

Analisis Tegangan pada Jalur Pipa dengan Pemindahan Penopang Akibat Longsor

Sepfitrah^{1*}, Yoan Perima², Mirfaturiqah³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru

Jalan Dirgantara No.4 Pekanbaru - Riau

E-mail:sepfitrah@gmail.com*

Abstract

Landslide that has done in the Chevron, Minas oil field area on 4A-54 pipeline section, resulted the failure at one of pipe supports of 12in and 8in pipe diameter. The Action is planned to remove pipe support number 2 which affected a landslide, and move pipe supports number 1 and 3 that is closer to pipe support number 2. For this reason, action is being taken to redesign the piping system so that the pipe line can function safely. Allowable piping design criteria are used based on the maximum distance between pipe supports and maximum stress based on ASME B31.3 standards not greater than 20,000 Psi. Based on the calculation results, the allowable maximum distance between 12 in pipe supports is 16.064 m. Software CAESAR II is used on pipeline stress simulation. The maximum combined stress and torsion on the pipeline at that distance is 17606.44 Psi, 12% less than the allowable stress. The combine stress in the pipe are produces displacement and twist of pipe in the x-axis direction of 0.074 m and -0.95°.

Keywords: landslide, pipe support, allowable stress, displacement, simulation

Abstrak

Kejadian tanah longsor pada area ladang minyak Chevron, Minas mengakibatkan tidak berfungsinya salah satu penyokong pipa berdiameter 12in dan 8 in pada jalur 4A-54. Direncanakan tindakan menghilangkan penyokong pipa nomor 2 yang mengalami longsor, dan menggeser penyokong pipa nomor 1 dan 3 disebelahnya mendekat ke penyokong pipa nomor 2. Untuk itu dilakukan tindakan mendisain ulang sistem pemipaan agar jalur pipa dapat berfungsi dengan aman. Digunakan kriteria desain pemipaan yang aman atau diizinkan berdasarkan jarak maksimum antara penyokong pipa dan tegangan maksimum berdasarkan standar ASME B31.3 tidak lebih besar dari 20000 Psi. Berdasarkan hasil perhitungan jarak maksimum yang diizinkan antara penyokong pipa 12 in adalah 16,064 m. Dalam perhitungan analisis tegangan jalur pipa menggunakan simulasi dengan perangkat lunak CAESAR II. Tegangan kombinasi pada jalur pipa berupa tarikan dan puntir pada jarak tersebut sebesar 17606,44 Psi, lebih kecil 12% dari tegangan yang diizinkan. Tegangan kombinasi pada pipa menghasilkan defleksi dan puntiran searah sumbu x sebesar 0,074 m dan -0,95°.

Kata Kunci: longsor, penyokong pipa, tegangan izin, defleksi, simulation

1. Pendahuluan

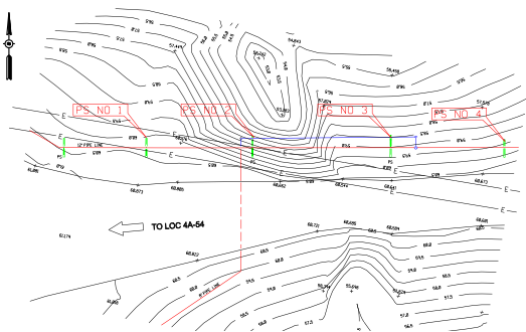
Sistem pemipaan yang aman dibutuhkan untuk menjamin kelangsungan dari produksi minyak bumi dan menjamin usia pemakaiannya, sesuai dengan siklus perencanaan. Kondisi aman adalah saat pipa mampu menahan beratnya sendiri pada kondisi tekanan internal dan berat fluida yang terdapat pada pipa.

Kondisi alam juga mempengaruhi terhadap disain pemipaan[1]. Pipa dan penopangnya direntangkan di atas permukaan tanah yang mengalami longsor akibat gempa maupun likuifaksi tidak membutuhkan kajian secara ekonomis tetapi juga faktor kemanannya[2].

Penopang pipa (*pipe support*) merupakan alat yang digunakan untuk menyangga atau memegang sistem pemipaan agar tetap berada di atas permukaan tanah. Posisi peletakan penopang pipa harus pada tanah yang stabil, mempertimbangkan pergerakan pipa terhadap profil pembebanan[3][4].

Pada jalur pemipaan 4A-54 ladang minyak Chevron Minas, terjadi longsor yang mengakibatkan salah satu penopang pipa 12 in dan 8 in tidak dapat berfungsi. Terdapat masing-masing 2 penopang pipa di sebelah kiri dan kanan penopang yang mengalami longsor. Gambar 1 merupakan topography lapangan yang

memperlihatkan kontur tanah dan posisi penopang pipa.



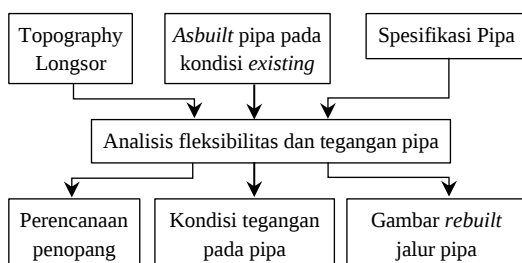
Gambar 1. Kontur tanah longsor pada pipe support nomor 2

Tindakan yang dapat dilakukan mengatasi permasalahan penopang pipa nomor 2 adalah merekonstruksi pondasinya. Namun dikhawatirkan longsor akan terjadi kembali. Opsi lain adalah dengan menggeser penopang pipa bersebelahan dengan jarak tertentu sehingga jalur pipa dapat ditopang kembali.

Penggeseran penopang pipa ke kondisi kontur tanah yang lebih stabil. Analisis pemindahan penopang pipa dan tegangan pada jalur pipa mengacu pada standar ANSI/ASME B31.3. Bantuan perangkat lunak CAESAR II digunakan dalam perhitungan analisis tegangan jalur pipa.

2. Methodologi

Data yang dibutuhkan untuk melakukan simulasi dan analisa stress pada pipa didapat dari gambar topography, asbuilt dan pengamatan lapangan. Data-data yang didapatkan antara lain meliputi, dimensi dan jenis material, tekanan, temperature, fluida yang mengalir, berat insulasi, perpidahan angin, dan gempa[5]. Dari data tersebut dilakukan analisis tegangan pada jalur pipa menggunakan bantuan perangkat lunak Caesar II. Adapun skema analisis seperti terlihat pada gambar 2, berikut:

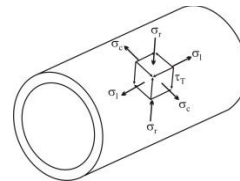


Gambar 2. Alur analisis tegangan pada jalur pipa

2.1. Tegangan pada pipa

Ada dua elemen tegangan utama yang terjadi pada dinding pipa yaitu tegangan longitudinal

dan tegangan geser[6], seperti terlihat pada gambar 3.



Gambar 3. Elemen tegangan pada pipa

1. Tegangan longitudinal, tegangan yang diakibatkan oleh gaya tekan internal (P) yang bekerja pada dinding pipa dan searah sumbu pipa[7]. Tegangan longitudinal merupakan penjumlahan dari tiga tegangan yaitu ; tegangan bengkok pengaruh ekspansi panas, tegangan bengkok akibat berat pipa itu sendiri, dan tekanan internal pipa[8]. Sehingga tegangan longitudinal dapat dihitung dengan persamaan 1 :

$$\sigma_l = \frac{F_a}{A} + \frac{M_b}{S_m} + \frac{P \cdot d_o}{4t} \leq \sigma_h \quad (1)$$

Dimana :

- σ_l : Tegangan longitudinal (Psi)
- σ_h : Tegangan izin/ Allowable stress (Psi)
- F_a : Momen bengkok (lb-in)
- M_b : Tekanan internal pipa (Psi)
- P : Tekanan internal pipa (Psi)
- S_m : Modulus penampang pipa (in³)
- A : Luas penampang pipa (in²)
- t : Tebal pipa (in)

Tegangan izin merupakan fungsi siklus ekspansi termal (kondisi panas dan dingin). Kondisi panas akan menyebabkan tegangan pada pipa dan kondisi menghilangkan tegangan atau disebut juga sebagai *self springing*(8). Menurut kode ANSI untuk pipa bertekanan ASME B31.1, tegangan izin akibat ekspansi termal nilainya adalah[9]:

$$\sigma_h = f(1,25S_c + 0,25S_h) \quad (2)$$

Dimana :

- σ_h : Tegangan izin ekspansi termal (Psi)
- S_c : Tegangan izin pada kondisi dingin (Psi)
- S_h : Tegangan izin pada kondisi panas (Psi)
- f : Faktor reduksi untuk kondisi siklus

2. Tegangan geser, merupakan hasil penjumlahan tegangan puntir (*torsional stress*) akibat ekspansi termal dan tegangan geser langsung(6). Tegangan ini dapat diasumsikan dengan suatu putaran gaya pada ujung-ujung pipa yang saling berlawanan arah sehingga terjadi puntiran pada pipa (*twisting*).

$$\tau_T = \frac{T}{2S_M} + \frac{F_s}{A} \quad (3)$$

Dimana :

τ_T : Tegangan geser (Psi)
 T : Torsi (lb-in)
 F_s : Resultan gaya geser (lb)

Untuk menentukan jarak antara penyokong pipa (*allowable span*), hal pertama yang dilakukan adalah mengetahui berat jalur pipa. Berat jalur pipa 12" dan 8" yang dihitung merupakan penjumlahan dari berat pipa itu sendiri, fluida yang melaluinya dan berat insulasi[10], mengikuti persamaan 4 berikut:

$$W_{jp} = \frac{\pi}{4} L \left[(D^2 - d^2) + (d^2) \rho_p + (D_{is}^2 - D^2) \rho_{is} \right]$$

Dimana :

W_{jp} : Berat jalur pipa (lb)
 L : Panjang pipa (in)
 D : Diameter luar pipa (in)
 D_{is} : Diameter insulasi pipa (in)
 d : Diameter dalam pipa (in)
 ρ_p : Massa jenis pipa (lb/in³)
 ρ_{is} : Massa jenis insulasi (lb/in³)

Menghitung jarak maksimum penyokong pipa berdasarkan tegangan maksimum material pipa. Dimana untuk pipa 12 in dan 8 in dengan material ASTM A106 G-B memiliki nilai tegangan maksimum adalah 20000 Psi (ASME B3.13)

$$L_{Sp} = \frac{\sqrt{10 \cdot S_m \cdot \sigma_h}}{W_{jp}} \quad (5)$$

Dimana :

L_{Sp} : Jarak maksimum (in)
 W_{jp} : Berat jalur pipa (lb)

3. Hasil dan Pembahasan

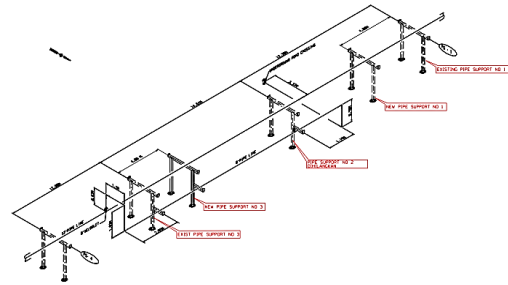
3.1. Jarak maksimum antar penyokong pipa

Tabel 1.

Jarak penyokong pipa 12 in dan 8 in					
Dimensi Pipa (in)	Schedule	D (in)	d (in)	W_{jp} (lb/in)	L_{Sp} (in)
12	20	12,75	12,5	2,783	632,45
8	20	8,625	8,125	1,863	634,70

Dari gambar 4 dilakukan perencanaan mengatasi kegagalan fungsi penopang pipa nomor 2 berada ditengah yang mengalami longsor. Jarak awal antara penyokong 1 dan 3 sejauh 26 m, lebih besar dari jarak maksimum yang diizinkan. Berdasarkan hasil perhitungan jarak maksimum yang diizinkan antar penyokong pipa 12 in, maka dilakukan penggeseran penyangga pipa no 1 dan 3 ke arah tengah sejauh 632,45 in atau 16,064 m.

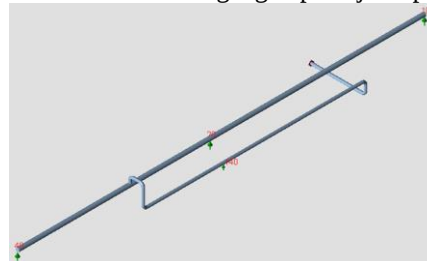
Sedangkan jarak antara penyokong pipa 1 dan 3 dengan penyokong terluar semula 12 m menjadi 16 m.



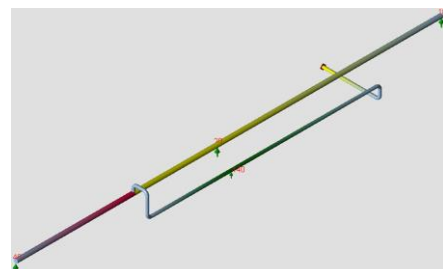
Gambar 4. Isometrik rencana pemindahan penopang pipa

3.2. Hasil simulasi tegangan pada pipa

Analisis dilakukan menggunakan bantuan perangkat lunak Caesar II. Desain perencanaan penggeseran penyokong pipa 1 dan 3 menjadi model dalam simulasi tegangan pada jalur pipa.



Gambar 5. Model pemindahan penyokong jalur pipa 12 in dan 8 in



Gambar 6. Hasil simulasi pemindahan penyokong jalur pipa

Tabel 2.

Tegangan pada jalur pipa			
Jenis Tegangan	Node	Tegangan (Psi)	Tegangan izin (Psi)
Code Stress	30	17606.44	20000
Bengkok	30	17426.37	20000
Torsional	60	542.00	20000
Axial	20	180.07	20000
Hoop	20	367.50	20000
3DMax Intensity	30	17606.44	20000

Pada gambar 6 hasil simulasi, menunjukkan tegangan terbesar terjadi pada jalur pipa berwarna merah. Nilai tegangan terbesar berada pada node 30 sebesar 17606,44 Psi. Tegangan kombinasi ini masih lebih kecil 12% dari tegangan yang diizinkan menurut ASME B31.1 yaitu 20000 Psi.

Tabel 3.
Nilai *displacement* jalur pipa

Node	Dx (m)	Dy (m)	Dz (m)	Rx (deg)	Ry (deg)	Rz (deg)
10	0,058	0,000	-0,021	-0,96	0,03	-0,50
20	0,058	0,000	-0,029	-0,96	0,03	0,04
30	0,058	-0,022	-0,032	-0,96	0,03	-0,19
40	0,058	0,000	-0,036	-0,96	0,03	0,37
50	0,066	-0,022	-0,038	-0,96	0,03	-0,20
60	0,074	-0,027	-0,043	-0,95	0,00	-0,25
70	0,074	-0,027	-0,043	-0,95	0,00	-0,25
80	0,074	-0,036	-0,043	-0,95	0,00	-0,26
90	0,063	-0,041	-0,038	-0,90	0,03	-0,31
100	0,063	-0,041	-0,038	-0,90	0,03	-0,31

Besar dan arah defleksi atau deformasi yang terjadi pada jalur pipa ditunjukkan pada tabel 3 berupa nilai *displacement*. Pada posisi node 30 dengan tegangan terbesar, terjadi defleksi se arah sumbu x sebesar 0,058 m dan puntiran sebesar 0,96 derajat. Nilai defleksi terbesar searah sumbu x terjadi pada node 60 – 70 dengan puntiran 0,95 derajat.

4. Simpulan

Dari metode penelitian terhadap kondisi longsor pada penyokong pipa nomor 2 terhadap jalur pemipaan 4A-54 ladang minyak Chevron Minas, dapat diatasi dengan :

- Menggeser posisi penyokong pipa nomor 1 dan 3 ke arah tengah dengan jarak maksimum antara penyokong yang dizinkan berdasarkan hasil perhitungan sebesar 632,45 in atau 16,064 m untuk pipa 12 in.
- Penggeseran penyokong pipa yang dilakukan masih aman, karena tegangan terbesar yang bekerja berada pada posisi node 30 sebesar 17606,44 Psi, lebih kecil 12% dari tegangan yang diizinkan menurut standar ASME B31.1 yaitu 20000 Psi.
- Defleksi terbesar yang terjadi pada jalur pipa 12 in dan 8 in akibat kombinasi tegangan

tarikan dan puntir searah sumbu x pada node 60 – 80 sebesar 0,074 m dan -0,95°.

Daftar Pustaka

- Di Prisco C, Nova R, Corengia A. A model for landslide-pipe interaction analysis. *Soils Found.* 2004;44(3):1–12.
- Darya V. Leyer, Dmitry G. Seryi NNL. Design Peculiarities of Pipeline Support on Landslide Slopes. 2021;8:1–26.
- Valkovič V, Jančo R, Frydryšek K. The Effect of Landslide on Gas Pipeline. *Stroj Cas.* 2016;66(2):95–100.
- Sun WS. Stress Analysis Of Piping Systems, Chapter 4. 2004;107–214.
- Peng L-C, Peng T-L. Pipe Stress Engineering. In: *Pipe Stress Engineering*. 2010.
- Victor Halguero. MP. Piping Stress Handbook. In *Gulf Publishing Company*; 1985. p. 1–3.
- Nugroho TF, Wardhana EM, Azmi RN. Stress Analysis of Land Subsidence Effect on Header Pipe 12 Inch in LPG Station Semarang. *Int J Mar Eng Innov Res.* 2018;2(4).
- Grinnell Industrial. Piping Desing And Engineering. sixth. *Piping Engineering*. USA: ITT Grinnel Industrial Piping, Inc.; 1981.
- ASME B31.3. Process Piping: ASME Code for Pressure. In: *ASME B313: Process Piping ASME Code for Pressure*. ASME; 2016.
- Mahardhika P, Perkapalan P, Surabaya N, Pipa T. Desain peletakan penyangga dan evaluasi tegangan pada sistem perpipaan fluida massecuite dari reheater menuju feed mixer. 2020;6:39–46.