

Analisis Fleksibilitas dan *Allowable Span* Terhadap Jalur Pipa *Emergency* yang Terhubung pada *Flare* dan *Pressure Vessel*

Mirza Zahra Insani Mulya^{1*}, Priyo Agus Setiawan², Tarikh Azis Ramadani³

Program Studi D4 Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia^{1*,2*3}

Email: mirza.zahra@student.ppns.ac.id^{1*}; priyo.as@ppns.ac.id^{2*}; tarikh@ppns.ac.id^{3*}

Abstract - This study analyzes stress on an emergency pipeline connected to a flare and pressure vessel at an oil and gas facility in West Papua. The research is necessitated by the inability to perform shutdown maintenance on the existing piping system due to high-pressure and high-temperature fluid flow. The objectives are to determine support placement and analyze stress on the new emergency pipe design. The methodology includes calculating the maximum allowable pipe span and stress analysis based on ASME B31.3 standards. Results show that the maximum distance between pipe supports is 36.967 feet, with a minimum of 2 supports required. The pipe flexibility value of 0.00146 is below the 0.02582 limit set by ASME B31.3. In conclusion, the emergency pipeline design is deemed safe for operation and complies with applicable industry standards. This research provides a practical solution for piping system maintenance without operational disruption, highlighting the importance of technical analysis in ensuring the safety and efficiency of energy infrastructure.

Keyword: Allowable Pipe Span, Pipe Support, Pipe Flexibility.

Nomenclature

Nomenclature menyatakan simbol dan keterangan yang kita tampilkan dalam paper

Δ	Allowable deflection (in ⁴)
OD	Outside Diameter (in)
ID	Inside Diameter (in)
Ls	Pipe span limit. of stress (ft)
Ld	Pipe span limita. of deflection (ft)
Z	Section Modulus (in ³)
W	Berat total (lb/ft)
W_{pipe}	Berat total pipa (lb/ft)
E	Modulus elastisitas
I	Momen inertia
L	Panjang total pipa (ft)

1. PENDAHULUAN

Energi memainkan peran krusial dalam pembangunan nasional berkelanjutan, terutama untuk mendukung proses industrialisasi. Di Indonesia, penggunaan energi meningkat pesat seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan penambahan penduduk. Minyak dan gas bumi menjadi penyumbang terbesar kebutuhan energi nasional, sehingga diperlukan sistem transmisi dan distribusi yang memadai, termasuk jaringan sistem perpipaan.

Sebuah perusahaan minyak dan gas di Papua Barat berencana melakukan pemeliharaan sistem perpipaan yang memerlukan *shutdown*. Namun, terdapat sistem perpipaan yang tidak bisa dimatikan karena fluida di dalamnya memiliki tekanan dan suhu tinggi, berpotensi mengalami penguapan akibat radiasi matahari. Solusi yang diusulkan adalah menggunakan pipa *emergency line* sementara untuk mengalirkan fluida selama pemeliharaan dilakukan pada pipa yang ada.

Penggunaan pipa *emergency line* ini membutuhkan analisis penempatan support dan perhitungan fleksibilitas pipa. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sistem perpipaan baru tersebut, meliputi penentuan letak antar jumlah support berdasarkan maximum allowable pipe span dan perhitungan fleksibilitas pada desain baru jalur pipa *emergency*. Analisis akan dilakukan berdasarkan standar ASME B31.3 untuk memastikan sistem perpipaan dapat beroperasi dengan baik dan aman, serta memiliki fleksibilitas yang memadai untuk mengakomodasi pergerakan termal dan beban lainnya.

2. METODOLOGI

2.1 Perhitungan *Maximum Allowable Span*

Berbagai macam bentuk pembebanan statik dan dinamik dapat ditahan oleh *support* (penyangga). Jarak maksimum yang diperbolehkan antara *support* satu dengan yang lain disebut juga dengan *allowable span* [1]. Perancangan peletakan penyangga pada pipa harus dilakukan dengan menghitung jarak maksimum yang diizinkan antar penyangga pipa [4]. Hal tersebut bertujuan untuk menghindari defleksi, menjaga tegangan yang berlebih yang disebabkan oleh pembebanan statis. Pada perhitungan Allowable Span seluruh satuan menggunakan imperial unit.

$$\text{Berat Pipa} = \frac{\pi (OD^2 - ID^2) \times \rho \text{ pipe}}{4} \quad (1)$$

$$\text{Berat Fluida} = \frac{\pi (OD^2 - ID^2) \times \rho \text{ fluida}}{4} \quad (2)$$

$$\text{Berat Total} = \text{Berat pipa} + \text{Berat fluida} \quad (3)$$

2.2.1 Pada Pipa Lurus

Kondisi limitation of stress dan limitation of deflection berdasarkan berat pipa dan fluida dapat dihitung dengan rumus dari [5] yaitu:

- Based Limitation of Stress

$$Ls = \frac{\sqrt{0.4.Z.S}}{W} \tag{4}$$

- Based Limitation of Deflection

$$Ld = \frac{\sqrt{\Delta.E.I}}{13.5.W} \tag{5}$$

- Perhitungan Support

$$\text{Jumlah support} = \frac{L}{Ls} \tag{6}$$

2.2 Analisis Fleksibilitas Pipa

Sistem perpipaan harus memiliki fleksibilitas yang cukup untuk mencegah terjadinya ekspansi termal atau pergerakan *supports* pipa yang dapat menyebabkan kegagalan pada pipa atau *support* dari *overstress* atau *fatigue* dan tekanan yang dapat merugikan pada sistem perpipaan akibat terhubung dengan *equipment* yang dimana pada sistem perpipaan tersebut menerima dorongan dan momen yang berlebihan [2]. Berdasarkan ASME B31.3 sistem perpipaan tidak boleh melebihi nilai *allowable displacement stress range* (SA). Nilai tersebut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$S_A = f(1.25S_C + 0.25S_h) \tag{7}$$

$$\frac{DY}{(L-U)^2} \leq K1 \tag{8}$$

3.HASIL DAN PEMBAHASAN

Data ini diambil dari jalur pipa *emergency line* yang terhubung pada *flare* dan *pressure vessel*. Selain itu, beberapa data dari berbagai jenis dokumen yang berkaitan dengan penelitian dapat digunakan sebagai pendukung. Data tersebut meliputi spesifikasi pipa, parameter desain dan kondisi pemasangan.

3.1 Data Penelitian

3.2.1 Data Spesifikasi Pipa

Sistem pipa *emergency line* 6 in memiliki spesifikasi pipa yang ditampilkan pada Tabel 1. di bawah ini:

Tabel 1: Tabel Data Spesifikasi Pipa

Parameter	Units	Nilai
NPS	in	6
Pipe Schedule	-	STD
Outside Diameter (OD)	in	6,625
Inside Diameter (ID)	in	6,066
Wall Thickness	in	0,280
Pipe Density	lb/in ³	0,289

SMYS	psi	30000
SMTS	psi	75000
Modulus Elasticity (E)	psi	27990000
Moment of Inertia (I)	in ⁴	28,100
Section Modulus (Z)	in ³	8,500

3.2.2 Data Spesifikasi Beban

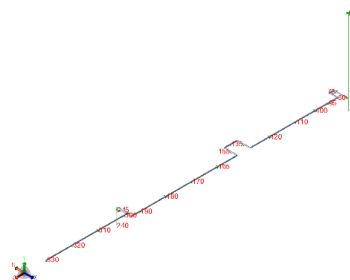
Selain data spesifikasi pipa dan data lain yang diperlukan untuk melakukan analisis tegangan, khususnya data karakteristik beban. Pembebanan dapat berupa tekanan operasi atau desain, suhu operasi atau desain, dan kepadatan fluida kerja. Spesifikasi teknis beban rencana akan ditampilkan pada tabel di bawah ini:

Tabel 2: Tabel Data Spesifikasi Beban

Parameter	Units	Nilai
Jenis satuan	-	Gas
Fluid Density	lb/in ³	0,000521317
Operating Temp.	F	149
Design Temp.	F	-149,8
Operating Press.	psi	137,9
Design Press.	psi	274,9

3.2 Hasil Pemodelan

Pemodelan sistem perpipaan jalur pipa *emergency* 6 in pada area TAR-8 menggunakan *software stress pipe analysis*. Hal ini bertujuan agar line dapat diaplikasikan dan untuk mendapatkan nilai yang memenuhi batasan ijin yang telah ditentukan. Gambar 1 di bawah ini menunjukkan pemodelan terhadap sistem perpipaan yang telah dilakukan pemodelan.



Gambar 1. Pemodelan JalurPipa Emergency Area TAR-8

3.3 Maximum Allowable Span

Pada pipa 6 in untuk perhitungan pipa lurus berdasarkan batas tegangan diperoleh nilai sebesar 43,395 ft, sedangkan hasil perhitungan berdasarkan batas defleksi sebesar 36,967 ft. Untuk pemilihan jarak maksimum antar *support* dipilih nilai terkecil dari perhitungan antara perhitungan *based on limitation of stress* dan *based on limitation of deflection*, maka diperoleh *maximum allowable pipe span* untuk pipa lurus yakni sebesar 36,967 ft.

Dari nilai *maximum allowable span* yang diperoleh maka dapat dihitung minimum jumlah *support* yang dibutuhkan menggunakan persamaan (6) dan didapatkan hasil sebanyak 2 buah *support*.

3.4 Analisis Fleksibilitas Pipa

Fleksibilitas pipa *emergency line* 6 in pada area TAR-8 perlu dihitung untuk mengetahui apakah pipa tersebut fleksibel. Fleksibilitas pipa digunakan untuk memastikan bahwa jalur pipa dapat menahan beban. Sebelum melakukan perhitungan dibutuhkan beberapa data pendukung yakni tertera pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3: Data Perhitungan Fleksibilitas Pipa

Parameter	Units	Nilai
L pipa X	ft	46,84
L pipa Y	ft	2,95
L pipa Z	ft	11,88
Umur desain pipa	Tahun	25
<i>Coef. of thermal expansion</i>	in./100ft	-1,2
<i>Allowb. stress at min. temp (Sc)</i>	psi	16700
<i>Allowb. stress at max. temp (Sh)</i>	psi	20940
Modulus Elastisitas	psi	27990000

Perhitungan mengacu pada Persamaan (8) dan diperoleh hasil fleksibilitas pipa yaitu sebesar 0,00146. Nilai ini masih di bawah batas dari ketentuan K1, sehingga dari hasil perhitungan desain sistem perpipaan dapat dinyatakan fleksibel serta dapat beroperasi dengan aman.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang dilakukan pada jalur pipa *emergency*, dapat disimpulkan bahwa desain sistem perpipaan tersebut memenuhi standar keamanan dan kelayakan operasi. Nilai maximum allowable pipe span untuk pipa lurus berukuran 6 in adalah 36,967 ft, dengan kebutuhan minimal 2 support untuk line number tersebut. Fleksibilitas sistem perpipaan berada dalam batas aman, dengan nilai 0,00146 yang jauh di bawah batas ketentuan ASME B31.3 sebesar 0,02582. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa jalur pipa *emergency* ini aman dan fleksibel serta memenuhi kriteria desain yang dipersyaratkan.

5. PUSTAKA

[1] Agustinus, D, (2009), Pengantar Pipping Stress Analysis, Jakarta: Entry Agustino Publisher.
 [2] ASME B31.3, (2022). Process Piping ASME Code for Pressure Piping, 831 AN

INTERNATIONAL PIPING CODE. ASME B31.3-2022: Process Piping (ASME Code for Pressure Piping, B31). American Society of Mechanical.

[3] Chamsudi, A. (2005). Piping Stress Analisis. Diktat - Piping Stress Analisis. Jakarta.
 [4] Mahardhika, P. (2020). Desain Peletakan Penyangga dan Evaluasi Tegangan Pada Sistem Perpipaan Fluida Masecuite Dari Reheater Menuju Feed Mixer. JTT (Jurnal Teknologi Terapan).
 [5] Kannappan, Sam. (1986). Introduction for Pipe Stress Analysis. USA: John Wiley & Sons. Inc.