

ANALISA TEGANGAN SISTEM PERPIPAAN PADA JALUR METERING SAMPAI TANKI TB-T 01, TB-T 02, TB-T 03

M. Rosyidul Aththar^{1*}, Mardi Santoso, S.T., Msc.Eng.Sc.², Ir. Arie Indartono, M.MT.³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya,
Surabaya 60111

Email: aththar95@gmail.com^{1*}, mardisantoso@gmail.com², arie.indartono@gmail.com³

Abstrak

Di PT. PERTAMINA Terminal BBM Tuban tidak luput dari sistem perpipaan. Pada jalur *aboveground* khususnya pada jalur penyaluran dan penerimaan telah terpasang *support* yang mempunyai jarak antar *support* \pm 12 meter antar *support*, baik untuk pipa dengan diameter 32 inchi sampai dengan pipa dengan diameter 6 inchi, mengingat pada ASME B31.4 telah mengatur batasan tegangan pada setiap pipa serta untuk melihat pada MSS SP69 dimana dalam standart menjelaskan bahwa jarak antar *support* memiliki batasan tertentu. Penentuan jarak *support* yang tepat sangatlah penting karena penentuan jarak *support* sangat berpengaruh terhadap tegangan yang terhadap sistem perpipaan.

Perhitungan yang dilakukan adalah perhitungan tegangan akibat beban sustain, menggunakan software Caesar II dan perhitungan manual terhadap pipa dengan diameter 32 inchi. Nilai tegangan kemudian dianalisa menggunakan standard ASME B31.4. Selanjutnya pemaksimalan jarak *support* dihitung berdasarkan *limitation allowable deflection* dan *limitation of stress*.

Dari hasil penelitian ini didapatkan jarak antar *support* baru yaitu 22.36 meter dengan memertimbangkan nilai defleksi dan tegangannya. Nilai tegangan tertinggi akibat beban sustain pada jarak *support* lama terdapat pada segmen 44 yaitu sebesar 7306,095 psi dan pada jarak *support* baru terdapat pada segmen 21 yaitu sebesar 13380,673 psi, nilai defleksi terbesar pada jarak antar *support* lama terdapat pada node 670 sebesar -0,1253 dan terbesar pada jarak antar *support* baru terdapat pada node 420 sebesar -0,6749 kearah sumbu Y.

Kata Kunci : *Support*, Analisa Tegangan, *Deflection*, *Sustained Load*.

1. PENDAHULUAN

Pada jalur perpipaan di Terminal BBM Tuban untuk penggunaan jarak *support*nya diambil jarak 12 meter untuk jarak antar *support*, baik untuk diameter 32 inchi sampai 6 inchi, serta banyaknya penambahan fitting baru pada jalur perpipaan ini mengakibatkan beban pada sistem perpipaan akan bertambah sedangkan untuk *support*nya masih tetap dengan jarak yang sama antar *support*. Serta perlu adanya perhitungan tentang *support* tersebut, mengingat bahwa jarak antar *support* bisa dihitung dengan menggunakan rumus tertentu sehingga tegangan pada jalur pipa tersebut akan memenuhi tegangan yang sudah diatur dalam Standart B31.4.

Penentuan jarak *support* yang tepat sangatlah penting karena penentuan jarak *support* sangat berpengaruh terhadap tegangan yang terhadap sistem perpipaan. Dalam penelitian ini pemaksimalan jarak *support* dihitung berdasarkan *limitation allowable deflection* dan *limitation of stress*.

Tujuan penelitian ini pada akhirnya dari kedua desain jarak antar *support* yaitu eksisting dan desain baru tersebut kemudian nantinya akan dilakukan analisa tegangan akibat beban sustain dan defleksi sehingga akan diketahui jarak *support* yang

optimum dimana nilai tegangan akibat beban sustain dan defleksi masih dibawah *allowable*nya.

2. METODOLOGI

Tegangan adalah besaran vektor yang selain memiliki nilai juga memerlukan arah. Nilai dari tegangan didefinisikan sebagai gaya (F) persatuan luas (A). Untuk mendefinisikan arah pada tegangan sebuah sumbu pipa dibuat saling tegak lurus seperti terlihat pada Gambar 2.1 dibawah ini. Sumbu ini terletak di bidang tengah dinding pipa dan salah satu arahnya yang sejajar dengan panjang pipa disebut sumbu axial atau longitudinal.

2.1 Tegangan pada Pipa

Tegangan pada pipa dikategorikan menjadi dua kategori dari tegangan. Pertama tegangan yang diakibatkan oleh tekanan baik dari dalam pipa maupun dari luar pipa. Kedua, tegangan yang datang dari gaya-gaya dan momen-momen yang bekerja pada sumbu x, y dan z yang diakibatkan oleh berat total, pemuaian panas, angin, gempa bumi dan yang lainnya (ITT Grinnell Industrial, 1981).

2.1.1 Tegangan Longitudinal (*Longitudinal Stress*)

1. Gaya aksial

Selain dipengaruhi oleh tegangan longitudinal kompresif akibat pengaruh ekspansi termal, gaya aksial efektif pada pipa yang berada pada kondisi restraint juga dipengaruhi oleh tekanan internal di dalam pipa. Pada pipa kondisi tertahan, maka pada dinding pipa akan terbentuk tegangan kompresif pada arah longitudinal dapat menggunakan persamaan berikut.

$$S_{Lax} = F_{ax}/A_m \quad (1)$$

Dimana

F_{ax} = gaya dalam axial

A_m = luas penampang material

2. Tekanan Dalam Pipa

Tekanan dalam ini dikarenakan fluida yang ada didalam pipa, fluida ini akan memberikan tekanan baik searah dengan panjang pipa dan kesegala arah permukaan pipa. Didapatkan rumus sebagai berikut .

$$S_p = Pd_o/4t \quad (2)$$

S_p = tegangan longitudinal akibat beban dalam

P = tekanan dalam akibat fluida

t = ketebalan dinding pipa

3. Tegangan longitudinal akibat momen bending.

Momen bending menghasilkan distribusi tegangan yang linear dengan tegangan terbesar berada pada bagian terluar permukaan terjauh dari sumbu aksis bending, dapat menggunakan persamaan berikut.

$$S_b = M_b c / I \quad (3)$$

M_b = moment lendutan pada sebuah penampang pipa

c = jarak dari sumbu netral ke titik yang diperhatikan

I = moment inersia dari penampang pipa

2.2 Pipe Support

Penyangga pipa dalam sistem perpipaan adalah sebuah alat yang berfungsi untuk menjadi penahan atau penumpu pipa yang melintas dari suatu tempat ke tempat yang lain. Sebuah support adalah sebuah komponen dari sistem perpipaan yang menyalurkan beban yang bekerja pada pipa ke struktur penyangga. Penempatan support harus memperhatikan dari pergerakan sistem perpipaan. Untuk jarak antar support sendiri berdasarkan pendekatan *limitation allowable deflection* dan *limitation of stress* yang diambil dari buku Sam Kannapan dapat menggunakan persamaan berikut :

a. *Base on limitation of stress*

$$L = \sqrt{\frac{0,4 \times Z \times S_h}{w}} \quad (4)$$

b. *Base on limitation allowable deflection*

$$L = \sqrt[4]{\frac{\Delta \times E \times I}{13,5 \times w}} \quad (5)$$

Dimana

Δ = Allowable Defleksi

E = Modulus elastisitas

W = weight per length

2.3 Defleksi

Secara definisi, *defleksi* adalah fenomena dimana material logam mengalami perpanjangan atau perenggangan ketika terjadi peningkatan temperatur ataupun karena berat yang diberikan kepada material logam tersebut. Kebanyakan material logam akan memanjang atau mengkerut secara proporsional pada segala arah secara linear ketikadiberi panas.

1.1 2.4 Perhitungan Berat Pipa

Berat total pipa dalam kasus ini terdapat dua komponen utama, yaitu berat fluida yang mengalir di dalam pipa dan berat dari pipa itu sendiri. Untuk perhitungan berat total pipa seperti berikut.

- *self weight of pipe* = $\pi \times 0,25 (OD^2 - ID^2) \times \rho_{pipa} \times \text{panjang pipa}$ (6)

- *content weight* =

$$\pi \times 0,25 (ID^2) \times \rho_{pertamax} \times \text{panjang pipa} \quad (7)$$

2.5 Beban pada Pipa

Pipe load adalah beban yang terjadi pada sistem perpipaan yang diteruskan ke struktur bangunan penumpu melalui peralatan penumpu atau restraint. Sistem perpipaan pada kondisi operasi tentunya mengalami berbagai macam beban. Beban yang dialami diantaranya beban akibat pipa itu sendiri, berat fluida yang mengalir, insulasi pipa, beban angin maupun gempa bumi.

2.5.1 Beban Sustain (Sustained Load)

Beban sustain adalah beban yang bekerja secara terus-menerus pada pipa. Tegangan yang terjadi pada beban sustain merupakan jumlah dari seluruh tegangan longitudinal (SL) akibat tekanan, berat dan akibat beban sustain yang lain tidak boleh melebihi S_h , dimana S_h adalah basic allowable stress pada kondisi atau suhu logam maksimum.

$$S_l = \frac{F}{A_m} + \frac{M_b}{z} + \frac{Pd_o}{4t} \leq S_h \quad (8)$$

Dimana :

S_l = tegangan akibat beban sustain

A_m = luas penampang pipa

F = gaya dalam axial

M_b = momen bending

P = tekanan kerja

d_o = diameter outside

z = section modulus

t = tebal pipa

S_h = Allowable stress material

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Nilai Tegangan Akibat Beban Sustained Kondisi Eksisting

3.1.1 Tegangan Akibat Gaya Aksial

Dari hasil perhitungan sesuai persamaan 1 didapatkan nilai tegangan akibat gaya aksial sebesar 1648,955 psi

3.1.2 Nilai Tegangan Longitudinal Akibat Tekanan

Dari hasil perhitungan sesuai persamaan 2 didapatkan nilai tegangan longitudinal akibat tekanan sebesar 1729,6 psi.

3.1.3 Nilai Tegangan Bending

Nilai dari tegangan bending berbeda untuk setiap segmenhal ini dikarenakan untuk menentukan nilai tegangan bending terdapat fungsi dari panjang pipa.

nilai dari total longitudinal stress terbesar pada segmen 44 yaitu 7306,095 psi dan terkacil pada segmen 59 yaitu sebesar 3421,434 psi, sehingga dapat diketahui nilai untuk masing-masing segmen masih dibawah dari nilai allowable stress pada standard ASME B31.4.

3.2 Penentuan Posisi Support

3.2.1 Penentuan Posisi Support Berdasarkan Limitation Allowable Deflection

Sesuai dengan persaman 5 didapatkan hasil untuk jarak posisi antar support berdasarkan limitation allowable deflection sebesar $L = 880,314$ inchi.

3.2.2 Penentuan Posisi Support Berdasarkan Limitation of Stress

Sesuai dengan persaman 4 didapatkan hasil untuk jarak posisi antar support berdasarkan limitation of stress sebesar $L = 1004,988$ inchi.

Sehingga span yang dipilih yang yaitu 880,314 inchi yang memiliki NOS 30 buah dengan pertimbangan memaksimalkan jarak tidak overstress atau masih dibawah allowablenya dan tidak terjadi defleksi yang tidak melebihi dari 1 inchi.

3.3 Nilai Tegangan Akibat Beban Sustained Kondisi Terpasang

3.1.1 Tegangan Akibat Gaya Aksial

Dari hasil perhitungan sesuai persamaan 1 didapatkan nilai tegangan akibat gaya aksial sebesar 1648,955 psi

3.1.2 Nilai Tegangan Longitudinal Akibat Tekanan

Dari hasil perhitungan sesuai persamaan 2 didapatkan nilai tegangan longitudinal akibat tekanan sebesar 1729,6 psi.

3.1.3 Nilai Tegangan Bending

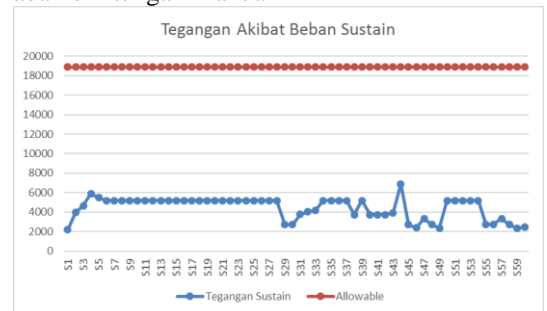
Nilai dari tegangan bending berbeda untuk setiap segmenhal ini dikarenakan untuk

menentukan nilai tegangan bending terdapat fungsi dari panjang pipa.

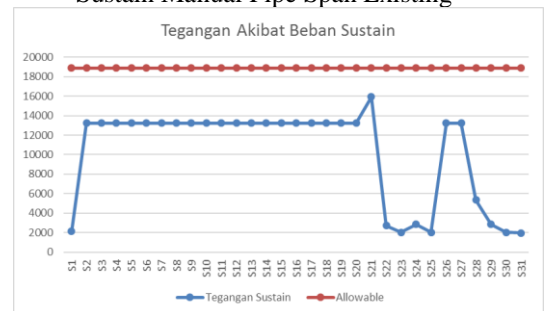
nilai dari total longitudinal stress terbesar pada segmen 21 yaitu 13380,673 psi dan terkacil pada segmen 59 yaitu sebesar 3417,025 psi, sehingga dapat diketahui nilai untuk masing-masing segmen masih dibawah dari nilai allowable stress pada standard ASME B31.4.

3.4 Analisa Pipe Span Kondisi Eksisting Dan Baru Terhadap Tegangan Akibat Beban Sustained.

3.4.1 Pada Perhitungan Manual



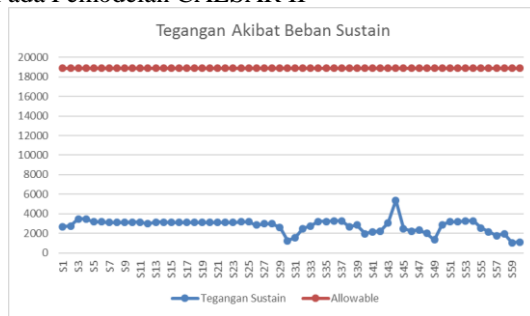
Gambar 3.1 Nilai Tegangan Akibat Beban Sustained Manual Pipe Span Existing



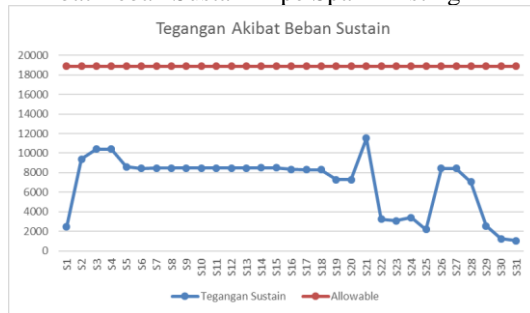
Gambar 3.2 Nilai Tegangan Akibat Beban Sustained Manual Pipe Span Baru

Pada desain jarak support baru semuanya mengalami kenaikan tetapi masih dalam allowable hal ini dikarenakan memaksimalkan jarak antar support sehingga mengurangi support yang akan tetapi pengurangan support tersebut masih tergolong aman. Untuk nilai tegangan yang terbesar pada kondisi eksisting yaitu pada segmen 44 sedangkan untuk kondisi jarak antar support baru pada segmen 21 hal ini kedua segmen tersebut terdapat dua percabangan sehingga pada kedua segmen tersebut mengalami peningkatan tegangan sedangkan untuk tegangan terendah pada kondisi eksisting pada segmen segmen 59 sedangkan untuk kondisi jarak antar support baru pada segmen 31 keduanya dikarenakan memiliki jarak support yang dekat sehingga tegangan yang terjadi menjadi kecil.

3.4.2 Pada Pemodelan CAESAR II



Gambar 3.3 Nilai Pemodelan Tegangan Akibat Beban Sustain Pipe Span Existing



Gambar 3.4 Nilai Pemodelan Tegangan Akibat Beban Sustain Pipe Span Baru

Pada desain jarak support baru semuanya mengalami kenaikan tetapi masih dalam allowable hal ini dikarenakan memaksimalkan jarak antar support sehingga mengurangi support yang akan tetapi pengurangan support tersebut masih tergolong aman. Untuk nilai tegangan yang terbesar pada kondisi eksisting yaitu pada segmen 44 sedangkan untuk kondisi jarak antar support baru pada segmen 21 hal ini kedua segmen tersebut terdapat dua percabangan sehingga pada kedua segmen tersebut mengalami peningkatan tegangan sedangkan untuk tegangan terendah pada kondisi eksisting pada segmen segmen 59 sedangkan untuk kondisi jarak antar support baru pada segmen 31 keduanya dikarenakan memiliki jarak support yang dekat sehingga tegangan yang terjadi menjadi kecil.

Sehingga untuk perhitungan manual dan software menunjukkan hasil yang aman untuk kondisi jarak antar support yang baru baik nilai tegangan dan defleksi. Hal ini dapat mengurangi pemakaian support dan tidak terpaku pada penggunaan support yang semuanya menggunakan 12 meter antar support.

4. KESIMPULAN

1. Dari hasil perhitungan manual nilai tegangan tertinggi pada kondisi pipe support eksisting terbesar pada segmen 44 yaitu 7306,095 psi dan terkecil pada segmen 59 yaitu sebesar 3421,434 psi. Untuk hasil

pemodelan CAESAR II pada kondisi eksisting terbesar pada Segmen 44 yang memiliki nilai tegangan akibat beban sustain yang terbesar yaitu 6329,8 psi dan nilai tegangan terkecil pada segmen 59 yaitu sebesar 1750 psi

2. Dari hasil perhitungan *allowable spacing* yang baru dikarenakan memaksimalkan jarak antar *pipe support*, diketahui jarak antar *pipe support* pada pipa dengan diameter 32 inchi material API 5L Grade B terdapat 2 jarak support akan tetapi yang diambil yang terkecil yaitu 880,314 in (22.36 meter) antar support dengan NOS 30 buah akan tetapi pemasangan menyesuaikan lapangan. perhitungan *pipe support* ini berdasarkan *limitation of stress dan limitation of deflection*.
3. Dari hasil perhitungan manual nilai tegangan tertinggi pada kondisi *pipe support* baru yaitu terbesar pada segmen 21 yaitu 13380,673 psi dan nilai terendah pada segmen S31 yaitu 3417,025 psi. Untuk hasil pemodelan CAESAR II terbesar pada atau Segmen 21 yaitu sebesar 9876 psi sedangkan untuk nilai tegangan terendah pada segmen 31 yaitu sebesar 1745,2 psi

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari penyelesaian jurnal ini tidak terlepas dari bimbingan dan motivasi dari berbagai pihak, penulis menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan materi, motivasi, kasih sayang, do'a, dan nasehat hidup bagi penulis.
2. Bapak Mardi Santoso, S.T., Msc. Eng.Sc. selaku dosen pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama penyelesaian jurnal tugas akhir.
3. Bapak Ir. Arie Indartono, M.MT., selaku dosen pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama penyelesaian jurnal tugas akhir.
4. Teman-teman seperjuangan teknik perpipaan angkatan tahun 2013 yang telah memberikan motivasi, warna kehidupan, dan kebersamaan.
5. Senior teknik perpipaan yang mau berbagi pengalaman dan ilmu dalam pengerjaan jurnal ini.
6. karyawan TBBM Tuban yang namanya tidak dapat disebut satu persatu. Keluarga besar teknik perpipaan

6. DAFTAR NOTASI

S_L	=	tegangan Logitudinal [psi]
S_R	=	tegangan sirkumferensial [psi]
S_C	=	tegangan Radial [psi]
S_T	=	tegangan Geser [psi]
F_{ax}	=	gaya dalam aksial [psi.inchi ²]
A_m	=	luas penampang material [inchi ²]
P	=	tekanan dalam aksial [psi]
A_i	=	luas penampang pipa [inchi ²]
t	=	ketebalan dinding pipa [inchi]
M_b	=	moment lendutan pada sebuah penampang pipa [lb.inc]
I	=	moment inersia dari penampang pipa [inchi ⁴]
R_o	=	radius luar pipa [inchi]
Z	=	modulus permukaan (section modulus) [inchi ³]
P	=	tekanan desain [kg/mm ²]
S_A	=	tegangan yang diizinkan akibat beban berulang [psi]
S_c	=	tegangan izin pada temperatur dingin [psi]
S_h	=	tegangan izin pada temperatur operasi [psi]
f	=	faktor stress range reduction
S_l	=	tegangan akibat beban sustain [psi]
A_m	=	luas penampang pipa [inchi ²]

7. PUSTAKA

1. ASME B31.4. (2012). *Pipeline Transportation Systems for Liquids and Slurries*. New York: American Society of Mechanical Engineers.
2. Grinnel ITT (1981), *Piping Design and Engineering*, ITT Grinnel Corporation, U.S.A.
3. Kannapan, Sam. (1986). *Introduction to pipe stress Analysis*. John Wiley & Sons, Inc., U.S.A.
4. Liang-Chuan (L.C) Peng and Tsen –Loong (Alvin) Peng. (2009). *Pipe Stress Engineering –ASME Press*. Peng Engineering, Houston, Texas, U.S.A.
5. MSS-SP 69. (1996). *Pipe Hanger and Supports - Selection and Application of Pipe Supports*. Valve and Fitting Industri, Inc., Vienna, Virginia, U.S.A.
6. Pratama, PT. Tijara Pratama. (2004). Pelatihan dasar analisa tegangan pipa. IOCS Ptc. Ltd (Singapore) dan COADE Inc. Jakarta.
7. Smith, Paul R. And Van Laan, Thomas J. (1987). *Piping and Pipe Support System*, McGraw Hill, Inc. U.S

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan