

Perbandingan Desain Sistem Perpipaan yang Dapat Mengakomodir Adanya Tank Settlement

Fasya Achsanayoga Purwantoro^{1*}, Heroe Poernomo², Sudiyono³

Program Studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1*}

Program Studi D-IV Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{2,3}

Email: fasyavoga8@gmail.com^{1*}; heroepoernomo78@gmail.com^{2*}; sudiyono2000@yahoo.com^{3*};

Abstract - Designing piping is connected to storage tanks and has a design temperature of 169.88°F, a pressure of 67 psig which design of piping should consider the storage tank (tank settlement) reduction aspect, because this equipment is one of the equipment that has a large weight. Therefore there is a need to compare 3 different methods to consider the settlement aspects of storage tanks, in order to get the best design. The first method uses spring support, the second adds expansion joint, and the last is the Z design method. All designs are modeled with PDMS software, so that all three designs can issue detailed engineering designs to be drafted in the budget. The design of this design uses ASME B31.3. In CAESAR software modeling, there will be 3 different cases of settlement, namely a settlement storage tanks by 22.23 mm, 75 mm and 100 mm. For nozzles storage tank nozzles in accordance with API 650 limits, and analyzed using CAESAR software. The results obtained from this analysis are the Z design method chosen. although it has the greatest bending stress value compared to other design methods, until it touches the number of 19,849 psi but it is still safe because it is still below its allowance. Moreover, this Z design method has the lowest cost budget plan, which is Rp 572,843,420.

Keyword: Tank Settlement, Spring Support, Expansion Joint, Z Design

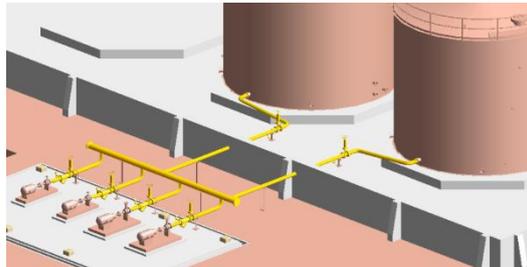
Nomenclature

t	thickness (inch)
P	design pressure (psi)
D	outside diameter pipa (inch)
S	allowable design stress (psi)
E	quality factor
W	weld joint strength reduction factor
Y	coefficient
tm	Minimum required thickness (inch)
ca	Corrosion Allowance (inch)
ppipa	massa jenis pipa (lb/ft ³)
ppipa	massa jenis insulasi (lb/ft ³)
Do	diameter luar pipa (ft)
Di	diameter dalam pipa (ft)
Ls	Pipe span (ft)
S	Tegangan yang diijinkan (psi)
Z	Section Modulus pipa (in ³)
w	Berat total pipa (lb/in)
Δ	Defleksi yang diijinkan (in)
I	Momen inersia (in ⁴)
E	Modulus elastisitas (psi),

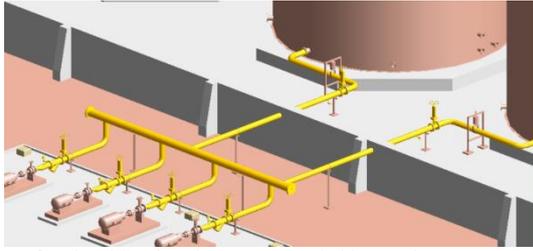
1. PENDAHULUAN

Dalam merancang jalur perpipaan banyak sekali aspek aspek yang harus diperhatikan [4]. Terlebih lagi jika jalur perpipaan tersebut berhubungan dengan tanki, maka desain jalur pipa tersebut harus mempertimbangkan adanya penurunan dari tanki tersebut. Hal tersebut

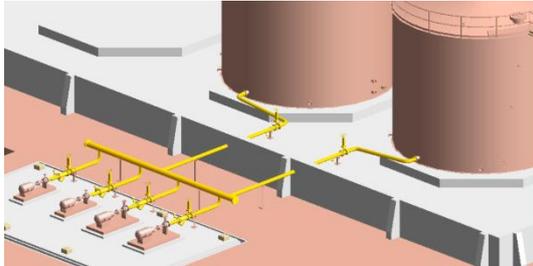
perlu di lakukan karena banyak sekali penyebab penurunan dari tanki yang sewaktu waktu dapat terjadi. Adanya proses-proses geologi seperti aktifitas vulkanik dan tektonik, siklus geologi, adanya rongga di bawah permukaan tanah, adanya pengambilan bahan cair dari dalam tanah seperti air tanah atau minyak bumi [9]. Itulah beberapa penyebab dari adanya penurunan tanki. Ada 3 metode desain yang dapat menanggulangi masalah tersebut. 3 metode tersebut adalah menambahkan desain dengan *expansion joint* yang dapat dilihat pada Gambar 1, menambahkan desain dengan *spring support* yang dapat dilihat pada Gambar 2, dan terakhir dengan metode *Z design* yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 1 Design dengan menambahkan expansion joint



Gambar 2 Design dengan menambahkan spring support

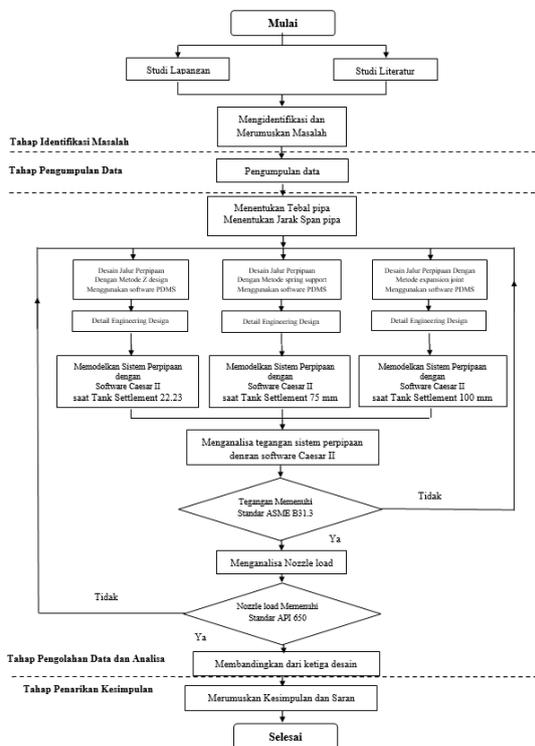


Gambar 3 Design dengan metode Z design

Untuk membandingkan ketiga desain tersebut maka diperlukannya aspek aspek yang dapat menentukan metode terbaik dari ketiga metode tersebut [8]. aspek tersebut adalah stress yang terjadi pada desain tersebut dengan adanya 3 penurunan tangki yang berbeda, yaitu 22,23 mm, 75 mm, dan 100 mm. kemudian Nozzle load, dan yang terakhir adalah rencana anggaran biaya pada setiap metode desain.

2. METODOLOGI .

2.1 Metode Penelitian



Gambar 4 Diagram alir peneliti

2.2 Formula Matematika

Metode analisa pada penelitian tugas akhir ini dilakukan dengan melakukan perhitungan minimum wall thickness, perhitungan beban pada sistem perpipaan, perhitungan jarak antar penyangga, perhitungan penurunan pada tangki. Serta dilakukan analisa tegangan dan nozzle load dengan software caesar II. Perhitungan dimulai dengan perhitungan nilai minimum wall thickness, dengan persamaan [1] sebagai berikut.

$$t = \frac{PD}{2(SEW + PY)} \tag{1}$$

$$t_m = t + ca \tag{2}$$

setelah diketahui minimum wall thickness, langkah selanjutnya adalah menghitung beban pada sistem perpipaan. Persamaan [6] adalah sebagai berikut.

$$W_{pipe} = \frac{\pi (OD^2 - ID^2) \times \rho \times pipe}{4} \tag{3}$$

$$W_{fluid} = \frac{\pi ID^2 \times \rho \times fluid}{4} \tag{4}$$

$$W_{total} = W_{pipe} + W_{fluid} \tag{5}$$

Setelah mengetahui beban dari sistem perpipaan maka selanjutnya dilakukan perhitungan maximum allowable span. Persamaan [6] adalah sebagai berikut.

Bedasarkan batasan tegangan

$$= \sqrt{\frac{0.33 \times Z \times Sh}{w}} \tag{6}$$

Berdasarkan batasan defleksi

$$= \sqrt[4]{\frac{\Delta EI}{22.5 w}} \tag{7}$$

Setelah itu adalah menghitung displacement displacement tangki akibat *Thermal expansion* yang terjadi pada nozzle tangki. dengan persamaan [7] sebagai berikut

$$\text{Displacement } (\Delta) = \text{Tinggi nozzle} \times \alpha \tag{8}$$

2.3 Analisa Tegangan Statis

Analisa tegangan statis meliputi thermal load, sustain load, occasional load. Perhitungan tegangan statis menggunakan software CAESAR II [3]. Tetapi pada penelitian ini hanya analisa tegangan sustain load, yang mana tegangan sustain load adalah tegangan yang paling terdampak dari adanya penurunan pada tangki. Pada pemodelan diperlukan penentuan node/segmen terlebih dahulu dan load case

sesuai dengan tanganan yang akan dianalisa [2], sebagai berikut

Tabel 1 Load case tegangan statis untuk pemodelan CAESAR II

LOADCASE	STRESS TYPE	
L1	WW+HP	HYD
L2	W+T1+P1	OPE
L3	W+T2+P2	OPE
L4	W+T2+P2+U1+U2	OPE
L5	W+T2+P2-U1-U2	OPE
L6	W+T2+P2+U1-U2	OPE
L7	W+T2+P2-U1-U2	OPE
L8	W+T2+P2+U2+U3	OPE
L9	W+T2+P2+U2-U3	OPE
L10	W+T2+P2-U2+U3	OPE
L11	W+T2+P2-U2-U3	OPE
L12	W+P1	SUS
L13	W+P2	SUS
L14	L4-L3	OCC
L15	L5-L3	OCC
L16	L6-L3	OCC
L17	L7-L3	OCC
L18	L8-L3	OCC
L19	L9-L3	OCC
L20	L10-L3	OCC
L21	L11-L3	OCC
L22	L4,L5,L6,L7	OCC
L23	L8,L9,L10,L11	OCC
L24	L2-L12	EXP
L25	L3-L13	EXP
L26	L2-L3	EXP

2.4 Analisa Nozzle Load

Dalam mendesain sistem perpipaan yang terhubung dengan storage tank maka piping designer perlu mempertimbangkan faktor kekakuan (stiffness), radial deflection dan meridional rotation pada opening yang terhubung dengan shell terhadap product head, pressure dan temperatur yang seragam atau berbeda antara shell dan bottom. Piping designer bertanggung jawab untuk menjamin besarnya gaya radial (FR) dan dua momen, longitudinal moment (ML) dan circumferential moment (MC) tidak menyebabkan deformasi pada shell [5].

3.HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Minimum Wall Thickness

Dalam perhitungan minimum wall thickness pada desain ini dibagi menjadi 3 segmen. Hal itu dikarenakan adanya diameter dan tekanan yang benrbeda. menurut persamaan diatas perhitungan minimum wall thickness pada segmen 1 adalah sebagai berikut :

$$t = \frac{PD}{2(SEW+PY)}$$

$$t = \frac{67 \times 8.625}{2(20000 \times 1 \times 1 + 67 \times 0.4)} = 0.0144 \text{ in}$$

$$t_m = t + c$$

$$t_m = 0.0144 + 0.1181 = 0.1325 \text{ in}$$

Setelah didapati nilai dari t_m maka selanjutnya adalah mencari nilai mill tolerance yang mana nilai dari t_m ditambahkan toleransi fabrikasi

sebesar 12.5%. sehingga didapatkan nilai ketebalan minimum pipa segmen 1 adalah 0.2575 mm. maka pipa yang digunakan pada segment 1 dan 3 adalah pipa 8” dengan shc 30, sedangkan pada segment 2 menggunakan pipa 12” dengan sch 30.

3.2 Beban Pada Sistem Perpipaan

Dalam perhitungan beban pada sistem perpipaan pada desain ini juga dibagi menjadi 3 segmen. menurut persamaan diatas perhitungan beban pada sistem perpipaan pada segmen 1 adalah sebagai berikut :

$$W_{\text{pipe}} = \frac{\pi (OD^2 - ID^2) \times \rho \text{ pipe}}{4} = \frac{\pi (8.625^2 - 8.071^2) \times 0.283}{4} = 24.672 \text{ lb/ft}$$

$$W_{\text{fluid}} = \frac{\pi ID^2 \times \rho \text{ fluid}}{4} = \frac{\pi 8.071^2 \times 0.0358}{4} = 21.972 \text{ lb/ft}$$

berat gate valve 8” = 317.47 lb/ft

berat gate valve 3/4” = 14.865 lb/ft

berat total = W_{pipe} + W_{fluid} + berat fitting
 = 24.672 + 21.972 + 317.47 + 14.865
 = 378.979 lb/ft

Tabel 2 Berat keseluruhan segmen

	Segment 1	Segment 2	Segment 3
Berat pipa (lb/ft)	24.672	43.728	24.672
Berat fluida (lb/ft)	21.972	49.32	21.972
Berat fitting (lb/ft)	332.335	-	532.069
Berat total (lb/ft)	378.979	93.048	578.713

Tabel 2 diatas adalah berat total dari masing masing segmen yang ada.

3.3 Maximum Allowable Span

Dalam perhitungan maximum allowable span pada desain ini juga dibagi menjadi 3 segmen. menurut persamaan diatas perhitungan maximum allowable span pada segmen 1 adalah sebagai berikut :

Berdasarkan batasan tegangan

$$= \sqrt{\frac{0.33 \times Z \times Sh}{w}} = \sqrt{\frac{0,33 \ 14.7 \ 20000}{378.979}} = 16 \text{ ft} = 4.87 \text{ m}$$

Berdasarkan batasan defleksi

$$= \sqrt[4]{\frac{\Delta EI}{22.5 w}} = \sqrt[4]{\frac{0.625 \times 28800000 \times 63.4}{22.5 \ 378.979}} = 19.127 \text{ ft} = 5.83 \text{ m}$$

Tabel 3 Maksimal jarak antar penyangga

Maksimal jarak antar penyangga	Segment 1	Segment 2	Segment 3
Berdasarkan batasan tegangan (m)	4.87	16.03	3.95
Berdasarkan batasan defleksi (m)	5.83	11.66	5.24
yang digunakan (m)	4.87	11.66	3.95

Tabel 3 diatas adalah jarak maksimal pipe support dari masing masing segmen yang ada.

3.4 Displacement Pada Nozzle

- Tank settlement**

Dalam kasus ini, pemrekdisian penurunan tanki yang terjadi pada pengujian desain sistem perpipaan ini menggunakan 3 nilai settlement tank yang berbeda, yaitu 22.23 mm, 75 mm, dan 100 mm.

- Thermal expansion**

$$\begin{aligned} \text{Displacement } (\Delta) &= \text{Tinggi nozzle } \times \alpha \\ &= 12.953 \times 0.00083 \\ &= 0.011 \text{ in} \\ &= 0.28 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Displacement pada Nozzle**

$$\begin{aligned} \text{Displ 1} &= \text{tank settlement} - \text{thermal expansion} \\ &= 22.23 \text{ mm} - 0.28 \text{ mm} \\ &= 21.95 \text{ mm} \\ \text{Displ 2} &= \text{tank settlement} - \text{thermal expansion} \\ &= 75 \text{ mm} - 0.28 \text{ mm} \\ &= 74.72 \text{ mm} \\ \text{Displ 3} &= \text{tank settlement} - \text{thermal expansion} \\ &= 100 \text{ mm} - 0.28 \text{ mm} \\ &= 99.72 \text{ mm} \end{aligned}$$

3.5 Hasil Analisa Tegangan Statis

Tabel 4 Hasil analisa stress pada desain dengan tambahan expansion joint

DISPLACEMENT	TEGANGAN				ALLOWABLE STRESS	STATUS
	AKSIAL	BENDING	TORSI	CIRKUM		
mm	psi	psi	psi	psi	psi	
21.95	105.3	3902.7	1285.1	215	20000	AMAN
74.72	105.5	13101.1	3674.6	215	20000	AMAN
99.72	105.6	17490.9	4806.6	215	20000	AMAN

Tabel 5 Hasil analisa stress pada desain dengan tambahan spring support

DISPLACEMENT	TEGANGAN				ALLOWABLE STRESS	STATUS
	AKSIAL	BENDING	TORSI	CIRKUM		
mm	psi	psi	psi	psi	psi	
21.95	105.3	4481.3	1228	215	20000	AMAN
74.72	105.7	15291.5	4013.9	215	20000	AMAN
99.72	105.9	18863.5	5333.7	215	20000	AMAN

Tabel 6 Hasil analisa stress pada Z design

DISPLACEMENT	TEGANGAN				ALLOWABLE STRESS	STATUS
	AKSIAL	BENDING	TORSI	CIRKUM		
mm	psi	psi	psi	psi	psi	
21.95	95.5	4082.4	1298.5	215	20000	AMAN
74.72	73	14780.2	4351.6	215	20000	AMAN
99.72	62.4	19849	5798	215	20000	AMAN

Tabel 4, 5, dan 6 adalah hasil dari nilai tegangan pada setiap desain dengan software caesar. Yang mana semua tegangan dapat dikatakan aman karena dibawah allowablenya.

3.6 Hasil Analisa Nozzle Load

Tabel 7 Nozzle load N-2 T101A dengan tambahan expansion joint

NOZZLE LOAD N-2 T101A DENGAN TAMBAHAN EXPENSION JOINT						
DISPLACEMENT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
mm	N	N	N	Nm	Nm	Nm
21.95	11	35	9	19	3	1632
74.72	15	3045	14	880	4	4956
99.72	16	4470	17	1287	5	6532
ALLOWABLE	15691.2	11768	15691.2	8159,13	8159,13	9414,38

Tabel 8 Nozzle load N-2 T101B dengan tambahan expansion joint

NOZZLE LOAD N-2 T101B DENGAN TAMBAHAN EXPENSION JOINT						
DISPLACEMENT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
mm	N	N	N	Nm	Nm	Nm
21.95	42	54	42	7	11	1665
74.72	57	2916	57	841	15	5006
99.72	65	4322	63	1243	17	6588
ALLOWABLE	15691.2	11768	15691.2	8159,13	8159,13	9414,38

Tabel 9 Nozzle load N-2 T101A dengan tambahan spring support

NOZZLE LOAD N-2 T101A DENGAN TAMBAHAN SPRING SUPPORT						
DISPLACEMENT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
mm	N	N	N	Nm	Nm	Nm
21.95	15	182	11	0	16	1661
74.72	22	3774	20	0	27	5578
99.72	26	5476	24	0	32	7434
ALLOWABLE	15691.2	11768	15691.2	8159,13	8159,13	9414,38

Tabel 10 Nozzle load N-2 T101B dengan tambahan spring support

NOZZLE LOAD N-2 T101B DENGAN TAMBAHAN SPRING SUPPORT						
DISPLACEMENT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
mm	N	N	N	Nm	Nm	Nm
21.95	70	96	77	741	28	1716
74.72	103	4010	112	4633	40	5892
99.72	119	5865	129	6477	46	7870
ALLOWABLE	15691.2	11768	15691.2	8159,13	8159,13	9414,38

Tabel 11 Nozzle load N-2 T101A Z design

NOZZLE LOAD N-2 T101A Z DESIGN						
DISPLACEMENT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
mm	N	N	N	Nm	Nm	Nm
21.95	362	21	227	848	66	1675
74.72	1222	3881	765	4004	233	5877
99.72	1629	5730	1020	5498	311	7868
ALLOWABLE	15691.2	11768	15691.2	8159,13	8159,13	9414,38

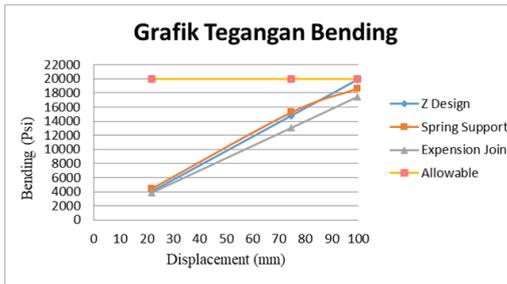
Tabel 12 Nozzle load N-2 T101B Z design

NOZZLE LOAD N-2 T101B Z DESIGN						
DISPLACEMENT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
mm	N	N	N	Nm	Nm	Nm
21.95	344	182	232	0	58	1642
74.72	1192	3411	825	0	184	5704
99.72	1594	5113	1107	0	243	7628
ALLOWABLE	15691.2	11768	15691.2	8159,13	8159,13	9414,38

Tabel 7 hingga 12 adalah hasil dari nilai nozzle load pada setiap desain dengan software caesar. Yang mana semuanya dapat dikatakan aman karena dibawah allowablenya.

3. 7 Analisa Perbandingan Desain

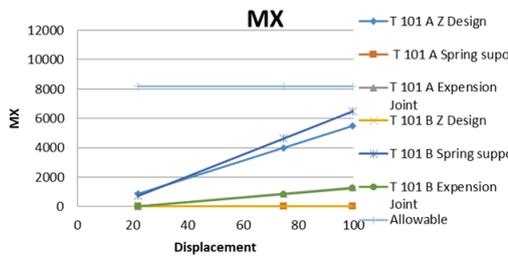
• Hasil perbandingan stress



Gambar 4 Grafik tegangan bending

Pada Gambar 4 diatas dapat diketahui tegangan bending lah yang memiliki nilai paling besar dari pada tegangan yang lain, akibat adanya penurunan tangki. Metode z design adalah metode paling tinggi niali tegangan bendingnya akan tetapi metode ini masi bisa dikatakan aman.

• Hasil perbandingan momen nozzle



Gambar 5 Grafik Longitudinal Bending Moment

pada Gambar 5 diatas adalah grafik Longitudinal Bending Moment. Semua metode desain masih dibawah allowablenya, jadi masi bisa dikatakan aman.

• Hasil perbandingan biaya

Tabel 12 Nozzle load N-2 T101B Z design

Desain	Z Desain	Desain Spring Support	Desain Expansion Joli
Total biaya	Rp572,843,420	Rp575,049,488	Rp593,396,526

4. KESIMPULAN

1. Pada semua desain yang dapat mengakomodir adanya penurunan pada tangki ini menggunakan pipa 8” sch 30 dan 12” sch 30
2. Untuk jarak masimal pipe support pada semua desain pada segment 1 adalah 4.87 m, untuk segmen 2 adalah 11.66 m, untuk segmen 3 adalah 3.95 m.
3. Teganagan bending adalah tegangan yang memiliki nilai terbesar disetiap desain. karena Teganagan bending adalah tegangan yang paling terpengaruh karena adanya penurunan tangki.
4. Nozzle load pada setiap desain yang ada rata rata memiliki nilai yang kecil, hal ini diakibatkan sistem perpipaan ini memiliki

pressure dan temperatur yang cenderung kecil, sehingga nilai dari nozzle load jauh dibawah allowablenya.

5. Metode desain yang paling tepat untuk diterapkan pada sistem perpipaan ini adalah metode Z design. Meskipun memiliki nilai tegangan bending yang paling tingi daripada desain yang lain, tetapi masih dalam batas aman karena masih dibawah allowablenya. Terlebih lagi metode ini memiliki biaya yang paling murah yaitu sebesar Rp 572,843,420.

5. SARAN

1. Pada penelitian ini penentuan allowable nozzle load bedasarkan nilai yang telah diberikan oleh vendor. untuk mendapatkan hasil yang lebih detail sesuai dengan appendix P API 650 untuk tangki yang berdiameter kurang dari 36 m harus dilakukan finite elemen metode (FEM)
2. Pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan analisa lifetime pipa pada setiap metode untuk mengetahui umur dari desain perpipaan tersebut. dan dapat menambahkan kriteria dalam menganalisa perbandingan dari ketiga metode desain tersebut.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

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

1. Allah SWT, karena tanpa rahmat dan ridhoNya penulis tidak bisa mengerjakan jurnal Tugas akhir ini dengan baik dan lancar.
2. Keluarga dan kedua orang tua (Bapak Didik Purwantoro dan Ibu Umi Hanik) yang telah memberi dukungan, semangat, doa, cinta dan kasih sayang kepada penulis.
3. Bapak Ir. Eko Julianto, M.Sc, F.RINA selaku Direktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
4. Bapak Heroe Poernomo, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I yang telah membantu membimbing serta mengarahkan dalam proses penyusunan jurnal Tugas Akhir ini.
5. Bapak Sudiyono, ST., MT. selaku dosen pembimbing II yang telah membantu membimbing serta mengarahkan dalam proses penyusunan jurnal Tugas Akhir ini.
6. Seluruh staf pengajar Program Studi D4 - Teknik Perpipaan Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya yang telah memberikan banyak ilmu kepada penulis selama masa perkuliahan.
7. Rekan - rekan mahasiswa Teknik Perpipaan Angkatan 2016 yang telah memberi dukungan, memori, motivasi dan membantu segala kesulitan yang terjadi selama waktu perkuliahan.

8. Pihak - pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

7. PUSTAKA

- [1] ASME B31.3. (2016). ASME B31.3: Process Piping. In The American Society of Mechanical Engineers. New York..
- [2] CAESAR, I.I. (2017). User's Guide, COADE Engineering Software. Inc
- [3] Chamsudi, A. (2005). Diktat–Piping Stress Analysis. Jakarta: Chamsudi Copyright.
- [4] Drieant. (2014). Pertimbangan Dalam Mendesain Pipa. Retrieved November 20, 2019, from http://www.idpipe.com/2014/07/pertimbangan-dalam-mendesain-pipa_10.html
- [5] Farhani, H., Poernomo, H., & Mahardhika, P. (2019). Desain Penambahan Jalur Perpipaan Tie-in point Akibat Penambahan Deliquidizer. Proceedings Conference on Piping Engineering and Its Application, 4(1), 87–92.
- [6] Kannappan, S. (1986). Introduction to pipe stress analysis..
- [7] Maulana, S. (2015). ANALISA TEGANGAN DAN REDESAIN JALUR PIPA OUTLET TANGKI ABJ633501 CRUDE OIL SYSTEM DI PROYEK BANYU URIP BOJONEGORO. POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA..
- [8] Rofi'an, M., Poernomo, H., & Moballa, B. (2019). Re Design Filtering Water Cleaning Piping System On Food And Beverage Industries. Proceedings Conference on Piping Engineering and Its Application, 4(1), 1–4.
- [9] Whittaker, B. N., & Reddish, D. J. (1989). Subsidence: Occurrence, prediction, and control (Vol. 528). Elsevier Amsterdam.