

TUGAS AKHIR

Analisa Kekuatan Sambungan Pipa Yang Menggunakan *Expansion Joint* Pada Sambungan Tegak Lurus

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



**UNIVERSITAS
MERCU BUANA**

Disusun Oleh :

Nama : Nugroho Jati Waluyo

NIM : 41308110002

Program Studi : Teknik Mesin

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MERCU BUANA

JAKARTA

2013

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Nugroho Jati Waluyo

NIM : 41308110002

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Judul Skripsi : Analisa Kekuatan Sambungan Pipa Yang
Menggunakan *Expansion Joint* Pada
Sambungan Tegak Lurus

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

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

Penulis,



(Nugroho Jati Waluyo)

LEMBAR PENGESAHAN

Analisa Kekuatan Sambungan Pipa Yang Menggunakan *Expansion Joint* Pada Sambungan Tegak Lurus

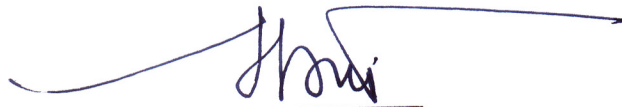
Disusun Oleh :

Nama : Nugroho Jati Waluyo

NIM : 41308110002

Program Studi : Teknik Mesin

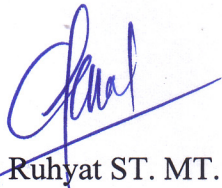
Pembimbing,



(DR. Abdul Hamid M.Eng)

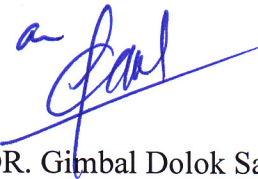
Mengetahui,

Koordinator Tugas Akhir



(Nanang Ruhyat ST. MT.)

Ketua Program Studi



(Prof. DR. Gimbal Dolok Saribu)

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur saya panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya atas kemudahan-kemudahan yang telah diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini.

Tujuan dari penyusunan laporan tugas akhir ini ditujukan untuk memenuhi sebagai persyaratan untuk mendapatkan gelar sarjana Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Universitas Mercu Buana. Tugas akhir ini berjudul : **Analisa Kekuatan Sambungan Pipa Yang Menggunakan *Expansion Joint* Pada Sambungan Tegak Lurus.**

Pada kesempatan ini tidak lupa penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas bantuan, dukungan serta bimbingannya hingga terselesainya laporan tugas akhir ini kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan anugrah, berkat, nikmat sehat dan nikmat hidup sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Prof. DR. Gimbal Dolok Saribu , selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
3. Bapak DR. Abdul Hamid M.Eng , selaku dosen pembimbing yang telah memberikan pengarahan dan waktunya sehingga laporan ini dapat terselesaikan.

4. Bapak Nanang Ruhyat ST. MT. , selaku koordinator tugas akhir jurusan Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
5. Semua dosen Universitas Mercu Buana, terima kasih atas semua ilmu-ilmunya.
6. Bapak Ir. Teguh Pudji Hertanto M.Sc , selaku Piping Departemen Head di PT. IKPT yang telah memberi izin untuk melakukan studi kasus tugas akhir ini.
7. Orang tua yang telah mendidik dan memberikan doa dan support, yang selalu menguatkan, Bapak Ignatius Waluyo (alm) dan Ibu CH. Titik Siswanti yang tercinta. Keluarga terkasih yang menjadi motivasi penulis lebih giat bekerja dan belajar.
8. Para rekan-rekan kerja yang ada di PT. IKPT, terima kasih atas segala ilmunya, serta teman-teman kuliah angkatan-13 Universitas Mercu Buana.

Pada kesempatan ini, penulis juga ingin meminta maaf yang sebesar-besarnya apabila selama penulis melakukan tugas akhir diperusahaan terdapat kesalahan dan kekurangan yang tidak diharapkan. Penulis juga mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk mengisi kekurangan-kekurangan yang ada, karena penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan sehingga masih jauh dari sempurna.

Akhir kata dengan segala kerendahan hati penulis mengharapkan masukan dan saran demi kesempurnaan tugas akhir ini dan semoga dapat bermanfaat bagi pembaca.

Jakarta, Januari 2013

Nugroho Jati Waluyo

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pernyataan	ii
Halaman Pengesahan	iii
Abstrak	iv
Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vii
Daftar Tabel	xi
Daftar Gambar	xii
Daftar Grafik	xv
Daftar Notasi	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Balakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Metode Penelitian	4

1.6.	Sistematika Penelitian	4
------	------------------------------	---

BAB II LANDASAN TEORI

2.1.	Sejarah dan Pendahuluan Sistem Perpipaan	7
2.2.	Perancangan Sistem Perpipaan	9
2.2.1.	Filosofi <i>Design</i>	9
2.2.2.	Spesifikasi dan Kriteria Perancangan	10
	Sistem Perpipaan	
2.3.	Standar dan Kode	12
2.4.	Material Sistem Perpipaan	14
2.4.1.	Pipa	15
2.4.2.	<i>Valve</i> dan <i>Fitting</i>	17
2.4.3.	<i>Flange</i> dan <i>Gasket</i>	18
2.4.4.	Penjelasan dan Jenis <i>Expansion Joint</i>	18
2.5.	Analisa Tegangan	21
2.6.	<i>Critical Line</i> dan <i>Checking Grade</i>	24
2.7.	Teori Tegangan dan Gaya	27
2.7.1.	Gaya	28
2.7.2.	Tegangan	29

2.7.3.	<i>Displacement</i>	36
2.7.4.	Tegangan yang Dijinkan (<i>Allowable Stress</i>)	37
2.7.5.	Perhitungan Tebal Dinding Pipa	39
2.8.	<i>Pipe Support</i>	40
2.8.1.	Filosofi <i>Pipe Support</i>	40
2.8.2.	Jenis-jenis <i>Pipe Support</i>	40
2.8.3.	Jarak Penyangga (<i>Span Support</i>)	41
2.9.	Langkah-Langkah Analisa Dengan	43
	<i>Software CAESAR II</i>	
2.9.1.	Permodalan	43
2.9.2.	Tahap Analisa	46
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	
3.1.	Diagram Alir	50
3.2.	Penjelasan Proses Diagram Alir	51
3.3.	Langkah-Langkah Pengolahan Data	54
BAB IV	PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA	
4.1.	Data-Data Awal Analisa Tegangan	57
4.1.1	Perhitungan Tebal Dinding Pipa	59

4.1.2	Perhitungan <i>Displacement Nozzle</i>	60
4.1.3	Perhitungan Jarak Penyangga Pipa	60
	<i>(Span Support)</i>	
4.2.	Tegangan Maksimum yang Dijinkan	62
4.3.	Analisa Tegangan dan Hasil Data <i>Output</i>	63
	<i>Software CAESAR II</i>	
4.3.1.	Hasil <i>Output Software CAESAR II</i>	64
4.3.2.	Tegangan Karena Beban	67
	Tetap (<i>Sustained Load</i>)	
4.3.3.	Tegangan Karena Beban	68
	<i>Thermal (Expansion Load)</i>	
BAB V	ANALISA HASIL	
5.1.	Analisa Hasil <i>Output</i>	70
5.2.	Pemecahan Kasus	72
BAB VI	PENUTUP	
6.1.	Simpulan	78
6.2.	Saran	79
Daftar Pustaka	80
Lampiran	81

DAFTAR TABEL

		Hal.
Tabel 2.1	Batasan Beban <i>Nozzle</i> Pompa	37
Tabel 2.2	Standar <i>Span Support</i>	42
Tabel 5.1	Tegangan Pada <i>Line no.</i> PA211-8SLC-27810-ASA2-(P)	70

DAFTAR GAMBAR

	Hal.
Gambar 2.1 Teknik Pembuatan Pipa <i>Seamless</i>	16
Gambar 2.2 Teknik Pembuatan Pipa <i>Welded</i>	16
Gambar 2.3 <i>Routing</i> Pipa Dengan Pemasangan <i>Single Expansion Joint</i>	19
Gambar 2.4 <i>Routing</i> Pipa Dengan Pemasangan <i>Universal Expansion Joint</i>	20
Gambar 2.5 <i>Routing</i> Pipa Dengan Pemasangan <i>Pressure Balanced Expansion Joint</i>	20
Gambar 2.6 <i>Routing</i> Pipa Dengan Pemasangan <i>Hinged Expansion Joint</i>	21
Gambar 2.7 <i>Routing</i> Pipa Dengan Pemasangan <i>Gimbal Expansion Joint</i>	21
Gambar 2.8 Contoh Penyelesaian Kasus Dengan <i>Expansion Loop</i>	23
Gambar 2.9 Contoh Penyelesaian Kasus Dengan <i>Expansion Leg</i>	23
Gambar 2.10 Contoh Penyelesaian Kasus Dengan Pemasangan <i>Expansion Joint</i>	24
Gambar 2.11 Arah Beban	30

Gambar 2.12	Tegangan Akibat Beban Aksial	30
Gambar 2.13	Tegangan Akibat Tekanan	31
Gambar 2.14	Tegangan Akibat <i>Bending Moment</i>	31
Gambar 2.15	Tegangan <i>Longitudinal</i>	33
Gambar 2.16	Tegangan <i>Tangensial</i>	34
Gambar 2.17	Tegangan Akibat Gaya Geser	35
Gambar 2.18	Tegangan Akibat Momen Puntir	36
Gambar 2.19	Tampilan Sistem Unit	44
Gambar 2.20	Tampilan Halaman <i>Input</i> Permodelan	45
Gambar 2.21	Contoh Tampilan Hasil Permodelan	46
Gambar 2.22	Tampilan “ <i>Error and Warning</i> ” Permodelan	47
Gambar 2.23	Tampilan Pemilihan Hasil <i>Output</i>	48
Gambar 2.24	Tampilan Reaksi Jalur Pipa Pada Saat Operasi	48
Gambar 2.25	Tampilan Hasil Analisa	48
Gambar 3.1	Diagram Alir Analisa Kekuatan Sambungan Pipa Yang Menggunakan <i>Expansion Joint</i> Pada Sambungan Tegak Lurus	49
Gambar 4.1	Tampilan Permodelan <i>Line no.</i> PA211-8SLC-27810-ASA2-(P) Pada Kondisi Operasi	64

Gambar 4.2	Hasil <i>Output</i> Beban <i>Nozzle</i> Pompa Pada <i>Line no.</i> PA211-8SLC-27810-ASA2-(P)	64
Gambar 5.1	Tampilan Permodelan Dengan Penunjukan Titik Kritis	71
Gambar 5.2	Tampilan Sebelum Perbaikan	73
Gambar 5.3	Tampilan Setelah Perbaikan	74
Gambar 5.4	Hasil <i>Output</i> Beban <i>Nozzle</i> Pompa Pada <i>Line no.</i> PA211-8SLC-27810-ASA2-(P) Setelah Perbaikan	77

DAFTAR GRAFIK

		Hal.
Grafik 2.1	Pemilihan Kriteria <i>Critical Line</i> Sistem Perpipaan yang Dihubungkan Dengan <i>Nozzle Static Equipment</i>	25
Grafik 2.2	Pemilihan Kriteria <i>Critical Line</i> Sistem Perpipaan yang Dihubungkan Dengan <i>Nozzle Rotating Equipment</i>	26
Grafik 2.3	Diagram <i>Stress-Strain</i>	27

DAFTAR NOTASI

Notasi	Keterangan	Satuan
A_m	Luas penampang pipa	mm^2
A_i	Luas penampang diameter dalam pipa	mm^2
c	Laju korosi	mm
C	Jarak dari garis sumbu pipa ke titik untuk perhitungan <i>bending moment</i>	mm
d_o	Diameter luar pipa	mm
$d_{o \text{ insul}}$	Diameter luar insulasi pipa	mm
d_i	Diameter dalam pipa	mm
E	Faktor kualitas produksi	-
F	Faktor pengurangan stress	-
F_{ax}	Gaya aksial	N
h	Karakteristik fleksibilitas	-
I	Momen inersia	mm^4
i_i	Faktor intensifikasi tegangan pada bidang dalam	-
i_o	Faktor intensifikasi tegangan pada bidang luar	-

l	Panjang pipa yang diperhitungkan	mm
L	Jarak tumpuan maksimum pipa	mm
L_n	Panjang material atau <i>nozzle</i>	mm
M_b	Momen bending	N.mm
M_i	Momen bending pada diameter dalam pipa	N.mm
M_o	Momen bending pada diameter luar pipa	N.mm
M_T	Momen puntir	N.mm
P	Tekanan <i>design</i>	N/mm^2
Q	Faktor bentuk tegangan geser (1.33 untuk silinder)	-
R_{elb}	Radius elbow	mm
R_o	Radius luar pipa	mm
r	Radius rata-rata pipa	mm
S_A	Tegangan yang diijinkan (<i>allowable stress</i>)	N.mm
S_b	Tegangan bending	N.mm
S_c	Tegangan yang diijinkan pada suhu minimum pada tegangan ijin	N.mm
S_E	Tegangan karena beban <i>thermal</i>	N.mm

S_h	Tegangan yang diijinkan pada suhu maksimum pada tegangan ijin	N.mm
S_H	Tegangan <i>hoop</i>	N.mm
S_L	Tegangan <i>longitudinal</i>	N.mm
S_{oc}	Tegangan karena beban okasional	N.mm
t	Tebal dinding pipa	mm
V	Gaya geser	N
W	Berat total sistem perpipaan per satuan panjang	N/mm
W_C	Berat isi per satuan panjang	N/mm
W_I	Berat insulasi per satuan panjang	N/mm
W_P	Berat pipa per satuan panjang	N/mm
Y	Koefisien material	-
Z	<i>Modulus of section</i> pipa	mm ³
Δl	Perubahan panjang	mm
ΔT	Selisih suhu	°C
α	Koefisien muai material	mm/mm.°C