

Analisis Tegangan Jumper Line Penajam Station Sebagai Peningkatan Fleksibilitas Operasi Transfer Crude Oil Project RDMP RU-V Balikpapan

Ricky Maulana Antrasena^{1*}, Adi Wirawan Husodo², Pekik Mahardhika³

Program Studi S2 Mechanical Engineering, Jurusan College of Engineering, Chung Yuan Christian University, Taoyuan City, Taiwan¹
Program Studi D4 Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia^{2,3}

Email: rickymaulana0509@gmail.com^{1*}; adi_wirawan@ppns.ac.id²; pekikmahardhika@ppns.ac.id³;

Abstract - The Lawe-lawe Facilities project must change the routing design of the jumper line at Penajam Station due to the inflexible pipeline configuration in utilizing the existing line with the new line. Analyzed including calculation of max allowable pipe span, stress analysis due to sustained, occasional, and thermal loading, pipe flexibility and flange leakage analysis based on ASME B31.3. The max allowable pipe span got a value of 56,39 ft with a minimum number of pipe supports of 4 pieces. Stress analysis with the help of software results in stress values due to sustained, occasional and thermal loading not exceeding the allowable stress based on ASME B31.3. The pipe flexibility value in the jumper line piping system does not exceed the allowable value of 0,009 with an allowable of 0,030. The results of the flange leakage analysis get the highest value of stress on the flange of 211,54 psi. From the analysis that has been done, it is obtained that all stress values do not exceed the allowable based on the ASME B31.3 standard and can be declared safe to meet the criteria.

Keyword: Max Allowable Pipe Span, Stress Analysis, Pipe Flexibility, Flange Leakage

Nomenclature

d_i	Inside diameter (in)
d_o	Outside diameter (in)
S_h	Allowable tensile stress (psi)
S_b	Allowable bending stress (psi)
S_t	Allowable torsion stress (psi)
w_{total}	Weight total (lb/ft)
w_{pipe}	Weight of pipe (lb/ft)
w_{fluid}	Weight of fluid (lb/ft)
ρ_{pipe}	Pipe density (lb/in ³)
ρ_{fluid}	Fluid density (lb/in ³)
L_s	Pipe span limitation of stress (ft)
L_d	Pipe span limitation of deflection (ft)
E	Modulus elasticity (psi)
F	Axial force (lb/in ²)
Z	Section Modulus (in ³)
I	Moment inertia (in ⁴)
h	Flexibility characteristic
k	Flexibility factor
T	Thickness of pipe (in)
R_1	Bend radius (mm)
r_2	Inside diameter of pipe (mm)
i_i	In plane
i_o	Out of plane

M_b	Bending moment (lb/in)
M_t	Torsional moment (lb/in)
A_i	Internal area of pipe (in ²)
A_m	Cross section area of pipe (in ²)
S_L	Stress due to sustained load (lb/in ²)
S_a	Stress due to axial force (lb/in ²)
S_b	Stress due to bending moment (lb/in ²)
S_t	Stress due to torsional moment (lb/in ²)

1. PENDAHULUAN

Proyek Lawe-lawe Facilities merevitalisasi kilang lama dan meningkatkan kapasitas produksi dari 260 ribu barel per hari menjadi 360 ribu barel per hari. Pada proyek pekerjaan area Penajam Station terdapat redesain pipa jumper line akibat konfigurasi jalur pipa yang tidak fleksibel secara fungsional dalam operasi transfer crude oil dari existing pipeline ke new pipeline dan begitu juga sebaliknya. Menurut [A] perubahan desain pipa jumper line perlu dilakukan analisis tegangan karena termasuk dalam critical line pada jalur utama dan terhubung pada static equipment.

Pada penelitian terdahulu, perhitungan max allowable pipe span meliputi perhitungan berat total pipa, perhitungan maksimum jarak yang diizinkan berdasarkan batas defleksi dan batas tegangan [B]. Perhitungan berat pipa terdiri atas perhitungan berat pipa, berat fluida dan berat

insulasi (bila ada). Nilai pipe span diambil dari nilai terkecil antara perhitungan maksimum jarak yang diizinkan berdasarkan batas defleksi dan batas tegangan. Menurut [C] analisis tegangan bertujuan untuk memastikan sistem perpipaan dapat beroperasi dengan aman meliputi analisis tegangan akibat beban sustained, occasional, dan thermal expansion berdasarkan standar ASME B31.3. Pada penelitian [D] perhitungan fleksibilitas pada pipa menggunakan metode simplified flex analysis. Perhitungan fleksibilitas pada pipa bertujuan untuk memastikan pengaruh gaya, tegangan dan defleksi akibat beban berat dan tekanan dalam keadaan aman. [E] melakukan penelitian tentang analisis flange leakage untuk mengetahui nilai tegangan pada flange dan memastikan bahwa tidak terjadi kebocoran pada sambungan flange to flange dengan menggunakan nilai yang diambil dari kondisi operasi [F].

Pada penelitian ini dilakukan perhitungan max allowable pipe span, analisis tegangan

- Based Limitation of Deflection

$$L_d = \sqrt[4]{\frac{\Delta ET}{13.5 \times w}} \quad [5]$$

- Perhitungan Minimum Jumlah Support

$$\sum s = \frac{L_{pipe}}{L_s} \quad [6]$$

2.3 Tegangan pada Pipa

Tegangan pada sistem perpipaan terdapat dua kategori, yaitu tegangan normal (normal stress) dan tegangan geser (shear stress). Tegangan normal meliputi tegangan longitudinal, tegangan tangensial dan tegangan radial. Penelitian ini hanya berfokus pada analisis tegangan longitudinal.

Berikut adalah penjelasan dan persamaan tegangan yang menjadi variabel dalam perhitungan tegangan longitudinal

berdasarkan kondisi pembebanan *sustained*, *occasional*, dan *thermal expansion*, perhitungan fleksibilitas pada pipa serta analisis *flange leakage* dengan acuan [A] dan [G]. Analisis dilakukan menggunakan *software stress analysis* untuk dapat mengetahui tegangan serta beban yang diterima dari sistem secara akurat.

2. METODOLOGI

2.1 Maximum Allowable Pipe Span

Perhitungan *maximum allowable pipe span* dilakukan untuk mengetahui jarak maksimal antar penyangga dengan menghitung berat keseluruhan pada pipa terdiri dari berat pipa, berat fluida dan berat insulasi (bila ada).

$$w_{\text{pipe}} = \frac{\pi(d_o^2 - d_i^2) \times \rho_{\text{pipe}}}{4} \quad [1]$$

$$w_{\text{fluida}} = \frac{\pi(d_i^2) \times \rho_{\text{fluida}}}{4} \quad [2]$$

$$w_{\text{total}} = w_{\text{pipe}} + w_{\text{fluida}} \quad [3]$$

Kondisi *limitation of stress* dan *limitation of deflection* akan menjadi pembagi dalam penentuan *minimum* jumlah *support* berdasarkan nilai yang terkecil. Perhitungan ini mengacu persamaan dari [G].

- *Based Limitation of Stress*

$$L_s = \sqrt{\frac{0.4 \times Z \times S_t}{w}} \quad [4]$$

perhitungan tegangan longitudinal.

- Tegangan Aksial

$$F_{ax} = P \times A_i \quad [7]$$

$$A_i = \frac{\pi(d_i)^2}{4} \quad [8]$$

$$A_m = \frac{\pi(d_i^2 - d_o^2)}{4} \quad [9]$$

$$S_a = \frac{F_{ax}}{A_m}$$

[10]

Tegangan aksial merupakan salah satu variabel dalam tegangan longitudinal. Tegangan aksial merupakan tegangan yang dipengaruhi oleh gaya yang bekerja sejajar dengan arah sumbu pipa.

- Tegangan Tekuk

$$S_b = \sqrt{\frac{(I_x M_x)^2 + (I_y M_y)^2}{Z}} \quad [11]$$

Tegangan tekuk merupakan salah satu variabel dalam tegangan longitudinal. Tegangan tekuk merupakan tegangan yang terjadi pada pipa disebabkan oleh momen lentur.

- Tegangan Torsi

$$S_t = \frac{M_t}{2Z}$$

[12]

Tegangan torsi merupakan salah satu variabel dalam tegangan longitudinal. Tegangan torsi merupakan tegangan disebabkan oleh momen puntir di sekitar sumbu longitudinal pipa. Jadi tegangan longitudinal menurut [D] sebagai

