

Redesain Onshore Crude Oil Pipeline Di Penajam Station Dari Underground Menjadi Aboveground

Wildan Ruwanta^{1*}, Adi Wirawan Husodo,² Pekik Mahardhika.³

Teknik Perpipaan, Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia^{1*}
*Teknik Perpipaan, Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia*²
*Teknik Perpipaan, Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia*³
 Email: wildanruwanta28@student.ppns.ac.id^{1*}; adi_wirawan@ppns.ac.id^{2*}; pekikmahardhika@ppns.ac.id^{3*};

Abstract - A new underground route will be installed, due to technical issues during construction about existing underground pipes. A redesign was carried out to place the pipeline aboveground with bend angle variations of 30°, 60°, and 90°. In this study, a comparison of the new designs with different bend angles was conducted, including calculations and analyses covering allowable pipe span, determination of the number of supports, stress values, and pipe flexibility values. From the calculations and analyses performed, the allowable pipe span value for all three designs with varying bend angles is 19.976 meters with two pipe supports. Stress analysis using software showed that the highest stress value due to sustained load was found in the design with a 90° bend angle at 20,406.8 psi, while the lowest value was in the design with a 30° bend angle at 14,503.77 psi. The highest stress value due to thermal expansion load was found in the design with a 30° bend angle at 12,125.15 psi, while the lowest value was in the design with a 90° bend angle at 1,145.8 psi. The pipe flexibility calculation results showed that the highest flexibility value was in the 90° design at 105.79 mm, while the lowest value was in the 30° design at 26.45 mm. Based on the stress and flexibility values analysis based on ASME B31.4, all three designs are declared safe and can proceed with the installation process.

Keyword: Redesign, Maximum Allowable Pipe Span, Stress Analysis, Pipe Flexibility.

Nomenclature

L	Allowable pipe span (m)
S_H	Hoop stress due to internal pressure (Mpa)
D	Diameter luar pipa (mm)
K	Nilai konstanta dengan nilai 0.03 (satuan U.S), dan 208 (satuan SI)
E	Modulus elastisitas
S_E	Thermal expansion stress (Mpa)
S_b	Bending stress (Mpa)
S_t	Torsional stress (Mpa)
S_L	Longitudinal stress (Mpa)
S_Y	Yield strength (Mpa)

1. PENDAHULUAN

Adanya perubahan desain untuk 20" Onshore Pipeline Penajam Station from Lawe—lawe dari underground menjadi aboveground, maka perlu dilakukan studi redesain underground menjadi aboveground. pengaruh variasi sudut bend pada pipa aboveground dan pipa underground pada desain jalur pipeline terhadap nilai tegangan [1]. Analisa perbandingan analisa pipe span antara pipa existing dan re-design dengan menggunakan perhitungan pipe span mengacu pada ASME

B31.3 dan Diktat *piping stress analysis* Chamsudi (2005). [2]. Perhitungan nilai SIF (Stress Intensification Factor), yang dimana diterapkan pada komponen-komponen pipa/tempat-tempat dimana terdapat konsentrasi tegangan dan kemungkinan terjadi kegagalan karena *fatigue* (kelelahan) pada *fitting*, sambungan las, dan sebagainya.[3]. Analisa perhitungan fleksibilitas pipa, analisa statik dan dinamik dilakukan dengan menggunakan *software CAESAR II* berdasarkan standar ASME B31.3. [1]. Detail drawing hasil redesain dengan menggunakan bantuan *software CAESAR II* dan *software Autocad*. [4]. Dengan mengacu beberapa studi literatur diatas, Penelitian ini akan membahas tentang desain ulang (redesain) pada onshore crude oil pipeline di Penajam Station dengan variasi sudut bend yang memiliki nilai tegangan pipeline memenuhi standar ASME B31.4.

2. METODOLOGI .

2.1 Pipe Span

Pipe Span atau *Free Span* berfungsi untuk mencegah defleksi pada pipa, *supporting* yang baik perlu mempertimbangkan jarak antar tumpuan atau pipe span. Maksimum jarak antara penyangga/*Maximum allowable pipe span* yang diijinkan untuk sistem perpipaan horisontal

dibatasi 3 faktor utama yaitu tegangan tekuk, defleksi vertikal, dan frekuensi alami. Untuk

Tabel 1. Tegangan Izin berdasarkan ASME B31.4

Location	Internal and External Pressure Stress, S_H	Allowable Expansion Stress, S_E	Additive Longitudinal Stress, S_L	Sum of Longitudinal Stresses From Sustained And Occasional Loads	Equivalent Combined Stress, S_{eq}
Restrained Pipeline	$0.72[E]S_y$	$0.90S_y$	$0.90S_y$	$0.90S_y$	$0.90S_y$
Unrestrained Pipeline	$0.72[E]S_y$	$S_A \leq f[1.25(S_c$	$0.75S_y$	$0.80S_y$	n/a
Riser and Platform Piping on inland navigable water	$0.60[E]S_y$	$0.80S_y$	$0.80S_y$	$0.90S_y$	n/a

perhitungan *maximum allowable pipe span* dapat menggunakan formula berikut :

$$L = \sqrt{\frac{0.425h}{w}} \text{ Based on limitation stress}$$

$$L = \sqrt[4]{\frac{\Delta EI}{13.5w}} \text{ Based on limitation deflection}$$

2.2 Stress Intensification Factor

Tegangan dalam suatu penampang pipa pada umumnya tidak merata, padahal dalam perhitungan tegangan di setiap titik penampang pipa seringkali hanya diwakili oleh satu harga tegangan saja. Untuk memperhitungkan faktor tersebut, didefinisikan satu parameter yang disebut *Stress Intensification Factor* yang dihitung akibat bentuk/lokasi yang ditinjau yang utamanya pada fitting atau percabangan pipa. Menurut ASME B31.4, untuk mencari nilai SIF, dapat menggunakan formula berikut :

$$h = \frac{tR}{r^2}$$

$$k = \frac{1.65}{h}$$

$$i_0 = \frac{0.75}{h^{2/3}}$$

$$i_1 = \frac{0.9}{h^{2/3}}$$

2.3 Tegangan Pipa Menurut ASME B31.4

Menurut (ASME B31.4, 2019) tegangan yang terjadi dalam sistem perpipaan (*pipeline*) dapat dikelompokkan ke dalam empat kategori, yakni Tegangan dari Tekanan dalam pipa (*Internal pressure*), Tegangan dari ekspansi thermal (*Thermal expansion*), Tegangan longitudinal (*Longitudinal stress*), dan Tegangan kombinasi (*Combining of stress*). Adapun formula yang digunakan untuk menghitung Tekanan dalam pipa (*Internal pressure*),

(U.S. Customary Units)

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

(SI Units)

$$S_H = \frac{P_i D}{20t}$$

formula yang digunakan untuk menghitung Tegangan dari ekspansi thermal (*Thermal expansion*),

$$S_E = E\alpha(T_1 - T_2)$$

formula yang digunakan untuk menghitung Tegangan longitudinal (*Longitudinal stress*),

$$S_L = S_E + vS_H + \frac{M}{Z} + \frac{F_n}{A}$$

dan formula yang digunakan untuk menghitung Tegangan kombinasi (*Combining of stress*),

$$S_{eq} = 2\sqrt{\left[\frac{(S_L - S_H)}{2}\right]^2 + S_t^2}$$

2.4 Tegangan Izin Menurut ASME B31.4

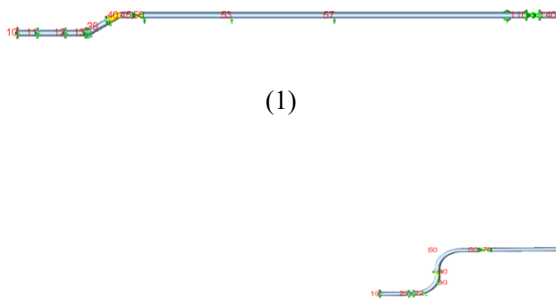
Dalam (ASME B31.4, 2019) dijelaskan bahwa tegangan longitudinal maksimal akibat beban aksial dan lentur selama pemasangan dan operasi harus dibatasi pada nilai yang mencegah adanya pembengkokan (*buckling*) atau kerusakan pipa yang mempengaruhi kemampuan pelayanan (*service*) pipa yang terpasang. Kriteria tegangan atau batas regangan pemasangan yang dapat diterima mungkin digunakan. Nilai tegangan pipa selama beroperasi tidak boleh melebihi nilai yang diperbolehkan dalam Tabel 1.

2.5 Pembebanan pada Sistem Perpipaan Menurut ASME B31.4.

Menurut (ASME B31.4, 2019) dijelaskan bahwa desain pipa harus didasarkan pada pertimbangan beban yang diidentifikasi dalam bagian ini adalah sejauh mana beban tersebut signifikan terhadap sistem yang diusulkan (*didesain*) dan berlaku untuk pemasangan dan operasi yang diusulkan (*didesain*). Beban yang dapat menyebabkan atau berkontribusi pada kegagalan pipa (*sistem*

pemipaan) atau kehilangan kemampuan layanan dari sistem pipa harus diidentifikasi dan diperhitungkan dalam usulan (desain). Pembebanan yang terjadi pada sistem pemipaan

Steel Density	Rho	7850	$\frac{kg}{m^3}$
SMYS		360	Mpa



Service condition	-	Sweet/non sour	
Flow rate	V	795	$\frac{M^3}{Hour}$
Temperatur Operasi	T	43,7	°C
Temperatur Desain	T	56	°C
Tekanan Desain	P	39,1	$\frac{kg}{cm^2.g}$
Tekanan Operasi	P	31,3	$\frac{kg}{cm^2.g}$

Tabel 2. Spesifikasi Pipa

Parameter	Notasi	Nilai	Satuan
Material	API 5L Grade X52 M		
NPS	20		Inch
Wall Thickness	T	12,7	mm
Outside Diameter	OD	508	Mm
Young's Elastic Modulus		207.10^9	$\frac{N}{m^2}$
Poison Ratio	0,3		

menurut ASME B31.4 yaitu meliputi pembebanan *sustained, occasional, construction, dan transient.*

2.6 Fleksibilitas Pipa

Pipa atau *pipe* seperti halnya logam, jika mendapat perlakuan panas akan mengalami pemuaian dan pertambahan panjang. Sebaliknya jika didinginkan akan mengalami penyusutan atau pengkerutan atau pemendekan. Sistem pemipaan harus didesain dengan fleksibilitas yang cukup untuk mencegah ekspansi atau pembebanan yang menyebabkan tegangan pada material pipa atau komponen jalur pipa melebihi batas yang diizinkan meliputi *fitting, anchor point*, dan titik *support* (ASME B31.4 2019). Formula untuk menghitung fleksibilitas pipa berdasarkan ASME B31.4 sebagai berikut,

$$Dy/(L - U)^2 \leq K,$$

3.HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Penelitian

3.1.1 Data Spesifikasi Pipa

Pada penelitian ini dibutuhkan beberapa data jalur pipa *onshore crude oil pipeline* yang ada di *Penajam Station*. Data

Tabel 3. Data Proses

(2)

Tabel 3. Data Proses

yang digunakan meliputi spesifikasi pipa yang dapat dilihat pada tabel 2.

3.1.2 Data Proses

Pada penelitian ini dibutuhkan beberapa data jalur pipa *onshore crude oil pipeline* yang ada di *Penajam Station*. Data yang digunakan meliputi data proses yang dapat dilihat pada tabel 3.

3.2 Hasil Pemodelan Redesain

Dari gambar (1), (2), dan (3) didapatkan hasil pada pemodelan hasil redesain di *Penajam Station* dengan perubahan desain menjadi *aboveground* dengan desain awal menggunakan sudut *bend 45°* dan redesain dengan variasi sudut *bend* pada area transisi *pipeline* dari *underground* menuju *aboveground* sebesar 30°, 60°, 90°.

3.2 Maximum Allowable Pipe Span

Perhitungan *Maximum allowable pipe span* dilakukan kepada ketiga desain hasil redesain dengan variasi sudut *bending* sebesar 30°, 60°, 90°. Didapatkan hasil pada

maksimum allowable pipe span pada ketiga desain hasil redesain sebagai berikut :

a. Sudut bend 30

$$L_s = \sqrt{\frac{0.425h}{W}} \text{ Based on limitation stress}$$

$$L_s = \sqrt{\frac{0.4 \times 170 \text{ in}^2 \times 20000}{124.186}}$$

$$L_s = 104,649 \text{ ft} = 31.897 \text{ m}$$

$$L_s = \sqrt[4]{\frac{\Delta EI}{13.5 W}} \text{ Based on limitation deflection}$$

$$L_s = \sqrt[4]{\frac{2 \times 29110000 \text{ psi} \times 1700 \text{ in}^4}{13.5 \times 124.186 \text{ lb/ft}}}$$

$$L_s = 65,536 \text{ ft} = 19,976 \text{ m}$$

b. Sudut bend 60

$$L_s = \sqrt{\frac{0.425h}{W}} \text{ Based on limitation stress}$$

$$L_s = \sqrt{\frac{0.4 \times 170 \text{ in}^2 \times 20000}{124.186}}$$

$$L_s = 104,649 \text{ ft} = 31.897 \text{ m}$$

$$L_s = \sqrt[4]{\frac{\Delta EI}{13.5 W}} \text{ Based on limitation deflection}$$

$$L_s = \sqrt[4]{\frac{2 \times 29110000 \text{ psi} \times 1700 \text{ in}^4}{13.5 \times 124.186 \text{ lb/ft}}}$$

$$L_s = 65,536 \text{ ft} = 19,976 \text{ m}$$

c. Sudut bend 90

$$L_s = \sqrt{\frac{0.425h}{W}} \text{ Based on limitation stress}$$

$$L_s = \sqrt{\frac{0.4 \times 170 \text{ in}^2 \times 20000}{124.186}}$$

$$L_s = 104,649 \text{ ft} = 31.897 \text{ m}$$

$$L_s = \sqrt[4]{\frac{\Delta EI}{13.5 W}} \text{ Based on limitation deflection}$$

$$L_s = \sqrt[4]{\frac{2 \times 29110000 \text{ psi} \times 1700 \text{ in}^4}{13.5 \times 124.186 \text{ lb/ft}}}$$

$$L_s = 65,536 \text{ ft} = 19,976 \text{ m}$$

Dari perhitungan diatas diperoleh *maximum allowable span* untuk pipa lurus yaitu

Tabel 4. Nilai SIF

Tabel 5 Nilai tegangan dengan variasi sudut bend

α	R (in)	h	K	i_i	i_o
30	26,79	0,1484	43,592	3,21	2,67
60	57,74	0,3199	20,226	1,94	1,60
90	100	0,5440	11,678	1,335	1,11
30	11.222,6		26.716	0	4269
60	11.222,6		5.126	0	4269
90	11.222,6		1.335	0	4269

Tabel 6 Nilai Pembebanan

α	30	60	90	Allowable Stress
S_E	9144,5	5126,35	1.335,95	46.803,6
S_L	18.975,2	14.956,89	11.166,49	39.000

Tabel 7 Nilai Fleksibilitas

α	30	60	90	Allowable Stress
Nilai Fleksibilitas	26,45	80,04	105,79	208

sebesar 65,536 ft atau 19,976 m. Sehingga panjang keseluruhan pipa dibagi dengan panjang *max allowable pipe span based on limitation of deflection* menghasilkan jumlah minimal *support* yang digunakan.

$$\text{Jumlah support} = \frac{L_{\text{pipa}}}{L_s}$$

$$\text{jumlah support} = \frac{129.921 \text{ ft}}{65.538 \text{ ft}} = 2 \text{ support}$$

3.3 Nilai SIF Hasil Redesain

Dari tabel 2 di atas didapatkan nilai SIF, dimana nilai SIF terendah terdapat pada bend 30 dan nilai SIF tertinggi terdapat pada bend 90, dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa sudut bend dan nilai SIF berbanding terbalik, artinya semakin besar sudut bend, maka semakin kecil nilai SIF yang didapat.

3.4 Analisa Tegangan Hasil Redesain

Pada tabel 3 dan 4 dibawah didapatkan hasil tegangan dan pembebanan *sustained* dan *expansion load* yang terjadi pada hasil redesain dengan variasi sudut bend.

3.5 Nilai Fleksibilitas Pipa Hasil Redesain

Analisa fleksibilitas pipa digunakan untuk memastikan bahwa jalur perpipaan dapat menahan beban statis, dinamis, dan *Thermal expansion* atau *Thermal movement*. Sistem perpipaan harus dirancang agar memiliki fleksibilitas yang cukup untuk mencegah beban yang menyebabkan tegangan pada material pipa atau komponen pipa yang melebihi *allowable* yang telah ditentukan pada ASME B31.4. Perhitungan fleksibilitas pipa berdasarkan ASME B31.4 dapat dilihat pada tabel (5).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan dan hasil analisa pada Penelitian dengan judul “*Redesain Onshore Crude Oil Pipeline di Penajam Station Dari Underground Menjadi Aboveground*” meliputi perhitungan maksimum *allowable pipe span*, nilai tegangan, pembebanan yang terjadi

(*sustained* dan *thermal expansion load*), dan nilai fleksibilitas dari ketiga desain hasil redesain memiliki nilai dibawah dari batasan standar ASME B31.4. Sehingga desain ketiga redesain tersebut dinyatakan aman dan dapat diterima serta dilanjutkan dengan proses pemasangan.

5. PUSTAKA

- [1] Kharisma, O. A. (2022). Pengaruh Variasi Sudut Bend pada Pipa Aboveground dan Pipa Underground pada Desain Jalur Pipeline Segmen 11 20” (Cgs 10-batang) terhadap Nilai Tegangan 45-46 .
- [2] Aufabi, R. Z. (2021). Analisis Stress Pada Perubahan Desain Jalur Pipa Steam Condensate Line Number SSC-150-C2AAFSX-L8 1307-EHO. 11-21.
- [3] Khozin, A. (2013). Penentuan Tegangan, Defleksi, dan Kebocoran Flange Menggunakan Perangkat Lunak CAESAR II Pada Jalur Pipa (Studi Kasus Pelatihan Pipe Stress Analysis di PT AP-GREID Jakarta). 47.
- [4] Nuryono, W. A. (2016). Desain Pipeline Crossing Highways Pada Jaringan Pipa Penyalur Gas. 20-21.