

Analisa Tegangan Redesain *Underground Sectional Valve* menjadi *Aboveground Sectional Valve* pada *Gas Transmission Pipeline*

Vita Shofia Arif^{1*}, George Endri Kusuma², Nurvita Arumsari³

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

Program Studi D-IV Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{2,3}

Email: vitashofia@gmail.com^{1*}

Abstract - Pipeline along Fatmawati to Lebak Bulus with 8 inch diameter and 2.9 kilometer with fluids flow between gas stations. Along the pipeline, there is a sectional valve that's very important to manage and control distributed fluids inside the pipeline. Pit limitations, humidity, and puddle water at rainy season may cause maintenance process and operation become less maximum. Thereby redesign are performed from underground sectional valve to aboveground sectional valve with transition pipe. This research start from calculating minimum wall thickness, minimum allowable span, and virtual anchor on pipe. Selection of design includes pipe bends, valve location, amount of supports, and pipe elevation. Selection valve redesign results will be analyzed by using manual calculations and software stress analysis. Redesign results of the sectional pipe determine the value of minimum wall thickness of 0.0425inch. Pipe bends with 45 degree angle and 5D radius hot bend method. Pipe elevation is +750 mm from ground level with maximum distance of each support of 266.568 inch. Calculation result of stress analysis has fulfilled the allowable stress based on ASME B31.8. Thereby, it can be sure that the aboveground sectional valve design is safe and can become consideration on the next research.

Keyword: bending, pipeline, sectional valve, stress analysis, transition pipe

Nomenclature	
t_1 minimum wall thickness pipa (in)	S_X axial stress (psi)
t_2 wall thickness pipa (in)	S_b tegangan bending (psi)
T_1 minimum wall thickness bending (in)	S_E tegangan combined (psi)
P design pressure (psi)	E young modulus (psi)
D_o outside diameter (in)	α coefficient of thermal expansion (in/°F)
D_i inside diameter (in)	ν poisson's ratio
S specified minimum yield strength (psi)	m momen (lb.in)
F design factor	T_1 temperatur operasi (°F)
E joint factor	T_2 temperatur instalasi (°F)
T temperatur derating factor	
R radius bending (in)	
Z modulus of section of pipe (in ³)	
Δ allowable deflection (in)	
S_h allowable stress (psi) ₁ tegangan hoop (psi) ₂	
I moment inertia (in ⁴)	
w berat pipa (lb/in)	
ΔT perbedaan temperature	
F gaya blok anchor (lb) ₁ gaya ekspansi (lb) ₂	
A_m cross section area of pipe (in ²)	
A_i Internal area of pipe (in ²)	
f koefisien gesek tanah (lb/in)	
L panjang pipa (in)	
S_L tegangan longitudinal (psi)	
S_T thermal stress (psi)	
S_p internal pressure stress (psi)	

1. PENDAHULUAN

Sejalan dengan program diversifikasi BBM ke BGG oleh pemerintah, maka dibutuhkan infrastruktur berupa pipa dan SPBG (Stasiun Pengisian Bahan bakar Gas). Selain itu adanya rencana penambahan armada transjakarta dan pembagian konverter kit kepada angkutan umum oleh pemerintah menuntut adanya pelebaran infrastruktur gas yang memadai. Untuk memenuhi kebutuhan BGG di daerah Selatan Jakarta yang saat ini belum terlayani, maka diperlukan SPBG dan jaringan pipa yaitu di daerah Lebak Bulus (koridor 8), Ragunan (koridor 6), Blok M (Koridor 1). Untuk memenuhi hal tersebut, perusahaan akan menyediakan fasilitas untuk membawa gas tersebut ke daerah yang dituju. Adapun fasilitas yang diperlukan salah satunya adalah jalur

pipa distribusi diameter 8 inch dari Perempatan Fatmawati ke Lebak Bulus sepanjang ± 2,9 kilometer. Pada *pipeline* terdapat komponen yang sangat penting, salah satunya adalah *sectional valve*. *Sectional valve* merupakan bagian yang sangat esensial pada sistem perpipaan yang digunakan untuk *block* atau stop aliran juga untuk pencegah aliran balik, serta pengaturan aliran. Pada jalur *pipeline* Perempatan Fatmawati ke Lebak Bulus terdapat sebuah *underground sectional valve* yang terpasang pada KP 0+0.006. Mengingat pentingnya fungsi dari *sectional valve* maka diperlukan adanya perawatan (*maintenance*) agar tidak terjadi kegagalan pada saat pipa beroperasi. Seiring berjalannya waktu proses *maintenance* dan proses pengoperasian dirasa sukar dilakukan mengingat keterbatasan pit dan kondisi lingkungan yang berubah-ubah seperti adanya genangan air dan kelembapan tanah khususnya pada saat musim hujan, oleh karena itu perlu dilakukan adanya studi redesain *underground sectional valve* menjadi *aboveground sectional valve* yang bertujuan untuk mempermudah proses pengoperasian dan perawatan (*maintenance*).

2. METODOLOGI

2.1 Prosedur Penelitian

Pengerjaan tugas akhir ini dimulai dengan menghitung *minimum wall thickness* pada pipa. Setelah mendapatkan nilai ketebalan pipa minimum. Menentukan desain *aboveground sectional valve*. Penentuan desain meliputi *bending* pipa, peletakan valve, jumlah *support*, dan *Elevasi* pipa. Mengingat fluida yang dialirkan adalah gas, maka perlu adanya analisa pada hasil redesain untuk memastikan hasil redesain telah memenuhi *code* dan *standard* sehingga aman saat beroperasi. Analisa ini dilakukan secara manual dan *software*.

Proses untuk mendapatkan desain baru *sectional valve* adalah dengan tahapan sebagai berikut :

- 1) Perhitungan *minimum wall thickness* pipa
- 2) Perhitungan *minimum wall thickness bending*
- 3) Perhitungan *allowable span* optimal berdasarkan *limitation allowable deflection* dan *limitation of stress*.
- 3) Perhitungan gaya pada blok *anchor*
- 4) Perhitungan panjang *virtual anchor*
- 5) Permodelan desain dengan *software*
- 6) Analisa hasil perhitungan tegangan secara manual dan *software*.
- 7) Membuat *Detail Engineering Drawing (DED)*

2.1 Minimum Wall Thickness

Perhitungan ketebalan pipa dilakukan untuk mengetahui berapa besar ketebalan pipa yang dibutuhkan agar dapat bekerja sesuai dengan kondisi operasi [1]. Diameter pipa yang digunakan tidak boleh melebihi nilai *minimum wall thickness* [5].

$$t_1 = \frac{P \cdot D_o}{2 \cdot S \cdot F \cdot E \cdot T} \quad \text{wall thickness pipa} \quad (1)$$

$$T_1 = \left(\frac{4 \left(\frac{R}{D_o} \right) - 1}{4 \left(\frac{R}{D_o} \right) - 2} \right) \times t_1 \quad \text{intrados of bend} \quad (2)$$

$$T_1 = \left(\frac{4 \left(\frac{R}{D_o} \right) + 1}{4 \left(\frac{R}{D_o} \right) + 2} \right) \times t_1 \quad \text{extrados of bend} \quad (3)$$

2.2 Allowable Span

Allowable span pada *support* digunakan untuk mengetahui jarak maksimal penempatan *support* pada desain baru. Perhitungan ini diambil dari nilai terkecil hasil perhitungan *limitation of stress* dan *limitation of deflection* [2].

$$L = \frac{\sqrt{0.4ZSh_1}}{w} \quad \text{Limitation of stress} \quad (4)$$

$$L = \frac{\sqrt{\Delta EI}}{13.5 w} \quad \text{Limitation of deflection} \quad (5)$$

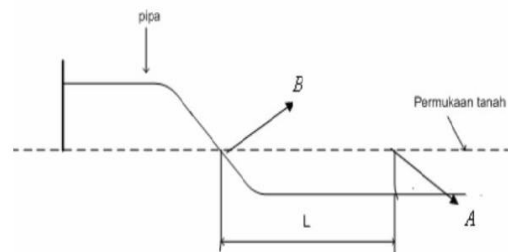
2.3 Perhitungan Gaya pada Anchor

Untuk menganalisa tegangan dan defleksi pada area transisi ini dianalisa pada kondisi transisi di bawah tanah (*fully restrained*) sampai ke kondisi permukaan tanah (*unrestrained*). Perhitungan tegangan dan defleksi pada daerah transisi akibat tekanan internal dan perubahan temperatur, yang digunakan untuk merancang blok angkor yang dibutuhkan [3]. Bila sebuah angkor digunakan untuk menahan defleksi longitudinal pipa, maka resultan gaya pada angkor dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$S_{LA} = vS_{h_2} - E\alpha\Delta T \quad \text{kondisi di titik A} \quad (6)$$

$$S_{LB} = \frac{S_{h_2}}{2} \quad \text{kondisi di titik B} \quad (7)$$

$$F_1 = (S_{LB} - S_{LA}) A_m \quad (8)$$



Gambar 2.1 Titik *fully restrained* dan *fully unrestrained*

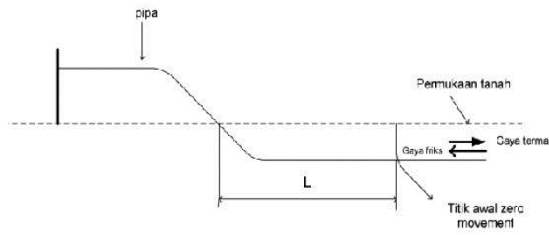
2.4 Perhitungan Panjang Virtual Anchor

Panjang *virtual anchor* digunakan untuk mengetahui seberapa panjang pipa yang dapat ditahan oleh tanah akibat adanya *beban thermal* [4]. Area yang dihitung merupakan panjang awal pipa masuk ke tanah sampai pipa tidak dapat bergerak atau tertahan (*fully restrained*) akibat gaya tahanan tanah terhadap pipa.

$$F_2 = A_m \left\{ E\alpha(T_2 - T_1) + (v \times P) \frac{D-2t_2}{2 \times t_2} \right\} \quad (9)$$

$$f = v(2pDH + Wp) \quad (10)$$

$$L = \frac{F}{f} \quad (11)$$



Gambar 2.2 Titik awal zero movement pada bawah tanah

2.5 Tegangan pada Pipa

Berdasarkan ASME B31.8 tegangan yang dialami pipa adalah tegangan *longitudinal*, tegangan *hoop*, dan tegangan *combined*. Perhitungan tegangan pipa berguna untuk mengetahui tegangan yang dialami pipa saat kondisi operasi [5]. Tegangan tersebut tidak boleh melebihi nilai tegangan ijin (*allowablbe stress*).

a. Tegangan longitudinal

$$S_L = S_T + S_P + S_b + S_X \quad (12)$$

$$S_T = E\alpha (T_1 - T_2) \quad \text{thermal expansion} \quad (13)$$

$$S_P = v \times Sh \quad \text{internal pressure} \quad (14)$$

$$S_b = \frac{M}{Z} \quad \text{momen} \quad (15)$$

$$S_X = \frac{P \times A_i}{A_m} \quad \text{axial} \quad (16)$$

b. Tegangan hoop

$$Sh = \frac{PD_o}{2t_2} \quad (17)$$

c. Tegangan combined

$$S_E = \sqrt{S_h^2 + S_L^2 - (S_h \times S_L)} \quad (18)$$

2.6 Beban pada Pipa

Beban pada pipa dapat disebabkan oleh beban internal maupun eksternal. Pada kasus ini beban yang diterima pipa meliputi beban *hydrottest*, beban *thermal*, beban operasi, dan beban *sustain*. Beban mengenai pipa secara terdistribusi maupun terpusat. Perhitungan beban (W) berguna untuk mengetahui momen yang terjadi pada pipa [6].

2.7 Desain Aboveground Sectional Valve

Perencanaan *aboveground sectional valve* berdasarkan ASME B31.8, ASME B316.49, ASME B16.10 dan spesifikasi dari *owner*. Penentuan desain *sectional valve* baru meliputi deskripsi valve, *routing* pipa baru, penentuan *bending*, penentuan faktor pendukung pengoperasian valve, seperti pagar pelindung, akses keluar masuk dan peletakan valve.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Minimum Wall Thickness

Perhitungan *Minimum wall thickness* pada pipa lurus dan pipa *bending* adalah sebagai berikut.

Minimum wall thickness pipa

$$t = \frac{P \cdot D_o}{2 \cdot S \cdot F \cdot E \cdot T} = 0.0415 \text{ inch}$$

Minimum wall thickness bending

- Intrados*

$$T_I = \left(\frac{4 \left(\frac{R}{D_o} \right) - 1}{4 \left(\frac{R}{D_o} \right) - 2} \right) \times t$$

$$T_I = 0.339 \text{ in}$$

- Extrados*

$$T_I = \left(\frac{4 \left(\frac{R}{D_o} \right) + 1}{4 \left(\frac{R}{D_o} \right) + 2} \right) \times t$$

$$T_I = 0.307 \text{ in}$$

Ketebalan pipa yang digunakan adalah 0.322 in, lengan demikian nilai minimum ketebalan lebih kecil dibandingkan dengan ketebalan aktual. Sehingga ketebalan *pipeline* telah memenuhi kriteria ASME B31.8.

3.2 Jarak Antar Penyangga (Support)

Dengan mengasumsikan sebagai *simply supported beam* maka persamaan yang digunakan berdasarkan batasan tegangan atau batasan defleksi. Dalam pengerjaan ini digunakan persamaan (4) dan (5).

Tabel 4.6 Nilai *Allowable Span* berdasarkan Batasan Tegangan dan Batasan Defleksi

Variabel	Hasil Perhitungan	
<i>Based on Stress</i>	22.214 ft	266.568 in
<i>Based on Deflection</i>	28.470 ft	345.120 in

Dari perhitungan dapat dipilih hasil terkecil antara 22.214 ft dan 28.76 ft, Jadi jarak span yang diijinkan maksimal 22.214 ft.

3.2 Gaya Blok Anchor

Tegangan yang terjadi pada titik A, yaitu akibat tekanan internal, tegangan akibat efek poisson, dan tegangan akibat perubahan temperatur. Pada gambar 2.1 titik A adalah *fully restrained* dimana pipa tidak mengalami regangan. Berikut perhitungan gaya pada *blok anchor* dengan menggunakan persamaan (6) sampai (8).

$$S_{PO} = v S_h = 862.618 \text{ psi}$$

$$S_{LA} = v S_h - E\alpha\Delta T = 958.646 \text{ psi}$$

$$S_{LB} = \frac{S_h}{2} = 1473.697 \text{ psi}$$

$$F = (S_{LB} - S_{LA}) A_m = 7124.544 \text{ lb}$$

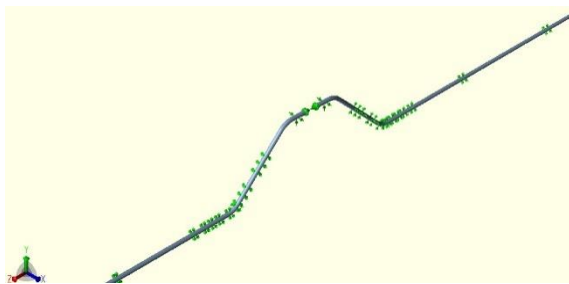
Bila sebuah *anchor* digunakan untuk menahan defleksi longitudinal pipa, maka perhitungan resultan gaya pada *anchor* adalah 7124.544 lb.

3.3 Panjang Virtual Anchor

Panjang *virtual anchor* digunakan pada segmen pipa dari kondisi awal pipa masuk ke dalam tanah (area transisi) sampai kondisi dimana pipa benar-benar tertahan oleh tanah. Dimana kondisi tersebut adalah dari *fully restrained* ke *unrestrained*. Perhitungan panjang *virtual anchor* dihitung dengan persamaan (9) sampai (11). Maka untuk perhitungan *virtual anchor* dengan pipa diameter 8 inch tebal 0,322 adalah 126.698 inch.

3.4 Permodelan Sectional Valve

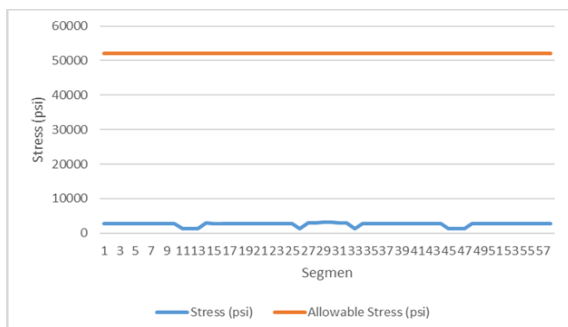
Pada permodelan desain *sectional valve* dimodelkan dengan *boundary condition* berdasarkan *virtual anchor*. Berdasarkan perhitungan span pada , jarak maksimal *support* adalah sebesar 266.568 in. Pada permodelan terdapat penambahan dua buah *support* dengan jarak *support* adalah 20 in dari valve. *Pipeline* yang telah dimodelkan dikonversi menjadi *underground pipeline* dengan menggunakan fitur *buried pipe modeler*. *Pipeline* yang telah dimodelkan menjadi *underground pipeline* ditandai dengan adanya *restraint* yang merupakan pembebanan tanah yang terjadi pada *pipeline*. *Allowable stress* didapat dari *software* yang mengacu pada standard ASME B31.8.



Gambar 3.1 Permodelan desain sectional valve

3.5 Hydrotest Load

Tegangan pada saat kondisi *hydrotest* tertinggi pada segmen 1-10, 14-25, 27-32, 34, dan 48-57 memiliki nilai tegangan relatif sama karena sepanjang segmen tersebut adalah pipa lurus sehingga nilai tegangan longitudinal sama. Penurunan terjadi pada pipa segmen 11-13, 26, 33, dan 45-47 disebabkan momen yang terjadi pada *bending* lebih kecil. Pada kondisi *hydrotest* semua nilai tegangan berada dibawah *allowable stress* sehingga desain ini dapat diterima.

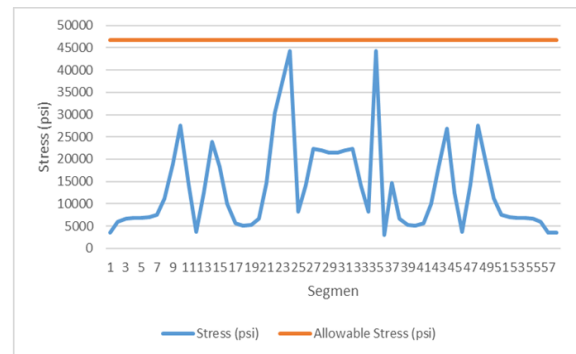


Gambar 3.2 Grafik nilai tegangan pada beban hydrotest

3.6 Operating Load

Tegangan pada saat kondisi *operating* tertinggi pada segmen 24 dan 35 yaitu area transisi dari *underground* ke *aboveground* sebelum pipa belokan. Hal ini dikarenakan adanya pergerakan pipa dari *full restrained* ke *unrestrained*. Tegangan yang bernilai besar lainnya terjadi pada segmen 10, 14, 44 dan 48 dimana tegangan terbesar terjadi sebelum belokan pipa. Hal ini dikarenakan adanya *bending* yang menjadi titik tahanan akibat perpanjangan pipa secara

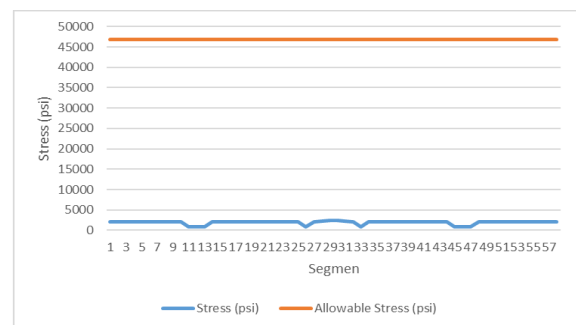
longitudinal. Pada kondisi *operating* semua nilai tegangan berada dibawah *allowable stress* sehingga desain ini dapat diterima.



Gambar 3.3 Grafik nilai tegangan pada beban operating

3.7 Sustain Load

Tegangan tertinggi pada kondisi *sustain* tertinggi pada segmen 29-30 dimana segmen tersebut adalah area pipa yang tersambung dengan *fitting* yaitu valve. Hal ini dikarenakan adanya penambahan beban pipa akibat adanya valve tersebut. Sehingga nilai tegangan lebih besar dari segmen lainnya. Penurunan tegangan terjadi pada segmen 11-13, 26, 33, dan 45-47 dimana segmen tersebut merupakan daerah belokan pipa atau *bending*. Hal ini dikarenakan pada area tersebut momen yang diterima lebih kecil. Pada segmen lainnya memiliki nilai tegangan relatif sama karena sepanjang segmen tersebut adalah pipa lurus dengan beban yang sama. Pada kondisi *sustain* semua nilai tegangan berada dibawah *allowable stress* sehingga desain ini dapat diterima.



Gambar 3.4 Grafik nilai tegangan pada beban sustain

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisa yang telah dilakukan pada penelitian ini didapatkan bahwa hasil perhitungan tegangan pada desain baru *aboveground sectional valve* telah memenuhi *allowable stress* berdasarkan ASME B31.8. Hasil analisa juga menunjukkan bahwa besar tegangan dipengaruhi oleh beban yang diterima pipa akibat adanya momen. Desain *aboveground sectional valve* menggunakan pipa *bending* dengan sudut 45 metode *hot bend* dengan radius 5D. Elevasi pipa adalah ± 750 mm dari permukaan tanah. Akses untuk proses *maintenance* adalah 1873 mm. Sedangkan panjang dan lebar pit *sectional valve* adalah 13100 mm x 4000 mm.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Akhiri wijayanti, N., Poernomo, H., & So'im, S. (2018a). *Analisis Desain Line Break Control Valve dengan Variasi Sudut Bending pada KP 79,011 Project Gresik. Proceedings Conference on Piping Engineering and Its Application*, 3(1), 211–216. Retrieved from <http://journal.ppns.ac.id/index.php/CPEAA/article/view/516>
- [2] Sam Kannappan, P. E. (1986). *Introduction to Pipe Stress Analysis*. John Wiley & Sons, Inc., New York
- [3] Mc. Allister, E.W. (2002). *Pipeline Rules of Thumb Handbook*, Gulf Professional Publishing : Singapore.
- [4] Suududdin, Hari Prastowo, Dwi Priyanta., 2017. *Pipeline Stress Analysis Pada Onshore Design Jalur Pipa Baru Dari Central Processing Area (CPA) Ke Palang Station JOB PPEJ Dengan Pendekatan Caesar II*. Vol. 05, No. 2, Insitut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [5] ASME.(2016). *ASME B31.8. Gas Transmission and distribution Piping System*. U.S.A.: the American Society of Mechanical Engineer.
- [6] Spiegel, Leonard P.E, George F.(1996). *Applied Statics and Strenght of Materials*. U.S.A; Mc Graw Hill Inc.

(HAMALAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN)