



UNIVERSITAS DIPONEGORO

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

TUGAS AKHIR

GAHARA KRISTIANTO

L2E 007 037

**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN**

**SEMARANG
DESEMBER 2012**

TUGAS SARJANA

Diberikan kepada :

Nama : Gahara Kristianto

NIM : L2E 007 037

Pembimbing I : Ir. Djoeli Satridjo, MT

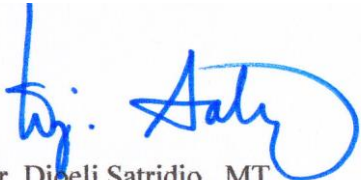
Jangka Waktu : 9 (sembilan) bulan

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 *sustain* dan 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 : Gahara Kristianto

NIM : L2E 007 037

Tanda Tangan :



Tanggal : Desember 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

NAMA : Gahara Kristianto

NIM : L2E 007 037

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 Satridjo, MT

()

Penguji : Ir. Sugeng Tirta Atmadja, MT

()

Penguji : Dr. Jamari, ST, MT

()

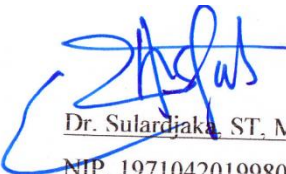
Penguji : Khoiri Rozi, ST, MT

()

Semarang, Desember 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 : Gahara Kristianto
NIM : L2E 007 037
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Tugas Akhir

demi 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 : Desember 2012

Yang menyatakan


(Gahara Kristianto)

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 mengacu pada ASME B31.3. Pada perancangan sistem perpipaan ini berfungsi untuk mengalirkan PTA (*Purified Terephthalic Acid*) yang dicampur dengan H_2O dari 4 buah *discharge pump* sampai dengan masuk ke *heat exchanger* yang pertama untuk diproses lebih lanjut. PTA merupakan bahan dasar pembuatan *polyester*. Di dalam proses ini dibutuhkan tekanan kerja sebesar 10 MPa, dengan tempertaur mencapai 85°C. Untuk memenuhi kebutuhan desain, tekanan dan temperatur operasi dinaikan lebih dari 10 %, sehingga memperoleh tekanan desain sebesar 12 MPa, dengan temperatur desain sebesar 105 °C. Perancangan sistem perpipaan harus memperhatikan fleksibilitas dari struktur. Untuk menganalisa tegangan sistem perpipaan menggunakan metode elemen hingga. Pada sistem perpipaan terjadi konsentrasi tegangan pada daerah percabangan dan belokan.

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

ABSTRACT

Piping system is a vital importance in industrial world, because it's function to conduct the fluid to work. Design of piping system refers to ASME B31.3. This piping system designed to conduct PTA (Purified Terephthalic Acid) which mixed with H₂O from 4 parts of discharge pump until it enters first heat exchanger to be processed furthermore. PTA represents the elementary substance of polyester making. It required equal to 10 MPa work pressure, with temperature reaching 85°C. To fulfill the design requirement, its operation pressure and temperature had to be increased to 10% thus acquired 12 MPa design pressure and 105°C temperature design. Design of piping system should consider the piping flexibility. Finite element method is used to analyze the piping system. In piping system occurs stress concentration, which happened in such area like branches and elbows.

Keywords : piping system, flexibility, 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 Satridjo, 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, Desember 2012



Gahara Kristianto

NIM. L2E 007 037

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.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xvi
NOMENKLATUR	xvii
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	3
BAB II	
DASAR TEORI	5
2.1 Perancangan Produk.....	5

2.2	Definisi Sistem Perpipaan.....	8
2.3	Analisa Kegagalan	15
2.4	Perancangan Sistem Perpipaan	17
2.5	Komponen Utama Sistem Perpipaan	20
2.6	Metode Elemen Hingga.....	32
BAB III		
	METODOLOGI PENELITIAN	36
3.1	Bagan Pemodelan Sistem Perpipaan.....	36
3.2	Penentuan Jalur dan <i>Layout</i> Sistem Perpipaan.....	38
3.3	Pemodelan Sistem Perpipaan dengan CAESAR II.....	44
3.4	Pemodelan Pembebanan Pada Sistem Perpipaan.....	53
BAB IV		
	ANALISA DAN PEMBAHASAN	61
4.1	Pengantar.....	61
4.2	Hasil dan Analisa Tegangan Sistem Perpipaan.....	61
4.3	Pembahasan.....	69
BAB V		
	KESIMPULAN DAN SARAN	71
5.1	Kesimpulan	71
5.2	Saran.....	71
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

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	10
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	12
Gambar 2.7	Arah tegangan <i>hoop (circumferensial)</i> pada pipa	13
Gambar 2.8	Tegangan radial pada pipa	13
Gambar 2.9	Arah tegangan akibat gaya geser pada pipa	14
Gambar 2.10	Arah momen puntir pada pipa	14
Gambar 2.11	Arah kombinasi tegangan pada dinding pipa	15
Gambar 2.12	<i>Seamless steel pipe</i>	21
Gambar 2.13	<i>Welded steel pipe</i>	22
Gambar 2.14	<i>Fitting</i>	24
Gambar 2.15	<i>Butt welded elbow</i>	25
Gambar 2.16	<i>Bend elbow</i>	25
Gambar 2.17	a) <i>Concentric reducer</i> b) <i>Eccentric reducer</i>	26
Gambar 2.18	<i>Butt welded swage</i>	26
Gambar 2.19	a) <i>Straight tee</i> b) <i>Reducing tee</i>	27
Gambar 2.20	<i>Flange</i>	28
Gambar 2.21	Jenis-jenis <i>support</i>	28
Gambar 2.22	<i>Globe valve</i>	29
Gambar 2.23	<i>Ball valve</i>	30
Gambar 2.24	<i>Butterfly valve</i>	30
Gambar 2.25	<i>Gasket</i>	31
Gambar 3.1	Diagram alir perancangan dan analisa sistem perpipaan	36
Gambar 3.2	Alur proses pembuatan PTA	37
Gambar 3.3	Sketsa awal pipa jalur utama <i>BPS-516-6-9J2S-H50</i>	39

Gambar 3.4	Sketsa awal jalur pipa pompa 1 <i>BPS-516-4-9J2S-H40</i>	40
Gambar 3.5	Sketsa awal jalur pipa pompa 2 <i>BPS-517-4-9J2S-H40</i>	40
Gambar 3.6	Sketsa awal jalur pipa pompa 3 <i>BPS-518-4-9J2S-H40</i>	40
Gambar 3.7	Sketsa awal jalur pipa pompa 4 <i>BPS-529-4-9J2S-H40</i>	41
Gambar 3.8	Sketsa awal sistem perpipaan <i>discharge pump</i> BPS-516-6-15J2S-H50	41
Gambar 3.9	Kotak penulisan nama pada awal dimulainya proses pemasukan data	47
Gambar 3.10	Kotak standard satuan yang digunakan di CAESAR II	47
Gambar 3.11	Kotak input parameter perancangan.....	48
Gambar 3.12	Pemodelan sistem perpipaan <i>discharge pump</i>	49
Gambar 3.13	Pemodelan <i>anchor</i>	50
Gambar 3.14	Pemodelan <i>reducer</i>	50
Gambar 3.15	Pemodelan <i>flange</i>	51
Gambar 3.16	Pemodelan <i>valve</i>	51
Gambar 3.17	Pemodelan <i>Support</i>	52
Gambar 3.18	Pemodelan Percabangan Pipa	52
Gambar 3.19	Pemodelan <i>elbow</i> pipa.....	53
Gambar 3.20	Pemodelan pipa dengan Solidwork.....	53
Gambar 3.21	Pemodelan percabangan dengan Solidwork.....	54
Gambar 3.22	Pemodelan <i>elbow</i> dengan Solidwork.....	54
Gambar 3.23	<i>Icon error checking</i> pada <i>menu bar</i>	55
Gambar 3.24	Hasil <i>output error checking</i>	56
Gambar 3.25	Tampilan percabangan pipa pada <i>software</i> analisa	57
Gambar 3.26	Tampilan <i>elbow</i> pipa pada <i>software</i> analisa.....	57
Gambar 3.27	Percabangan pipa setelah dilakukan proses <i>meshing</i>	58
Gambar 3.28	<i>Elbow</i> pipa setelah dilakukan proses <i>meshing</i>	58
Gambar 3.29	Pemberian beban tekanan internal pada daerah percabangan pipa	59
Gambar 3.30	Pemberian beban tekanan internal pada <i>elbow</i> pipa.....	59
Gambar 3.31	Hasil animasi tegangan ekuivalen pada percabangan	60
Gambar 3.32	Hasil animasi tegangan ekuivalen pada <i>elbow</i>	60
Gambar 4.1	Pemodelan sistem perpipaan <i>discharge pump</i> BPS-516-6-15J2S-H50	63

Gambar 4.2	Grafik tegangan ekuivalen akibat beban <i>sustain</i> pemodelan sistem perpipaan <i>discharge pump</i> BPS-516-6-15J2S-H50 menggunakan <i>software CAESAR II</i>	64
Gambar 4.3	Letak <i>node 55</i> sebagai tegangan ekuivalen terbesar pada sistem perpipaan <i>discharge pump</i> BPS-516-6-15J2S-H50.....	64
Gambar 4.4	Grafik tegangan ekuivalen akibat beban operasi pemodelan sistem perpipaan <i>discharge pump</i> BPS-516-6-15J2S-H50 menggunakan <i>software CAESAR II</i>	65
Gambar 4.5	Letak <i>node 49</i> sebagai tegangan ekuivalen terbesar pada sistem perpipaan <i>discharge pump</i> BPS-516-6-15J2S-H50.....	65
Gambar 4.6	Grafik tegangan ekuivalen pada <i>acceptance test</i> sistem perpipaan <i>discharge pump</i> BPS-516-6-15J2S-H50 menggunakan <i>software CAESAR II</i>	66
Gambar 4.7	Letak <i>node 55</i> sebagai tegangan ekuivalen terbesar pada <i>acceptance test</i> sistem perpipaan <i>discharge pump</i> BPS-516-6-15J2S-H50	67
Gambar 4.8	Pemodelan percabangan pada sistem perpipaan <i>discharge pump</i> BPS-516-6-15J2S-H50	68
Gambar 4.9	Analisa tegangan ekuivalen <i>von misses</i> pada daerah sistem perpipaan <i>discharge pump</i> BPS-516-6-15J2S-H50 akibat tekanan internal menggunakan <i>software ANSYS Workbench 12</i>	69
Gambar 4.10	Perubahan bentuk geometris pada daerah percabangan sistem perpipaan <i>discharge pump</i> BPS-516-6-15J2S-H50 akibat tekanan internal menggunakan <i>software ANSYS Workbench 12</i>	69
Gambar 4.11	Analisa tegangan <i>von mises</i> pada daerah percabangan sistem perpipaan <i>discharge pump</i> BPS-516-6-15J2S-H50 dengan <i>schedule 160</i> akibat tekanan internal menggunakan <i>software ANSYS Workbench 12</i>	70
Gambar 4.12	Analisa tegangan <i>von mises</i> pada daerah percabangan sistem perpipaan <i>discharge pump</i> BPS-516-6-15J2S-H50 dengan <i>schedule 160</i> akibat kombinasi dari tekanan internal dengan gaya dan momen nodal menggunakan <i>software ANSYS Workbench 12</i>	71

Gambar 4.13	Analisa tegangan <i>von mises</i> pada <i>acceptance test</i> daerah percabangan sistem perpipaan <i>discharge pump</i> BPS-516-6-15J2S-H50 dengan <i>schedule</i> 160 menggunakan <i>software ANSYS Workbench 12</i>	72
Gambar 4.14	Pemodelan <i>elbow</i> pada sistem perpipaan <i>discharge pump</i> BPS-516-6-15J2S-H50.....	73
Gambar 4.15	Analisa tegangan <i>von mises</i> pada daerah <i>elbow</i> pada sistem perpipaan <i>discharge pump</i> BPS-516-6-15J2S-H50 akibat tekanan internal menggunakan <i>software ANSYS Workbench 12</i>	74
Gambar 4.16	Analisa tegangan <i>von mises</i> pada daerah <i>elbow</i> pada sistem perpipaan <i>discharge pump</i> BPS-516-6-15J2S-H50 akibat akibat kombinasi dari tekanan internal dengan gaya dan momen nodal menggunakan <i>software ANSYS Workbench 12</i>	75

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Nilai koefisien Y	19
Tabel 2.2	<i>Nominal Pipe Size</i> dan <i>Schedule</i>	23
Tabel 2.3	Tipe elemen dalam metode elemen hingga	32
Tabel 3.1	Jalur Perpipaan	38
Tabel 3.2	Data input perancangan	41
Tabel 3.3	Perhitungan Gaya Dalam.....	44
Tabel 3.4	Penentuan Tebal Isolasi	45
Tabel 3.5	Jarak Optimum Penyangga.....	46
Tabel 3.6	Spesifikasi Alat.....	46
Tabel 3.7	Spesifikasi Alat Penunjang.....	46
Tabel 4.1	Data input jalur pipa <i>discharge pump</i> BPS-516-6-15J2S-H50	63
Tabel 4.2	Data input <i>acceptance test</i>	66
Tabel 4.3	Data input daerah percabangan <i>schedule</i> 120.....	68
Tabel 4.4	Data input daerah percabangan <i>schedule</i> 160 akibat tekanan internal	70
Tabel 4.5	Input gaya dan momen pada daerah percabangan dari <i>software</i> <i>CAESAR II</i>	71
Tabel 4.6	Data input daerah <i>elbow</i>	73
Tabel 4.7	Input gaya dan momen pada daerah <i>elbow</i> dari <i>software</i> <i>CAESAR II</i>	74

NOMENKLATUR

Simbol	keterangan	satuan
A	Luas	(mm ²)
A _i	Luas permukaan dalam pipa	(mm ²)
A _m	Luas rata-rata permukaan pipa	(mm ²)
D	Diameter pipa	(mm)
d _o	Diameter luar pipa	(mm)
d _i	Diameter dalam pipa	(mm)
s _L	Tegangan arah longitudinal	(N/mm ²)
s _H	Tegangan arah sirkumferensial atau <i>hoop</i>	(N/mm ²)
s _R	Tegangan arah radial	(N/mm ²)
P	Tekanan	(N/mm ²)
σ _{yield}	<i>yield stress</i>	(MPa)
σ _{allowable}	<i>allowable stress</i>	(MPa)
Q	Debit	(m ³ /jam)