Kriteria Kondisi Kritis Pada Sistem Perpipaan yang Dihubungkan Dengan <i>Nozzle Static Equipment</i>	11
Grafik 5.1 Perbandingan Nilai Tegangan Sustain Load Perhitungan Manual Dengan Hasil <i>Software</i> CAESAR II.5.10	89
Grafik 5.2 Perbandingan Nilai Tegangan Ekspansi Dengan Tegangan Izin Pada Analisis <i>Software</i> CAESAR II.5.10.....	91
Grafik 5.3 Perbandingan Nilai Tegangan Ekspansi Hasil CAESAR II.5.10 Dengan Tegangan Ekspansi Perhitungan Manual	121



DAFTAR NOTASI

Lambang	Keterangan	Satuan
A	= Luas diameter dalam pipa	m^2
A_i	= Luas permukaan dalam pipa	m^2
A_m	= Luas permukaan pipa	m^2
d_o	= Diameter luar pipa	m
d_i	= Diameter dalam pipa	m
E	= Modulus elastisitas bahan	kN/m^2
f	= Siklus faktor pipa	-
F_{ax}	= Gaya aksial	N
F_x	= Gaya yang bekerja pada sumbu X	N
F_y	= Gaya yang bekerja pada sumbu Y	N
F_z	= Gaya yang bekerja pada sumbu Z	N
I_p	= Momen inersia penampang pipa	m^4
L	= Panjang atau jarak	m
M	= Momen	Nm
M_t	= Momen torsi	Nm
M_b	= Momen tekuk	Nm
M_x	= Momen yang bekerja pada sumbu X	Nm
M_y	= Momen yang bekerja pada sumbu Y	Nm
M_z	= Momen yang bekerja pada sumbu Z	Nm
P	= Tekanan	kN/m^2
R	= Radius lengkung pusat bending pipa	m
r_o	= Radius luar pipa	m
r_i	= Radius dalam pipa	m
S_a	= Tegangan izin maksimum dari kode ASME B31.3	kN/m^2
S_b	= Tegangan tekuk	kN/m^2

S_c	= Tegangan izin pada temperatur terendah	kN/m ²
S_e	= Tegangan ekspansi termal	kN/m ²
S_l	= Tegangan akibat beban <i>sustain</i>	kN/m ²
S_h	= Tegangan izin maksimal pada temperatur tertinggi	kN/m ²
S_{ip}	= Tegangan yang disebabkan tekanan dalam pipa	kN/m ²
S_t	= Tegangan torsi	kN/m ²
t	= Ketebalan dinding pipa	m
T	= Temperatur	°C
U	= Jarak langsung antar dua ankor	m
W	= Bobot pipa	N/m
α	= Koefisien muai pipa	mm / m°C
Z	= Modulus penampang pipa	m ³
σ_{ax}	= Tegangan aksial	kN/m ²
σ_{ip}	= Tegangan akibat tekanan dalam pipa	kN/m ²
σ_l	= Tegangan longitudinal	kN/m ²
Δl	= Pemuaiian pipa akibat ekspansi termal	mm
Δx	= Pemuaiian pipa pada sumbu x	mm
Δy	= Pemuaiian pipa pada sumbu y	mm
Δz	= Pemuaiian pipa pada sumbu z	mm

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul
Lampiran 1	<i>Gambar Piping and Instrumentation Diagram.</i>
Lampiran 2	<i>Gambar Piping Isometric Drawing.</i>
Lampiran 3	<i>Line Pressure Rating and Condition.</i>
Lampiran 4	<i>Piping Material Spesification.</i>
Lampiran 5	Batas Tegangan Izin Material Berdasarkan Kode ASME B31.3
Lampiran 6	Nilai Koefisien Muai Material (α) Berdasarkan Kode ASME B31.3
Lampiran 7	Nilai Modulus Elastisitas Material (E) Berdasarkan Kode ASME B31.3
Lampiran 8	Data Hasil Perhitungan Dari Software CAESAR II.5.10.