

Analisa Tegangan Jalur perpipaan *Outlet Scrubber* menuju *Compressor* dengan Penambahan *Expansion Loop*

Analisa Tegangan dengan Penambahan *Expansion Loop*

Novario Cahya Pradana^{1*}, Pekik Mahardhika², Ni'matut Tamimah³

PT. Gaspro Sentraco¹

Program Studi D4 Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesi^{2,3}

Email: novariocahya19@student.ppns.ac.id^{*}; pekikmahardhika@ppns.ac.id²; ni'matuttammah@ppns.ac.id³

Abstract - In the execution of construction projects, various issues arise, one of which is stress analysis. Stress analysis of pipes is crucial before their installation to ensure the safety of the pipeline when high-pressure or low-pressure fluids flow through it, preventing leaks or deformation. In the case study of the project delivery for the offshore FPSO time charter, specifically in the design of the outlet pipeline for the 1st stage gas lift suction scrubber, the addition of an expansion loop before reaching the 1st gas lift compressor package is necessary. This is due to clashes with the module structure and the pipeline being a critical line containing high-pressure steam to be distributed to the compressor. Therefore, the pipeline must be redesigned and stress analysis performed with the addition of an expansion loop. This analysis begins with calculating the allowable pipe span and pipe flexibility, followed by redesigning the isometric drawings with the added expansion loop. Stress analysis then reveals that the stress values for both the horizontal and vertical loop designs are within the allowable stress limits based on ASME B31.3

Keyword: Stress analysis, Expansion Loop, Re-design, pipe

Nomenclature

| | |
|----------|--|
| L_s | Maximum allowable pipe span |
| (in) | |
| L | Panjang pipa (ft) |
| OD | Outside Diameter (in) |
| ID | Inside Diameter (in) |
| ρ | Densitas (lb/in ³) |
| Z | Section Modulus (in ³) |
| S_h | Allowable tensile stress (lb/in ²) |
| W | Berat total pipa (lb/ft) |
| E | Modulus elastisitas (lb/in ²) |
| I | Momen Inersia (in ⁴) |
| Δ | Allowable Deflection (in) |

1. PENDAHULUAN

Dalam pelaksanaan proyek konstruksi, terdapat berbagai macam permasalahan, salah satunya pada analisis tegangan. Dimana analisa tegangan pada pipa sangat diperlukan sebelum dilakukan pemasangan atau instalasi pipa tersebut agar pada saat fluida yang mengalir baik fluida yang bertekanan tinggi maupun fluida bertekanan rendah pada jalur tersebut aman dan tidak terjadi kebocoran maupun deformasi pada pipa.

Pada studi kasus ini pada desain jalur perpipaan *outlet scrubber* perlu adanya

penambahan *expansion loop* sebelum menuju ke *compressor* dikarenakan pada jalur terjadi *clash* dengan struktur *module* serta merupakan lintasan kritis (*critical line*) yang berisikan steam dengan tekanan tinggi untuk didistribusikan ke *compressor* Sehingga pada jalur tersebut harus dilakukan analisis tegangan kembali agar memastikan bahwa jalur tersebut dapat dinyatakan aman

Berdasarkan permasalahan tersebut, tugas akhir ini membahas mengenai optimasi desain dan analisis tegangan dengan penambahan *expansion loop*. Analisis tegangan dilakukan untuk mengetahui besarnya nilai tegangan yang terjadi menggunakan *software* dan juga berdasarkan standard ASME B31.3.

2. METODOLOGI .

2.1 Sistem Perpipaan

Sistem perpipaan adalah suatu sistem yang digunakan untuk mengangkut fluida kerja antar peralatan di pabrik atau dari suatu tempat ke tempat lain untuk berlangsungnya proses produksi. Sistem perpipaan dilengkapi dengan komponen-komponen seperti valve (katup), flange, elbow, tee (percabangan), nozzle, reducer, insulasi, dan lain-lain. Dalam dunia industri, dikenal beberapa istilah yang berkaitan

dengan sistem perpipaan seperti piping dan pipeline. Sistem perpipaan dapat ditemukan di hampir semua jenis industri, mulai dari sistem perpipaan sederhana hingga sistem perpipaan bercabang sangat kompleks.

2.2 Jarak Antar Penyangga Pipa

Jarak maksimum yang diizinkan antara penyangga relatif satu sama lain juga dikenal sebagai *allowable span*^[1]. Jarak maksimum yang diizinkan sangat penting dalam upaya mempertahankan lonjakan (*over stress*) atau dengan kata lain menjaga agar stress yang muncul masih dalam batas yang diperbolehkan dan dapat diterima.

$$W_{\text{pipa}} = \frac{\pi(OD^2.ID^2) \times \rho_{\text{pipe}}}{4} \tag{2.1}$$

$$W_{\text{fluida}} = \frac{\pi(ID^2) \times \rho_{\text{fluida}}}{4} \tag{2.2}$$

$$W_{\text{insulasi}} = \frac{\pi \times t_{\text{insulasi}} \times \rho_{\text{insulasi}}}{4} \tag{2.3}$$

$$W_{\text{total}} = W_{\text{pipa}} + W_{\text{fluida}} + W_{\text{insulasi}}$$

$$L_s = \frac{\sqrt{0.4ZS_h}}{W} \tag{2.4}$$

2.3 Teori Dasar Tegangan Pipa

Tegangan (*Stress*) didefinisikan sebagai kekuatan internal yang didistribusikan keseragaman dalam material untuk menahan ketegangan, tekanan atau gaya geser sebagai tanggapan terhadap kekuatan eksternal yang bekerja padanya^[2]. Di dalam penerapan kode tegangan pipa dan standar desain, hal pertama yang harus dipahami adalah prinsip dasar kendala pipa dan masalah terkait. Pipa akan dinyatakan gagal selama analisis tegangan jika pipa melebihi batas tegangan material yang diijinkan juga didasarkan pada kode dan standar tertentu melebihi tegangan di dalam pipa (tegangan di dalam tabung).

Untuk menganalisis kegagalan terjadi pada sistem perpipaan, maka dilakukan analisis pada *stress*, kekuatan dan perpindahan node yang terjadi dalam sistem pipa disebabkan oleh beban biasa (*holding load*), beban tidak beraturan (*irregular load*), beban diperpanjang dan beban aktif. Beban penahan sesuai dengan berat pipa dan komponennya serta tekanan internal.

3.HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Maximum Allowable Pipe Span

Analisis ini mencakup ukuran penyangga dan jumlah yang diperlukan. Jumlah penyangga didapatkan dari perhitungan panjang

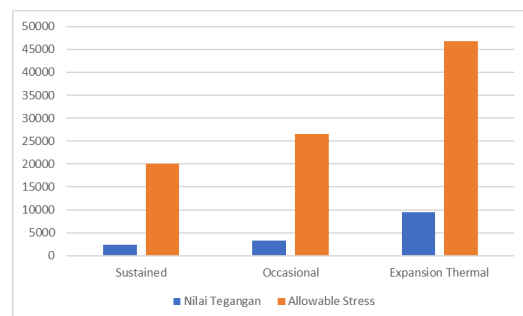
jarak maksimum antara dua tumpuan agar defleksi menjadi seminimal mungkin. Untuk menghitung allowable maximum pipe span, beberapa data diperlukan seperti berat pipa, berat fluida yang terkandung, modulus section, momen inersia, allowable tensile stress, allowable deflection, dan modulus elastisitas pipa dengan asumsi sebagai balok dengan kedua ujungnya tertahan.

Tabel 1: Perhitungan *Maximum Allowable Pipe Span*.

| Parameter | Unils | Nilai | Code and Standard/Reference |
|---|--------------------|----------|------------------------------|
| π | - | 3,142 | - |
| Outside Diameter (DO) | in | 20 | Table 1, ASME B36.10M (2018) |
| Inside Diameter (ID) | in | 18,812 | Table 1, ASME B36.10M (2018) |
| Wall Thickness | in | 0,594 | Table 1, ASME B36.10M (2018) |
| Pipe Density | lb/in ³ | 0,289 | Dokumen Perusahaan + Convert |
| Berat Pipa (W _{pipa}) | lb/ft | 125,608 | Sam Kannapan Formulas |
| Fluid Density | lb/in ³ | 0,00023 | Dokumen Perusahaan + Convert |
| Berat Fluida (W _{fluida}) | lb/ft | 0,7504 | Sam Kannapan Formulas |
| Berat Total (W _o) | lb/ft | 1042,543 | Sam Kannapan Formulas |
| Moment Of Inertia (I) | in ⁴ | 1700 | Table C-1, M. W. Kellogg |
| Section Modulus (Z) | in ³ | 170 | Table C-1, M. W. Kellogg |
| DT (Design Temp) | F | 300 | Dokumen Perusahaan |
| Allowable Deflection | in | 0,625 | Sam Kannapan Formulas |
| Berat Flange (W _{flange}) | lb/ft | 916,185 | - |
| Panjang pipa (Horizontal loop) (L) | ft | 124,121 | - |
| Panjang pipa (Vertikal loop) (L) | ft | 120,525 | - |
| Allowable Maximum Pipe Span Based on Limitation of Stress | ft | 36,118 | Sam Kannapan Formulas |
| Allowable Maximum Pipe Span Based on Limitation of Deflection | ft | 38,232 | Sam Kannapan Formulas |
| Minimal Jumlah Support Horizontal Loop | Buah | 3 | Sam Kannapan Formulas |
| Minimal Jumlah Support Vertical Loop | Buah | 3 | Sam Kannapan Formulas |

3.2 Analisa Tegangan Perpipaan Menggunakan Software

Setelah melakukan analisa *maximum allowable pipe span*. langkah berikutnya adalah menganalisis tegangan pipa menggunakan *software*. Pemodelan dalam *software* dilakukan untuk memeriksa tegangan yang terjadi pada *line number* pada objek perancangan. Pemodelan ini disesuaikan dengan penentuan kasus beban atau *load case* yang dianalisis. *Load Case* pada sistem perpipaan tersebut dapat disebabkan oleh pembebanan *sustained*, pembebanan *expansion thermal*, dan pembebanan *occasional*. Nilai hasil analisis menggunakan *software* harus memenuhi batas ijin tegangan yang mengacu pada standard ASME B31.3.



Gambar 3. Grafik Analisa Tegangan dengan tiga pembebanan

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan terhadap desain *existing* dikarenakan *clash* dengan struktur *module* dan solusi mengatasinya pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan yaitu Hasil analisa tegangan dengan menggunakan *software* terhadap desain yang telah ditambahkan *expansion loop* pada beban *sustained*, *occasional*, dan *expansion thermal* nilainya masih dibawah batas yang diizinkan berdasarkan ASME B31.3.

5. PUSTAKA

- [1] Agustinus, Donny. (2009). Pengantar Piping Stress Analysis. Jakarta: Entry Augustino Publisier.
- [2] ASME. (2018). ASME B31.3-2018, Process Piping, ASME Code for Pressure Piping (Vol. 2018). U.S.A: The American Society of Mechanical Engineering.
- [3] Chamsudi, A. (2005). Diktat – Piping Stress Analysis. Jakarta: PT. Rekayasa Industri.
- [4] Kittler, R., (1985). Luminance distribution characteristics of homogeneous skies: a measurement and prediction strategy. *Lighting Research and Technology*, 17(4): p. 183-8. Hasan, M., Santoso, E., & Mahardhika, P. (2017). Desain Expansion loop pada Jalur 116Sv203-150-16H20 Fatty Acid Destilasi PT . Wilmar Nabati Indonesia. 2nd Conference on Piping Engineering and Its Application, 1–6. Retrieved from <http://journal.ppns.ac.id/index.php/CPEAA/article/view/387>.
- [5] Kannapan, S. (1986). Introduction to Pipe Stress Analysis. New York: A Wiley Interscience Publication.
- [6] Rasyid, Fathor. (2023). Design dan Analisis Tegangan Expansion Loop #6 Jalur Cluster I to Junction B Project Debottlenecking SAGS di Ulubelu, Lampung. Tugas Akhir Teknik Perpipaan, PPNS
- [7] Tijara Pratama. (2004). Analisis Dasar Pelatihan Tegangan Pipa. Jakarta: Tijara Pratama Inc
- [8] Yavuz, B. K. (2015). PIPING – IMPLEMENTATION OF EXPANSION LOOPS