

Analisis Perhitungan *Max Allowable Span* Dan Nilai Fleksibilitas Pada Pipa *Inlet* Dan *Outlet FAME Tank*

Ade Rafi'i Rizqillah^{1*}, Ekky Nur Budiyanto², Mahasin Maulana Ahmad³

Program studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Kota Surabaya, Negara Indonesia^{1*2*3}

Email: aderafii@student.ppns.ac.id¹; ekky@ppns.ac.id²; mahasinmaulana@ppns.ac.id³;

Abstract - Piping design at the inlet and outlet of the tank with line numbers 4"-PRO-FAME-IN-T.02-CS on the inlet pipe and 6"-PRO-FAME-OUT-T.02-CS on the outlet pipe. The material used is Carbon Steel ASTM A 106 Grade B with a temperature of 392 °F and a pressure of 145,04 psi. This study aims to calculate the design of the inlet and outlet pipes, because this line is a new line and requires a calculation for the maximum allowable pipe span for determining the placement of pipe supports, obtained the results of calculation and analysis, the results of the calculation of the maximum allowable pipe span on the inlet pipe of 27.690 ft while on the outlet pipe of 33.050 ft. Then the calculation of the flexibility value is carried out to ensure that the pipe design can be said to be flexible and from the results of the flexibility calculation analysis on the inlet pipe line, it obtained 0.000004 and on the outlet pipe 0.000006. This value is still below the K_1 provisions, so that the pipeline can be declared flexible and safe.

Keyword: Design piping, Pipe Inlet, Pipe Outlet

Nomenclature

OD	Outside Diameter (in)
ID	Inside Diameter (in)
ρ	Density (lb/in ³)
Ls	Pipe Span Limitation of Stress (ft)
Ld	Pipe Span Limitation of Deflection (ft)
Z	Section Modulus (in ³)
W	Berat Total (lb/ft)
W_{pipe}	Berat Total Pipa (lb/ft)
W_{fluid}	Berat Total Fluida (lb/ft)
W_{insul}	Berat Total Insulasi (lb/ft)
Ea	Modulus Elastisitas
I	Momen Inertia
L	Panjang Total Pipa (inch)
Sh	Allowable Stress at maximum metal temperature (psi)
Sc	Allowable Stress at minimum metal temperature (psi)
U	Anchor Distance (inch)

1. PENDAHULUAN

Salah satu perusahaan EPC (*Engineering-Procurement-Construction*) melakukan suatu konstruksi yang berada di daerah Banjarmasin, Kalimantan Selatan. Proyek ini direncanakan untuk perancangan *line process* pada tangki yang meliputi jalur pipa *inlet* dan *outlet*. Pada pipa *inlet* memiliki *line number* 4"-PRO-FAME-IN-T.02-CS dan pada pipa *outlet* memiliki *line number* 6"-PRO-FAME-OUT-T.02-CS. Dalam

pembuatan jalur pipa material pipa yang digunakan adalah pipa *Carboon Steel* ASTM A 106 Grade B dengan tekanan 145,038 psi dan temperature 392°F. Pada penelitian ini penulis bertujuan melakukan analisis pada desain jalur pipa *inlet* dan *outlet* yang meliputi perhitungan *max allowable pipe span* sesuai dengan *code and standard* ASME B31.3 (*Process Piping*) dan memperhitungkan nilai fleksibilitas pada pipa. Jarak maksimum yang diizinkan sangat penting dalam upaya untuk menjaga tegangan yang berlebih (*over stress*) atau dengan kata lain untuk menjaga *stress* yang terjadi masih di dalam batas yang diizinkan [1]. *Support* pipa mencakup *anchors*, *guide* dan peralatan baja lainnya yang berfungsi untuk menopang pipa. *Pipe support* jenis resting akan digunakan untuk area jalur pipa yang tidak memiliki tingkatan *stress* [2]. Kemampuan sistem perpipaan dalam penambahan panjang dan terjadinya deformasi plastis dapat diketahui dengan melakukan analisis fleksibilitas sistem perpipaan tersebut. Suhu dan tekanan sangat mempengaruhi kondisi sistem perpipaan saat beroperasi. Sistem perpipaan harus cukup fleksibel, sehingga ketika terjadi ekspansi termal, pergerakan titik support, dan sistem perpipaan tersebut tidak mengalami kegagalan.

2. METODOLOGI

2.1 Perhitungan *Maximum Allowable Span*

Proses pengerjaan penelitian dimulai dengan mengidentifikasi topik dan merumuskan

masalah dari topik yang dipilih. Pengumpulan referensi dan data yang dikaji dalam proses pembuatan penelitian didapatkan dari data perusahaan dan studi literatur. Setelah mendapatkan data untuk penelitian dilanjutkan dengan pengolahan data dengan tahapan berikut:

1. Perhitungan nilai *allowable pipe span* optimal berdasarkan *limitation of stress* dan *limitation of deflection*.
2. Perhitungan nilai fleksibilitas.

2.2 Formula Matematika

2.2.1 Maximum Allowable Pipe Span

Perhitungan *Maximum Allowable Pipe Span* dilakukan untuk mengetahui jarak maksimal antar penyangga. Pada perhitungan *allowable pipe span* diperlukan perhitungan berikut :

$$W_{\text{pipa}} = \frac{\pi(OD^2 - ID^2) \times \rho_{\text{pipe}} \times L \times 12}{4} \quad (1)$$

$$W_{\text{fluida}} = \frac{\pi(ID^2) \times L \times \rho_{\text{fluida}} \times 12}{4} \quad (2)$$

$$W_{\text{insulasi}} = \frac{\pi \times t \times \rho_{\text{insulasi}} \times L \times 12}{4} \quad (3)$$

$$W_{\text{total}} = W_{\text{pipa}} + W_{\text{fluida}} + W_{\text{insulasi}} \quad (4)$$

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

$$L_s = \frac{\sqrt{0.4ZSh}}{W} \quad (5)$$

Berdasarkan batasan defleksi :

$$L_d = \sqrt[4]{\frac{\Delta E I}{13.5w}} \quad (6)$$

2.2.2 Perhitungan Fleksibilitas Pipa

Fleksibilitas pipa digunakan untuk memastikan bahwa jalur pipa dapat menahan beban statis, dinamis dan *thermal* ekspansi atau *thermal movement*. Pada jalur pipa *inlet* dan *outlet* fleksibilitas pipa perlu dihitung untuk memastikan bahwa *line* tersebut termasuk kedalam kategori yang fleksibel.. Nilai fleksibilitas pipa dapat dicari dengan menggunakan rumus persamaan (7) untuk mencari beberapa variabel yang terdapat pada persamaan tersebut maka dapat mengikuti langkah-langkah di bawah ini dengan mengacu pada [3] :

$$\frac{DY_1}{(L-U)^2} \leq K_1 \quad (7)$$

3.HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Spesifikasi Pipa

Sistem perpipaan pada *inlet* dan *outlet* yang terdapat pada *line process* memiliki dua spesifikasi pipa yang berbeda. Spesifikasi pipa

tersebut akan ditampilkan pada Tabel 1 untuk pipa *inlet* dan Tabel 3 untuk pipa *outlet*, sebagai berikut :

Tabel 1 Data Spesifikasi Pipa *Inlet*

Parameter	Units	Nilai
NPS	In	4
Pipe Schedule	-	STD
Outside Diameter (OD)	In	4,500
Inside Diameter (ID)	In	4,026
Wall Thickness	In	0,237
Pipe Density	lb/in ³	0,283
Allowable Stress (Sh)	psi	19908
Modulus Elasticity (E)	psi	27472000
Momen of Inertia (I)	In ⁴	7,230
Section Modulus	In ³	3,213

Tabel 2 Data Spesifikasi Pipa *Outlet*

Parameter	Units	Nilai
NPS	In	4
Pipe Schedule	-	STD
Outside Diameter (OD)	In	4,500
Inside Diameter (ID)	In	4,026
Wall Thickness	In	0,237
Pipe Density	lb/in ³	0,283
Allowable Stress (Sh)	psi	19908
Modulus Elasticity (E)	psi	27472000
Momen of Inertia (I)	In ⁴	7,230
Section Modulus	In ³	3,213

3.2 Data Spesifikasi Beban

Selain data spesifikasi pipa, dan data lain yang diperlukan dalam melakukan analisis tegangan yaitu data spesifikasi beban [1]. Beban dapat berupa tekanan operasi maupun desain, temperatur operasi maupun desain, dan densitas fluida kerja. Spesifikasi dari beban desain akan ditampilkan pada Tabel 4 berikut :

Tabel 3 Data Spesifikasi Beban

Parameter	Units	Nilai
Fluid Density	lb/in ³	0,318
Insulation	Rock Wool	
Design Temperature	F	392
Operating Temperature	F	365
Design Pressure	psi	145,038
Operating Pressure	psi	116,03

3.3 Maximum Allowable Pipe Span

Perhitungan di bawah ini merupakan perhitungan untuk menentukan nilai *maximum allowable pipe span* menggunakan persamaan (4), (5), dan (6). Tabel 5 menunjukkan perhitungan *maximum allowable pipe span* untuk

pipa *inlet* sedangkan pada Tabel 7 menunjukkan perhitungan *maximum allowable pipe span* untuk pipa *outlet*. Berikut merupakan data yang dibutuhkan untuk menghitung *maximum allowable pipe span* :

Tabel 4 Perhitungan *Max Allowable Pipe Span Inlet*

Parameter	Units	Nilai
π	-	3,142
<i>Outside Diameter (OD)</i>	In	4,500
<i>Inside Diameter (OD)</i>	In	4,026
<i>Wall Thickness</i>	In	0,237
<i>Pipe Density</i>	lb/in ³	0,283
Berat Pipa (W _{pipa})	lb/ft	10,779
<i>Fluid Density</i>	lb/in ³	0,0318
Berat Fluida (W _{fluida})	lb/ft	4,857
<i>Thickness Insulation</i>	In	1,965
<i>Density Insulation</i>	lb/in ³	0,00014
Berat Insulasi (W _{insul})	lb/ft	0,005
Berat Total (W)	lb/ft	15,641
<i>Moment of Inertia (I)</i>	In ⁴	7,230
<i>Section Modulus (Z)</i>	In ³	3,231
<i>Allowable Deflection</i>	In	0,625
Panjang pipa (L)	ft	264,770
<i>Allowable Maximum Pipe Span Based on Limitation of Stress</i>	ft	40,558
<i>Allowable Maximum Pipe Span Based on Limitation of Deflection</i>	ft	27,690

Tabel 5 Perhitungan *Max Allowable Pipe Span Outlet*

Parameter	Units	Nilai
π	-	3,142
<i>Outside Diameter (OD)</i>	In	6,625
<i>Inside Diameter (OD)</i>	In	6,066
<i>Wall Thickness</i>	In	0,280
<i>Pipe Density</i>	lb/in ³	0,283
Berat Pipa (W _{pipa})	lb/ft	18,922
<i>Fluid Density</i>	lb/in ³	0,0318
Berat Fluida (W _{fluida})	lb/ft	11,028
<i>Thickness Insulation</i>	In	1,965
<i>Density Insulation</i>	lb/in ³	0,00014
Berat Insulasi (W _{insul})	lb/ft	0,005
Berat Total (W)	lb/ft	29,955
<i>Moment of Inertia (I)</i>	In ⁴	28,100
<i>Section Modulus (Z)</i>	In ³	8,438
<i>Allowable Deflection</i>	In	0,625
Panjang pipa (L)	ft	241,952

<i>Allowable Maximum Pipe Span Based on Limitation of Stress</i>	ft	47,488
<i>Allowable Maximum Pipe Span Based on Limitation of Deflection</i>	ft	33,050

Pada pipa *inlet* untuk perhitungan *Allowable Maximum Pipe Span* berdasarkan batas tegangan diperoleh nilai sebesar 40,558 ft, sedangkan hasil perhitungan berdasarkan batas defleksi sebesar 27,690 ft. Hasil perhitungan jarak maksimal antar penyangga diambil dari nilai yang paling kecil diantara nilai jarak minimum berdasarkan batas tegangan dan berdasarkan batas defleksi [1]. Sehingga nilai yang digunakan ialah berdasarkan batas tegangan sebesar 27,690 ft. Sedangkan pada pipa *outlet* berdasarkan batas tegangan diperoleh nilai sebesar 47,494 ft, sedangkan hasil perhitungan berdasarkan batas defleksi sebesar 33,050 ft. Hasil perhitungan jarak maksimal antar penyangga diambil dari nilai yang paling kecil diantara nilai jarak minimum berdasarkan batas tegangan dan berdasarkan batas defleksi [1]. Sehingga nilai yang digunakan ialah berdasarkan batas tegangan sebesar 33,050 ft.

3.4 Analisis Fleksibilitas Pipa

Sebelum melakukan perhitungan nilai fleksibilitas dibutuhkan beberapa data pendukung antara lain *coefisien thermal*, *allowable stress* dan *modulus elasticity* yang dapat dilihat pada [3]. Lalu, perhitungan nilai fleksibilitas pipa dapat dilihat pada Tabel 7 untuk perhitungan fleksibilitas pipa *inlet* dan Tabel 8 untuk perhitungan fleksibilitas pipa *outlet* berikut.

Tabel 6 Perhitungan nilai Fleksibilitas Pipa *Inlet*

Parameter	Nilai	Unit
Diameter	4	In
Δx	3,414	In
Δy	0,362	In
Δz	3,452	In
coefisien thermal	2,73	in/100ft
<i>Resultan Displacement Y1</i>	4,869	inch
Sc	20000	psi
Sh	19908	psi
Ea	27472000	psi
L total	3177,252	inch
Jarak kedua <i>anchor U</i>	1033,896	Inch
<i>Reduction factor f</i>	0,9	-
Sa	27993,5	psi

K_1	0,031	-
$DY / (L-U)^2$	0,000004	-

Tabel 7 Perhitungan nilai Fleksibilitas Pipa Outlet

Parameter	Nilai	Unit
Diameter	6	inch
Δx	3,319	inch
Δy	0,160	inch
Δz	3,127	inch
coefisien thermal	2,73	in/100f t
Resultan Displacement Y_1	4,562	inch
Sc	20000	psi
Sh	19908	psi
Ea	27472000	psi
L total	2903,424	Inch
Jarak kedua anchor U	698,424	Inch
Reduction factor f	0,9	-
Sa	27993,5	psi
K_1	0,031	-
$DY / (L-U)^2$	0,000006	-

Perhitungan mengacu pada persamaan (7). Hasil perhitungan dari fleksibilitas pipa yaitu sebesar 0,000004 untuk pipa *inlet* dan 0,0006 untuk pipa *outlet*. Nilai ini masih dibawah dari ketentuan [3], sehingga dari hasil perhitungan desain sistem perpipaan dapat dinyatakan fleksibel dan dapat beroperasi dengan aman.

4. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan dan analisis, hasil perhitungan *maximum allowable pipe span* pada pipa *inlet* sebesar 27,690 ft sedangkan pada pipa *outlet* sebesar 33,050 ft dan untuk hasil analisis fleksibilitas pada kedua jalur pipa *inlet* maupun *outlet* masih dibawah ketentuan [3] sehingga jalur perpipaan tersebut dapat dinyatakan fleksibel dan aman.

5. PUSTAKA

[1] Mahardhika, P. (2017). *Penentuan Allowable Span antar Penyangga Pipa Slf Berdasarkan Tegangan, Defleksi, Frekuensi Alami*. Jurnal Iptek , Volume 21.2, pp. 27-34.

[2] Sandy, D. (2022). Pipeline Design Basis PT. Gaspro Sentraco.

[3] ASME. (2020). ASME B31.3-2020, Process Piping, ASME Code for Pressure Piping (Vol. 2020). U.S.A: The American Society of Mechanical Engineering.

[4] Kellogg, M. W. (1956). *Design of Piping Systems* (2nd ed.). Wiley.

[5] Kannappan, Sam. (1986). *Introduction for Pipe Stress Analysis*. USA: John Wiley & Sons, Inc.

[6] Smith, Paul R dan Van Laan, Thomas J. 1987. *Piping and Pipe Support System*, New York: McGraw Hill Book Companies Inc.

[7] Chamsudi, A. (2005). *Diktat – Piping Stress Analysis*. Jakarta: PT. Rekayasa Industri.

[8] Smith, Paul R dan Van Laan, Thomas J. 1987. *Piping and Pipe Support System*, New York: McGraw Hill Book Companies Inc.

[9] Nayyar, M. L. (2000). *Piping Handbook Seven Edition*. United States of America: McGraw-Hill

[10] Parisher, R. A. (2002). *Pipe Drafting and Design* (2nd ed.). Auckland: Gulf Professional Publishing.