

Evaluasi Jarak *Support* pada Sistem Perpipaan Distribusi Solar di Kilang PPSDM Migas

Hernawan Novianto, Rahmat Agil Setya Wiharta*

Teknik Mesin Kilang, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Jl. Gajah Mada No.38, Cepu, Blora, Jawa Tengah, 58315, Indonesia

INFORMASI NASKAH

Diterima : 3 Maret 2026
Direvisi : 7 Juni 2026
Disetujui : 25 Juni 2026
Terbit : 30 Juni 2026

Email korespondensi:
rahmatagil191@gmail.com

Kata Kunci:

- ASME B31.3
- Jarak antara Penyangga
- Jumlah support
- Kecukupan Fleksibilitas

ABSTRAK

Sistem perpipaan dalam industri minyak dan gas bumi merupakan media atau tempat untuk menyalurkan fluida minyak dan gas bumi. Untuk mengalirkan fluida solar di kilang PPSDM Migas menggunakan desain pipa yang telah dirancang sebelumnya yaitu pipa seamless ASTM A105 Grade A Sch 40, pipa tersebut membutuhkan support untuk mengurangi beban yang diterima oleh pipa. Pada saat dilakukan pengambilan data dan analisa perhitungan kecukupan fleksibilitas sistem perpipaan berdasarkan syarat dan ketentuan menurut ASME B31.3-202 (*Process Piping*) diperoleh hasil belum memenuhi aspek keamanan, khususnya terkait jarak antar support serta jumlah support yang tersedia di lapangan. Sedangkan jarak antar penyangga berdasarkan defleksi dan tegangan dengan panjang pipa 7424 ft mendapat jarak antar penyangga ideal adalah 30 ft yang diijinkan dengan perhitungan menggunakan *pinned/simply* support dengan jumlah support adalah 247 buah.

ABSTRACT

Piping systems in the oil and gas industry function as a medium for transporting oil and gas fluids. The distribution of diesel fuel at the PPSDM Migas refinery utilizes a previously designed piping system, namely seamless pipe ASTM A105 Grade A NPS inch Schedule 40. The piping system requires adequate supports to reduce the loads acting on the pipe. Data collection and flexibility adequacy analysis were conducted in accordance with the requirements of ASME B31.3-2024 (Process Piping). The results obtained do not meet safety aspects, particularly regarding the distance between supports and the number of supports available in the field. Furthermore, based on deflection and stress analysis, with pipe length 7424ft, the allowable span between supports was calculated to be 30 ft using the pinned/simply supported beam method, with a total of 247 supports required to ensure system stability and safety.

Keywords: ASME B31.3, Support Spacing, Number of Supports, Flexibility Adequacy.

PENDAHULUAN

Sistem perpipaan pada industri minyak dan gas bumi berperan penting dalam mendistribusikan bahan bakar secara efisien dan aman. Pada sistem pipa distribusi solar di Kilang PPSDM Migas, jarak dan jumlah support menjadi faktor krusial dalam menjaga stabilitas, kekuatan, serta keandalan operasional pipa (ASME B31.3, 2024). Penentuan jarak antar support harus mempertimbangkan diameter pipa, jenis material, beban yang bekerja, serta kondisi lingkungan operasional. Support yang tidak sesuai dapat menyebabkan defleksi berlebih, tegangan tinggi, hingga potensi kebocoran dan kegagalan sistem. Evaluasi jarak dan jumlah support dilakukan melalui analisis teknis berdasarkan perhitungan struktural dan standar keselamatan yang berlaku guna memastikan sistem perpipaan bekerja secara optimal dan aman. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kecukupan jarak support pada sistem perpipaan distribusi solar dari Tanki T-106 menuju ke Terminal Bahan Bakar guna meningkatkan keandalan dan keselamatan operasi (Rahmawati, 2020).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan metode kualitatif yang diawali dengan studi literatur terhadap berbagai sumber dan penelitian terdahulu sebagai landasan teori yang kuat guna memperoleh hasil yang optimal. Tahapan selanjutnya meliputi pengumpulan data-data yang dibutuhkan meliputi spesifikasi pipa, dimensi dan panjang pipa, berat pipa dan fluida, serta sifat atau karakteristik fluida yang mengalir (Nayyar, 2000).

Teknik pengumpulan meliputi pengumpulan data lapangan, perhitungan berat total pipa, analisis jarak support berdasarkan defleksi maksimum, evaluasi fleksibilitas sistem perpipaan

sesuai ASME B31.3-2024 (*Process Piping*), serta penentuan jumlah support optimal.

Untuk memperoleh hasil penelitian yang optimal, dilakukan perhitungan berdasarkan data yang dihasilkan dari perhitungan yang telah disesuaikan dengan beberapa referensi yang digunakan. Perhitungan ini bertujuan untuk mengevaluasi apakah jarak tiap support pipa dan jumlah support yang digunakan pada pipa ini sudah sesuai dan efisien dengan kebutuhan yang sudah ditetapkan dengan standard ASME B31.3 (ASME B31.3, 2024). Adapun perhitungan yang dilakukan difokuskan pada penentuan parameter-parameter kinerja sebagai berikut:

A. Analisis Perhitungan Jarak Support Pipa Simply Support Berdasarkan Batas Tegangan

Analisis perhitungan support diperlukan untuk menentukan jarak antar support yang memenuhi beban yang ditimbulkan oleh pipa. Perhitungan jarak *support* mencakup jarak berdasarkan batas *stress* dan batas defleksi.

Perhitungan Jarak Support Pipa *Simply Support* Berdasarkan Batas Tegangan (Rahmawati, 2020).

$$L_s = \sqrt{\frac{0,33 \times Z \times S_h}{w}}$$

Keterangan :

L_s : jarak antar *support*, ft;

Z : momen tekanan bengkok;

S_h : tegangan yang diijinkan pada Suhu operasi, psi;

w : berat total, lb/ft

B. Perhitungan Jarak *Support* Pipa *Simply Support* Berdasarkan Batas Defleksi

Perhitungan Jarak *Support* Pipa *Simply Support* Berdasarkan Batas Defleksi (Rahmawati, 2020).

$$L_s = \sqrt[4]{\frac{\Delta \times E \times I}{22,5 \times w}}$$

Keterangan :

L_s : jarak antar *support*, (ft)

Δ : defleksi maksimal, (5/8 in)

E : modulus elastisitas, psi

I : momen inersia, in⁴

w : berat total (lb/ft)

$$\Delta = \frac{144 \times (C \frac{E_a}{S} \times \frac{e}{A} \times K)^2 \times S_A}{3 \times E_a \times D}$$

Keterangan :

Δ : *allowable deflection*, inch;

C : konstanta tabel, ft²/inch;

e : koefisien ekspansi *thermal*, inch/ft;

S_A : tegangan maksimum yang diizinkan, psi;

K : konstanta *length of absorb*;

E_A : *modulus of elasticity*, psi;

D : diameter luar pipa, inch;

C. Perhitungan Berat Total Pipa

Perhitungan berat total pada pipa didapatkan dari berat dasar pipa dan berat fluida yang mengalir (ASME B31.3, 2024).

- Perhitungan berat dasar pipa.

$$wp = \frac{\pi}{4} \times (OD^2 - ID^2) \times \gamma_{pipe} \times L$$

Keterangan :

wp : berat dasar pipa, lbf/ft;

OD : diameter luar pipa, inch ;

ID : diameter dalam pipa, inch;

γ_{pipe} : berat jenis pipa, lbf/inch³ ;

L : satuan panjang pipa, 12 inch/1feet

- Perhitungan berat fluida pipa.

$$wf = \frac{\pi}{4} \times ID^2 \gamma \times L$$

Keterangan :

wf : berat fluida pipa, lbf/ft;

γ_{fluid} : berat jenis fluida, lbf/inch³ ;

ID : diameter dalam pipa, lbf/inch³;

L : satuan panjang pipa, ft

- Perhitungan berat total pipa.

$$w = wp + wf$$

Keterangan :

wp : berat dasar pipa, (lbf/ft);

wf : berat fluida pipa, (lbf/ft);

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini membandingkan data yang diperoleh dari lapangan atau aktual *support* yang ada di lapangan dengan data yang diperoleh dari hasil perhitungan menggunakan standard rumus penentuan jarak *support* pada pipa. Perbandingan ini dilakukan untuk memperoleh hasil jumlah *support* pipa khususnya jarak *support* dan jumlah *support* yang digunakan. Tujuan dari perbandingan tersebut adalah untuk mengevaluasi apakah *support* yang digunakan sudah memenuhi kriteria desain dan kesesuaian dari segi jumlah *support* dan jarak antar *support* pipa (Peter, 2013).

A. Perhitungan Jarak *Support* Pipa

Perhitungan jarak *support* terbagi menjadi 2 yaitu berdasarkan batas stress dan batas defleksi. Dalam perhitungan jarak *support*, perlu dilakukan perhitungan berat pipa dan berat fluida dalam pipa. Parameter perhitungan berat pipa dituliskan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Parameter Perhitungan Berat Pipa.

Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
<i>Outside Diameter</i>	OD	6,625	inch
<i>Inside Diameter</i>	ID	6,065	inch
<i>Gamma Pipe</i>	γ_{pipe}	0,283	lbf/inch ³
<i>Gamma Fluida</i>	γ	0,024	lbf/inch ³

Penentuan berat total pada pipa untuk menghitung jarak *support* memerlukan perhitungan berat dasar pipa dan berat fluida dalam pipa. Berikut adalah perhitungan dari berat total pipa.

B. Perhitungan Berat Pipa

- Berat dasar pipa

Perhitungan berat dasar pipa dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$wp = \frac{\pi}{4} \times (OD^2 - ID^2) \times \gamma_{pipe} \times L$$

$$wp = \frac{\pi}{4} (6,625 \text{ inch}^2 - 6,065 \text{ inch}^2) \times 0,283 \text{ lbf/inch}^3 \times \frac{12 \text{ inch}}{1 \text{ ft}}$$

$$wp = 18,95 \text{ lbf/ft}$$

- Berat Fluida Pipa

Perhitungan berat dasar pipa dalam dilihat pada persamaan berikut.

$$wf = \frac{\pi}{4} \times ID^2 \times \gamma \times L$$

$$wf = \frac{\pi}{4} \times 6,065 \text{ inch}^2 \times 0,024 \text{ lbf/inch}^3 \times \frac{12 \text{ inch}}{1 \text{ ft}}$$

$$wf = 8,4 \text{ lbf/ft}$$

- Berat Total Pipa

Perhitungan Berat Total Pipa dapat dilihat pada persamaan berikut . (Tabel *Principal Properties of Commercial Pipe*).

$$w = wp + wf$$

$$w = 18,95 \frac{\text{lbf}}{\text{ft}} + 8,4 \frac{\text{lbf}}{\text{ft}}$$

$$w = 27,41 \text{ lbf/ft}$$

Setelah data berat pipa didapatkan, selanjutnya dilakukan analisis perhitungan untuk menentukan jarak support pada pipa.

C. Perhitungan Jarak Support Berdasarkan Tegangan

Parameter perhitungan jarak support pipa dituliskan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Parameter Perhitungan jarak support pipa.

Parameter	Simbol	Nilai
Section Modulus, (Properties of Pipe)	Z	8,42
Allowable Tensile Stress pada suhu operasi (86°F), (Tabel Kekuatan Material)	Sh	16.000
Total Berat	w	27,41

Perhitungan jarak support pipa berdasarkan batas stress dapat dilihat pada Persamaan berikut

- Berdasarkan Tegangan

$$L_s = \sqrt{\frac{0,33 \times Z \times S_h}{w}}$$

$$L_s = \sqrt{\frac{0,33 \times 8,50 \text{ in} \times 16000 \text{ psi}}{27,41 \text{ b/ft}}}$$

$$L_s = 40,46 \text{ ft}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa nilai L= 40,46 ft maka dapat ditentukan jarak support berdasarkan batas stress sebesar 40 ft.

- Berdasarkan Defleksi

Dalam perhitungan jarak support dengan batas defleksi, hal pertama yang dilakukan adalah dengan mencari maximum allowable deflection Δ dengan menentukan nilai L dari grafik *length of absorb* (Kannapan, 1986). Dengan NPS pipa 6" dan konstanta K sebesar 0,3 maka dapat ditentukan nilai C dari grafik sebesar 2,4. Untuk

menentukan nilai *maximum allowable deflection* dapat menggunakan Persamaan dan parameter berikut:

Tabel 3. Parameter Perhitungan Defleksi

Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
Konstanta <i>length of absorb</i>	K	0,3	-
Konstanta tabel, (ASTM A105)	C	2,4	ft ² /inch
Modulus of elasticity	Ea	29x10 ⁵	inch
Thermal coefficient	e	0,012	inch/ft
Maximum allowable stress	SA	24000	psi
Outside diameter	Do	6,065	inch
Momen Inersia	I	27,9	Inch ⁴
Total Berat	w	27,35	lbf/ft

$$\Delta = \frac{144 \times \left(\frac{C \times 10^7 \times e}{S_A} \times K \right)^2 \times S_A}{3 \times E_a \times D_o}$$

$$\Delta = \frac{144 \times \left(\frac{1,85 \frac{\text{ft}}{\text{inch}} \times 29.100.000 \text{ psi} \times 0,12 \frac{\text{inch}}{\text{ft}}}{24.000 \text{ psi}} \times 0,3 \right)^2 \times 24.000}{3 \times 29.160.000 \text{ psi} \times 6,625 \text{ psi}}$$

$$\Delta = 0,659 \text{ inch}$$

Setelah mengetahui maximum allowable deflection langkah selanjutnya adalah substitusi ke perhitungan jumlah support :

$$L = \sqrt[4]{\frac{\Delta E_a I}{22,5w}}$$

$$L = \sqrt[4]{\frac{0,659 \text{ inch} \times 29.100.000 \times 27,9 \text{ inch}^4}{22,5 \times 27,35 \frac{\text{lbf}}{\text{ft}}}}$$

$$L = 30,14 \text{ feet}$$

Dari perhitungan jarak support didapatkan nilai span atau jarak support sebesar 30,14 feet maka dapat ditentukan jarak support berdasarkan batas defleksi sebesar 30 ft. Jarak support dapat ditentukan dengan jarak terpendek antara batas stress dan batas defleksi yaitu sebesar 30 feet.

D. Perbandingan Data

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan jumlah support yaitu 46,14 atau dibulatkan menjadi 47 buah agar lebih aman, lalu didapat perbandingan antara data lapangan dan data perhitungan, yaitu:

Tabel 4. Data *Support* Pipa di Lapangan

Item	Keterangan
Material Pipa	ASTM A105 Gr.A
NPS (<i>Nominal Pipe Size</i>)	6 inch
Jumlah <i>Support</i>	23 buah
Jarak Tiap <i>Support</i>	314,78ft
Panjang Jalur	7424ft

Tabel 5. Data Hasil Perhitungan

Item	Keterangan
Material Pipa	ASTM A106 Gr.A
NPS (<i>Nominal Pipe Size</i>)	6 inch
Jumlah <i>Support</i>	247 buah
Jarak Tiap <i>Support</i>	30 ft (defleksi)
Panjang Jalur	7424ft

Dari tabel perbandingan diatas dapat disimpulkan bahwa data jarak *support* dan jumlah *support* yang ada di lapangan tidak memenuhi fleksibilitas jarak *support* pipa minimum dan jumlah *support* pipa masih kurang memenuhi fleksibilitas jumlah *support* pipa yang seharusnya.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis yang dilakukan mengacu pada standar ASME B31.3-2024 (*Process Piping*) mengenai evaluasi jarak penyangga dan kecukupan fleksibilitas sistem perpipaan distribusi solar dari tanki T-106 ke Terminal Bahan Bakar, maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan yaitu spesifikasi material pipa yang digunakan pada sistem perpipaan distribusi solar adalah ASTM A105 Grade A *Seamless Pipe* dengan ukuran nominal NPS 6 inch Schedule 40. Total panjang sistem perpipaan yang terpasang pada jalur distribusi tersebut mencapai 7424 ft.

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa kondisi *support* yang terpasang pada sistem perpipaan masih belum memenuhi aspek keamanan, khususnya terkait jarak antar *support* serta jumlah *support* yang tersedia di lapangan. Berdasarkan perhitungan maksimum jarak penyangga pipa horizontal menggunakan metode *poinned* atau *simply support* yang ditinjau dari batas defleksi yang diizinkan, diperoleh jarak maksimum antar penyangga sebesar 30 ft untuk setiap *support*.

Selain itu, hasil analisis jumlah kebutuhan *support* menunjukkan bahwa berdasarkan panjang total pipa yang terpasang, jumlah *support* yang seharusnya digunakan adalah sebanyak 247 unit, sedangkan kondisi aktual di lapangan hanya terdapat 47 unit *support*. Perbedaan jumlah tersebut mengindikasikan bahwa sistem perpipaan masih memerlukan penambahan *support* guna

meningkatkan keamanan operasional serta menjaga integritas mekanis pipa.

DAFTAR PUSTAKA

- Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, "10 Tahun Lagi, Indonesia Surplus Gas," Siaran Pers Nomor: 246.Pers/04/SJI/2023 . Accessed: May 09, 2025.[Online].Available:<https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/10-tahun-lagi-indonesia-surplus-gas>
- ASME B31.3, 2024, *Process Piping*, The American Society of Mechanical Engineers, USA Education.
- N. Rahmawati, "Analisis Fleksibilitas dan Allowable Span pada Pipa Jalur Pipa Steam dan Hot Brine Area Cluster-I Debottlenecking Ulubelu Project," National Conference on Piping Engineering and Its Application, 2020
- Werren C. Young and Richard G. Budynas, *Roark's Formulas for Stress and Strain*, 7 Edition. New York, USA: McGraw-Hill, 2002
- Nayyar M, 2000, *Piping Handbook Seventh Edition*, McGraw – Hill Company, New York
- Peter. Smith, *The Fundamentals of Piping Design*, 1st Edition. Houston, Texas, USA: Gulf Publishing Company (Taylor & Francis / CRC Press), 2013
- Kannapan S, 1986, *Introduction to Pipe Strees Analysis*, John Wiley & Sons Inc, Canada
- Yunus A. Cengel, *Thermodynamics, An Engineering Approach*, 9th Edition. New York, USA: McGraw-Hill Education, 2015.
- M. G. Blair and E. L. Peffer.(2017) *Thermal Density Coefficient and Hydrometer Correction Tables*, vol. 33. Gaithersburg, Maryland, USA: National Bureau of Standards (NBS).
- Werren C. Young and Richard G. Budynas, *Roark's Formulas for Stress and Strain*, 7 Edition. New York, USA: McGraw-Hill, 2002.
- American Petroleum Institute, "API Specification 5L : Specification for Line Pipe," 46th Edition., Washington, D.C., USA: American Petroleum Institute, 2020.2013
- C. Becht IV, *Process Piping: The Complete Guide to ASME B31.3*, 3rd ed. New York, NY, USA: ASME Press, 2009.

