

Redesain Jalur Pipa *Hydrocarbon Gas* dari *Slug Catcher* Menuju *Pressure Safety Valve* pada Proyek LNG di Sulawesi

Annisa Diah Fitriani^{1*}, Pekik Mahardhika, S.ST., MT.², Heroe Poernomo, ST., MT.³

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

D4-Teknik Permesinan, Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia³

Email: annisadiah@student.ppns.ac.id^{1*}; pekikmahardhika@ppns.ac.id^{2*}; poernomo_heroe@ppns.ac.id^{3*};

Abstract – The demand for energy increases along with economic growth, population, energy prices, and government policies. To address the growing global energy demand, particularly for LNG, a Joint Operating Body (JOB) of oil and gas company and energy company plans to develop a gas plant facility on the onshore Sulawesi, Indonesia. The main focus of this project is the analysis of the 8”HG-0556-6R pipeline, which is under overstress due to the reaction force from the pressure safety valve. The research methods include calculating the allowable pipe span, stress analysis using software, and redesigning the pipeline according to ASME B31.3 standards. The research finding indicate a 55.6% reduction in flexibility value after redesign, from 0.0074208 to 0.0032925. The highest stress value due to sustain, occasional and expansion loads also decreased significantly, with a decrease ratio of 8.6%, 153.3%, and 80.7%, respectively. As the result, the redesigned pipe effectively reduces the stress value and optimizes the pipe, enhancing its safety.

Keyword: Allowable Stress ASME B31.3, Pressure Safety Valve, Redesign, Stress Analysis.

Nomenclature

OD	Outside Diameter (in)
ID	Inside Diameter (in)
W	Berat Total (lb/ft)
W_{fluida}	Berat Fluida (lb/ft)
W_{pipa}	Berat Total Pipa (lb/ft)
E	Modulus Elastisitas
I	Momen Inersia
L	Panjang Total Pipa (ft)
Z	Section Modulus (in ³)
Ls	Pipe span Limitation of Stress (ft)
Ld	Momen Inersia
Δ	Allowable Deflection (in ⁴)

1. PENDAHULUAN

Pressure Safety Valve (PSV) merupakan sebuah valve yang bertujuan untuk mengamankan tekanan yang berlebih terhadap air, uap ataupun udara. *Pressure Safety Valve* (PSV) adalah komponen penting dari jaringan perpipaan yang berfungsi menjaga dan mengamankan sistem selama operasi dengan melepaskan tekanan, sehingga melindungi peralatan, personel yang bekerja, serta proses itu sendiri.

Pada penelitian ini terjadi kegagalan di jalur pipa 8-HG-0556-6R yang mengalirkan fluida hydrocarbon gas yang dialirkan dialirkan dari slug catcher menuju ke *Pressure Safety Valve* (PSV). Analisis tegangan menunjukkan adanya kegagalan pada jalur tersebut yang disebabkan oleh besarnya gaya reaksi dari *Pressure Safety Valve* (PSV). Selain itu, pada kondisi aktualnya, pipa ini akan ditempatkan melintang jalan di atas *piperack*. Oleh

karena itu, diperlukan redesign serta perhitungan *allowable pipe span* dan fleksibilitas untuk mempermudah analisis selanjutnya menurut ASME B31.3.

2. METODOLOGI

2.1 Prosedur Penelitian

Pada tahap ini berisi tentang perhitungan tegangan yang terjadi pada jalur pipa 8-HG-0556-6R. Desain isometri dilakukan untuk mengetahui route desain yang akan dibuat. Desain isometri mengacu pada general layout dan *existing isometric drawing*. *Maximum allowable pipe span* serta fleksibilitas juga perlu dihitung berdasarkan ASME B31.3. *Support* didesain untuk mengurangi tegangan akibat beban *sustained* dan *occasional* yang terjadi pada sistem perpipaan. Letak *support* ditentukan dari hasil perhitungan *Maximum Allowable Pipe Span*. Jalur pipa yang telah dilakukan redesign akan dilakukan simulasi dengan menggunakan bantuan *software* Caesar II.

2.2 Perhitungan Maximum Allowable Span

Perhitungan *Maximum Allowable Pipe Span* dilakukan untuk mengetahui jarak maksimal antar penyangga. Pada perhitungan ini seluruh satuan menggunakan imperial unit.

$$W_{pipe} = \frac{\pi(OD^2-ID^2) \times \rho_{pipe}}{4} \quad (1)$$

$$W_{fluid} = \frac{\pi(ID^2) \times \rho_{fluid}}{4} \quad (2)$$

$$W_{total} = W_{pipe} + W_{fluid} \quad (3)$$

$$W_{fluid} = \frac{W_{total}}{L_{pipe}} \quad (4)$$

Kondisi limitation of stress dan *limitation of deflection* berdasarkan berat pipa dan fluida dapat dihitung dengan rumus dari [2] yaitu:

- *Based on Limitation of Stress*

$$L = \sqrt{\frac{0,4 \times Z \times Sh}{W}} \tag{5}$$

- *Based on Limitation of Deflection*

$$L = \sqrt[4]{\frac{\Delta EI}{13,5W}} \tag{6}$$

- Perhitungan *Support*

$$\Sigma S = \frac{L_{\text{pipa}}}{L_s} \tag{7}$$

2.3 Analisis Fleksibilitas

Fleksibilitas pipa dari perubahan desain pada line 8-HG-0556-6R dirasa perlu dihitung untuk mengetahui dan sebagai validasi apakah desain tersebut fleksibel. Fleksibilitas pipa digunakan untuk memastikan bahwa jalur pipa dapat menahan beban statis, dinamis serta thermal expansion. Nilai fleksibilitas pipa dapat dicari dengan menggunakan rumus persamaan (6) untuk mencari beberapa variabel yang terdapat pada persamaan tersebut maka dapat mengikuti langkah-langkah dibawah ini dengan mengacu pada [1].

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

3.HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Spesifikasi Pipa

Jalur pipa *hydrocarbon gas* pada penelitian ini memiliki spesifikasi yang akan ditampilkan pada Tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Data spesifikasi Pipa

Parameter	Nilai	Units
NPS	8	in
Pipe Schedule	Sch 40S	-
Outside Diameter (DO)	8,625	in
Inside Diameter (ID)	7,981	in
Wall Thickness	0,322	in
Pipe Density	0,283	lb/in ³
Modulus Elasticity	29010000	psi
Moment of Inertia	72,489	In ⁴
Section Modulus	16,809	In ³

3.2 Data Spesifikasi Beban

Selain data spesifikasi pipa, dan data lain yang diperlukan dalam melakukan analisis tegangan yaitu data spesifikasi beban. Beban dapat berupa tekanan operasi maupun desain, temperatur operasi maupun desain, dan densitas fluida kerja. Spesifikasi dari beban desain akan ditampilkan pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Data Spesifikasi Beban

Parameter	Nilai	Units
Fluid Density	0,00366	lb/in ³
Operating Temperature	116	F
Design Operature	225	F
Operating Pressure	920	Psi
Design Pressure	1300	Psi

3.3 Perhitungan Allowable Pipe Span

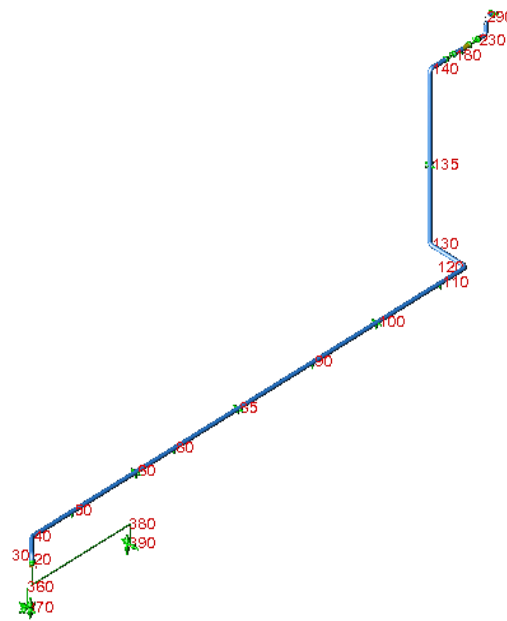
Untuk mengetahui jarak yang diizinkan antar *support* dan jumlah kebutuhan *support* dapat dihitung berdasarkan persamaan (5), (6), (7). Hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel 3

Tabel 3. Perhitungan *Allowable Pipe Span*

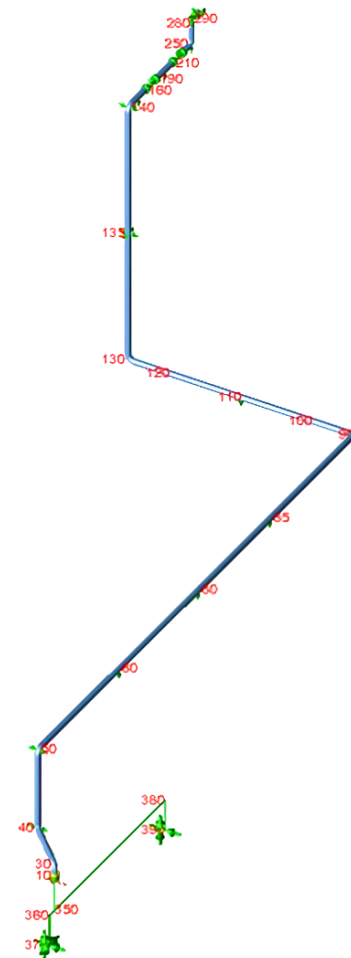
<i>Allowable Span</i>	Nilai	Satuan
Berdasarkan batasan tegangan	80,647	ft
Berdasarkan batasan defleksi	42,193	ft
Nominal <i>Support</i>	4	<i>Support</i>

3.4 Pemodelan Jalur Pipa Sebelum dan Setelah Redesain

Pemodelan jalur pipa *hydrocarbon gas* menggunakan bantuan perangkat lunak, dengan melakukan redesain terhadap jalur pipa serta peletakan *support*. Hal ini bertujuan agar jalur dapat diaplikasikan dan untuk mendapatkan nilai tegangan yang memenuhi batasan ijin yang telah ditentukan. Gambar 1 menunjukkan pemodelan terhadap jalur pipa sebelum dan setelah dilakukan redesain.



Gambar 1. Pemodelan Jalur Pipa eksisting (*Overstress*)



Gambar 2. Pemodelan Jalur Pipa Redesain (Stress Value Under Allowable)

3.5 Analisis Fleksibilitas

Sebelum melakukan perhitungan dibutuhkan beberapa data pendukung antara lain untuk menghitung nilai fleksibilitas pipa yang tertera pada Tabel 4 untuk jalur pipa sebelum redesain, dan Tabel 5 untuk jalur pipa setelah dilakukan redesain.

Tabel 4. Data Perhitungan Jalur Pipa Sebelum Redesain

Parameter	Nilai	Units
L pipa x	11,28	ft
L pipa Y	54,42	ft
L pipa Z	145,29	ft
Coefficient of thermal expansion	1,7	In./100ft
Allowable stress at min. Temp (Sc)	30000	Psi
Allowable stress at min. Temp (Sc)	29720	Psi
Modulus Elastisitas	29010000	Psi

Tabel 5. Data Perhitungan Jalur Pipa Setelah Redesain

Parameter	Nilai	Units
L pipa x	33,71	ft
L pipa Y	62,17	ft
L pipa Z	92,07	ft
Coefficient of thermal expansion	1,7	In./100ft

Allowable stress at min. Temp (Sc)	30000	Psi
Allowable stress at min. Temp (Sc)	29720	Psi
Modulus Elastisitas	29010000	Psi

Perhitungan mengacu pada Persamaan (8). Hasil perhitungan dari fleksibilitas pipa sebelum dilakukan redesain adalah 0,0074208. Sedangkan nilai fleksibilitas pipa setelah dilakukan redesain adalah 0,0032925. Kedua memiliki nilai di bawah batas yang ditetapkan oleh ASME B31.3 yaitu sebesar 0,0433967. Nilai fleksibilitas setelah redesain menunjukkan penurunan sebesar 55,6%.

3.5 Analisis Tegangan

Setelah dilakukan pemodelan, maka selanjutnya jalur pipa dapat dianalisis menggunakan bantuan perangkat lunak. Analisis tegangan dilakukan terhadap pembebanan *occasional*. Kombinasi *load case* ditunjukkan pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Data Perhitungan Jalur Pipa Sebelum Redesain

Load	Simbol	Load Combination	Deskripsi
L1	OPE	W+D2+T2+P2+H	Max Design Condition
L2	OPE	W+D2+T2+P1+H+F1	Max Design Condition + Relief Load (PSV)
L3	OCC	L2-L1	Occasional

Berikut ditunjukkan hasil analisis tegangan akibat pembebanan pada jalur pipa desain eksisting (sebelum redesain) yang ditunjukkan pada Tabel 7. Tabel 7 hanya menampilkan 5 segmen dengan nilai tertinggi pada jalur pipa.

Tabel 7. Analisis Tegangan Akibat Pembebanan Occasional Pada Jalur Pipa Desain Eksisting

Code Stress (psi)	Allowable Stress (psi)	Rasio (%)	Status
41388,1	39534,2	104,7	Reject
42976,5	39534,2	108,7	Reject
43308,0	39534,2	109,5	Reject
65851,1	39534,2	166,6	Reject
66457,5	39534,2	168,1	Reject

Berikut ditunjukkan hasil analisis tegangan akibat pembebanan pada jalur pipa desain eksisting (sebelum redesain) yang ditunjukkan pada Tabel 7. Tabel 7 hanya menampilkan 5 segmen dengan nilai tertinggi pada jalur pipa.

Tabel 8. Analisis Tegangan Akibat Pembebanan Occasional Pada Jalur Pipa Redesain

Code Stress (psi)	Allowable Stress (psi)	Rasio (%)	Status
4343,2	39534,2	11,0	Accept
4588,6	39534,2	11,6	Accept
5119,1	39534,2	12,9	Accept
5593,7	39534,2	14,1	Accept
5838,4	39534,2	14,8	Accept

Dari data diatas menunjukkan hasil analisis perangkat lunak dengan nilai tegangan maksimal pada jalur pipa desain eksisting adalah 66457,5 psi,

yang mana hasil tersebut masih di atas nilai allowable stress sebesar 39534,2 psi. Sedangkan analisis pada jalur pipa kondisi redesain memiliki tegangan maksimal yang terjadi sebesar 5838,4 dan berada dibawah nilai *allowable stress*. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa tegangan akibat pembebanan *occasional* yang terjadi pada jalur pipa redesain adalah aman.

4. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan dan analisis, dapat dikatakan bahwa jalur pipa redesain lebih optimal daripada jalur pipa desain eksisting. Hal ini dapat divalidasi dengan hasil perhitungan fleksibilitas yang mengalami penurunan sebesar 55,6% dari yang sebelumnya 0,0074208 menjadi 0,0032925. Selain itu nilai tegangan yang terjadi akibat pembebanan *occasional* juga mengalami penurunan sebesar 89,94% setelah redesain.

5. PUSTAKA

- [1] API 520. (2015). Sizing, Selection, and Installation of Pressure-relieving Devices. American Petroleum Institute
- [2] ASME B31.3. (2020). Process Piping. New York: The American Society of Mechanical Engineers
- [3] Chamsudi, A. (2005). Piping Stress Analysis. Diktat – Piping Stress Analysis. Jakarta
- [4] Kannappan, S. (1986). Introduction To Pipe Stress Analysis. Canada: John Wiley & Sons