

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 daftar pustaka.

Yogyakarta, Desember 2016

Fajar Abdul Kholiq
20120130105

PERSEMBAHAN



Dengan Mengucap Alhamdulillah Serta Sujud Pada Allah SWT, Saya Persembahkan Karya Ini Kepada :

- ❖ Teruntuk kepada Papa M. Irfan dan Mama Sri Handayani, engkau berdua adalah segalanya dalam hidup ku.
- ❖ Kakak Novia Iryani yang saya sayangi.
- ❖ Seluruh teman-teman yang selalu membantu dalam proses penulisan laporan tugas akhir.
- ❖ Teman-teman teknik mesin angkatan 2012 Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, terutama keluarga besar SELENK kelas B.
- ❖ Kepada teman-teman seperjuangan (Ketut Wisnu Sanjaya dan M Dedy Mardian) kampung halaman yang selalu mendampingi saya dari awal masuk kuliah sampai menyelesaikan studi S1 teknik mesin.
- ❖ Terima kasih kepada orang-orang yang telah memotivasi saya dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.

HALAMAN MOTTO

Jadilah diri sendiri dan jangan menjadi orang lain,
Walaupun dia lebih baik dari kita.

Firman Allah SWT dalam QS. Ath-Thalaq ayat 3 yang
berbunyi:

Barang siapa yang bertawakal pada Allah, maka Allah akan memberikan kecukupan padanya dan sesungguhnya Allah lah yang akan melaksanakan urusan (yang dikehendaki)-nya.

“do the best, be good, then you will be the best “

Lakukan yang terbaik, bersikaplah yang baik, maka kau akan menjadi orang yang terbaik.

**ANALISIS TEGANGAN PIPA DAN DEFLEKSI DENGAN SOFTWARE
CAESAR II VERSI 7.00 PADA JALUR PIPA 11-1339A DI FUEL OIL
COMPLEX II PT PERTAMINA UNIT IV CILACAP**

Fajar Abdul Kholiq
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah
Yogyakarta
fajarabdulkholiq_20120130105@yahoo.co.id

Sistem jalur pipa (*pipeline system*) adalah suatu sistem yang digunakan untuk memindahkan fluida dari tempat satu ke tempat lain atau dari peralatan satu ke peralatan lain. Sistem perpipaan harus mampu menahan semua beban yang bekerja, baik itu beban statik yaitu beban yang besarnya tetap sepanjang waktu, maupun beban dinamik yaitu beban yang berubah-ubah menurut fungsi waktu. Sistem perpipaan kemungkinan adanya jalur pipa kritis (*critical pipe line*), yaitu jalur pipa yang mengalami tegangan melebihi kekuatan izin material. Penyebabnya antara lain diameter pipa yang besar, bersuhu tinggi dan bertekanan tinggi yang berakibat terjadi kegagalan.

Penelitian ini menganalisis tegangan pipa dan defleksi. Analisis dilakukan dengan cara memodelkan sistem perpipaan pada jalur pipa 11-1339A di *Fuel Oil Complex II PT PERTAMINA Refinery Unit IV Cilacap* pada perangkat lunak *CAESAR II* versi 7.00 dengan memasukkan data - data sistem instalasi yang ada seperti beban statis yang meliputi beban tekanan, beban temperatur, beban berat dan beban dinamis meliputi beban angin dan gempa. Analisis yang dilakukan mengacu pada *code* yang mengatur proses perpipaan, yaitu *ASME B31.3 Process Piping*, (ASME B31.3, 1999).

Setelah dilakukan pemodelan dapat diketahui tegangan terbesar pada *loadcase* 11 dengan rasio 30,70% pada nodal 120 dan defleksi arah Dz pada *load case* 11 sebesar 0,35 mm nodal 380. Dari hasil tersebut maka pada jalur pipa 11-1339A di *Fuel Oil Complex II PT PERTAMINA Refinery Unit IV Cilacap* tidak melebihi dari tegangan yang diijinkan atau *overstress* dan dinyatakan aman.

Kata Kunci: Sistem Perpipaan, Caesar II versi 7.00, Tegangan Pipa dan Defleksi.

KATA PENGANTAR



Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, atas berkat rahmat dan karunianya yang dilimpahkan-nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul ” Analisis Tegangan Pipa dan Defleksi dengan *Software Caesar II Versi 7.00* Pada Jalur Pipa 11-1339A di *Fuel Oil Complex II PT PERTAMINA Refinery Unit IV CILACAP* ”. Peneliti melakukan penelitian dengan cara menganalisis tegangan dan defleksi. Analisis dilakukan dengan cara memodelkan sistem perpipaan pada jalur pipa 11-1339A di *Fuel Oil Complex II PT PERTAMINA Refinery Unit IV Cilacap* pada perangkat lunak *CAESAR II* versi 7.00 dengan memasukkan data - data sistem instalasi yang ada seperti beban statis yang meliputi beban tekanan, beban temperatur, beban berat dan beban dinamis meliputi beban angin dan gempa, analisis yang dilakukan akan mengacu pada *code* yang mengatur proses perpipaan, yaitu *ASME B31.3 Process Piping*, (ASME B31.3, 1999).

Laporan Tugas Akhir ini salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada jurusan Teknik Mesin di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Pada kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas segala rahmat yang dilimpahkan, sehingga penulis bisa melaksanakan tugas akhir ini dengan baik.
2. Bapak Thoharudin, S.T., M.T selaku Dosen Penguji Tugas Akhir yang telah memberikan kritik dan saran guna sempurnanya tugas akhir ini.
3. Bapak Tito Hadji Agung Santosa, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing 1 yang telah mengarahkan, membimbing, serta memberi nasihat selama pelaksanaan penyusunan tugas akhir, terima kasih atas waktu dan masukannya bagi penulis dalam tugas akhir ini.

4. Bapak M. Budi Nur Rahman, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II yang telah mengarahkan, membimbing, serta memberi nasihat selama pelaksanaan penyusunan tugas akhir, terima kasih atas waktu dan masukannya bagi penulis dalam tugas akhir ini.
5. Staf dan Dosen Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta semuanya yang tidak bias disebutkan satu persatu.
6. Keluarga besar SELENK kelas B Teknik Mesin UMY 2012 dan 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 mengharapkan adanya kritik dan saran yang bersifat membangun.

Penulis berharap Laporan Tugas Akhir ini dapat berguna dan bermanfaat khususnya bagi kita civitas akademika dan umumnya bagi pembaca semua, Amin.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Yogyakarta, Desember 2016

Fajar Abdul Kholiq

20120130105

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
HALAMAN MOTTO	v
INTISARI	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
NOTASI	xvii
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Metode Penelitian	3
 BAB II DASAR TEORI	
2.1. Analisis Tegangan Pipa	5
2.2. Kode Standar Desain Pipa	5
2.3. Tahap-tahap Perancangan Dalam Analisis Tegangan Pipa	7
2.4. Teori Tegangan – Regangan Pada Pipa	8
2.4.1. Tegangan Normal	11
2.4.1.1. Gaya Tarik	11
2.4.1.2. Momen Lentur	12
2.4.2. Tegangan Geser	13
2.4.2.1. Gaya Geser	13
2.4.2.2. Momen Puntir	14
2.5. Faktor – faktor Yang Menyebabkan Tegangan Dalam Pipa	15
2.5.1. Beban Panas (<i>thermal</i>)	15
2.5.2. Beban Berat	16
2.5.3. Tekanan Internal	16
2.5.3.1. Tegangan Longitudinal atau Aksial	17
2.5.3.2. Tegangan Transversal	18
2.6. Tegangan Primer dan Tegangan Sekunder	19
2.7. Beban Angin	20
2.8. Beban Gempa	21

2.9. Beban Karena Water Hammer atau Fluid Hammer	23
2.10. Tegangan dan Defleksi Karena Beban Bobot Mati	23
2.11. Persamaan Tegangan Kode ASME/ANSI B31.3	26
2.11.1. Tegangan Karena Beban Tetap (<i>Sustained load</i>)	26
2.11.2. Tegangan Karena Beban Ekspansi (<i>Expansion load</i>)	26
2.11.3. Tegangan Karena Beban Occasional (<i>Occasional load</i>)	27
2.12. Metode Analisis Cek Kebocoran	27
2.12.1. <i>Flange</i>	27
2.12.2. <i>Gasket</i>	31
2.13. Pembatasan Tegangan Perpipaan Menurut Caesar II	32

BAB III SISTEM PERPIPAAN

3.1. Perpipaan (<i>piping</i>)	34
3.1.1. Material Pipa	34
3.1.2. Jenis – jenis Pipa	35
3.1.2.1. Jenis Pipa Berdasarkan Fabrikasinya	36
3.1.2.2. Jenis Pipa Berdasarkan Jalur Perpipaannya	36
3.1.3. Standarisasi Pipa	37
3.1.4. Industrial Material	38
3.1.5. <i>Nominal Pipe Size (NPS)</i> dan <i>Sechedule</i> pipa	39
3.1.6. Penentuan Rating Tekanan dan Temperatur	41
3.2. Komponen – komponen Perpipaan	43
3.2.1. <i>Fitting</i>	43
3.2.1.1. Macam – macam <i>Fitting</i> Dengan Sambungan Ujung <i>Butt welding</i>	44
3.2.1.2. <i>Fitting</i> Dengan sambungan Ujungnya Jenis <i>Socket Welding</i>	56
3.2.1.3. <i>Fitting</i> Dengan Sambungan Ujungnya Jenis <i>Screwed/Threaded</i>	58
3.2.2. <i>Pipe support</i>	62
3.2.2.1. Standar – standar <i>Support</i> Yang Bisa Digunakan	62
3.2.3. Macam – macam Penyangga Pembebanan Statik	63

BAB IV Perangkat Lunak (*Software*) CAESAR II Version 7.00.

4.1. Pendahuluan	68
4.1.1. Penjelasan <i>Software CAESAR II</i>	69
4.1.1.1. <i>Complete</i> (Lengkap)	69
4.1.1.2. <i>Flexible</i>	70
4.1.1.3. Mudah Untuk Digunakan	70
4.1.1.4. Pembuktian	70

4.1.1.5.Penerimaan Universal	70
4.1.2.Kemampuan – kemampuan <i>CAESAR II</i>	70
4.1.2.1.Sistem Pemodelan	70
4.1.2.2.Analisis Statik	71
4.1.2.3.Analisis Dinamis	72
4.2.Menu Utama Pada <i>CAESAR II Version 7.00.</i>	72
4.2.1. <i>New File</i>	72
4.2.2. <i>Make Unit File</i>	73
4.2.3. <i>Configuration Editor</i>	74
4.3. <i>Input Piping</i>	75
4.4.Aplikasi Khusus	76
4.4.1. <i>Bend</i>	76
4.4.2. <i>Valve dan Flange</i>	77
4.4.3. <i>Reducer</i>	77
4.4.4. <i>SIF</i> atau <i>Tee</i>	78
4.4.5. <i>Restrain</i>	79
4.5. <i>Static Analysis</i>	80
4.5.1. <i>Static and Dynamic Load</i>	80
4.5.2. <i>Load Case</i>	81
4.5.3. <i>Error Checking</i>	82
4.5.4. <i>Static Output Processor</i>	82
4.5.5. <i>Static Output Reports</i>	83

BAB V METODOLOGI

5.1.Diagram Alir Pemodelan Tegangan Dan Defleksi	84
5.2.Persiapan Pendesainan	86
5.2.1.Penggunaan <i>Software</i> dan Alat Bantu Lainnya	86
5.3.Standar dan <i>Code</i> Yang Digunakan	87
5.4.Data – data Pemodelan Desain Dalam <i>3D Modelling</i>	88
5.5. <i>Load Case</i>	91

BAB VI PEMBAHASAN DAN HASIL

6.1. Pembahasan dan Hasil <i>CAESAR II</i>	92
6.2.Persiapan Pemodelan	93
6.2.1.Penomoran Nodal Pada Gambar Isometri	93
6.2.2.Pengaturan Unit Satuan Pada <i>CAESAR II</i>	98
6.2.3.Data – data Inti Jalur Perpipaan	99
6.2.4.Data Deskripsi Komponen Pada Jalur Perpipaan	100
6.2.5.Tambahan Pada Data	104

6.3. Visualisasi Pemodelan Desain	110
6.3.1. Analisis Tegangan Pipa	110
6.3.2. Analisis Defleksi Pipa.....	111

BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. Kesimpulan	113
7.2. Saran	113

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1.Faktor Reduksi	27
Tabel 2.2.Koefisien <i>Beta</i> pada <i>static Load</i>	30
Tabel 2.3.Koefisien <i>Beta static loads</i> dan <i>dynamic Loads</i>	31
Tabel 3.1.Material Perpipaan dan Aplikasinya	38
Tabel 3.2.Tabel Pipa	40
Tabel 3.3.Ketebalan Dinding	41
Tabel 3.4. <i>Bassic Allowable Stress</i>	42
Tabel 3.5. <i>Suggested Piping Spacing</i>	67
Tabel 5.1.Data Inti Pada Jalur Perpipaan	90
Tabel 6.1.Unit Satuan yang Dipakai Dalam Pemodelan	98
Tabel 6.2.Data Inti Pada Jalur Perpipaan	99
Tabel 6.3.Data Deskripsi Komponen Pada Jalur Perpipaan	101
Tabel 6.4. <i>High Stress Summary</i>	111
Tabel 6.5.Nilai Defleksi	112

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1.Tahap Perancangan Dalam Analisa Tegangan Pipa	7
Gambar 2.2.Indikasi Jalur Pipa Kritis	8
Gambar 2.3.Kurva Tegangan-Regangan Untuk Baja Karbon	9
Gambar 2.4.Diagram $\sigma - \epsilon$	10
Gambar 2.5.Spesimen Uji Tarik	11
Gambar 2.6.Momen Lentur	13
Gambar 2.7.Gaya Geser	13
Gambar 2.8.Batang Silindris Dengan Beban Puntiran	14
Gambar 2.9.Sambungan Pada Pipa	17
Gambar 2.10.Profil Beban Angin	20
Gambar 2.11.Profil Beban Gempa	22
Gambar 2.12.Lokasi yang dianalisis	22
Gambar 2.13.Profil Beban <i>Water</i> atau <i>Fluid Hammer</i>	23
Gambar 2.14.Tumpuan Terdistribusi Merata	24
Gambar 2.15.Gaya Terdistribusi Merata Pada Tumpuan Engsel dan Rol	24
Gambar 2.16.Gaya Terdistribusi Merata Pada Tumpuan Jepit	24
Gambar 2.17.Momen <i>Inplane</i> dan <i>Outplane</i> Pada Suatu <i>Tee</i>	28
Gambar 3.1.Jenis-Jenis <i>Elbow</i>	45
Gambar 3.2.Jenis-Jenis <i>Bend</i>	45
Gambar 3.3.Jenis-Jenis <i>Reducer</i>	46
Gambar 3.4.Jenis-Jenis <i>Swage/Swaged Nipple</i>	46
Gambar 3.5. <i>Miter bend</i>	47
Gambar 3.6.Jenis Sambungan Percabangan Langsung	47
Gambar 3.7.Jenis-Jenis <i>Tee</i>	48
Gambar 3.8. <i>Lateral</i>	49
Gambar 3.9. <i>Cross</i>	49
Gambar 3.10.Jenis <i>elbolet</i> dan <i>weldoletcap/closure</i>	50
Gambar 3.11. <i>Flange</i> Jenis WN(<i>Welding Neck</i>)	51
Gambar 3.12. <i>Flange</i> jenis SO(<i>Slip-On</i>)	51
Gambar 3.13. <i>Flange lap joint</i>	52
Gambar 3.14. <i>Gate valve</i>	52
Gambar 3.15. <i>Globe valve</i>	52
Gambar 3.16.Katup cek	53
Gambar 3.17.Katup Bola	53
Gambar 3.18. <i>Valve</i> kupu-kupu	53
Gambar 3.19.Kontrol <i>valve</i>	54
Gambar 3.20. <i>Piston valve</i>	54

Gambar 3.21. <i>Safety valve</i> atau <i>relief valve</i>	55
Gambar 3.22. <i>SW full coupling</i>	56
Gambar 3.23. <i>SW half coupling</i>	57
Gambar 3.24. <i>Reducing insert</i>	57
Gambar 3.25. <i>SW union</i>	58
Gambar 3.26. <i>SW swage</i>	58
Gambar 3.27. <i>Threaded half dan full coupling</i>	59
Gambar 3.28. <i>Threaded reducing coupling</i>	59
Gambar 3.29. <i>Nipple</i>	59
Gambar 3.30. <i>Threaded union</i>	60
Gambar 3.31. <i>Pipe to tube connector</i>	60
Gambar 3.32. <i>Threaded elbow</i>	60
Gambar 3.33. <i>Threaded flange</i>	61
Gambar 3.34. <i>Threaded tee</i>	61
Gambar 3.35. <i>Threaded lateral</i>	61
Gambar 3.36. <i>Threaded cross</i>	62
Gambar 3.37. <i>Penyangga Struktur</i>	64
Gambar 3.38. <i>Penyangga Kaki Bebek (duck foot)</i>	64
Gambar 3.39. <i>Penyangga Bentuk Siku-siku</i>	65
Gambar 3.40. <i>Penyangga Pembaringan Pipa (pipe slider)</i>	65
Gambar 3.41. <i>Penyangga Pipa Rendah (low support)</i>	66
Gambar 3.42. <i>Penyangga Gantung (hanger)</i>	66
Gambar 4.1. <i>New file</i>	73
Gambar 4.2. <i>Make new unit files</i>	73
Gambar 4.3. <i>Unit files maintenance</i>	74
Gambar 4.4. <i>Configuration Editor</i>	74
Gambar 4.5. <i>Input Pemulai Pemodelan Desain</i>	75
Gambar 4.6. <i>Spreadsheet overview</i>	75
Gambar 4.7. <i>Bend pada Elbow</i>	76
Gambar 4.8. <i>Bend pada Spreadsheet</i>	77
Gambar 4.9. <i>Valve dan Flange pada Spreadsheet</i>	77
Gambar 4.10. <i>Reducer pada Spreadsheet</i>	77
Gambar 4.11. <i>SIF atau Tee pada Spreadsheet</i>	78
Gambar 4.12. <i>Restrain pada Spreadsheet</i>	80
Gambar 4.13. <i>Load Case</i>	81
Gambar 4.14. <i>Error Checking</i>	82
Gambar 4.15. <i>Static Output Precessor</i>	83
Gambar 4.16. <i>Static Output Reports</i>	83

Gambar 5.1.Diagram Umum Alir Pemeriksaan Tegangan Dan Defleksi.....	84
Gambar 5.2. <i>Software COADE Caesar II version 7.00</i>	86
Gambar 5.3. <i>Software Ucorner (ucorner)</i>	86
Gambar 5.4. <i>Software Pipe Data Pro 7.2 (pipe data pro 7.2)</i>	87
Gambar 5.5.Gambar Isometri	88
Gambar 5.6.Gambar Isometri	88
Gambar 5.7.Gambar Isometri	89
Gambar 5.8.Gambar Isometri	89
Gambar 6.1. <i>Hoop Legend</i>	92
Gambar 6.2.Penomoran Nodal Pada Gambar Isometri	94
Gambar 6.3.Penomoran Nodal Pada Gambar Isometri	95
Gambar 6.4.Penomoran Nodal Pada Gambar Isometri	96
Gambar 6.5.Penomoran Nodal Pada Gambar Isometri	97
Gambar 6.6.Penambahan anchor flexible pipa 6 in pada nodal 160	106
Gambar 6.7. Penambahan anchor flexible pipa 6 in pada nodal 230	107
Gambar 6.8. Penambahan anchor flexible pipa 8 in pada nodal 520	108
Gambar 6.9. Penambahan anchor flexible pipa 6 in pada nodal 540	109
Gambar 6.10. Visualisasi pemodelan desain	110