

Analisis Tegangan Sistem Perpipaan Jalur *Effluent Line* di Lawe-Lawe Terminal

Angga Pratama Suprayogi^{1*}, Adi Wirawan Husodo², Lely Pramesti³

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

Program studi D-IV Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia²

Email: anggapratama@student.ppps.ac.id¹; adi_wirawan@ppns.ac.id²; lelypramesti@ppns.ac.id³

Abstract - Based on the standard that has been set by the owner to replace the material and also change the layout from underground to aboveground on the pipe effluent line from the pig reciever area to the WWTP area. Because that, contractor are required to carry out re-analysis of the change of layout and replacement of the material against max. allowable working pressure, min. wall thickness, the calculation of allowable pipe span to determine the amount and type of support appropriate and stress analysis using software and manual calculation. The value of the maximum allowable working pressure on the effluent line is still above the design pressure. For the minimum wall thickness resulting from the material change on the effluent line line is still below the minimum thicker value of the ASTM A53 Gr.B pipe material. And the highest values of sustained load (L6) and thermal expansion loads (L8) are at node 318 and also node 140, both load cases are still below allowable stress, the design of the existing piping system can be accepted according to ASME code B31.3.

Keyword: Analysis, Maximum Allowable Working Pressure, Min. Wall thickness, Allowable Pipe Span, Stress Analysis

Nomenclature

Nomenclature menyatakan simbol dan keterangan yang kita tampilkan dalam paper

Pi	Tekanan desain internal (Psi)
S	Allowable stress value, (Psi)
tn	Tebal nominal memenuhi tekanan desain dan allowance (Inch)
OD	Diameter luar pipa, (Inch)
A	Jumlah allowance-allowance (grooving corrosionfactor dan penambahan/pengurangan ketebalan)
t	Thickness required or minimum wall thickness, (Inch)
P	design pressure, (Psi)
E	quality factor, Untuk pipa seamless $E = 1$
Y	koefisien (ASME B31.3 Table 304.1.1.).
W	weld joint strength (ASME B31.3 Table 302.3.5).
ID	Inside Diamter (Inch)
L	Panjang Pipa (Inch)
ρ_{Pipe}	Density Pipe (lb/inch ³)
ρ_{Fluid}	Density Fluid (lb/inch ³)
T	Thickness Pipa (Inch)
L	Allowable pipe span (Inch)
Sh	Allowable stress at maximum temperatur (Psi)
Z	Section modulus, (Inch ³)
E	Modulus elasticity (Psi)
w	Total weight of pipe (lb)
I	Moment inersia (Inch ⁴)
Δ	Allowable deflection (Inch)

1. PENDAHULUAN

Jalur pipa 6" *above* dan *underground* pada *effluent line* di area kilang Lawe-Lawe mengalami pergantian material dan juga perubahan *layout*. Material awal yang digunakan untuk *effluent line* ini adalah *API 5L Gr. X42* yang telah mengacu pada standar yang ditentukan oleh owner. Namun karena ada permintaan owner untuk mengganti material dan juga merubah *layout* dari *underground* menjadi *aboveground* pada pipa jalur *effluent line* dari daerah *pig reciever* sampai ke area *WWTP* yaitu pada *line number 434-SS-017* menjadi material *ASTM A53 Gr. B*. Pergantian material dan perubahan *layout* ini mengharuskan *contractor* untuk melakukan analisis ulang [1].

Dalam melakukan desain penempatan *pipe support* perlu dilakukan perhitungan *maximum allowable pipe span* untuk mencari jumlah *support* yang optimal [2]. Dalam menentukan nilai *maximum allowable pipe span* dapat dihitung menggunakan perhitungan *allowable pipe span* berdasarkan *limitation of deflection* dan *limitation of stress* [2][3]. Nilai *allowable pipe span* diambil dari nilai terkecil dari kedua perhitungan tersebut. Untuk analisa tegangan pada *software* akibat beban sustain maupun ekspansi termal dapat dicari menggunakan *load case* yang dipengaruhi oleh nilai dari berat pipa, berat insulasi, berat fluida, tekanan dan temperatur yang terdapat pada sistem perpipaan [4][5]. *Load case* tersebut dikombinasikan dan menghasilkan nilai tegangan aktual pada sistem perpipaan.

Pada penelitian ini dilakukan pergantian material dan perubahan *layout* terhadap desain awal

karena adanya permintaan dari *owner*. Dengan adanya pergantian material dan perubahan *layout* maka perlu dilakukan perhitungan kembali pada MAWP[5], *min. wall thickness, allowable pipe span*, dan analisis tegangan pada nilai tegangan akibat *sustained load*, dan *thermal expansion* agar sesuai dengan tegangan ijin yang diperbolehkan menurut ASME B31.3.

2. METODOLOGI

2.1 Maximum Allowable Working Pressure

Maximum Allowable Working Pressure (MAWP) adalah tekanan maksimum yang diperbolehkan pada pipa dan merupakan kunci keamanan dari sebuah pipa agar dapat beroperasi dengan baik tanpa terjadinya kegagalan. Tekanan operasional pada pipa yang benar berdasarkan standar adalah pipa yang memiliki tekanan operasional di bawah tekanan desain dan tidak boleh melebihi nilai MAWP. Nilai MAWP dapat dihitung dengan persamaan 1 [2].

$$P_i = \frac{(2 S x t)}{D} \tag{1}$$

Dengan persamaan,

$$S = 0,72 \times E \times SMYS \tag{2}$$

2.2 Ketebalan minimum pipa

Untuk menghitung ketebalan pipa minimum yang dibutuhkan untuk menjaga keamanan saat sistem beroperasi berdasarkan ASME B31.3, perhitungan ketebalan minimum pipa *aboveground* dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$t = \frac{P D}{2(S E W + P Y)} \tag{3}$$

2.3 Allowable pipe span

Allowable pipe span didefinisikan sebagai jarak maksimum antara penyangga pipa yang diizinkan untuk mencegah pipa melendut atau mengalami tegangan berlebih. Dalam perhitungan *allowable pipe span* dapat dihitung berdasarkan dua persamaan berikut:

a. *limitation on stress*

$$L = \sqrt{\frac{0,4 Z S}{w}} \tag{4}$$

b. *limitation on deflection*

$$L = \sqrt[4]{\frac{E I \Delta}{13,5 w}} \tag{5}$$

2.4 Tegangan pada sistem perpipaan

Analisis tegangan pada pipa meliputi tegangan akibat *sustained load* dan *thermal load*. Analisis tegangan pada sistem perpipaan ini menggunakan software *Stress Analysis* dengan *allowable stress* berdasarkan ASME B31.3 Pada pemodelan diperlukan penentuan *node/segmen*

terlebih dahulu dan *load case* sesuai dengan tegangan yang akan dianalisis.

2.4.1 Tegangan Akibat Sustained Load

Jumlah dari tegangan *longitudinal (SL)* yang disebabkan oleh tekanan, berat pipa dan semua komponen dalam sistem perpipaan merupakan pembebanan akibat *sustained* yang tidak boleh lebih dari tegangan ijin pada (*Sh*). Dimana *Sh* diperoleh dari [6]. Nilai tegangan izin untuk kondisi akibat pembebanan *sustain* ditentukan berdasarkan persamaan berikut.

$$S_L = \sqrt{(|S_a| + S_b)^2 + (2S_c)^2} \tag{6}$$

2.4.2 Tegangan Akibat Thermal Load

Analisis tegangan akibat *thermal load* pada sistem perpipaan menggunakan *load case expansion* dari *software*. Kombinasi *load case expansion* terdiri dari pengurangan *load case operating* oleh *load case sustain*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Spesifikasi Material Pipa

Untuk memulai perhitungan MAWP, ketebalan minimum, *allowable pipe span*, dan analisis tegangan, maka diperlukan data yang diperoleh dari jalur *flowline* pada sistem perpipaan. Selain itu, terdapat beberapa data yang diambil dari *code and standard* serta data lain dari literatur yang terkait dengan penelitian untuk digunakan sebagai penunjang. Dapat dilihat pada Tabel 1.

3.2 Hasil Perhitungan MAWP

Perhitungan MAWP perlu dilakukan untuk memastikan bahwa line 434-SS-017 ini aman dan masih diatas dari nilai tekanan desain (aktual). Tabel hasil untuk perhitungan MAWP dapat dilihat pada Tabel 2:

3.3 Hasil Perhitungan Minimum Allowable Wall Thickness

Perhitungan ketebalan minimum pipa juga nantinya diikuti dengan rekomendasi ukuran *schedule* pipa yang dibutuhkan dan tersedia di pasaran, sehingga didapatkan hasil yang terdapat pada Tabel 3.

Tabel 1: Data Spesifikasi Pipa

Material	ASTM A53 Gr. B	
NPS	6	In
OD	6.625	In
P	206.240	Psi
Densitas Pipa	<i>p</i>	0.285 lb/in3
SMTS	<i>sh</i>	60000 lb/in2
SMYS	<i>sy</i>	35000 lb/in2
Modulus Elasticity	<i>E</i>	29000000 lb/in2
Momen of Inertia	<i>I</i>	28.1 In4
Section of Modulus	<i>Z</i>	8.482 In3
Luas Penampang	<i>A</i>	28.890 In2

Tabel 2: Perhitungan Maximum Allowable Working Pressure

Deskripsi	Notasi	Nilai	Satuan
Tekanan Desain	T (ope)	1156.347	Psi
Tekanan Desain (Aktual)	T (ope)	206.24	Psi

Tabel 3: Hasil Perhitungan Minimum Allowable Wall Thickness

Pipa	
Ketebalan minimum	0,16 Inch
Rekomendasi	NPS 6 SCH 40
Ketebalan Aktual	0,28 Inch

3.4 Hasil Perhitungan Allowable Pipe Span

Dalam perhitungan *allowable pipe span* menggunakan persamaan *limitation of stress* dan *limitation of deflection* pada jalur pipa *aboveground* dan *underground* diikuti dengan jumlah support yang dibutuhkan pada desain sistem perpipaan didapatkan hasil sebagai berikut:

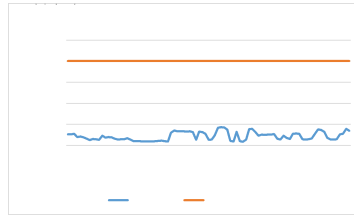
Dari hasil perhitungan *allowable pipe span* diatas diambil nilai yang paling kecil diantara *limitation of stress* dan *limitation of deflection*, nilai yang digunakan adalah berdasarkan *limitation of deflection* yaitu sebesar 36.943 ft sehingga dari sistem perpipaan *effluent line* setelah terjadi pergantian material dan juga perubahan *layout* membutuhkan *support* sebanyak 20 buah *support*.

3.5 Tegangan Akibat Sustain Load

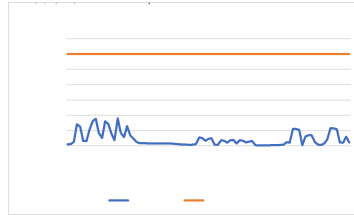
Perhitungan nilai tegangan akibat *sustained load* mengacu pada *load case sustain software* 3D pemodelan. Nilai tegangan tertinggi pada segmen *aboveground* terdapat pada *node* 318 dengan nilai *stress* sebesar 4310.4 *Psi* dengan batas tegangan ijin 20000 *Psi*, maka didapatkan rasio tegangan yang terjadi terhadap tegangan ijin adalah 21.6%. Hasil tersebut menunjukkan nilai tegangan tertinggi akibat pembebanan *sustain* pada kondisi desain yang masih di bawah batas tegangan yang diijinkan. Nilai tegangan berada di bawah tegangan ijin karena beban yang bekerja pada kondisi *sustained* adalah beban berapa pipa dan beban akibat tekanan pada fluida. Untuk nilai tegangan *sustain* pada tiap *node* nya dapat dilihat pada Gambar 1.

3.6 Tegangan Akibat Thermal Expansion Load

Perhitungan nilai tegangan akibat *Thermal Expansion load* mengacu pada *load case Expansion software* 3D pemodelan. Nilai tegangan tertinggi pada segmen *aboveground* terdapat pada *node* 140 dengan nilai *stress* sebesar 8906.9 *Psi* dengan batas tegangan ijin 20000 *Psi*, maka didapatkan rasio tegangan yang terjadi terhadap tegangan ijin adalah 29.7%. Hasil tersebut menunjukkan nilai tegangan tertinggi



Gambar 1. Grafik Hasil Perhitungan Sustain Load



Gambar 2. Grafik Hasil Perhitungan Thermal Expansion Load

Akibat pembebanan *sustain* pada kondisi desain yang masih di bawah batas tegangan yang diijinkan. Nilai tegangan berada di bawah tegangan ijin karena beban yang bekerja pada kondisi *sustained* adalah beban berapa pipa dan beban akibat tekanan pada fluida. Untuk nilai tegangan *thermal* pada tiap *node* nya dapat dilihat pada Gambar 2.

4. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan dan analisis, perhitungan nilai *MAMP* dari jalur *effluent line* masih lebih besar dari tekanan desain aktual. Untuk nilai *minimum allowable wall thickness* akibat dari pergantian material, nilai ketebalan material dari pipa *ASTM A53 Gr.B* yang dipakai masih diatas dari hasil tebal minimum perhitungan. Penempatan *pipe support* diletakkan pada jarak maksimum *allowable pipe span*, akibat dari perubahan *layout* dari *underground* menjadi *aboveground* karena dinilai lebih praktis dan juga aman. Nilai tegangan yang diperoleh dari kedua *load case* yang ada juga masih di bawah *allowable stress* berdasarkan *ASME B31.3*

5. PUSTAKA

[1] Anugrah, D., 2020. ANLISIS DESAIN PIPE SUPPORT STRUKTUR BAJA PADA SISTEM PERPIPAAN BERDASARKAN STRESS ANALYSIS. *Conference on Piping Engineering and Its Application*, Volume 5.

[2] Akbar, Y. (2016). Analisa Maximum Allowable Working Pressure Fasilitas Pipa Produksi Dengan Menggunakan Metode *in line inspection* Pada Lapangan YA

[3] ASME. ASME B31.3: *Process Piping*, ASME Code for Pressure Piping 2020