

## 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  
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 mempertanggungjawabkan 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

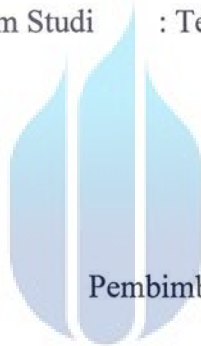
### Analisa Kekuatan Sambungan Pipa Yang Menggunakan *Expansion Joint* Pada Sambungan Tegak Lurus

Disusun Oleh :

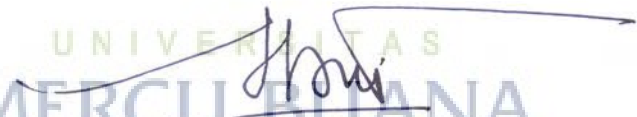
Nama : Nugroho Jati Waluyo

NIM : 41308110002

Program Studi : Teknik Mesin

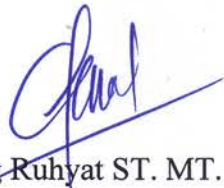


Pembimbing,

  
(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 Belakang 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 Diijinkan ( <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
<b>BAB III</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1.	Diagram Alir .....	50
3.2.	Penjelasan Proses Diagram Alir .....	51
3.3.	Langkah-Langkah Pengolahan Data .....	54
<b>BAB IV</b>	<b>PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA</b>	
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>	
<b>BAB V</b>	<b>ANALISA HASIL</b>	
5.1.	Analisa Hasil <i>Output</i> .....	70
5.2.	Pemecahan Kasus .....	72
<b>BAB VI</b>	<b>PENUTUP</b>	
6.1.	Simpulan .....	78
6.2.	Saran .....	79
<b>Daftar Pustaka</b>	.....	80
<b>Lampiran</b>	.....	81

## DAFTAR TABEL

		<b>Hal.</b>
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

	<b>Hal.</b>
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

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



## DAFTAR NOTASI

Notasi	Keterangan	Satuan
$A_m$	Luas penampang pipa	$\text{mm}^2$
$A_i$	Luas penampang diameter dalam pipa	$\text{mm}^2$
$c$	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	$\text{mm}^4$
$i_i$	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
$S_{occ}$	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 <sup>3</sup>
$\Delta l$	Perubahan panjang	mm
$\Delta T$	Selisih suhu	°C
$\alpha$	Koefisien muai material	mm/mm.°C