

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
2013

DAYAT NOFIANSYAH
200990130042

Disusun Oleh:



Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Memperoleh Gelar S-1
Pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

(STUDI KASUS PADA TRAINING PIPE STRESS ANALYSIS
DI PT. AP-GREID, JAKARTA)

TUGAS AKHIR
PENENTUAN TEGANGAN & DEFLLEKSI PADA JALUR PIPA BASE OIL
LINE OB-898330/898333/898334/898335/898336/898337/898338/898339/89840/89841/
89842/89843/89844/89845/-117-1-MENGGUNAKAN SOFTWARE
CAESAR II VERSI 5.00

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**PENENTUAN TEGANGAN & DEFLEKSI PADA JALUR PIPA *BASE OIL*
LINE OB-89830/89833/89834/89835/89836/89837/89838/89839/89840/
89841/89842/89843/89844/89845/-117-1 MENGGUNAKAN
SOFTWARE CAESAR II VERSI 5.00
(Studi Kasus Pada Training Pipe Stress Analysis
Di PT. Ap-Greid, Jakarta)**

Dipersiapkan dan Disusun Oleh :

**DAYAT NOFIANSYAH
2009 013 0042**

Telah Dipertahankan Di Depan Tim Penguji
Pada Tanggal 19 Juli 2013

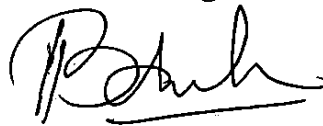
Menyetujui

Pembimbing I



**Tito Hadji Agung S., S.T., M.T.
NIK. 123054**

Pembimbing II



**Muh. Budi Nur Rahman, S.T.
NIP. 19790523 20051 1 001**

Anggota Tim Penguji

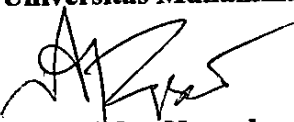


**Sudarisman, M.S.Mechs., Ph.D.
NIP. 19590502 19870 2 1001**

Tugas Akhir Ini Telah Diterima
Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada
Tanggal

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



**Ir. Aris Widyo Nugroho, M.T
NIK. 123 022**

PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir ini adalah hasil karya saya dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan sumbernya dalam naskah dan dalam

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto:

1. "Pendidikan merupakan perlengkapan paling baik untuk hari tua"
(Aristoteles)
2. "Sesuatu mungkin mendatangi mereka yang mau menunggu, namun hanya didapatkan oleh mereka yang bersemangat mengejarnya" (Abraham Lincoln)
3. "Bangsa yang besar adalah bangsa yang menghormati jasa pahlawannya."
(Pidato Bung Karno pada Hari Pahlawan 10 Nop.1961)

Persembahan:

1. Bapak dan Ibu, yang telah memberikan kasih sayang serta doa dan mengajarkan arti kehidupan yang sebenarnya.
2. Untuk kakaku Lisnawati dan Parnyo yang selalu memberikan motivasi dan dukungannya.
3. Untuk adikku Siska Yuliana dan Dhea sebagai keponakan tercinta yang telah menjadi penyemangat.
4. Saudara-saudara dan keluarga besar yang telah memberikan dukungan dan doa sehingga TA ini dapat terselesaikan sesuai dengan keinginan.
5. Dosen pembimbing pertama dan kedua serta dosen penguji tugas akhir yang telah membimbing dan memberi pengarahan.
6. Tim Tugas Akhir, Royyan Abdi Milata, Nuzlul Ihsan, Rahman, yang memberikan bantuan dan motivasinya dalam melakukan tugas akhir.

7. Untuk semua orang yang telah memberikan semangat sehingga TA dapat

**PENENTUAN TEGANGAN & DEFLEKSI MENGGUNAKAN SOFTWARE
CAESAR II VERSI 5.00 PADA JALUR PIPA BASE OIL LINE OB-89830/
89833/89834/89835/89836/89837/89838/89839/89840/89841/89842/89843/89844
/89845/-117-1**

**(STUDI KASUS PADA TRAINING PIPE STRESS ANALYSIS
DI PT. AP-GREID, JAKARTA)**

INTISARI

Sistem perpipaan digunakan untuk mengalirkan fluida kerja dari suatu peralatan ke peralatan lainnya. Dalam sistem perpipaan dimungkinkan terjadi tegangan yang melebihi kekuatan ijinnya, sehingga perlu dilakukan analisis pada sistem perpipaan yang merupakan masalah statik tak tentu berderajat banyak menggunakan *software* yang telah memenuhi kaidah persyaratan sebagai alat bantu berdasarkan *standart codes* untuk perpipaan.

Penentuan tegangan dan defleksi pada jalur pipa dilakukan dengan cara memodelkan sistem perpipaan menggunakan *software* Caesar II versi 5.00 dengan memasukkan data sistem instalasi yang ada seperti beban statis, meliputi beban tekanan, beban temperatur dan beban berat serta beban dinamis, meliputi beban angin dan beban gempa, kemudian dilakukan analisis tegangan dan defleksi pada jalur pipa berdasarkan metode analisis ASME/ANSI B31.3.

Hasil analisis tegangan dan defleksi pada jalur pipa sebelum modifikasi diperoleh rasio tegangan tertinggi terdapat pada *node* 2189 sebesar 77,1 % serta defleksi maksimal di sumbu Y (Dy) pada *node* 628 sebesar 60,96 mm dan setelah dilakukan modifikasi rasionya menjadi 45,8 % pada *node* 2440 akibat beban *occasional*, sedangkan untuk defleksi maksimal terjadi pada pada sumbu X (Dx) terjadi pada *load case* 8 sebesar 3,48 mm yang diakibatkan oleh beban angin, pada sumbu Y (Dy) terjadi pada *load case* 12 sebesar 4,86 mm yang diakibatkan oleh beban *occasional*, dan pada sumbu Z (Dz) defleksi maksimal terjadi pada *load case* 14 sebesar 4,54 mm yang diakibatkan beban *occasional*.

Kata Kunci: Statik tak tentu berderajat banyak, Caesar II versi 5.00, ASME/ANSI B31.3, Sistem perpipaan


KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, atas berkat rahmat dan karunia yang dilimpahkan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul “Penentuan Tegangan & Defleksi Pada Jalur Pipa *Base Oil Line* OB-89830/89833/89834/89835/89836/89837/89838/89839/89840/89841/89842/89843/89844/89845/-117-1 Menggunakan *Software* Caesar II Versi 5.00 (Studi Kasus Pada Training Pipe Stress Analysis Di PT. Ap-Greid, Jakarta)”.

Laporan Tugas Akhir ini sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan studi Jurusan Teknik Mesin di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, penulis menghaturkan ucapan terima-kasih kepada:

1. Allah SWT atas segala rahmat yang dilimpahkan, sehingga penulis bisa melaksanakan tugas akhir ini dengan baik..
2. Bapak Ir. Aris Widyo Nugroho, M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
3. Bapak Tito Hadji Agung Santosa, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I.
4. Bapak Muh. Budi Nur Rahman, S.T. selaku Dosen Pembimbing II.
5. Bapak Sudarisman, M.S.Mechs.,Ph.D. selaku Dosen Penguji Tugas Akhir.
6. Staf dan Dosen jurusan Teknik Mesin UMY semuanya yang tidak dapat disebutkan satu persatu.
7. Tim Tugas Akhir, Royyan Abdi Milata, Nuzlul Ihsan, Rahman, yang memberikan bantuan dan motivasinya dalam melakukan tugas akhir.
8. Semua pihak yang telah membantu terlaksana dan terselesaikannya tugas akhir dan penyusunan laporan ini yang tidak tersebut namanya di sini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penyusunan laporan ini masih perlu penyempurnaan, oleh karena itu dengan segala kerendahan hati



Penulis berharap Laporan Tugas Akhir ini dapat berguna dan bermanfaat

Insyaallah. Kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Semoga Allah SWT memberikan kemudahan dan kelancaran dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Amin.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
INTISARI	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
NOTASI	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.5. Metode Penelitian	4
BAB II DASAR TEORI	
2.1. Teori Tegangan – Regangan Umum	5
2.2. Tegangan Normal.....	8
2.2.1. Gaya Tarik.....	8
2.2.2. Momen Lentur.....	8
2.3. Tegangan Geser	9
2.3.1. Gaya Geser.....	9
2.2.2. Momen Puntir	10
2.4. Kode Standar Desain Pipa	11
2.5. Analisis Tegangan Dina Dalam Tabung Bersambung	13

2.6.	Faktor-Faktor Yang Menyebabkan Tegangan Dalam Pipa	13
2.6.1.	Beban Panas (<i>Thermal</i>)	14
2.6.2.	Beban Berat	14
2.6.3.	Tekanan Internal	15
2.6.3.1.	Tegangan Longitudinal atau Aksial	15
2.6.3.2.	Tegangan Transversal	16
2.7.	Elemen Tegangan-Regangan & Lingkaran Mohr	16
2.8.	Teori Tegangan Normal Maksimum	18
2.9.	Teori Tegangan Geser Maksimum (<i>TRESCA</i>)	19
2.10.	Teori Energi Distorsi Maksimum (<i>Von Mises</i>)	19
2.11.	Kelelahan Metal (<i>fatigue</i>)	20
2.12.	Tegangan Primer dan Tegangan Sekunder	22
2.13.	Beban <i>Occasional</i> (<i>Teknik Kuasi Statik</i>)	23
2.14.	Beban <i>Random</i>	24
2.14.1.	Beban angin	24
2.14.2.	Beban Gempa	26
2.15.	Beban Kejut	27
2.15.1.	Beban <i>relief valve</i>	27
2.15.2.	Beban karena <i>water</i> atau <i>fluid hammer</i>	28
2.16.	Tegangan dan Defleksi Karena Beban Bobot Mati	29
2.17.	Pembatasan Tegangan Perpipaan Menurut Kode ANSI B31.3	32
2.17.1.	Tegangan Karena Beban Tetap (<i>Sustained Load</i>)	32
2.17.2.	Tegangan Karena Beban Occasional (<i>Occasional Load</i>)	32
2.17.3.	Tegangan Karena Beban Ekspansi (<i>Expansion Load</i>)	33
2.18.	Pembatasan Tegangan Perpipaan Menurut <i>Caesar II</i>	34

BAB III SISTEM PERPIPAAN

3.1.	Komponen-Komponen Perpipaan	36
3.1.1.	Pipa	36
3.1.2.	Flang	38

3.1.3	Instrumentasi/Symbol Perpipaian	57
3.1.4.	<i>Pipe Support</i>	64
3.2.	Rating Tekanan - Temperatur.....	71
3.2.1	<i>Rating/Kelas Fitting</i> Jenis <i>Socket-Welded</i> dan <i>Threaded</i>	71
3.2.2.	<i>Rating Fitting</i> Jenis Sambungan Ujung <i>Bolted-Flange</i>	72
3.2.3.	<i>Rating Fitting</i> Jenis Sambungan Ujung <i>Butt-Welding</i>	73
3.2.4.	Penentuan Rating/Kelas <i>Fitting</i> jenis <i>flange</i>	50

BAB IV PERANGKAT LUNAK (SOFTWARE) CAESAR II VERSI 5.00

4.1	Pendahuluan	75
4.1.1.	Penjelasan Software Caesar II	76
4.1.1.1.	<i>Complete</i> (lengkap).....	76
4.1.1.2.	<i>Flexible</i>	77
4.1. 1.3.	Mudah untuk digunakan	77
4.1. 1.4.	Pembuktian	77
4.1. 1.5.	Penerimaan <i>universal</i>	77
4.1.2.	Kemampuan-Kemampuan Caesar II	77
4.1.2.1.	Sistem pemodelan	77
4.1.2.2.	Analisis statis	78
4.1.2.3.	Analisis dinamis.....	79
4.1.2.4.	<i>Output</i>	79
4.1.2.5.	Standard dan code analisis	80
4.2.	Menu Utama Pada Caesar II versi 5.00.....	80
4.2.1.	<i>New file</i>	80
4.2.2.	<i>Make unit files</i>	81
4.3.	<i>Input Piping</i>	82
4.4.	Aplikasi Khusus	83
4.4.1.	<i>Bend</i>	83
4.4.2.	<i>Valve & Flange</i>	85
4.4.3.	<i>Block</i>	86

4.4.4.	<i>SIF & Tee</i>	86
4.4.5.	<i>Restraint</i>	87
4.5.	<i>Static Analysis</i>	88
4.5.1.	<i>Static and Dynamic Load</i>	88
4.5.2.	<i>Load Case</i>	89
4.5.3.	<i>Error Checking</i>	90
4.5.4.	<i>Static Output Processor</i>	91
4.5.5.	<i>Static Output Reports</i>	91
BAB V	METODOLOGI	
5.1.	Diagram alir pemodelan dan pemeriksaan tegangan.....	93
5.2.	Persiapan pendesainan.....	95
5.2.1.	Penggunaan <i>software</i> dan alat bantu lainnya	95
5.2.2.	<i>Standard and codes</i> yang digunakan	95
5.2.3.	Data-data Pemodelan Desain	95
5.2.4.	Gambar <i>Isometrik</i>	104
5.2.5.	<i>Load Case</i>	111
BAB VI	PEMBAHASANDAN HASIL	
6.1.	Pembahasan dan Perhitungan Dalam Caesar II.....	114
6.2.	Persiapan Pemodelan.....	115
6.3.	Visualisasi pemodelan desain.....	133
6.4.	Analisis.....	134
BAB VII	KESIMPULAN DAN SARAN	
7.1.	Kesimpulan.....	138
7.2.	Saran	139
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel 2.1.	Siklus <i>Thermal</i> Pada Pipa.....	33
Tabel 3.1	<i>Material selection – common specification for Carbon Steel System</i>	38
Tabel 3.2	<i>Suggested piping support spacing</i>	70
Tabel 3.3	<i>Rating jenis sambungan ujung socket-welded</i>	72
Tabel 3.4	<i>Material specification</i>	73
Tabel 3.5	<i>Pressure-Temperature Rating</i>	74
Tabel 5.1	<i>Line List Base Oil Line</i>	100
Tabel 6.1	Satuan yang dipakai dalam pemodelan	115
Tabel 6.2	Data-data sistem perpipaan.....	116
Tabel 6.3	Hasil olah data pemodelan	117
Tabel 6.4	Data Revisi Jalur Pipa	129
Tabel 6.5	Hasil Analisis Tegangan Sebelum Modifikasi	130
Tabel 6.6	Hasil Analisis Defleksi Sebelum Modifikasi.....	131
Tabel 6.7	Penyangga dan Jenis Penyangga	132
Tabel 6.8	Hasil Analisis Tegangan Maksimal	134
Tabel 6.9	Hasil Analisis Defleksi Maksimal	135
Tabel 6.10	Hasil Perbandingan Defleksi	136
Tabel 6.11	137

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Kurva Tegangan – Regangan untuk Baja Karbon	6
Gambar 2.2. Diagram $\sigma - \epsilon$	7
Gambar 2.3. Spesimen Uji Tarik.....	8
Gambar 2.4 Momen Lentur	9
Gambar 2.5. Gaya geser Tunggal	10
Gambar 2.6. Batang Silindris dengan Beban Puntiran	10
Gambar 2.7. Hubungan Antara Beberapa Disiplin Ilmu	13
Gambar 2.8. Sambungan pada Pipa.....	15
Gambar 2.9. Elemen mesin yang diberi gaya tarik.....	17
Gambar 2.10. Elemen Tegangan – Regangan pada kondisi 3 Dimensi	17
Gambar 2.11. Elemen Tegangan - Regangan pada kondisi 2 Dimensi.....	18
Gambar 2.12. Lingkaran Mohr.....	18
Gambar 2.13. Kurva Maksimum <i>Range</i> dari Tegangan.....	21
Gambar 2.14. Profil Beban Angin.....	25
Gambar 2.15. Profil Beban Gempa	26
Gambar 2.16. Profil Beban <i>relief valve</i>	28
Gambar 2.17. Profil Beban <i>Water</i> atau <i>Fluid Hammer</i>	29
Gambar 2.18. Tumpuan Terdistribusi Merata.....	29
Gambar 2.19. Gaya Terdistribusi Merata Pada Tumpuan Engsel Dan Rol	30
Gambar 2.20. Gaya Terdistribusi Merata Pada Tumpuan Jepit	30
Gambar 3.1. Jenis-jenis <i>Elbow</i>	40
Gambar 3.2. Jenis-Jenis <i>Bend</i>	41
Gambar 3.3. Jenis-Jenis <i>Reducer</i>	41
Gambar 3.4. Jenis- Jenis <i>Swage/Swaged Nipple</i>	42
Gambar 3.5. <i>Miter bend</i>	42
Gambar 3.6. Jenis Sambungan Percabangan Langsung	43
Gambar 3.7. Jenis-Jenis <i>Tee</i>	43
Gambar 3.8. Jenis-Jenis <i>Flange</i>	44

Gambar 3.9	<i>Cross</i>	44
Gambar 3.10	Jenis <i>elbolet</i> dan <i>weldoletcap/closure</i>	45
Gambar 3.11	<i>Flange</i> jenis WN (<i>Welding Neck</i>)	46
Gambar 3.12	<i>Flange</i> jenis SO (<i>Slip-On</i>)	47
Gambar 3.13	<i>Flange lap joint</i>	47
Gambar 3.14	<i>Gate valve</i>	48
Gambar 3.15	Katup bola	48
Gambar 3.16	Katup cek	48
Gambar 3.17	<i>Valve</i> bola	49
Gambar 3.18	<i>Valve</i> kupu-kupu	49
Gambar 3.19	Kontrol <i>valve</i>	49
Gambar 3.20	<i>Piston valve</i>	50
Gambar 3.21	<i>Safety valve</i> atau <i>relief valve</i>	50
Gambar 3.22	<i>SW full coupling</i>	52
Gambar 3.23	<i>SW half coupling</i>	52
Gambar 3.24	<i>Reducing insert</i>	53
Gambar 3.25	<i>SW union</i>	53
Gambar 3.26	<i>SW swage</i>	54
Gambar 3.27	<i>Threaded half</i> dan <i>full coupling</i>	54
Gambar 3.28	<i>Threaded reducing coupling</i>	55
Gambar 3.29	<i>Nipple</i>	55
Gambar 3.30	<i>Threaded union</i>	55
Gambar 3.31	<i>Pipe to tube connector</i>	56
Gambar 3.32	<i>Threaded elbow</i>	56
Gambar 3.33	<i>Threaded flange</i>	56
Gambar 3.34	<i>Threaded tee</i>	57
Gambar 3.35	<i>Threaded lateral</i>	57
Gambar 3.36	<i>Threaded cross</i>	57
Gambar 3.37	50

Gambar 3.38	Simbol perpipaan untuk sambungan <i>butt weld</i> , <i>socket weld</i> , dan <i>screwed</i>	59
Gambar 3.39	Simbol garis perpipaan untuk gambar isometri, P&ID, dan jalur instrumen	60
Gambar 3.40	Simbol <i>fitting</i> (sambungan <i>butt welding</i>)	61
Gambar 3.41	Simbol <i>fitting</i> (sambungan <i>screwed</i>)	62
Gambar 3.42	Simbol katup dan operatornya	63
Gambar 3.43	Penyangga satu kolom	65
Gambar 3.44	Penyangga banyak kolom	65
Gambar 3.45	Penyangga satu tingkat dengan landasan engsel	65
Gambar 3.46	Penyangga dengan landasan tetap	66
Gambar 3.47	Penyangga 2 tingkat dengan landasan engsel.....	66
Gambar 3.48	Penyangga 2 tingkat dengan landasan tetap	66
Gambar 3.49	Penyangga bertingkat banyak dengan landasan engsel	67
Gambar 3.50	Penyangga bertingkat banyak dengan landasan tetap.....	67
Gambar 3.51	Penyangga kaki bebek(<i>duck foot</i>)	68
Gambar 3.52	Penyangga bentuk siku-siku	68
Gambar 3.53	Penyangga pembaringan pipa (<i>pipe slider</i>)	69
Gambar 3.54	Penyangga pipa rendah (<i>low support</i>)	69
Gambar 3.55	Penyangga gantung (<i>hanger</i>).....	70
Gambar 4.1.	<i>New file</i>	81
Gambar 4.2.	<i>Make new unit files</i>	81
Gambar 4.3.	<i>Unit files maintenance</i>	82
Gambar 4.4.	<i>Input</i> memulai pemodelan desain	82
Gambar 4.5.	<i>Spreadsheet overview</i>	83
Gambar 4.6.	<i>Bend</i> jenis <i>elbow</i>	84
Gambar 4.7.	<i>Bend</i> pada <i>Spreadsheet</i>	85
Gambar 4.8.	<i>Valve</i> dan <i>flange</i> pada <i>Spreadsheet</i>	85
Gambar 4.9.	<i>Reducer</i> pada <i>Spreadsheet</i>	86
Gambar 4.10	<i>SIF</i> dan <i>Te</i> pada <i>Spreadsheet</i>	86

Gambar 4.11. <i>Restraint</i> pada <i>Spreadsheet</i>	88
Gambar 4.12. <i>Load Case</i>	89
Gambar 4.13. <i>Error Checking</i>	90
Gambar 4.14. <i>Static Output Processor</i>	91
Gambar 4.15. <i>Static Output Reports</i>	92
Gambar 5.1 Diagram alir pengoperasian Caesar II versi 5.00	93
Gambar 5.2. <i>Piping material spesification</i> Jalur 11470X	96
Gambar 5.3. <i>Piping material spesification</i> Jalur 11470X	97
Gambar 5.4. <i>Piping material spesification</i> Jalur 151490X	98
Gambar 5.5. <i>Piping material spesification</i> Jalur 151490X	99
Gambar 5.6. <i>Pressure valve</i>	101
Gambar 5.7. Gaya reaksi <i>relief valve</i> jalur 151490x	102
Gambar 5.8. Gaya reaksi <i>relief valve</i> jalur 11470x	103
Gambar 5.9 Isometri 1 (SK-AP-00 (A Suction Pompa_A&B)).....	105
Gambar 5.10 Isometri 2 (SK-AP-01_Sht1 (Awal Discharge Pompa_A C E G))	106
Gambar 5.11 Isometri 3 (SK-AP-01_Sht2 (G H)).....	107
Gambar 5.12 Isometri 4 (SK-AP-01_Sht3 (D F H Discharge Pompa_B))	108
Gambar 5.13 Isometri 5 (SK-AP-02_Sht1 (A B C D))	109
Gambar 5.14 Isometri 6 (SK-AP-02_Sht2 (B E F)).....	110
Gambar 5.16 <i>Load Case</i> Pada Pemodelan.....	112
Gambar 5.17 <i>Static Output Processor</i> Pada Pemodelan	113
Gambar 6.1 <i>Hoop legend</i>	114
Gambar 6.2 Profil Benda Tidak Ada Translasi	126
Gambar 6.3 Profil Benda Terdapat Translasi.....	126
Gambar 6.4 Profil Benda Terdapat Rotasi.....	127
Gambar 6.5 <i>Error Check</i> pada <i>nodal 60 to 70</i>	128
Gambar 6.6 Percabangan pada <i>nodal 2170 to 730</i>	129
Gambar 6.7 Visualisasi Pemodelan Desain	133

NOTASI

Simbol	Keterangan	Simbol	Keterangan
r	Jarak Serat Dari Sumbu Netral	S_b	Bending Stress
g	Kostanta Gravitasi	S_c	Allowable Stress Pada Suhu Dingin
h	Bend Characteristic	S_h	Allowable Stress Pada Suhu Panas
i	SIF (Stress Intensification Factor)	S_t	Torsional Stress
k	Flexibility Factor	S_A	Allowable Stress Range
l	Panjang	S_B	Resultant Bending Stress
m	Massa	S_E	Computed Maximum Stress Range
r	Jari-jari	S_u	Ultimate Tensile Strength
r_i	Jari-jari Dalam	T	Temperatur
r_o	Jari-jari Luar	U	Energi, Kecepatan
r_m	Mean Radius	V	Volume
t	Tebal	Y	Resultant Expansion, Yield Stress
w	Lebar. Berat Beban	Z	Section Modulus
x.y.z	Axis Koordinat	ΔT	Perubahan Suhu
A	Luas Permukaan	ΔL	Perubahan Panjang
B	Kostanta Material	α	Koefisien Muai, Sudut
C	Konstan, Cold Spring Factor	δ	Defleksi
D_i	Diameter Dalam	ε	Regangan Normal
D_o	Diameter Luar	θ	Sudut
E	Modulus Elastisitas Young	ν	Poisson's Ratio
E_c	Modulus Elastisitas Young Pada Suhu Dingin	ρ	Densitas
E_h	Modulus Elastisitas Young Pada Suhu Panas	σ	Tegangan Normal
F	Gaya	σ_t	Tegangan Normal Akibat Gaya Tarik/Teakan
G	Shear Modulus	σ_L	Tegangan Normal Akibat Momen Lentur
I	Inersia Penampang	$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$	Tegangan Utama
I_p	Inersia Polar	τ	Tegangan Geser
L	Panjang	τ_s	Tegangan Geser Akibat Gaya Geser
M	Momen	τ_p	Tegangan Geser Akibat Momen Torsi
M_b	Bending Momen		
M_t	Torsional Momen		
N	Number of Cycle		
R	Jari-jari, Rasio		