

## **TUGAS AKHIR**

### **ANALISA *ELASTIS PLASTIS* PIPA SIKU BERDINDING TIPIS TEMBAGA YANG MENDAPAT TEKANAN INTERNAL 70 Psi DENGAN PERANGKAT LUNAK BERBASIS METODE ELEMEN HINGGA**



Tugas Akhir ini Disusun Guna Memperoleh Gelar Kesarjanaan Strata Satu  
Pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Disusun Oleh :

**JOKO WIRANTO**  
**D 200 030 165**

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2011**

## HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir ini telah disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir untuk dipertahankan di depan Dewan Penguji sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana S-1 Teknik Mesin di Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, pada :

Hari :

Tanggal :

Disusun oleh :

Nama : Joko Wiranto

NIM : D 200 030 165

Judul : *Analisa Elastis Plastis* Pipa Siku Berdinding Tipis Tembaga Yang Mendapat Tekanan Internal 70 Psi Dengan Perangkat Lunak Berbasis Metode Elemen Hingga.

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

**Dr. Ir. Supriyono, MT.**

**Ir. Pramuko Ilmu Purboputro, MT.**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir berjudul "**Analisa Elastis Plastis Pipa Siku Berdinding Tipis Tembaga Yang Mendapat Tekanan Internal 70 Psi Dengan Perangkat Lunak Berbasis Metode Elemen Hingga**" ini telah disahkan oleh Dewan Penguji sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana S-1 Teknik Mesin di Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan Oleh :

Nama : Joko Wiranto  
NIM/NIRM : D 200 030 165

Disetujui Pada :

Hari :  
Tanggal :

Dewan Penguji :

1. Dr. Ir. Supriyono, MT. (.....)
2. Ir. Pramuko Ilmu Purboputro, MT. (.....)
3. Agus Yulianto, ST, MT. (.....)

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Jurusan

**Ir. Agus Riyanto, MT**

**Ir. Sartono Putro, MT**

## **MOTTO**

“Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan  
sungguh-sungguh (urusan) yang lain”

(Qs Al-Insyirah : 7)

Orang yang paling utama diantara manusia adalah orang mukmin yang  
mempunyai ilmu, dimana kalau dibutuhkan (orang) dia membawa  
manfaat/memberi petunjuk, dan kalau tidak dibutuhkan dia  
memperkaya/menambah sendiri pengetahuannya.

(H.R. Baihaqi)

“Barang siapa berjalan di suatu jalan untuk menuntut ilmu maka Allah akan  
mempermudah jalan ke surga”.

( H. R. Muslim )

”Masa lalu adalah pengalaman berharga untuk menentukan langkah  
Meraih masa depan”

“Jadilah Selalu Yang Terbaik”

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Karya ini adalah hasil dari perjuangan yang sangat melelahkan, dengan kesabaran, ketekunan dan doa karya ini menjadi sebuah karya yang manis.

Karya ini kupersembahkan kepada :

- ❖ Bapak dan Ibu tercinta, pengorbanan, perhatian, kasih sayang, dorongan semangat serta do'a restu dari Ayah dan Ibu membuat semangat yang berkobar dalam diri ini. Terima kasih Ayah dan Ibu
- ❖ Istri, anak dan adik-adikku tercinta, terima kasih atas do'a, dukungan agar terus maju.
- ❖ Keluargaku yang ada di Klaten.
- ❖ Sahabatku Rohmat Yulianto, mas Agus M Amrullah, Suryadi yang selalu membantu dan memberikan semangat.
- ❖ Rekan-rekan Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin UMS angkatan 2003.
- ❖ Almamaterku.

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Assalamu'alaikum Wr. Wb*

*Alhamdulillahirobbil'alamiin* puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan judul **Analisa *Elastis Plastis* Pipa Siku Berdinding Tipis Tembaga Yang Mendapat Tekanan Internal 70 Psi Dengan Perangkat Lunak Berbasis Metode Elemen Hingga**". Tugas Akhir ini merupakan salah satu program pada pendidikan strata satu Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta dalam meraih gelar sarjana.

Selesainya Penulisan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari pengarahan ,bimbingan, arahan dan masukan dari semua pihak yang telah membantu dan berperan serta dalam pelaksanaan penyelesaian Tugas Akhir ini. Ucapan terima kasih penulis sampaikan terutama kepada :

1. Bapak Ir.Agus Riyanto, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. Bapak Ir.Sartono Putro, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin.
3. Bapak Dr. Ir. Supriyono, MT. selaku pembimbing utama yang telah memberikan pengarahan, bimbingan dan saran hingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.

4. Ir. Pramuko Ilmu Purboputro, MT.selaku pembimbing pendamping yang telah banyak memberikan pengarahan, bimbingan dan saran dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
5. Bapak Marwan effendi,ST,MT.selaku pembimbing akademik yang selalu memberi arahan dan saran.
6. Seluruh Dosen Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat bagi penulis untuk meraih masa depan.
7. Seluruh Staff dan Karyawan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah membantu dalam penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Bapak dan Ibu tercinta, yang tiada hentinya memberikan doa, cinta dan kasih sayang yang tulus serta motivasi yang tak ternilai kepada penulis.
9. Istri dan anakku tercinta yang selalu memberikan semangat dan do'a.
10. Temen–temen teknik mesin '03, ayo semangat ” **Tekun dalam belajar**”

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Untuk itu saran dan kritik yang sifatnya membangun

sangat diharapkan. Harapan penulis semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan orang lain.

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb.*

Surakarta, Juli 2011

Penulis



## Soal Tugas Akhir

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	ii
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	v
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	vi
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vii
<b>LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR</b> .....	x
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvii
<b>ABSTRAKSI</b> .....	xviii
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Perumusan masalah .....	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian .....	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	4
1.6. Sistematika Penulisan .....	4

<b>BAB II DASAR TEORI .....</b>	<b>6</b>
2.1. Tinjauan Pustaka .....	6
2.2. LandasanTeori .....	7
2.2.1.Piping Stress Analisis .....	7
2.2.2. Pengertian Pipa siku.....	12
2.2.2.1. Jenis Pipa Siku.....	13
2.2.3. Pendingin Udara (AC).....	13
2.2.4. Metode Elemen Hingga .....	15
2.2.4.1. Tegangan Bidang.....	16
2.2.4.2. Regangan Bidang .....	23
2.2.4.3.Jenis Elemen Hingga .....	26
2.2.5.Teori Optimasi .....	32
2.2.6. Teori Tegangan dan regangan .....	32
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>40</b>
3.1. Metodologi Penelitian .....	40
3.2. Pengertian ABAQUS .....	42
3.2.1.Preproccesing ( ABAQUS CAE ).....	43
3.2.2.Simulasi ( ABAQUS Standard/ABAQUS <i>Explicit</i> )...	46
3.2.3. <i>Post Processing</i> ( ABAQUS CAE ).....	46
<b>BAB IV HASIL SIMULASI DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>48</b>
4.1. Visualiasi Proses .....	48

4.2. Visualisasi Tegangan Pada Pipa Siku .....	49
a. Pipa Siku dengan jumlah elemen 363 .....	50
b. Pipa Siku dengan jumlah elemen 705 .....	51
c. Pipa Siku dengan jumlah elemen 2685 .....	51
d. Pipa Siku dengan jumlah elemen 11833 .....	52
4.3. Visualisasi regangan <i>plastis</i> pipa, regangan <i>elastis</i> dan grafik <i>plastic dissipation</i> .....	55
4.4. Visualisasi reaksi momen dan gaya reaksi.....	57
4.5. Simulasi <i>Spatial displacement</i> pada pipa .....	58
4.6. Grafik energi regangan dan energi internal .....	61
4.6.1. Grafik energi regangan .....	61
4.6.2. Grafik energi internal.....	62
4.7. Visualisasi <i>Equivalent plastic strain</i> dan <i>Magnitude</i> <i>plastic strain</i> .....	63
4.7.1. Visualisasi <i>equivalent plastic strain</i> .....	64
4.7.2. Visualisasi <i>magnitude plastic strain</i> .....	64
4.8. Visualisasi total regangan mekanik pada pipa, central force dan grafik beban proporsional.....	66
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	68
5.1 Kesimpulan .....	68
5.2 Saran .....	69

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Jenis pipa siku berdasarkan panjang lengkungan dan besar sudut .....	13
Gambar 2.2. Gambar bagian dari mesin pendingin dan alur kerjanya .	15
Gambar 2.3. Elemen garis .....	26
Gambar 2.4. Elemen pelat .....	27
Gambar 2.5. Elemen benda pejal .....	30
Gambar 2.6. Elemen aksisimetrik .....	31
Gambar 2.7. Diagram Tegangan–Regangan <i>True</i> .....	37
Gambar 2.8. Garis Modulus .....	38
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian .....	41
Gambar 3.2. Diagram Alir Proses <i>Running</i> .....	43
Gambar 3.3. Hubungan kerja <i>Preprocessor</i> , <i>Solver</i> dan <i>Postprocessor</i>	47
Gambar 4.1. Visualisasi pipa siku .....	48
Gambar 4.2. Visualisasi distribusi tegangan pada 363 elemen .....	50
Gambar 4.3. Visualisasi distribusi tegangan pada 705 elemen .....	51
Gambar 4.4. Visualisasi distribusi tegangan pada 2685 elemen .....	52
Gambar 4.5. Visualisasi distribusi tegangan pada 11833 elemen .....	53
Gambar 4.6. Diagram batang hubungan tegangan dan jumlah elemen	54
Gambar 4.7. Visualiasi regangan <i>plastis</i> .....	55

Gambar 4.8. Visualisasi regangan <i>elastis</i> .....	56
Gambar 4.9. Gambar grafik <i>plastic disipation</i> .....	56
Gambar 4.10. Visualisasi reaksi momen.....	57
Gambar 4.11. Visualisasi reaksi <i>force</i> .....	67
Gambar 4.12. Simulasi <i>spatial displacement</i> .....	58
Gambar 4.13. Simulasi spatial displacement pad $u_1, u_2, u_3$ .....	59
Gambar 4.14. Grafik energi regangan .....	61
Gambar 4.15. Grafik energi internal.....	62
Gambar 4.16. Visualisasi equivalent <i>plastic strain</i> .....	64
Gambar 4.17. Visualisasi magnitude <i>plastic strain</i> .....	65
Gambar 4.18. Visualisasi regangan mekanik pipa .....	66
Gambar 4.19. Visualisasi <i>central force</i> .....	66
Gambar 4.20. Grafik beban proporsional.....	67

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Tegangan maksimal dan minimal pada Pipa siku .....	54
Tabel 4.2. Tabel energi regangan .....	62
Tabel 4.3. Tabel energi internal .....	63



## ABSTRAKSI

Tujuan yang ingin didapat dari simulasi ini yaitu mengetahui pengaruh besarnya tekanan internal terhadap kekuatan pipa siku berdinding tipis dan untuk mengetahui fenomena yang terjadi pada pipa saat mendapat tekanan internal sehingga didapatkan satu permodelan jaringan pipayang menggunakan pipa siku berdinding tipis untuk optimasi hasil pemipaan yang baik

Pada simulasi ini, model yang digunakan adalah pipa siku berdinding tipis dengan sudut  $90^\circ$  dengan ukuran diameter luar 19mm, diameter dalam 18mm, thicknes 1mm dengan material tembaga. Untuk menganalisa elastis plastis pipa siku dapat dilakukan suatu metode yaitu transformasi nodal.

Hasil dari simulasi analisa elastis plastis pipa siku berdinding tipis dengan ABAQUS 6.5-1 di dapatkan nilai tagangan maksimal pipa siku yang mendapat tekanan internal 70 Psi adalah  $5.500 \times 10^7 \text{N/m}^2$ . Sedangkan dari hasil visualisasi simulasi analisa pipa siku berdinding tipis dengan material tembaga pada jaringan pipa pendingin udara dapat dilihat bahwa pipa yang paling banyak mendapat tekanan adalah pada bagian pipa siku pada sudut bagian dalam yang dapat dilihat pada warna legend pada visualisasi pipa siku dan dari simulasi ini juga dapat disimpulkan bahwa pipa masih mampu menahan tekanan internal yang mengenai dinding pipa sehingga dapat disimpulkan bahwa pipa aman untuk digunakan

**Kata kunci : Pipa siku, Elastis Plastis, Tekanan internal, Pendingin Udara.**