

## PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT. yang telah senantiasa melimpahkan rahmat, berkah dan karunia -Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini dapat terselesaikan berkat bantuan, petunjuk dan bimbingan dari berbagai pihak yang telah banyak membantu proses penyelesaian tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

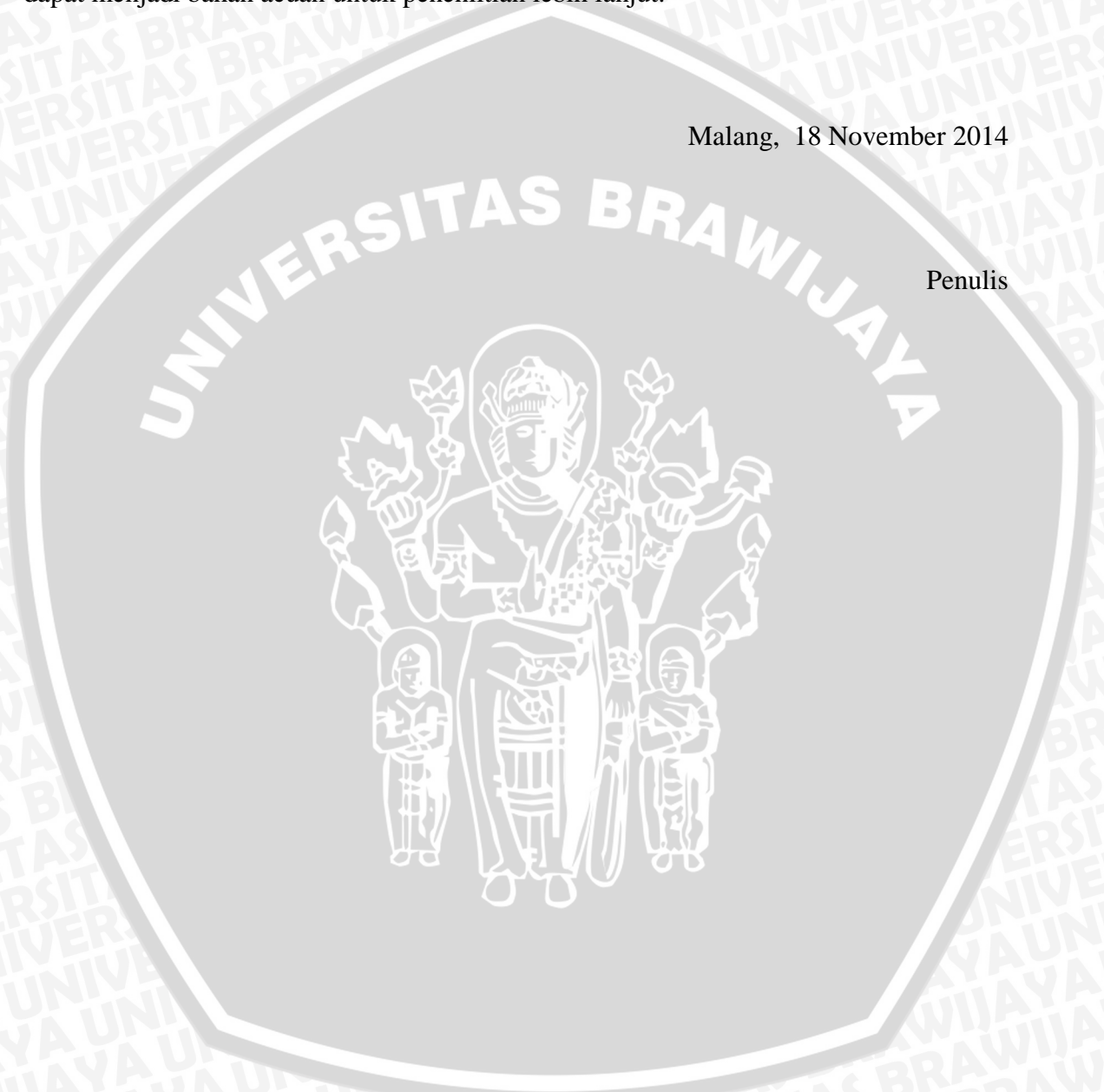
1. Bapak Dr.Eng Nurkholis Hamidi,ST., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Akademik dan Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya.
2. Bapak Purnami, ST., MT. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
3. Ibu Dr.Eng Widya Wijayanti, ST., MT. selaku Ketua Program Studi S1 Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
4. Bapak Ir. Djarot B. Darmadi, MT. Selaku Ketua Kelompok Konsentrasi Teknik Konstruksi Jurusan Mesin Fakultas teknik Universitas Brawijaya.
5. Bapak Ir. Endi Sutikno, MT. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan segala bimbingan, nasehat, pengarahan, motivasi, dan masukan yang telah diberikan.
6. Bapak Ir. Erwin Sulistyo, MT. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan segala bimbingan, nasehat, pengarahan, motivasi, dan masukan yang telah diberikan.
7. Bapak Eryanto Handoko selaku Pembimbing Lapangan di PT. IPMOMI PLTU Paiton Unit 7.
8. Bapak Jumadi, Bapak Rokhmad, Bapak Rouf, seluruh anggota *departement maintenance* dan *departement engineering* PT.IPMOMI PLTU Paiton Unit 7.
9. Seluruh Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang yang bersedia berbagi ilmunya.
10. Kedua orang tua yang tercinta, Bapak Sudi Sartono dan Ibu Christien retnowati, beserta saudaraku Mardiana, Cahya, Aprilliana dan Surya.
11. Anggi Astriana Rizkiani atas dukungan moril, motivasi, doa dan semua hal berharga sampai saat ini.

12. Bapak Eko Siswanto, Mas Arif dan teman – teman asisten Laboratorium Proses Produksi 1.
13. Teman-teman Immortal Jurusan Mesin angkatan 2010.

Semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca sekaligus dapat menjadi bahan acuan untuk penelitian lebih lanjut.

Malang, 18 November 2014

Penulis



## DAFTAR ISI

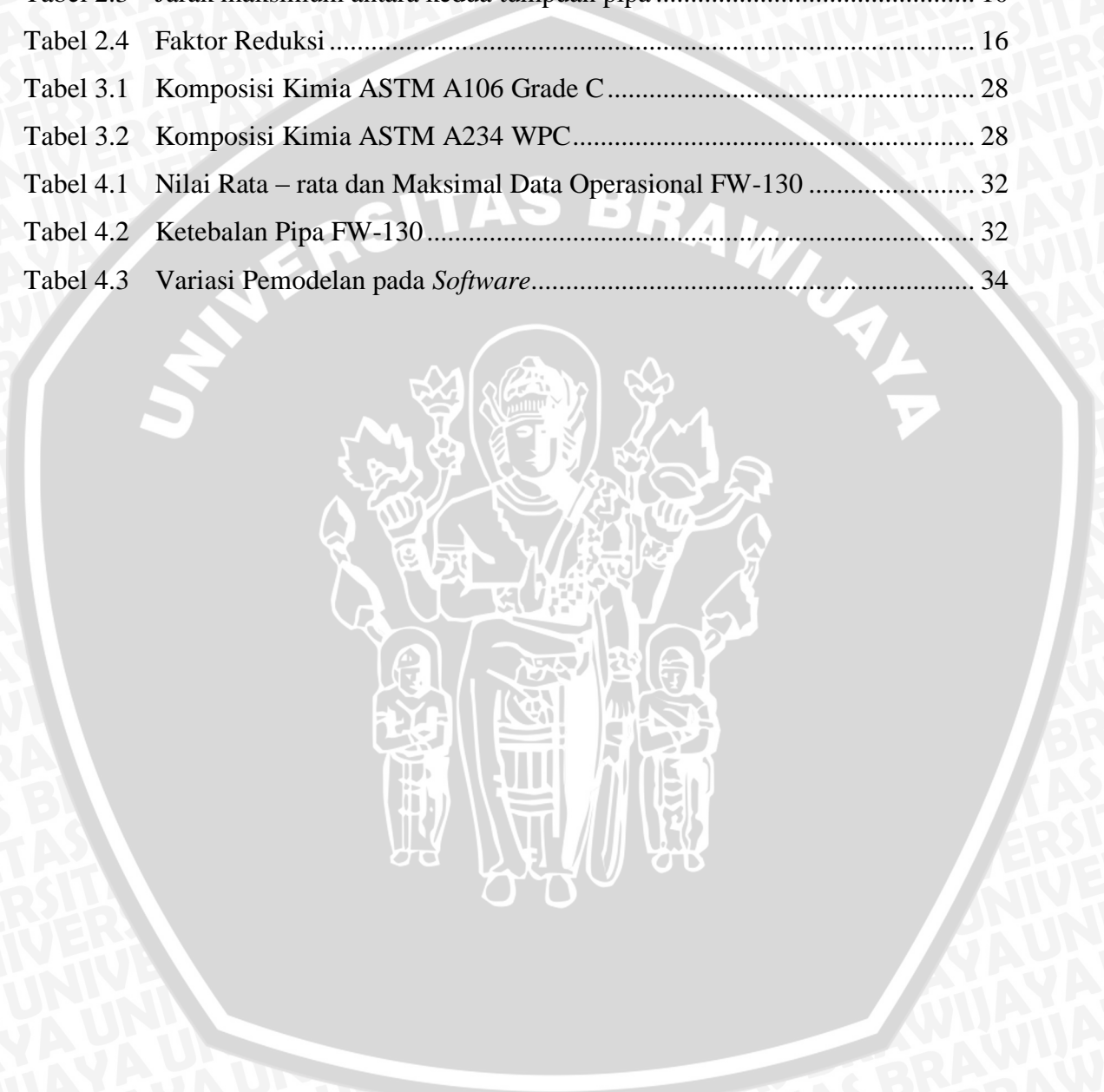
	Halaman
<b>PENGANTAR</b> .....	i
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	v
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	viii
<b>RINGKASAN</b> .....	ix
 <b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
 <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Penelitian Sebelumnya .....	5
2.2 Pipa .....	5
2.2.1 Standar Penomoran Pipa .....	5
2.2.2 Perhitungan Desain Pipa .....	6
2.3 Penyangga Pipa .....	8
2.4 <i>Cold Reheat Spray Water</i> .....	10
2.5 Analisa Tegangan .....	11
2.5.1 Tegangan pada Pipa .....	11
2.5.2 Teori Kegagalan .....	14
2.5.3 Tegangan Izin Material ( <i>Allowable Stress</i> ) .....	15
2.5.4 Tegangan <i>Code</i> .....	15
2.6 Defleksi .....	17
2.6.1 Teori Castigliano .....	17
2.6.2 Strain Energi Akibat Gaya Aksial .....	19
2.6.3 Efek Temperatur .....	20
2.7 Metode Elemen Hingga .....	22
2.7.1 Metode Elemen Hingga pada Sistem Pemipaan .....	23



2.8	Hipotesa .....	26
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>		
3.1	Metode Penelitian .....	27
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian .....	27
3.3	Alat Penelitian .....	27
3.4	Material Properties .....	27
3.5	Desain FW – 130 .....	29
3.6	Variabel Penelitian .....	29
3.7	Prosedur Penelitian .....	30
3.8	Diagram Alir Penelitian .....	31
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		
4.1	Data Penelitian .....	32
4.1.1	Kondisi Operasional Instalasi <i>Feed Water Heater Cold Reheat Spray Water (FW-130)</i> .....	32
4.1.2	Ketebalan Pipa Instalasi <i>Feed Water Heater Cold Reheat Spray Water (FW-130)</i> .....	32
4.2	Batas Tekanan Operasi yang Diizinkan .....	33
4.3	Pemodelan Instalasi FW-130 .....	34
4.4	Contoh Perhitungan Tegangan dan <i>Displacement</i> .....	34
4.4.1	Beban Tetap ( <i>Sustained Load</i> ) .....	35
4.4.2	Beban Ekspansi ( <i>Expansion Load</i> ) .....	39
4.5	Hasil Perhitungan <i>Software</i> .....	40
4.6	Pembahasan .....	41
4.6.1	Analisa Penyebab Kerusakan Isolasi Pipa .....	41
4.6.2	Analisa <i>Code Stress</i> Akibat <i>Sustained Load</i> .....	43
4.6.3	Analisa <i>Code Stress</i> Akibat <i>Expansion Load</i> .....	46
4.6.4	Analisa Total <i>Displacement</i> .....	47
<b>BAB V PENUTUP</b>		
5.1	Kesimpulan .....	49
5.2	Saran .....	50
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		
<b>LAMPIRAN</b>		

**DAFTAR TABEL**

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Ukuran Desain Pipa NPS dan DN .....	6
Tabel 2.2	Koefisien (Y) .....	7
Tabel 2.3	Jarak maksimum antara kedua tumpuan pipa .....	10
Tabel 2.4	Faktor Reduksi .....	16
Tabel 3.1	Komposisi Kimia ASTM A106 Grade C .....	28
Tabel 3.2	Komposisi Kimia ASTM A234 WPC.....	28
Tabel 4.1	Nilai Rata – rata dan Maksimal Data Operasional FW-130 .....	32
Tabel 4.2	Ketebalan Pipa FW-130.....	32
Tabel 4.3	Variasi Pemodelan pada <i>Software</i> .....	34



## DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 1.1	Kerusakan Isolasi pada Instalasi <i>Feed Water Heater Cold Reheat Spray Water</i> .....	2
Gambar 2.1	Pipa <i>Bend</i> .....	7
Gambar 2.2	<i>Anchor</i> .....	8
Gambar 2.3	<i>Pipe Guide</i> .....	9
Gambar 2.4	<i>Pipe Hanger</i> .....	9
Gambar 2.5	<i>Pipe Shoe</i> .....	10
Gambar 2.6	Skema <i>Pipeline FW-130</i> pada PLTU.....	11
Gambar 2.7	Arah Tegangan pada Pipa.....	12
Gambar 2.8	Tekanan dalam Pipa.....	12
Gambar 2.9	Momen <i>Bending</i> pada Pipa.....	13
Gambar 2.10	Faktor Reduksi.....	17
Gambar 2.11	(a) Balok dalam keadaan netral (b) Balok dalam keadaan terdeformasi.....	17
Gambar 2.12	Gaya yang bekerja pada suatu bidang.....	18
Gambar 2.13	Gaya Aksial pada Balok.....	19
Gambar 2.14	Pipa dengan Ujung Bebas.....	21
Gambar 2.15	Pemuaiian Pipa pada Sumbu Longitudinal.....	21
Gambar 2.16	Pipa dengan Ujung Terkekang.....	22
Gambar 2.17	Model Elemen Batang Dua Titik.....	24
Gambar 2.18	Komponen Matriks Kekakuan Elemen <i>Beam</i> .....	25
Gambar 2.19	Komponen Matriks Kekakuan Elemen <i>Truss</i> .....	25
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.....	31
Gambar 4.1	Model Elemen Titik 10–20.....	36
Gambar 4.2	Skema Hasil Simulasi Ekspansi Pipa dengan Menggunakan <i>Software</i> .....	41
Gambar 4.3	Kondisi Aktual Instalasi FW-130 Titik 170 dan 180.....	42
Gambar 4.4	<i>Code Stress Akibat Sustained Load Masing – masing Model Antara Titik 140 – 230</i> .....	43
Gambar 4.5	Skema Titik 200 Model 1 dan 2.....	44



Gambar 4.6 *Code Stress Akibat Expansion Load Masing – masing Model*  
Antara Titik 140 – 230 ..... 46

Gambar 4.7 *Skema Titik 200 Model 2*..... 48



## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Denah PLTU Paiton Unit 7
- Lampiran 2 Material *Properties* ASTM A106 Grade C dan ASTM A234 WPC
- Lampiran 3 Instalasi *Feed Water Heater Cold Reheat Spray Water* (FW-130) Boiler Building PLTU Paiton unit 7
- Lampiran 4 Perubahan Penyangga Pipa pada Titik 200 dan 210
- Lampiran 5 Data Operasional Tekanan, Temperatur dan Debit Instalasi *Feed Water Heater Cold Reheat Spray Water*
- Lampiran 6 *Saturated Water – Temperature Table*
- Lampiran 7 Pemodelan Simulasi Instalasi FW-130 pada *Software* Berbasis Elemen Hingga
- Lampiran 8 Gaya Ujung Akibat Batang Terkekang
- Lampiran 9 Hasil Perhitungan Tegangan dan Ekspansi Titik 140 – 230
- Lampiran 10 Skema Hasil Simulasi Instalasi *Feed Water Heater Cold Reheat Spray Water* Dengan Menggunakan *Software*
- Lampiran 11 Kondisi Titik 180 – 230 Instalasi *Feed Water Heater Cold Reheat Spray Water*





## RINGKASAN

**Agung Kusuma Nugraha Sartono**, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, November 2014, *Modifikasi Ketebalan Pipa pada Feed Water Heater Cold Reheat Spray Water di PT. IPMOMI*, Dosen Pembimbing : Endi Sutikno dan Erwin Sulistyono.

Untuk memproduksi listrik PLTU memerlukan instalasi pipa untuk mengalirkan air maupun uap air. Salah satu instalasi pipa di PLTU adalah *Feed Water Heater Cold Reheat Spray Water* (FW-130). FW-130 memiliki fungsi untuk menyemprotkan air ke dalam pipa main steam yang berasal dari *High Pressure Turbine*. Pada kondisi kerja FW-130 mengalami pemuatan dan defleksi akibat fluida yang mengalir didalamnya. Maka diperlukan penyangga pipa untuk menahan pipa tersebut. Pemilihan dan peletakkan pipa haruslah sesuai dengan standart yang ada. Namun pada aplikasinya karena keterbatasan tempat dan untuk menghemat biaya, pemilihan dan peletakkan penyangga pipa tidak sesuai standart sehingga dapat menyebabkan rusaknya pipa ataupun pembungkus pipa. Kerusakan pembungkus pipa dapat menyebabkan kerusakan pada bagian permukaan luar pipa karena korosi dan juga menyebabkan hilangnya panas pada aliran didalamnya. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui kondisi operasional instalasi FW-130, mengetahui penyebab kerusakan isolasi pipa instalasi FW-130 dan mengetahui pengaruh perubahan ketebalan dinding terhadap pipa code stress dan displacement di daerah yang mengalami kerusakan pada instalasi FW-130.

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode survei untuk mengetahui kondisi operasional dan permasalahan instalasi FW-130 dan metode eksperimental semu dengan tujuan untuk mengetahui tegangan dan *displacement* pada instalasi FW-130 dengan menggunakan *software* yang berbasis elemen hingga. Dalam penelitian ini variabel bebas yang digunakan adalah tebal dinding pipa Sch 80 (8,56mm); Sch 120 (11,12mm) dan Sch 160 (13,49mm).

Berdasarkan hasil survei dan pengolahan data hasil penelitian didapatkan bahwa kondisi operasional instalasi FW-130 berupa tekanan, temperatur dan debit pada tanggal 25 Juni 2014 sampai dengan 26 Juni 2014 tekanan rata – rata = 17366,81 kPa; temperatur rata – rata = 159,89 °C dan debit = 53,40 m<sup>3</sup>/jam. Penyebab kerusakan isolasi pipa instalasi FW-130 yaitu karena pada kedua titik yang mengalami kerusakan memiliki *displacement* terbesar pada instalasi FW-130. Pada titik pertama sebesar -31,53 mm sumbu z; -15,23 mm sumbu x; 2,52 mm sumbu y. Dan pada titik kedua sebesar -31,16 mm sumbu z; -14,14 mm sumbu x; 1,11 mm sumbu y. Tekanan operasional bukan penyebab kerusakan instalasi tersebut, karena masih jauh dibawah tekanan operasional yang diizinkan 17366,81 kPa < 35943,22 kPa. Pada kedua titik yang mengalami kerusakan isolasi tersebut *code stress* akibat *sustained load* maupun *expansion load* masih dibawah tegangan izin, sehingga pipa tidak terjadi kerusakan. Dengan mengganti penyangga pipa pada beberapa titik dan ketebalan pipa yang sama sesuai kondisi saat ini dapat mengurangi *displacement* pipa di daerah yang mengalami kerusakan isolasi. Semakin tipis dinding pipa maka *pressure stress* semakin besar sehingga *code stress* akibat *sustained load* akan semakin besar. Karena *code stress* merupakan penjumlahan dari *bending stress* dan *pressure stress*, dimana dengan perubahan dinding pipa *bending stress* akibat *sustained load* tidak menghasilkan perubahan yang begitu besar dari pada *pressure stress*. Namun semakin tipis dinding pipa *code stress* akibat *expansion load* akan semakin kecil. Dengan merubah ketebalan dinding pipa total *displacement* di daerah yang mengalami kerusakan mengalami penurunan. Penyebab *displacement* terbesar diakibatkan *expansion load*. *Displacement* akibat *expansion load* dipengaruhi oleh modulus elastisitas, luas penampang, koefisien muai panas dan temperatur. Sehingga dengan menurunnya ketebalan dinding pipa maka luas penampang pipa akan semakin kecil, sehingga *displacement* total juga akan semakin kecil.

**Kata Kunci:** (FW-130), tebal pipa, *code stress*, *displacement*.