

ANALISA TEGANGAN SISTEM PERPIPAAN *LINE* BTF-PJUTIP-CTP-PI-DW-005 ORF (ONSHORE RECEIVING FACILITY) AKIBAT SOIL SETTLEMENT

Muhammad Rendi Yusuf^{1*}, Heroe Poernomo^{2*}, Abdul Gafur^{3*}

Program Studi D-4 Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia^{1*,2,3}
Email: yrendi244@gmail.com^{1*}

Abstract – The company is to improve the existing ORF (Onshore Receive Facility) facility so that production at the plant runs smoothly. ORF owned in the Gresik area is close to the sea where the land has abrasion, resulting in a decrease in land (soil settlement) at the ORF facility. As a result of the decrease in land, many identified support that could not support the pipe, one of which was in the output pipe from the metering gas which would be distributed to the power plant company. To anticipate problems in piping systems due to land subsidence, it is necessary to analyze the pipe stress and flange leakage and support the appropriate redesign. Pipe voltage analysis, flange leakage and Re-design support are carried out using Caesar II software. Criteria for the value of the stress on the pipe and flange must meet the allowable stress on the ASME B31.3 and ASME Sec.VIII Div 1 codes to obtain a safe piping system. Then redesign the appropriate support to anticipate damage to the piping system. The analysis results on piping systems due to soil settlement problems obtained preventive steps to prevent over-stress and flange leakage is to reduce the way to lower the pipe support PS001 & PS005 which is equal to -26 mm & -10mm with operating pressure not exceeding 30 bar. Thus the stress value due to sustained load, expansion load, hydrostatic load and operating load does not exceed the permitted standard according to ASME B31.3. besides the results of the flange leakage check analysis, namely longitudinal hub stress, radial stress, tangential stress and bolting stress also do not exceed the permitted standards according to ASME Sec.VIII Div 1. So the design with the adjusted pipe support PS001 & PS005 is safe and acceptable.

Keyword: ASME B31.3, ASME Sec.VIII Div 1, Stess Analysis, Flange Leakage, Redesign Support, Soil Settlement.

Nomenclature

S_h Tegangan dasar (psi)
S_L Tegangan longitudinal (psi)
S_A Allowable stress untuk ekspansi termal (psi)
F_{ax} Gaya aksial (lb)
A_i Internal area of pipe (in²)
A_m Cross section area of pipe (in²)
L Allowable pipe span (in)
W Total weight (lb/in)
S_h Allowable tensile stress for the pipe material (psi)
E Modulus of elasticity (psi)
Z Modulus of section of pipe (in³)
I Area moment of inersia of pipe (in⁴)
Δ Allowable deflection (in)
S_R radial stress, psi
M_o total moment, lb-in
L factor
gI ketebalan hub at back flange (in)
B flange inside diameter (in)
S_F Allowable flange stress at design temperature (psi)
S_H Longitudinal stress (psi)
T flange thickness, in
E factor
S_T tangensial stress, (psi)

B_s Bolt stress, (psi)
W_{m1} minimum required bolt load for operating condition (psi)
A_b luasan area baut (in²)
Y Welding neck (in)
Z inside diameter of large and small groove

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan berjalannya waktu dan produksi gas yang terus meningkat perlu bagi perusahaan untuk memperbaiki fasilitas ORF (Onshore Receive Facility) yang ada agar produksi pada plant tersebut berjalan dengan lancar. ORF yang dimiliki di wilayah Gresik perdekatan dengan laut yang tanahnya mengalami abrasi, sehingga mengakibatkan penurunan tanah (soil settlement) pada fasilitas ORF tersebut. Akibat penurunan tanah tersebut banyak teridentifikasi support yang tidak dapat menyangga pipa, Salah satunya ada pada pipa keluaran dari gas metering yang akan didistribusikan ke perusahaan pembangkit listrik. Sistem perpipaan tersebut dari gas metering (aboveground) disalurkan dengan pipa underground, akibat penurunan tanah tersebut pipa yang terpendam di bawah tanah (underground) ikut tertarik kebawah sehingga

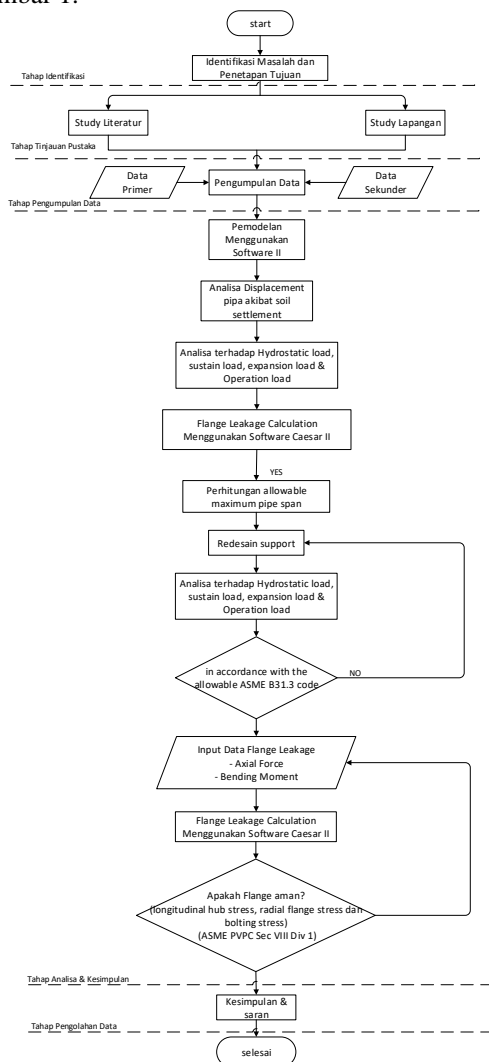
pipa yang terhubung di atas menjadi *liftup* / terangkat hal ini menyebabkan *support* yang telah terpasang sebelumnya tidak dapat menyangga pipa tersebut. Dari hasil *RCH report* diprediksi terjadi penurunan tanah sebesar 16,22 cm dalam kurun waktu 35 tahun pada *plant ORF* tersebut. Untuk mengantisipasi masalah pada sistem perpipaan akibat penurunan tanah maka perlu adanya analisa terhadap tegangan pipa dan *flange leakage* dan redesain *support* yang sesuai.

Analisa tegangan pipa, *flange leakage* dan Redesain *support* dilakukan dengan menggunakan *software* Caesar II. Kriteria nilai tegangan pada pipa dan *flange* harus memenuhi *allowable stress* pada *code* ASME B31.3 dan ASME Sec.VIII Div 1 untuk mendapatkan sistem perpipaan yang aman. Kemudian redesain *support* yang sesuai untuk mengantisipasi kerusakan pada sistem perpipaan tersebut.

2. METODOLOGI.

2.1 Metodologi Penelitian

Diagram alir dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Pengerjaan

2.2 Formula Matematika

2.2.1 Allowable Pipe Span

Perhitungan *allowable pipe span* ditunjukkan pada persamaan (1) dan (2) [1]. Penentuan jarak *support* dalam kondisi *both end limitation of stress* dapat dihitung dengan persamaan (1) dan *both end limitation of deflection* (2)

$$L = \frac{\sqrt{0.33ZSh}}{w} \quad (1)$$

$$L = \frac{\sqrt{\Delta EI}}{22.5 w} \quad (2)$$

2.2.3 Tegangan Sistem Perpipaan

Tegangan sistem perpipaan meliputi tegangan akibat *sustained load*, *thermal load*, *operating load* dan *hydrostatic test*. Nilai dari tegangan sistem perpipaan tidak boleh melebihi batas ijin standar ASME B31.3 [2]. Persamaan (3) tegangan akibat *sustained load*, persamaan (4) tegangan akibat *thermal load*, persamaan (5) tegangan akibat *operating load* dan persamaan (6) tegangan akibat *hydrostatic test*.

$$SL = [(Ia (Slp + |Fax / Ap|) + Sb)^2 + 4St2]^{1/2} < Sh \quad (3)$$

$$[(|iaFax/AP| + Sb)^2 + 4St2]^{1/2} < f [1.25(Sc + Sh) - SL] \quad (4)$$

$$S_{OPEC} = Sa + Sp + Sb \quad (5)$$

$$S_{hyd} \leq S_{yield} \quad (6)$$

2.2.4 Tegangan pada flange

Tegangan pada *flange* meliputi tegangan *longitudinal hub stress*, *radial flange stress*, *tangensial flange stress* dan *bolting stress*[3]. Nilai dari tegangan sistem perpipaan tidak boleh melebihi batas ijin standar ASME Sec. VIII Div 1. Persamaan (7) tegangan *flange longitudinal hub stress*, persamaan (8) tegangan *radial flange stress*, persamaan (9) *tangensial flange stress* dan persamaan (10) tegangan *bolting stress*

$$S_H = f M_O / L g r^2 B \leq 1.5 Sf \quad (7)$$

$$S_R = (1.33 te + 1) M_O / L t^2 B \leq 1.5 Sf \quad (8)$$

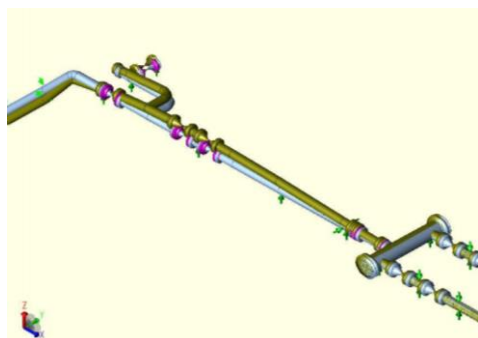
$$S_T = (Y M_O / t^2 B) - Z S_R \leq Sf \quad (9)$$

$$B_S = (W_{m1} / A_b) \leq 2 Sb \quad (10)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pemodelan Sistem Perpipaan Akibat Soil Settlement

Kondisi system perpipaan *line* BTF-PJUTIP-CTP-PI-DW-005 akibat *soil settlement* dimodelkan menggunakan *software* Caesar II 2014. Pemodelan dan simulasi *liftup due soil settlement* tersebut ditunjukkan pada Gambar 2



Gambar 2. Pemodelan dan Simulasi liftup Sistem Perpipaan Due Soil Settlement

3.2 Tegangan Izin

Tegangan izin pada pipa dan flange ditentukan sesuai dengan persamaan 3 sampai dengan 10. Tabel 1 dan 2 merupakan nilai tegangan izin pada pipa dan flange sesuai dengan code ASME B31.3 dan ASME Sec.VIII Div.1.

Tabel 1. Nilai Tegangan Izin pada Pipa

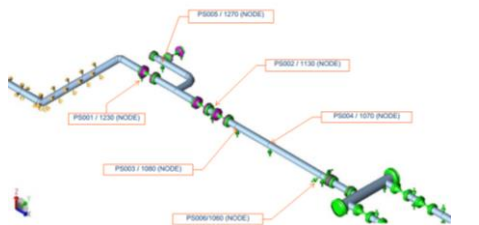
Sh , psi	Sa , psi	Shyd , psi	Sope , psi
20000	42323.4	35000	0,00

Tabel 2. Nilai Tegangan Izin pada Flange

Longitudinal Hub Stress, psi	Radial Flange Stress,psi	Tangential Flange Stress, psi	Bolting Stress, psi
33000	22000	22000	50000

3.3 Analisa Displacement

Nilai displacement pada support digunakan untuk mengetahui gap antara pipa dan support untuk penurunan tanah 35 tahun yang akan datang hingga saat ini. Dari hasil analisa yang dilakukan penurunan sebesar 4 cm adalah yang paling mendekati permasalahan saat ini yang kemudian akan dilakukan analisa lanjut sehingga bisa mengambil tindakan preventif untuk mengatasi permasalahan soil settlement. Nilai displacement didapat dari pemodelan menggunakan software CAESAR II dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 3 untuk keterangan tiap support.



Gambar 3. Pemodelan dan Keterangan Tiap Support Due Soil Settlement

Tabel 3. Nilai Gap Due Soil Settlement

SUMMARY LIFT UP FOR CASE WITHOUT HOLD DOWN				
DEPTH (CM)	LIFT UP VALUE SUMMARY (mm)			
	PS-001	PS-002	PS-003	PS-004
16.22	0	104.346	104.902	85.671
12	0	74.879	74.817	60.624
8	0	47.103	46.449	36.995
4	0	20.544	19.265	14.314

3.3 Allowable Pipe Span

Sistem perpipaan akan mengalami lenturan dan defleksi karena berat pipa itu sendiri dan berat fluida yang mengalir di dalam pipa. Untuk menghindari terjadinya defleksi pipa yang berlebih maka, perlu dilakukan perhitungan panjang jarak maksimum antara dua tumpuan agar defleksi terjadi sekecil mungkin. Dari hasil perhitungan berdasarkan (Sam Kannapan. 1986) akan diambil nilai yang terkecil sebagai acuan penggunaan jarak support. Nilai perhitungan allowable pipe span berdasarkan both ends dapat dilihat pada Tabel 4. berikut :

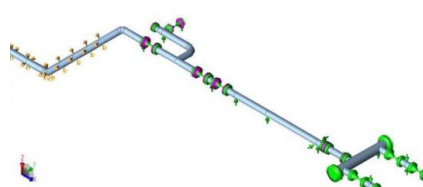
Tabel 4. Hasil Perhitungan Pipe Span

HASIL PERHITUNGAN MAXIMUM ALLOWABLE PIPE SPAN					
No	Parameter	Nilai	Satuan	Nilai	Satuan
1	Pipa 10"				
	Limitation of Stress	10.465	ft	3189.789	mm
	Limitation of Deflection	16.45	ft	5013.846	mm

3.4 Analisa Tegangan

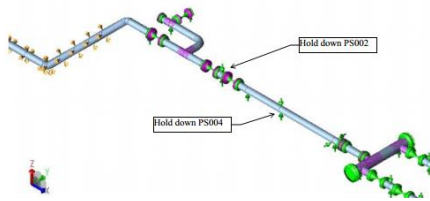
Untuk mencegah kerusakan pada sistem perpipaan akibat soil settlement dilakukan 3 analisa dengan kondisi atau case yang berbeda, yaitu :

- a. Case yang pertama adalah without hold down (kedalaman penurunan tanah 4cm) case ini adalah kondisi existing saat ini Di mana bentuk support shoe dan guide. Case yang pertama without hold down dapat dilihat pada Gambar 4.



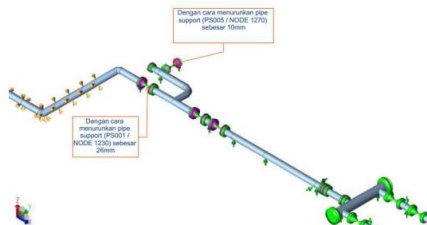
Gambar 4. Case 2 without hold down

- b. Case yang kedua adalah with hold down (kedalaman penurunan tanah 4cm), akibat dari kondisi pipa yang mengalami lift up maka penggantian dan pemilihan hold down guide pada support PS002 & PS004. Case yang kedua with hold down dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Case 2 with hold down

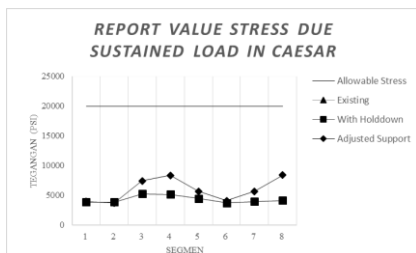
- c. Case yang ketiga adalah *redesign adjusted pipe support* (kedalaman penurunan tanah 4cm) yaitu dengan menurunkan *support* pada PS001 & PS005 dan mengganti *support* dengan tipe *adjusted pipe support*. Case yang ketiga *adjusted pipe support* dapat dilihat pada Gambar 6.



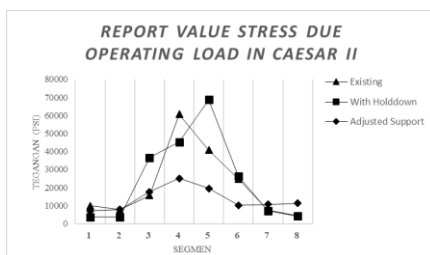
Gambar 6. Case 3 adjusted pipe support

3.4.1 Analisa Tegangan Pipa

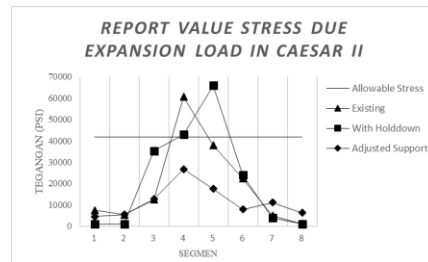
Dalam penelitian ini dilakukan analisa tegangan pada sistem perpipaan akibat *soil settlement*. Semua tegangan yang terjadi harus memenuhi batasan ijin ASME B31.3. Gambar 7 menunjukkan nilai tegangan akibat *sustained load*. Gambar 8 menunjukkan nilai tegangan akibat *Operating Load*, Gambar 9 menunjukkan nilai tegangan akibat *thermal load*. Gambar 10 menunjukkan nilai tegangan akibat *hydrostatic test*.



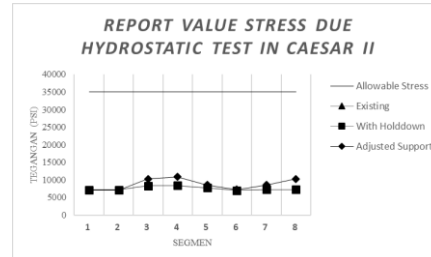
Gambar 7. Grafik Nilai Sustained Load Case 1,2 & 3



Gambar 8. Grafik Nilai Operating Load Case 1,2 & 3



Gambar 9. Grafik Nilai Expansion Load Case 1,2 & 3

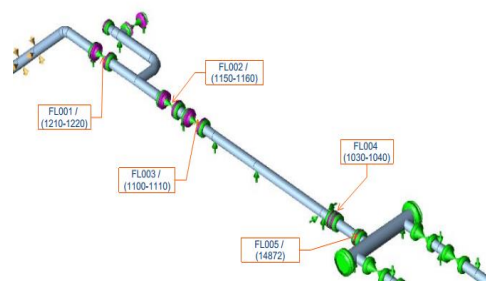


Gambar 10. Grafik Nilai Hydrostatic Load Case 1,2 & 3

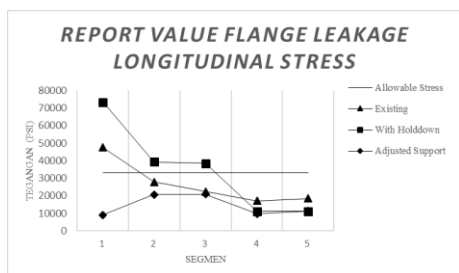
Berdasarkan hasil analisa *pipe stress* yang ditunjukkan oleh Gambar 7, 8, 9 dan 10 nilai dari case 3 *adjusted pipe support* mempunyai nilai yang paling kecil dan di bawah *allowable* yang disyaratkan ASME B31.3 yaitu dengan nilai 8405.6 psi untuk *sustained load*, 26697 psi untuk *expansion load*, 10849.4 psi untuk *hydrostatic test* dan 25047.8 psi untuk *operating load*.

3.4.2 Analisa Flange Leakage

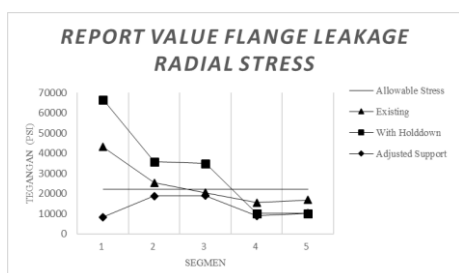
Dalam penelitian ini dilakukan analisa tegangan pada *flange check* akibat *soil settlement*. Semua tegangan yang terjadi harus memenuhi batasan ijin ASME Sec.VIII Div 1 berikut adalah pemodelan pipa dan *flange* ditunjukkan pada Gambar 11. Gambar 12. menunjukkan nilai *longitudinal flange stress*, Gambar 13. menunjukkan nilai *radial flange stress*. Gambar 14. menunjukkan nilai *tangential flange stress*, dan Gambar 15. menunjukkan nilai *bolting flange stress*.



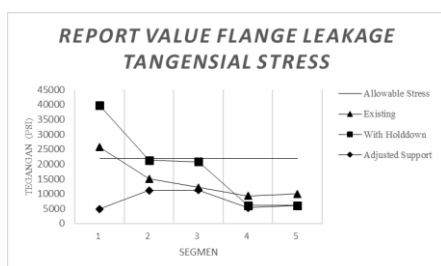
Gambar 11. Pemodelan Pipe dan Flange Check



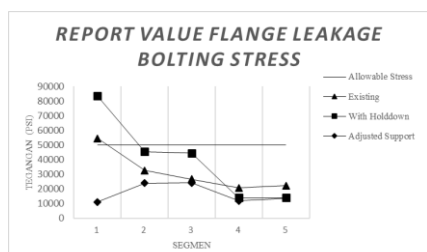
Gambar 12. Grafik Nilai Longitudinal Stress Tiap Flange



Gambar 13. Grafik Nilai Radial Stress Tiap Flange



Gambar 14. Grafik Nilai Tangensial Stress Tiap Flange



Gambar 15. Grafik Nilai Bolting Stress Tiap Flange

Berdasarkan hasil analisa *flange stress* yang ditunjukkan oleh Gambar 12, 13, 14 dan 15 nilai dari *case 3 adjusted pipe support* mempunyai nilai yang paling kecil dan dibawah *allowable* yang disyaratkan ASME Sec.VIII Div 1 yaitu dengan nilai 20764 psi untuk *longitudinal flange stress*, 18854 psi untuk *radial flange stress*, 11254 psi untuk *tangensial flange stress* dan 24177 psi untuk *bolting stress*.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan yang ditunjukkan sebagai berikut :

1. Dari hasil yang diperoleh pada penginputan *displacement* tanah sebesar 4cm adalah yang mendekati hasil di lapangan saat ini, dengan hasil *gap / lifp up* antara pipa dan *support* yaitu

PS-001 (0 mm), PS-002 (20.544 mm), PS-003 (19.265 mm) dan PS-004 (14.314 mm).

2. Hasil dari *flange leakage check* pada tekanan dan temperatur operasi pada *case 3 adjustable pipe support* nilai tegangan tertinggi untuk *longitudinal hub stress*, *radial flange Stress*, *tangensial flange stress*, dan *bolting stress* di bawah *allowable* yang disyaratkan yaitu sebesar (20764 psi, 18854 psi, 11254 psi dan 24177 psi) dengan *allowable* (33000 psi, 22000 psi, 22000 psi dan 50000 psi). Sehingga *flange* dikatakan aman dan bisa diterima
3. Dari analisa 3 *case* yang dilakukan desain dari *case 3 adjusted pipe support* yang dipilih yaitu dengan menurunkan *pipe support* PS001 sebesar -26 mm dan PS005 sebesar -10 mm dan mengganti *support* dengan *type adjusted pipe support* serta *pressure* serta maksimum *pressure* tidak boleh melebihi 30 bar untuk menghindari *flange leakage* dan *over stress* pada pipa.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari penyelesaian jurnal ini tidak terlepas dari bimbingan dan motivasi dari berbagai pihak, penulis menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT atas berkat, rahmat dan hidayah-Nya Penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan lancar dan tepat waktu.
2. Kedua orang tua (Bapak Joko Istamuji dan Ibu Siti Fatimah) yang telah memberikan begitu banyak nasehat hidup, kasih sayang, doa, dukungan moril serta materil, dan segalanya bagi penulis.
3. Bapak Ir. Eko Julianto, M.Sc, M.RINA selaku Direktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
4. Bapak Heroe Poernomo, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama penyelesaian jurnal tugas akhir.
5. Bapak Abdul Gafur, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama penyelesaian jurnal tugas akhir.
6. Seluruh staf pengajar Program Studi Teknik Perpipaan yang telah memberikan banyak ilmu kepada penulis selama masa perkuliahan.
7. Semua teman-teman piping engineering 2015, khususnya TP 2015 B yang telah memberikan bantuan berupa semangat, keceriaan, dan ilmu selama penulisan tugas akhir.
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satupersatu.

7. PUSTAKA

- [1] S. Kannapan, "Introduction to Pipe Stress Analysis." A Wiley Interscience

- Publication, New York, 1986..
- [2] ASME, *ASME B31.3-2014, Process Piping, ASME Code for Pressure Piping*, vol. 2014. U.S.A: The American Society of Mechanical Engineering, 2014.
- [3] ASME.2013.*ASME Sec. VIII.Div 1 Rules For Contruction of Pressure Vessel, ASME Code for Boiler and Pressure Pressure Vessel*. The American Society of Mechanical Engineer.USA
- PT. TIJARA PRATAMA. (2004). *Pelatihan Dasar Analisa Tegangan Pipa Menggunakan COADE-CAESAR II*.