

Pengaruh Variasi Sudut Bend Terhadap Nilai Tegangan Pada Pipa Underground

Ossi Aldi Kharisma^{1*}, Pekik Mahardhika², Arie Indartono³

Program Study D4 Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia^{1* 2}

Program Study D4 Manajemen Bisnis, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia³

Email: ossialdi@gmail.com^{1*}; pekikmahardhika@ppns.ac.id^{2*}; arie.indartono@ppns.ac.id^{3*};

Abstract - Petroleum is one of the most widely needed energy sources. Therefore, it's important to focus the petroleum transportation process, there are ways to transport petroleum, are long transport vehicles and the pipeline networks. at Rokan Pipeline segment 11 required 27.3 km with 20 in outside diameter, a pressure of 680 psi, a temperature of 177F. Which had heavy crude oil from CGS 10 to BATANG. The aboveground pipe is overstressed on 5D radius bend by 45 degrees. In this research, a redesign will be carried out on the segment 11 by varied the bend angle, with variations bend angle 15, 30, 45, 90 degrees . It will compare the new design with variations in the bend angle on the underground pipes to obtain a bend angle that has a stress that below of the allowable stress based on ASME B31.4. After analyzing with Caesar II software, the results obtained in the underground segments at all angle variations have the same stress value for operating loading conditions of 30467.27 psi and for expansion loading of 20980.85 psi where this value is still below the allowable stress value.

Keywords: bend angle, stress analysis, pipeline, SIF, ASME B31.4

Nomenclature

- I_i in-plane stress intensification factor
- I_o out-plane stress intensification factor
- M_i in-plane bending moment
- M_o in-plane bending moment
- S_b bending stress
- S_E ekspansion stress
- S_L longitudinal stress
- S_H hoop stress
- P design pressure
- OD outside diameter
- ID inside diameter
- t thickness of pipe
- F_{ax} gaya aksial
- A_m cross section area of pipe
- A_i internal area of pipe

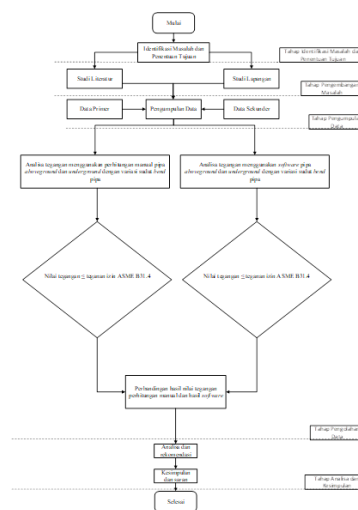
1. PENDAHULUAN

Minyak bumi merupakan salah satu sumber energi yang paling banyak dibutuhkan dalam berbagai bidang, bidang industri, transportasi, serta kegiatan rumah tangga merupakan beberapa contoh bidang yang membutuhkan minyak bumi. Oleh karena itu proses transportasi minyak bumi penting diperhatikan, terdapat dua cara mentransportasikan minyak bumi, dengan kendaraan pengangkut (kapal tanker dan truk) serta dengan menggunakan jaringan pipeline. Pada pipeline existing menggunakan bend pipa dengan sudut 45 derajat dan pada pipeline tersebut mengalami overstress pada bagian bend pipa tersebut. Pada penelitian ini akan membahas tentang pengaruh variasi sudut pada bend pipa

terhadap nilai tegangan yang terjadi dengan menggunakan bantuan software Caesar II guna dilakukan perbandingan antara perhitungan secara manual dan dengan bantuan software.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini penulis mengumpulkan data-data yang diperlukan terkait dengan analisa tegangan pipeline B31.4 , kemudian akan diolah oleh peneliti dengan metode penelitian yang ditampilkan dalam diagram alir dibawah ini.



Gambar 1. Diagram Penelitian

2.1 Tahap Identifikasi Awal

Penelitian pada tugas akhir ini akan membahas mengenai pengaruh variasi sudut pada bend pipa desain jalur pipeline pada wilayah kerja rokan segmen 11 yang menghubungkan CGS 10-

BATANG, yang sebelumnya pada jalur pipeline ini mengalami *overstress* di dekat bend pipa, maka dari itu perlu adanya desain ulang jalur pipeline tersebut untuk memastikan tegangan pipeline tersebut dapat dikatakan aman menurut *Code and Standard*.

2.2 Tahap Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data yang diperlukan dalam mendukung proses penelitian. Data ini dapat berupa data primer yang didapat dari pengukuran langsung dan data sekunder yang didapat dari perusaaa. Pada tahap ini juga dilakukan pengumpulan literatur-literatur terkait untuk mendukung proses penelitian ini. Data yang akan dikumpulkan adalah sebagai berikut:

- Data primer :
 1. Pipeline Stress Report
- Data sekunder :
 1. Keyplan Route Pipeline
 2. Data Tanah
 3. Alignment sheet drawing
 4. P&ID Pipeline
 5. General Arrangement Pig
 6. Pipeline Schematic Drawing
 7. Code and Standard
 8. Handbook

2.3 Tahap Pengolahan Data

Pada tahap ini merupakan tindak lanjut dari tahap pengumpulan data. Pada tahap ini dilakukan pengolahan data untuk mencapai tujuan penelitian seperti berikut:

1. Perhitungan tebal minimal pipa.
2. Perhitungan nilai *allowable stress*.
3. Perhitungan dengan analisa *software* tegangan pipa untuk semua variasi sudut *bend*.
4. Perhitungan tegangan secara manual untuk semua variasi sudut *bend*.
5. Pengecekan besar tegangan pipa berdasarkan ASME B31.4 Pipeline Transportation System for Liquids and Slurries [2].
6. Dilakukan perbandingan untuk semua variasi sudut, untuk mengetahui sudut yang memiliki nilai tegangan terendah.
- 7.

2.4 Tahap Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini akan ditarik kesimpulan pengaruh sudut bend terhadap nilai tegangan, dan diberikan saran untuk penelitian lebih lanjut.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Pipeline

Tabel 1: Data Pipeline.

Parameter	Nilai	Satuan
Outside Diameter	20	inch
Thickness	12.7	mm
Material	API 5L Grade B	-
SMYS	35000	psi
SMTS	60000	psi
Steel Density	7850	Kg/m ³
Modulus Elasticity	28.8 x 10 ⁶	psi
Thermal Expansion Coefficient	6.7 x 10 ⁻⁶	1/°F
Poisson Ratio	0.3	-
Corrosion Allowance	3	mm
Coating Type	3LPE	-
Coating Thickness	2	mm
Coating Density	930	Kg/m ³
Design Factor	0.72	-
Weld Joint	1	-
Z	146	In ³

3.2 Data Proses

Tabel 2: Data Proses.

Parameter	Nilai	Satuan
Tekanan Operasi	312	psig
Tekanan Desain	680	psig
Temperatur Operasi	177	°F
Temperatur Desain	200	°F
Temperatur Installation	80	°F
Content	Crude Oil	-
Content Density	58.6	lbm/ft ³
Kinematic viscosity	6.9 x 10 ⁻⁵	m ² /s

3.3 Perhitungan Nilai Tebal Minimal Pipa

$$t = \frac{P_i D}{2S} \tag{1}$$

$$S = F.E.Sy \tag{2}$$

Sebelum menghitung nilai minimal ketebalan pipa harus dihitung terlebih dahulu nilai S atau *allowable stress value*

$$S = F.E.Sy$$

$$S = 0.72 \times 1 \times 35000 \text{ (psi)}$$

$$S = 25200 \text{ psi}$$

Setelah mendapatkan nilai S, nilai S dimasukkan pada persamaan 1.

$$t = \frac{P_i D}{2S}$$

$$t = \frac{680 \text{ (psi)} \times 20 \text{ (in)}}{2 \times 25200 \text{ (psi)}}$$

$$t = 0.269 \text{ in}$$


$$t = 0.269 \text{ (in)} + CA$$

$$t = 0.269 \text{ (in)} + 0.118 \text{ (in)}$$

$$t = 0.387 \text{ (in)}$$

Dari hasil perhitungan nilai tebal minimum dapat dikatakan tebal aktual yang digunakan *pipeline* aman karena nilai tebal aktual lebih besar dari pada nilai tebal minimum.

3.4 Perhitungan Nilai SIF pada Bend Pipa

Description	Flexibility Factor, k	Stress Intensification Factor		Flexibility Characteristic, h	Sketch
		f_1 [Note (1)]	f_2 [Note (2)]		
Welding elbow, or pipe bend [Notes (1)-(7)]	$\frac{1.65}{h}$	$\frac{0.9}{h^{0.75}}$	$\frac{0.75}{h^{0.75}}$	$\frac{16}{r^2}$	

Gambar 2. SIF Pada Bend Pipe

Tabel 3: Nilai SIF Bend Pipe.

α	R	h	li	Io
15	13.17 in	0.0729	5.15	4.29
30	26.79 in	0.1484	3.21	2.67
60	57.74 in	0.3199	1.94	1.60
90	100 in	0.5440	1.33	1.11

3.5 Perhitungan Nilai Allowable Stress

Location	Internal and External Pressure Stress, S_p	Allowable Expansion Stress, S_e	Additive Longitudinal Stress, S_a	Sum of Longitudinal Stresses From Sustained and Occasional Loads	Equivalent Combined Stress, S_{eq}	Effective Stress for Casing or Uncased Pipe at Road or Railroad Crossings
Restrained pipeline	0.72(E), 0.90S	0.90S, [Note (1)]	0.90S, [Note (1)]	0.90S	0.90S	0.90S, [Note (2)]
Unrestrained pipeline	0.72(E), 0.60(E), 0.80S	S_e [Note (3)]	0.75S, [Note (1)]	0.80S	n/a	0.90S, [Note (2)]
Riser and platform piping on inland navigable waters	0.60(E), 0.80S	0.80S	0.80S	0.90S	n/a	n/a

Gambar 3. Allowable Stress

a) Hoop Stress

$$S_H \leq 0.72 \times E \times S_y$$

$$S_H \leq 0.72 \times 1 \times 35000$$

$$S_H \leq 25200 \text{ psi}$$

b) Longitudinal Stress

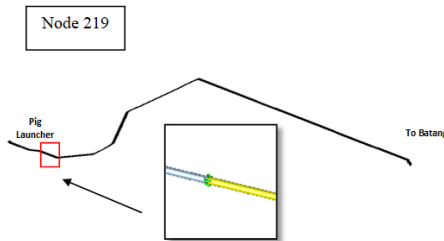
$$S_L \leq 0.75 \times S_y$$

$$S_L \leq 0.75 \times 35000$$

$$S_L \leq 26250$$

3.6 Hasil pada Caesar II

Setelah dilakukan analisa pada Caesar II, didapatkan hasil sebagai berikut.



Gambar 4. Hasil Pemodelan Caesar II

3.7 Perhitungan Manual Nilai Tegangan

Tabel 4: Nilai Tegangan (perhitungan manual).

Sudut	15	30	60	90	Derajat
SUS	13600	13600	13600	13600	psi
OPE	29091,5	29091,5	29091,5	29091,5	psi
EXP	18717,1	18717,1	18717,1	18717,1	psi

3.8 Grafik Perbandingan Perhitungan Manual Dan Analisa Software

Tabel 5: Perbandingan Perhitungan Manual dan Analisa Software.

SEGMENT UNDERGROUND								
Load	15		30		60		90	
	Manual (psi)	Software (psi)	Manual (psi)	Software (psi)	Manual (psi)	Software (psi)	Manual (psi)	Software (psi)
SUS	13600	13600	13600	13600	13600	13600	13600	13600
ERROR	0%		0%		0%		0%	
OPE	29091,5	30467,2	29091,5	30467,2	29091,5	30467,2	29091,5	30467,2
ERROR	4,51%		4,51%		4,51%		4,51%	
EXP	18717,1	20980,8	18717,1	20980,8	18717,1	20980,8	18717,1	20980,8
ERROR	10,78%		10,78%		10,78%		10,78%	

4. KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan dan analisis dari bab sebelumnya didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Nilai tegangan pada segmen pipa underground (buried) pada variasi sudut bend 15o, 30o, 60o, 90o pada pembebanan sustained memiliki nilai tegangan yang sama dikarenakan pada pembebanan sustained yang terjadi hanya tegangan hoop, yaitu sebesar 13600 psi. Untuk pembebanan operasi memiliki nilai tegangan yang sama untuk setiap variasi sudut bend dikarenakan pada pipa underground tidak memiliki nilai tegangan bending, dikarenakan pada pipa underground semua bagian pipa tertahan oleh tanah, sehingga pada pipa underground tidak memiliki nilai momen bending. Untuk nilai tegangan pada perhitungan manual untuk pembebanan operasi untuk semua variasi sudut bend yaitu sebesar 29091.5 psi dan untuk analisis software sebesar 30467.27 psi. Untuk pembebanan ekspansi pada semua variasi sudut bend memiliki nilai tegangan yang sama dikarenakan pada kondisi pembebanan ini faktor yang mempengaruhi hanya tempetatur operasi dan temperatur pada saat instalasi, untuk nilai tegangan pada perhitungan manual pada kondisi pembebanan ini sebesar 18717.1 psi dan pada analisis software sebesar 20980.85 psi. untuk semua kondisi pembebanan dan semua variasi sudut bend tergolong aman dikarenakan memiliki nilai tegangan dibawah nilai allowable stress.
2. Pengaruh sudut bend terhadap nilai tegangan pada segmen pipa underground, sudut bend tidak berpengaruh terhadap nilai tegangan, karena pada segmen pipa underground tidak memiliki nilai dari tegangan bending.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] Azizah, V. V. V., Husodo, A. W., & Mahardhika, P. (2017). Analisa Tegangan dan Frekuensi Alami pada Pipa Line 116OTH202-

- 200- 40C10 di Plant Fatty Acid Fractionation Upgrade. Proceedings Conference on Piping Engineering and Its Application, 2, 67–72.
<http://journal.ppns.ac.id/index.php/CPEAA/article/view/394>
- [2] B31.4, A. (2019). ASME B31.4: Pipeline Transportation Systems for Liquids and Slurries. The American Society of Mechanical Engineers, 2016, 1–138.
- [3] Coade. (1998). *Pipe Stress Analysis Seminar Notes*.
- [4] Dutta, P., Saha, S. K., Nandi, N., & Pal, N. (2016). Numerical study on flow separation in 90° pipe bend under high Reynolds number by k-ε modelling. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 19(2), 904–910.
<https://doi.org/10.1016/j.jestch.2015.12.005>
- [5] Elanda, R. W. (2011). Analisis keandalan pipa lurus akibat korosi eksternal pada jalur pipa transmisi gas dengan menggunakan simulasi monte carlo.
<http://lontar.ui.ac.id/detail?id=20292422&lokasi=lokal>.
- [6] Lee, J., Kang, J. M., Ban, H., & Moon, C. (2016). Stress Distribution of Buried Concrete Pipe Under Various Environmental Conditions. *Journal of the Korean Geoenvironmental Society*, 17(12), 65–72.
<https://doi.org/10.14481/jkges.2016.17.12.65>
- [7] Mandraguna, F. Y., & Afiff, J. M. (2018). Perancangan Pig Launcher Untuk Pipa Gas. *Seminar Nasional Cendekiawan*, 4, 251–257.
- [8] Maulana, A. (2016). Perhitungan Tegangan Pipa Dari Discharge Kompresor Menuju Air Cooler Menggunakan Software Caesar Ii 5.10 Pada Proyek Gas Loft Compressor Station.
- [9] Utomo, W. F. (2016). *Desain Dan Analisis Tegangan Pada Sistem Offshore Pipeline Akibat Pengaruh Beban Arus Dan Gelombang Di Pt. Pertamina (Persero) Unit Pengolahan Vi Balongan Menggunakan Metode Elemen Hingga*. 4(3), 317–324.