

SKRIPSI

**ANALISIS TEGANGAN PIPA, DEFLEKSI, DAN PEMERIKSAAN
KEBOCORAN *FLANGE* PADA JALUR 170-ACF0001-A2A3R-18"-ST
RFCC DI PT. PERTAMINA (PERSERO) *REFINERY UNIT IV CILACAP***

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar
Sarjana Teknik



Disusun oleh :

FATKHUROHMAN NUR BUDIYANTO

20150130145

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

2019



**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

**Analisa Tegangan Pipa, Defleksi, dan Pemeriksaan Kebocoran Flange pada
Jalur 170-ACF0001-A2A3R-18"-ST RFCC di PT. Pertamina (Persero) Refinery
Unit IV Cilacap**

***Pipe Stress Analysis, Deflection, and Flange Leakage Inspection Check at 170-
ACF0001-A2A3R-18"-ST RFCC at PT. Pertamina (Persero) Refinery Unit IV
Cilacap***

Dipersiapkan dan disusun oleh:

Fathurohman Nur Budiyanto
20150130145

telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal, (27 Mei 2019)

Pembimbing Utama

Tito Hadji Agung Santoso, S.T., M.T
NIK. 19720222 200310 123054

Pembimbing Pendamping

Muh Budi Nur Rahman, S.T., M.Eng
NIP. 19790523 200501 1 001

Penguji

Krisdiyanto, S.T., M.Eng
NIK. 19890803 201712 123105

**Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana**

Tanggal, 15 Juli 2019

Mengetahui,

Ketua Program Studi S-1 Teknik Mesin FT UMY



Berli Paripurna Kamuel, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D.
NIK. 19740302 200104 123049

ii

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi berjudul “Analisa Tegangan Pipa, Defleksi, dan Pemeriksaan Kebocoran *Flange* pada Jalur 170-ACF0001-A2A3R-18”-ST RFCC di PT. Pertamina (Persero) *Refinery unit IV Cilacap*” ini adalah karya saya sendiri dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi manapun atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan sumbernya dalam naskah dan dalam daftar pustaka

Yogyakarta, Juli 2019



Fatkhurohman Nur B

UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam penulisan tugas akhir ini penulis menyadari dalam proses penyusunan tidak luput dari bantuan banyak pihak.

Maka dari itu, pada kesempatan ini penulis sampaikan terimakasih kepada :

1. Allah SWT. Syukur alhamdulillah atas segala kemudahan yang telah diberikan.
2. Rasulullah SAW. Terimakasih atas petunjuk dan keteladanan yang telah Engkau berikan.
3. Berli Purnama Kamiel, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D., selaku ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
4. Bapak Tito Hadji Agung S., S.T., M.T. selaku dosen pembimbing pertama Tugas Akhir atas bimbingan, motivasi, dan arahnya selama proses penyusunan Tugas Akhir.
5. Bapak Muh. Budi Nur Rahman, S.T., M.eng. selaku dosen pembimbing kedua yang telah banyak membantu selama proses penyusunan Tugas akhir.
6. Seluruh Dosen pengajar dan *staff* di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Terimakasih atas semua ilmu yang sudah diberikan kepada penulis.
7. Kedua orang tua tercinta bapak dan ibu tersayang yang tiada hentinya selalu mendoakan dan memberikan kasih sayang.
8. Teman-teman mahasiswa Teknik Mesin yang telah membantu dan memberikan dorongan sehingga laporan ini dapat terselesaikan.
9. Semua pihak yang telah membantu dan mendukung saya dalam bentuk apapun yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan rasa syukur tugas akhir ini saya persembahkan untuk :

1. Bapak, ibu dan kakak tercinta. Terimakasih atas semua doa dan dorongan baik berupa semangat atau *financial* yang telah diberikan
2. Khad Tim. Terimakasih telah menjadi tempat untuk mengekspresikan diri, tempat untuk berkembang, tempat untuk mendapatkan teman, terimakasih telah membuat kandang khad lebih berwarna.
3. Teman-teman Teknik Mesin angkatan 2015 dan semua angkatan yang tidak bisa saya sebut satu persatu. Terimakasih atas bantuan dan dukungan selama ini.
4. Support system lainnya yang tidak bisa disebutkan satu persatu. Terimakasih atas bantuan, support, dan motivasi yang telah diberikan.

KATA PENGANTAR

Assalamu‘alaikum Warohmatullahi Wabarokatuh

Alhamdulillahirabbil‘alamin, puji syukur penyusun panjatkan kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat, hidayah dan karunia-Nya penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Shalawat beserta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, kepada keluarganya, para sahabatnya, hingga kepada umatnya hingga akhir zaman, aamiin.

Penyusunan tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Judul yang penyusun ajukan adalah “ANALISIS TEGANGAN PIPA, DEFLEKSI, DAN PEMERIKSAAN KEBOCORAN *FLANGE* PADA JALUR 170-ACF0001-A2A3R-18”-ST RFCC DI PT. PERTAMINA (PERSERO) *REFINERY UNIT IV CILACAP*”. Jalur sistem perpipaan berpotensi mengalami tegangan dan defleksi yang berlebihan. Tegangan dan defleksi yang melebihi tegangan izin akan mengakibatkan kebocoran. Analisa ini sebagai pembuktian bahwa jalur pipa dapat dikatakan aman secara *numerik*. Hasil dari analisa berupa informasi yang sangat membantu dan mempercepat waktu dengan menampilkan hasil yang sangat berguna untuk mendiagnosis daerah masalah perpipaan, ini membuat penyusun tertarik untuk melakukan analisa desain ulang.

Tentunya penyusunan tugas akhir ini telah dikaji tetapi kekurangan atau ketidak sempurnaan tentu masih ada, namun bukan sesuatu yang disengaja. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan tugas akhir ini. Akhir kata semoga laporan tugas akhir ini bermanfaat bagi pembaca dan mahasiswa, khususnya mahasiswa Program Studi S-1 Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Wassalamu‘alaikum Warahmatullahi wabarokatuh

Yogyakarta,

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
UCAPAN TERIMAKASIH.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR NOTASI.....	xiii
INTISARI	xv
ABSTRACT	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan Analisa Desain Ulang.....	3
1.5. Manfaat Analisa Desain Ulang.....	3
1.6. Metode Analisa Desain Ulang.....	3
BAB II DASAR TEORI	
2.1. Analisa Tegangan Pipa.....	4
2.1.1. Teori Tegangan-Regangan pada Pipa	4
2.1.2. Teori Dasar Tegangan Pipa.....	9
2.1.3. Tegangan Pada Pipa	10
2.1.4. Kode Standar Desain Pipa.....	13
2.1.5. Analisa Tegangan Pipa Tahap Perancangan	14
2.1.6. Persamaan Tegangan pada Sistem Perpipaan	15
2.1.7. Stress Intensification Faktor (SIF)	18
2.1.8. Defleksi	18

2.1.9. Defleksi pada Sistem Perpipaan.....	19
2.1.10. Analisa Kebocoran <i>Flange</i>	20
2.2. Sistem Perpipaan	22
2.2.1. Pipa.....	24
2.2.2. Fitting	28
2.2.3. Gasket.....	34
2.2.4. Valve	35
2.2.5. Pipe support.....	35

BAB III PERANGKAT LUNAK CAESAR II 2013 RI

3.1. Pendahuluan	37
3.2. Kemampuan Caesar II 2013 RI.....	38
3.2.1. Sistem Pemodelan	38
3.2.2. Analisa Statis.....	38
3.2.3. Analisa Dinamis	39
3.2.4. Output.....	40
3.2.5 Standard dan Code Analysis	40
3.3. Menu Utama Pada Caesar II 2013 RI	41
3.3.1. New File	41
3.3.2. Make Unit File	41
3.3.3. Configuration Editor	42
3.3.4. Piping Input	43
3.4. Aplikasi Khusus	44
3.4.1. Bend	44
3.4.2. Valve dan Flange.....	45
3.4.3. Reducer.....	45
3.4.4. Sif atau Tee.....	46
3.4.5. Ristaint	46
3.5. Static Analysis.....	47
3.5.1. Static dan Dinnamik Load.....	47
3.5.2. Load Case	48

3.5.3. Error Checking	49
3.5.4. Static Output Processor	49
3.5.5. Static Output Report.....	50
BAB IV METODOLOGI	
4.1. Diagram Alir Pemodelan Tegangan	51
4.2. Diagram Alir Pemeriksaan kebocoran Flange.....	52
4.3. Penggunaan Software dan Alat Bantu Lainnya.....	54
4.4. Standard dan Code yang Digunakan	54
4.5. Data Pemodelan.....	54
BAB V PEMBAHASAN DAN HASIL	
5.1. Persiapan Pemodelan.....	68
5.1.1. Data Proses	68
5.1.2. Pengaturan Unit Satuan pada Caesar II.....	69
5.1.3. Penomoran pada Geometri Isometri.....	69
5.1.4. Nomor Pemodelan	69
5.2. Analisa Tegangan Pipa	74
5.2.1. Analisa Sebelum Modifikasi	74
5.2.2. Analisa Tegangan Sesudah Modifikasi	77
5.3. Analisa Kebocoran Flange	82
5.3.1. Analisa Sebelum Modifikasi	82
5.3.2. Analisa Sesudah Modifikasi	85
5.4. Analisa Perbandingan Hasil Analisa Sebelum Modifikasi dan Data Analisa Perusahaan	90
BAB VI PENUTUP	
6.1. Kesimpulan.....	92
6.2. Saran	93
DAFTAR PUSTAKA	94
LAMPIRAN.....	96

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kurva Tegangan-Regangan	5
Gambar 2.2 Gaya Tarik	6
Gambar 2.3 Momen Lentur	7
Gambar 2.4 Pembebanan yang Mengakibatkan Gaya Geser	8
Gambar 2.5 Batang Silindris dengan Beban Puntiran	8
Gambar 2.6 Prinsip Arah Tegangan pada Pipa.....	9
Gambar 2.7 Tegangan Longitudinal Dalam Pipa	11
Gambar 2.8 Arah Tegangan hoop.....	12
Gambar 2.9 Hubungan Antara Beberapa Disiplin Ilmu	15
Gambar 2.10 Prinsip Arah Tegangan pada Pipa.....	18
Gambar 2.11 <i>Pipe Span</i>	19
Gambar 2.12 Jenis –jenis <i>Elbow</i>	29
Gambar 2.13 <i>Concentric</i> dan <i>Eccentric Reducer</i>	30
Gambar 2.14 <i>Straight Tees</i> dan <i>Reducing Tees</i>	30
Gambar 2.15 <i>Slip On Flange</i>	31
Gambar 2.16 <i>Welding Neck Flange</i>	31
Gambar 2.17 <i>Oriface Flange</i>	32
Gambar 2.18 <i>Lapped Flange</i>	32
Gambar 2.19 <i>Gasket</i>	34
Gambar 2.19 Macam-macam <i>valve</i>	35
Gambar 3.1 Halaman Awal <i>software</i> Caesar II 2013 RI.....	37
Gambar 3.2 <i>New File</i>	41
Gambar 3.3 <i>New Job Specification</i>	41
Gambar 3.4 <i>Unit Maintenance</i>	42
Gambar 3.5 <i>Unit File Review</i>	42
Gambar 3.6 <i>Configuration Editor</i>	43
Gambar 3.7 <i>Piping Input</i>	43
Gambar 3.8 <i>Spreadsheet</i>	44
Gambar 3.9 <i>Elbow</i>	44
Gambar 3.10 <i>Bend</i>	45

Gambar 3.11 <i>Valve dan Flange</i>	45
Gambar 3.12 Reducer	46
Gambar 3.13 <i>SIF</i> atau <i>Tee</i>	46
Gambar 3.14 <i>Restraints</i>	47
Gambar 3.15 <i>Load Case</i>	48
Gambar 3.16 <i>Error Checking</i>	49
Gambar 3.17 <i>Static Output Processor</i>	50
Gambar 3.18 <i>Static Output Report</i>	50
Gambar 4.1 Diagram Alir Tegangan dan Defleksi	51
Gambar 4.2 Diagram Alir Pemeriksaan Kebocoran <i>Flange</i>	53
Gambar 4.3 Gambar isometric 11	55
Gambar 4.4 Gambar isometric 10	56
Gambar 4.5 Gambar isometric 9	57
Gambar 4.6 Gambar isometric 8	58
Gambar 4.7 Gambar isometric 7	59
Gambar 4.8 Gambar isometric 6	60
Gambar 4.9 Gambar isometric 5	61
Gambar 4.10 Gambar isometric 4	62
Gambar 4.11 Gambar isometric 3	63
Gambar 4.12 Gambar isometric 2	64
Gambar 4.13 Gambar isometric 1	65
Gambar 5.1 Visualisasi Pemodelan Desain	74
Gambar 5.2 Sebelum Penggantian <i>ellbow</i> dengan <i>bend 5D</i>	77
Gambar 5.3 Sesudah Penggantian <i>ellbow</i> dengan <i>bend 5D</i>	78
Gambar 5.4 Sebelum Modifikasi pemodelan pada nodal 1060	78
Gambar 5.5 Sesudah Modifikasi pemodelan pada nodal 1060	79

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Siklus Termal pada Pipa.....	17
Tabel 2.2 Defleksi Ijin	20
Tabel 2.3 Koefisien Beta pada <i>Static Loads</i>	22
Tabel 2.4 Koefisien Beta pada <i>Static Loads</i> and <i>Dinamic Loads</i>	23
Tabel 2.5 Contoh Beberapa Spesifikasi Material Pipa dan Pengaplikasiannya	25
Tabel 2.6 Table Pipa.....	27
Tabel 2.7 Hubungan sambungan <i>Socket-Welding</i> dan <i>Threaded</i>	29
Tabel 2.8 Material Specification	33
Tabel 2.9 <i>Rating</i>	34
Tabel 5.1 Data Sistem Perpipaan.....	63
Tabel 5.2 Unit Satuan.....	69
Tabel 5.3 Tabel Penomoran.....	70
Tabel 5.4 <i>Analisis High Stresses Summary</i>	75
Tabel 5.5 Defleksi Maksimum Sebelum Modifikasi.....	76
Tabel 5.6 <i>Stress Summary</i> Setelah Modifikasi	80
Tabel 5.7 Defleksi Maksimum Sesudah Modifikasi	81
Tabel 5.8 Data Pengecekan <i>Flange</i> Sebelum Modifikasi	83
Tabel 5.9 Data Pengecekan <i>Flange</i> Sesudah Modifikasi	88
Tabel 5.10 Data Perusahaan	90
Tabel 5.11 Hasil Pemodelan Ulang	90
Table 5.12 Perbandingan Hasil Analisa Defleksi.....	91

DAFTAR NOTASI SINGKAT

σ	= Tegangan (N/m ²)	σ_H	= Tegangan Hoop (N/mm ²)
F	= Gaya (N)	P	= Tekanan internal (Mpa)
A	= Luas penampang (m ²)	r_o	= Jari-jari diameter luar (mm)
ε	= Regangan	r_i	= Jari-jari diameter dalam (mm)
ΔL	= Perubahan panjang batang (m)	r	= Jarak jari-jari ke titik tertentu (mm)
L_1	= Akhir panjang batang (m)	τ_T	= Tegangan torsional (N/mm ²)
L	= Panjang batang awal (m)	T	= Torsi (N.mm)
E	= Modulus elastisitas (N/m ²)	c	= Jarak dari sumbu netral ke permukaan terluar (mm)
σ_t	= Tegangan tarik (N/m ²)	J	= Momen torsional (N.mm)
σ_L	= Tegangan lentur (N/m ²)	Z	= Modulus penampang pipa (mm ³)
M	= Momen Lentur (N.m)	S_b	= Tegangan longitudinal akibat momen lentur (kPa)
I_{zz}	= Momen inersia penampang (m ⁴)	M_y, M_z	= Momen lentur pada penampang pipa (N.mm)
Y	= Jarak bidang netral ke permukaan terluar (m)	Z	= Modulus permukaan pipa (mm ³)
τ	= Tegangan geser (N/m ²)	S_L	= Tegangan longitudinal akibat beban <i>sustained</i>
τ_p	= Tegangan puntir (N/m ²)	A_m	= Luas penampang pipa (mm ²)
r	= Jarak serat dari sumbu netral (mm)	i_i	= In-plane SIF
I_p	= Momen inersia silinder pejal berongga	i_o	= Out-plane SIF
T	= Torsi yang bekerja		
P	= Tekanan internal (Mpa)		
d_i	= Diameter dalam pipa (mm)		
d	= Diameter (mm)		
d_o	= Diameter luar (mm)		
t	= Tebal dinding pipa (mm)		

M_i = Momen lendutan in-plane
karena sustained load (N.m)

M_o = Momen lendutan out-plane
karena sustained load (N.m)

P = Tekanan internal (Mpa)

D_o = Diameter luar pipa (mm)

t = Tebal dinding pipa(mm)

S_h =Tegangan dasar yang
diizinkan oleh material menurut
Appendix A dari ASME/ANSI B31.3

S_E = *Displacement stress range*
(kPa)

S_A =*Allowable stress* (kPa)

S_b = *Resultan bending stress*
(kPa)

S_t = $Mt/2 Z$ =*Torsional stress*
(kPa)

S_L = Tegangan longitudinal
akibat beban *sustained*

P_{ASME} = Tekanan kerja pad
temperatur desain (bar)

P_{eq} = Tekanan *equivalen* (bar)

β = Koefisien beta pada *static*
loads dan *dynamic loads*

MF = Resultan momen puntir
pada kondisi desain (DaN.m)

FA = Gaya aksial pada kondisi
desain (DaN)

G = Diameter Gasket efektif
(m)

