



**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**PERANCANGAN DAN ANALISA TEGANGAN SISTEM  
PERPIPAAN DENGAN METODE ELEMEN HINGGA**

**TUGAS AKHIR**

**EBIET KURNIAWAN**

**L2E 007 029**

**FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN**

**SEMARANG  
OKTOBER 2012**

## TUGAS SARJANA

Diberikan kepada :

Nama : Ebiet Kurniawan

NIM : L2E 007 029

Pembimbing I : Ir. Djoeli Satrijo, MT

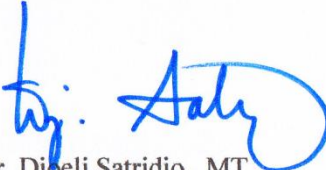
Jangka Waktu : 7 (tujuh) bulan

Judul : Perancangan dan Analisa Tegangan Sistem Perpipaan dengan Metode Elemen Hingga

Isi Tugas :

1. Perancangan dan pemodelan sistem perpipaan.
2. Menganalisa sistem perpipaan akibat beban operasi.

Dosen Pembimbing ,



Ir. Djoeli Satridjo, MT


NIP. 196107121988031003

## **HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS**

**Tugas Sarjana ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.**

NAMA : Ebiet Kurniawan

NIM : L2E 007 029

Tanda Tangan : 

Tanggal : Oktober 2012

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

NAMA : Ebiet Kurniawan

NIM : L2E 007 029

Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin / S-1

Judul Skripsi : Perancangan dan Analisa Tegangan Sistem Perpipaan dengan Metode Elemen Hingga

**Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan/Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.**

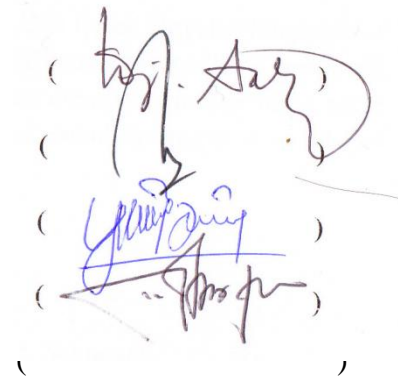
### TIM PENGUJI

Pembimbing I : Ir. Djoeli Satrijo, MT

Penguji : Dr. Ir. Eflita Yohana, MT

Penguji : Yusuf Umardhani, ST, MT

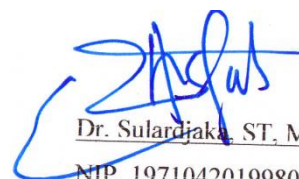
Penguji : Dr. Jamari, ST, MT



Semarang, Oktober 2012

Jurusan Teknik Mesin

Ketua,



Dr. Sulardjaka, ST, MT

NIP. 197104201998021001

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

Sebagai sivitas akademika Universitas Diponegoro, yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ebiet Kurniawan  
NIM : L2E 007 029  
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Tugas Akhir

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**“Perancangan dan Analisa Tegangan Sistem Perpipaan dengan Metode Elemen Hingga”**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang  
Pada Tanggal : Oktober 2012

Yang menyatakan



(Ebiet Kurniawan)

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Tugas Sarjana ini sebagai rasa syukur Penulis dan dipersembahkan untuk:

- ✓ Bapak, Ibu, Adik dan keluarga besar tercinta yang selalu memberikan do'a dan dukungan baik moril maupun material.
- ✓ Teman-teman Teknik Mesin UNDIP angkatan 2007 sebagai motivator, inspirator, dan kompetitor.

## ABSTRAK

Sistem perpipaan sangat penting di dalam dunia industri karena berfungsi untuk mengalirkan fluida kerja untuk proses. Perancangan pada sistem perpipaan yang dibuat mengacu pada code ASME B31.3. Pada perancangan sistem perpipaan ini berfungsi untuk proses pemurnian PTA (*Purified Terephthalic Acid*). PTA merupakan bahan dasar pembuatan *polyester*. Di dalam proses pembuatan PTA diperlukan tekanan sebesar  $89 \text{ kg/cm}^2 \text{ G}$ , tempertaur mencapai  $288 \text{ }^\circ\text{C}$ , dengan debit  $71,7 \text{ m}^3/\text{jam}$ . Untuk memenuhi kebutuhan desain, tekanan dan temperatur operasi dinaikan lebih dari 10 %, sehingga memperoleh tekanan desain sebesar  $123 \text{ kg/cm}^2 \text{ G}$ , dengan temperatur desain sebesar  $315 \text{ }^\circ\text{C}$ . Untuk perancangan dan analisa tegangan pada sistem perpipaan menggunakan metode elemen hingga. Perancangan sistem perpipaan yang dibuat terdiri dari 6 jalur. Nilai tegangan tertinggi pada jalur pertama  $68,6 \text{ MPa}$  akibat beban *sustain* dan  $74,3 \text{ MPa}$  akibat beban operasi, pada daerah percabangan  $62,7 \text{ MPa}$  akibat beban *sustain* dan  $63,7 \text{ MPa}$  akibat beban operasi. Nilai tegangan tertinggi pada jalur ke dua  $62,6 \text{ MPa}$  akibat beban *sustain* dan  $110,9 \text{ MPa}$  akibat beban operasi. Nilai tegangan tertinggi pada jalur ke tiga  $59,3 \text{ MPa}$  akibat beban *sustain* dan  $94 \text{ MPa}$  akibat beban operasi. Nilai tertinggi pada jalur ke empat  $75,8 \text{ MPa}$  akibat beban *sustain* dan  $98,3 \text{ MPa}$  akibat beban operasi. Nilai tertinggi pada jalur ke lima  $59,8 \text{ MPa}$  akibat beban *sustain* dan  $97,6 \text{ MPa}$  akibat beban operasi. Pada jalur ke enam  $80 \text{ MPa}$  akibat beban *sustain* dan  $92,5 \text{ MPa}$  akibat beban operasi. Nilai tegangan tertinggi akibat *acceptance test* dengan tekanan 1,5 kali tekanan desain sebesar  $121,7 \text{ MPa}$ . Pada sistem perpipaan akan terjadi konsentrasi tegangan yang besar pada daerah percabangan dan belokan, jika nilai tegangan tersebut melebihi batas ijin material akan menyebabkan kegagalan pada struktur tersebut, oleh sebab itu di dalam perancangan sistem perpipaan harus memperhatikan kekuatan dan fleksibilitas dari struktur tersebut.

Kata kunci : Sistem perpipaan, fleksibilitas, konsentrasi tegangan, metode elemen hingga

## **ABSTRACT**

*Piping systems are very important in industry because it serves to flow the working fluid for the process. The design of piping systems was made by reference to ASME B31.3 code. The design of piping systems aims for the purification process PTA (Purified Terephthalic Acid). PTA is a raw material of polyester. In the PTA process required a pressure of 89 kg/cm<sup>2</sup> G, temperature up to 288 ° C, with 71.7 m<sup>3</sup>/hr discharge. To achieve the design requirement, pressure and operating temperature increased over 10%, so as to obtain the design pressure of 123 kg/cm<sup>2</sup>, with a design temperature of 315 ° C. To design and stress analysis of piping systems using finite element method. The design of piping systems which made consists of 6 lines. The highest stress value on the first line 68.6 MPa due to sustain load and 74.3 MPa due to expansion load, the area of branching 62.7 MPa due to sustain load and 63.7 MPa due to expansion load. The highest stress value on the second line 62.6 MPa due to sustain load and 110.9 MPa due to expansion load. The highest stress value on the third line 59.3 MPa due to sustain load and 94 MPa due to expansion load. The highest stress value on the fourth 75.8 MPa due to sustain load and 98.3 MPa due to expansion load. The highest stress value on the five line 59, 8 MPa due to sustained loads and 97.6 MPa due to expansion load. The highest stress value on the six line 80 MPa due to sustain loads and 92.5 MPa due to operating expansion. The highest stress value due to acceptance test pressure of 1.5 times the design pressure of 121.7 MPa. In piping systems will be a large stress concentration on the curves areas and branching. If the stress value exceeds the limits of the material, it will cause the failure of the structure, and therefore in the design of piping systems should pay attention to the strength and flexibility of the structure.*

*Keywords : Piping system, fleksibility, stress concentration, Finite Element Method*



## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur penulis panjatkan atas karunia Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini. Tidak lupa penulis mengucapkan terimakasih kepada,

1. Kedua Orang tua yang telah sabar mendidik, membesarkan dan berdoa untuk penulis.
2. Bapak Ir. Djoeli Satrijo, MT sebagai Dosen pembimbing Tugas Akhir.

Penulis menyadari bahwa laporan Tugas akhir ini jauh dari sempurna dan masih banyak kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan beberapa saran dan kritik yang membangun agar laporan ini jauh lebih baik. Semoga laporan ini bisa bermanfaat bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya.

Semarang, Oktober 2012

Ebiet Kurniawan  
NIM. L2E 007 029

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN TUGAS SARJANA.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI .....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	vi
ABSTRAK.....	vii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL.....	xviii
NOMENKLATUR .....	xix
BAB I	
PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Batasan Masalah .....	2
1.5 Metode Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
BAB II	
DASAR TEORI .....	5
2.1 Perancangan Produk.....	5

2.2	Definisi Sistem Perpipaan .....	8
2.3	Analisa Kegagalan .....	16
2.4	Perancangan Sistem Perpipaan .....	17
2.5	Komponen Utama Sistem Perpipaan .....	22
2.6	Metode Elemen Hingga .....	32
<b>BAB III</b>		
<b>METODOLOGI PERANCANGAN</b>		
		41
3.1	Bagan Pemodelan Sistem Perpipaan.....	41
3.2	Penentuan Jalur dan Geometri Sistem Perpipaan .....	42
3.3	Pemodelan Sistem Perpipaan dengan CAESAR II.....	53
3.4	Pemodelan Pembebanan Pada Sistem Perpipaan.....	63
<b>BAB IV</b>		
<b>ANALISA DAN PEMBAHASAN</b>		
		68
4.1	Pengantar.....	68
4.2	Hasil dan Analisa Tegangan Sistem Perpipaan .....	69
4.3	Pembahasan.....	104
<b>BAB V</b>		
<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>		
		106
5.1	Kesimpulan .....	106
5.2	Saran .....	107
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		
		108
<b>LAMPIRAN</b>		
		109

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Diagram alir proses perancangan .....	7
Gambar 2. 2 Arah tegangan pada pipa .....	9
Gambar 2. 3 Arah gaya dalam pada pipa .....	11
Gambar 2. 4 Arah tegangan longitudinal pada pipa .....	11
Gambar 2. 5 Arah momen lentur pada pipa .....	12
Gambar 2. 6 Arah tegangan longitudinal keseluruhan pada pipa .....	13
Gambar 2. 7 Arah tegangan hoop ( <i>circumferensial</i> ) pada pipa .....	14
Gambar 2. 8 Arah tegangan akibat gaya geser pada pipa .....	15
Gambar 2. 9 Arah momen puntir pada pipa .....	15
Gambar 2. 10 Arah kombinasi tegangan pada dinding pipa .....	15
Gambar 2. 11 <i>Seamless steel pipe</i> .....	22
Gambar 2. 12 <i>Welded steel pipe</i> .....	24
Gambar 2. 13 <i>Fitting</i> .....	26
Gambar 2. 14 <i>Flange</i> .....	28
Gambar 2. 15 Jenis-jenis <i>support</i> .....	29
Gambar 2. 16 <i>Ball valve</i> .....	31
Gambar 2. 17 <i>Anchor</i> .....	37
Gambar 2. 18 <i>Axial restraint</i> .....	38
Gambar 2. 19 <i>Rod Hanger</i> .....	38
Gambar 2. 20 <i>Sway Strut</i> .....	39
Gambar 2. 21 <i>Structural Steel Restraint</i> .....	39
Gambar 2. 22 <i>Penetrasi Di Dinding / Lantai</i> .....	40
Gambar 2. 23 <i>Slide Support (Pipe Shoe)</i> .....	40
Gambar 3. 1 Diagram alir perancangan dan analisa sistem perpipaan .....	41
Gambar 3. 2 Alur Proses Pembuatan PTA .....	43
Gambar 3. 3 sketsa jalur perpipaan BPS-516-6-15J2S-H50 .....	45
Gambar 3. 4 sketsa jalur perpipaan BPS-527A-6-15J2S-H90 .....	45

Gambar 3. 5 sketsa jalur perpipaan BPS-527B-6-15J2S-H90.....	46
Gambar 3. 6 sketsa jalur perpipaan BPS-527-6-15J2S-H90.....	46
Gambar 3. 7 sketsa jalur perpipaan BPS-520-8-15J2S-H90.....	47
Gambar 3. 8 sketsa jalur perpipaan BPS-521-8-15J2S-H100.....	47
Gambar 3. 9 Kotak penulisan nama pada awal dimulainya proses pemasukan data.....	54
Gambar 3. 10 Kotak standard satuan yang digunakan di CAESAR II .....	54
Gambar 3. 11 Kotak node dan pemilihan standard code.....	54
Gambar 3. 12 Kotak input parameter perancangan .....	55
Gambar 3. 13 Pemodelan sistem perpipaan <i>discharge pump</i> .....	55
Gambar 3. 14 Pemodelan <i>anchor</i> .....	56
Gambar 3. 15 Pemodelan <i>Reducer</i> .....	57
Gambar 3. 16 Pemodelan <i>Flange</i> .....	57
Gambar 3. 17 Pemodelan <i>Valve</i> .....	58
Gambar 3. 18 Pemodelan <i>Support</i> .....	58
Gambar 3. 19 Pemodelan Percabangan Pipa .....	59
Gambar 3. 20 Pemodelan pipa dengan Solidwork.....	70
Gambar 3. 21 Pemodelan <i>Flange</i> dengan Solidwork .....	60
Gambar 3. 22 Pemodelan Percabangan dengan Solidwork .....	60
Gambar 3. 23 isometri perpipaan BPS-516-6-15J2S-H50.....	61
Gambar 3. 24 isometri perpipaan BPS-527A-6-15J2S-H90.....	61
Gambar 3. 25 isometri perpipaan BPS-527B-6-15J2S-H90 .....	62
Gambar 3. 26 isometri perpipaan BPS-527-6-15J2S-H90.....	62
Gambar 3. 27 isometri perpipaan BPS-520-8-15J2S-H90.....	62
Gambar 3. 28 isometri perpipaan BPS-521-8-15J2S-H100.....	63
Gambar 3. 29 <i>Icon error checking</i> pada menu bar .....	63
Gambar 3. 30 Hasil <i>output error checking</i> .....	64
Gambar 3. 31 Tampilan Percabangan Pipa pada <i>software</i> analisa .....	65
Gambar 3. 32 Percabangan pipa setelah dilakukan proses <i>meshing</i> .....	66
Gambar 3. 33 Pemberian beban tekanan internal pada flange pipa.....	66
Gambar 3. 34 Hasil tegangan <i>Equivalent stress von mises</i> .....	67
Gambar 4. 1 Pemodelan sistem perpipaan <i>discharge pump</i> BPS-516-6-15J2S-H50 .....	69

Gambar 4.3 Grafik distribusi tegangan ekuivalen akibat beban operasi pemodelan sistem perpipaan discharge pump BPS-516-6-15J2S-H50.....	70
Gambar 4.3 Pemodelan sistem perpipaan pemanas BPS-527A-6-15J2S-H90.....	71
Gambar 4.4 Grafik distribusi tegangan ekuivalen akibat beban sustain dan operasi pemodelan sistem perpipaan pemanas BPS-527A-6-15J2S-H90.....	72
Gambar 4.5 Pemodelan sistem perpipaan pemanas BPS-527B-6-15J2S-H90.....	73
Gambar 4.6 Grafik distribusi tegangan ekuivalen akibat beban sustain dan operasi pemodelan sistem perpipaan pemanas BPS-527B-6-15J2S-H90.....	74
Gambar 4.7 Pemodelan sistem perpipaan pemanas BPS-527-6-15J2S-H90.....	75
Gambar 4.8 Grafik distribusi tegangan ekuivalen akibat beban sustain dan operasi pemodelan sistem perpipaan pemanas BPS-527-6-15J2S-H90.....	76
Gambar 4.9 Pemodelan sistem perpipaan pemanas BPS-520-8-15J2S-H90.....	77
Gambar 4.10 Grafik distribusi tegangan ekuivalen akibat beban sustain dan operasi pemodelan sistem perpipaan pemanas BPS-520-8-15J2S-H90.....	78
Gambar 4.11 Pemodelan sistem perpipaan pemanas BPS-521-8-15J2S-H100.....	79
Gambar 4.12 Grafik distribusi tegangan ekuivalen akibat beban sustain dan operasi pemodelan sistem perpipaan pemanas BPS-521-8-15J2S-H100.....	80
Gambar 4.13 output nilai beban yang diterima <i>hanger</i> .....	81
Gambar 4.14 Pemodelan percabangan pada sistem perpipaan <i>discharge pump</i> BPS-516-6-15J2S-H50 dengan CAESAR.....	81
Gambar 4.15 Pemodelan percabangan pada sistem perpipaan <i>discharge pump</i> BPS-516-6-15J2S-H50 dengan SolidWork 2007.....	82
Gambar 4.16 (a dan b) Analisa tegangan ekuivalen <i>von misses</i> akibat tekanan internal pada daerah percabangan jalur sistem perpipaan <i>discharge pump</i> BPS-516-6-15J2S-H50 <i>schedule</i> 120 menggunakan <i>software ANSYS workbench 12</i> .....	83
Gambar 4.17 (a dan b) Analisa tegangan ekuivalen <i>von misses</i> akibat tekanan internal pada daerah percabangan jalur sistem perpipaan <i>discharge pump</i> BPS-516-6-15J2S-H50 <i>schedule</i> 120 menggunakan <i>software ANSYS workbench 12</i> .....	84
Gambar 4.18 (a dan b) Analisa tegangan ekuivalen <i>von misses</i> akibat tekanan internal pada daerah percabangan jalur sistem perpipaan <i>discharge pump</i> BPS-516-6-15J2S-H50 <i>schedule</i> 160 menggunakan <i>software ANSYS workbench 12</i> .....	85

Gambar 4.19 (a dan b) Analisa tegangan ekuivalen <i>von mises</i> akibat tekanan internal ditambah gaya dan momen akibat beban operasi pada daerah percabangan jalur sistem perpipaan <i>discharge pump</i> BPS-516-6-15J2S-H50 <i>schedule</i> 160 menggunakan <i>software ANSYS workbench 12</i> .....	86
Gambar 4.20 Pemodelan belokan pipa pada jalur sistem perpipaan <i>discharge pump</i> BPS-516-6-15J2S-H50 dengan CAESAR.....	87
Gambar 4.21 Pemodelan belokan pipa pada jalur sistem perpipaan <i>discharge pump</i> BPS-516-6-15J2S-H50 dengan SolidWork 2007.....	88
Gambar 4.22 Analisa tegangan ekuivalen <i>von mises</i> akibat tekanan internal pada daerah belokan jalur sistem perpipaan <i>discharge pump</i> BPS-516-6-15J2S-H50 menggunakan <i>software ANSYS workbench 12</i> .....	88
Gambar 4.23 Analisa tegangan ekuivalen <i>von mises</i> akibat tekanan internal ditambah gaya dan momen akibat beban operasi pada daerah belokan jalur sistem perpipaan <i>discharge pump</i> BPS-516-6-15J2S-H50 menggunakan <i>software ANSYS workbench 12</i> .....	89
Gambar 4.24 Pemodelan belokan pipa pada jalur sistem perpipaan BPS-527A-6-15J2S-H90 dengan CAESAR.....	90
Gambar 4.25 Pemodelan belokan pipa pada jalur sistem perpipaan BPS-527A-6-15J2S-H90 dengan SolidWork 2007.....	90
Gambar 4.26 Analisa tegangan ekuivalen <i>von mises</i> akibat tekanan internal pada daerah belokan jalur sistem perpipaan BPS-527A-6-15J2S-H90 menggunakan <i>software ANSYS workbench 12</i> .....	91
Gambar 4.27 Analisa tegangan ekuivalen <i>von mises</i> akibat tekanan internal ditambah gaya dan momen akibat beban operasi pada daerah belokan jalur sistem perpipaan BPS-527A-6-15J2S-H90 menggunakan <i>software ANSYS workbench 12</i> .....	91
Gambar 4.28 Pemodelan belokan pipa pada jalur sistem perpipaan BPS-527A-6-15J2S-H90 dengan CAESAR.....	92
Gambar 4.29 Pemodelan belokan pipa pada jalur sistem perpipaan BPS-527A-6-15J2S-H90 dengan SolidWork 2007.....	93

Gambar 4.30 Analisa tegangan ekuivalen <i>von mises</i> akibat tekanan internal pada daerah belokan jalur sistem perpipaan BPS-527A-6-15J2S-H90 menggunakan <i>software ANSYS workbench 12</i> .....	93
Gambar 4.31 Analisa tegangan ekuivalen <i>von mises</i> akibat tekanan internal ditambah gaya dan momen akibat beban operasi pada daerah belokan jalur sistem perpipaan BPS-527A-6-15J2S-H90 menggunakan <i>software ANSYS workbench 12</i> .....	94
Gambar 4.32 Pemodelan belokan pipa pada jalur sistem perpipaan BPS-527B-6-15J2S-H90 dengan CAESAR.....	95
Gambar 4.33 Pemodelan belokan pipa pada jalur sistem perpipaan BPS-527B-6-15J2S-H90 dengan SolidWork 2007.....	95
Gambar 4.34 Analisa tegangan ekuivalen <i>von mises</i> akibat tekanan internal pada daerah belokan jalur sistem perpipaan BPS-527B-6-15J2S-H90 menggunakan <i>software ANSYS workbench 12</i> .....	96
Gambar 4.35 Analisa tegangan ekuivalen <i>von mises</i> akibat tekanan internal ditambah gaya dan momen akibat beban operasi pada daerah belokan jalur sistem perpipaan BPS-527B-6-15J2S-H90 menggunakan <i>software ANSYS workbench 12</i> .....	96
Gambar 4.36 Pemodelan belokan pipa pada jalur sistem perpipaan BPS-527-6-15J2S-H90 dengan CAESAR.....	97
Gambar 4.37 Pemodelan belokan pipa pada jalur sistem perpipaan BPS-527-6-15J2S-H90 dengan SolidWork 2007.....	98
Gambar 4.38 Analisa tegangan ekuivalen <i>von mises</i> akibat tekanan internal pada daerah belokan jalur sistem perpipaan BPS-527-6-15J2S-H90 menggunakan <i>software ANSYS workbench 12</i> .....	98
Gambar 4.39 Analisa tegangan ekuivalen <i>von mises</i> akibat tekanan internal ditambah gaya dan momen akibat beban operasi pada daerah belokan jalur sistem perpipaan BPS-527-6-15J2S-H90 menggunakan <i>software ANSYS workbench 12</i> .....	99
Gambar 4.40 Pemodelan belokan pipa pada jalur sistem perpipaan BPS-520-8-15J2S-H90 dengan CAESAR.....	100
Gambar 4.41 Pemodelan belokan pipa pada jalur sistem perpipaan BPS-520-8-15J2S-H90 dengan SolidWork 2007.....	101



Gambar 4.42 Analisa tegangan ekuivalen <i>von mises</i> akibat tekanan internal pada daerah belokan jalur sistem perpipaan BPS-520-8-15J2S-H90 menggunakan <i>software ANSYS workbench 12</i> .....	101
Gambar 4.43 Analisa tegangan ekuivalen <i>von mises</i> akibat tekanan internal ditambah gaya dan momen akibat beban operasi pada daerah belokan jalur sistem perpipaan BPS-520-8-15J2S-H90 menggunakan <i>software ANSYS workbench 12</i> .....	102
Gambar 4.44 grafik tegangan ekuivalen maksimal <i>acceptance test</i> .....	104

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Nilai koefisien Y .....	20
Tabel 2. 2 <i>Nominal Pipe Size</i> dan <i>Schedule</i> .....	25
Tabel 2. 3 Tipe elemen dalam metode elemen hingga.....	33
Tabel 3. 1 Jalur Perpipaan.....	44
Tabel 3. 2 Perhitungan tegangan akibat tekanan internal .....	51
Tabel 3. 3 Penentuan Tebal Isolasi .....	52
Tabel 3. 4 Jarak Optimum Penyangga .....	52
Tabel 3. 5 Spesifikasi Alat .....	53
Tabel 4. 1 Data input jalur pipa <i>discharge pump</i> BPS-516-6-15J2S-H50.....	69
Tabel 4. 2 Data input jalur pipa pemanas BPS-527A-6-15J2S-H90 .....	71
Tabel 4. 3 Data input jalur pipa pemanas BPS-527B-6-15J2S-H90.....	73
Tabel 4. 4 Data input jalur pipa pemanas BPS-527-6-15J2S-H90 .....	75
Tabel 4. 5 Data input jalur pipa pemanas BPS-520-8-15J2S-H90 .....	77
Tabel 4. 6 Data input jalur pipa pemanas BPS-521-8-15J2S-H100 .....	79
Tabel 4. 7 Tegangan maksimal dengan pemberian tekanan 1.5 kali .....	103

## NOMENKLATUR

Simbol	keterangan	satuan
A	Luas	(mm <sup>2</sup> )
A <sub>i</sub>	Luas permukaan dalam pipa	(mm <sup>2</sup> )
A <sub>m</sub>	Luas rata-rata permukaan pipa	(mm <sup>2</sup> )
D	Diameter pipa	(mm)
d <sub>o</sub>	Diameter luar pipa	(mm)
d <sub>i</sub>	Diameter dalam pipa	(mm)
s <sub>L</sub>	Tegangan arah longitudinal	(N/mm <sup>2</sup> )
s <sub>H</sub>	Tegangan arah sirkumferensial atau <i>hoop</i>	(N/mm <sup>2</sup> )
s <sub>R</sub>	Tegangan arah radial	(N/mm <sup>2</sup> )
P	Tekanan	(N/mm <sup>2</sup> ) (kg/cm <sup>2</sup> )
σ <sub>yield</sub>	<i>yield stress</i>	(MPa)
σ <sub>allowable</sub>	<i>allowable stress</i>	(MPa)
Q	Debit	(m <sup>3</sup> /jam)