

PENAMBAHAN GAYA ANTI-BUOYANCY PADA JALUR PERPIPAAN YANG MELEWATI AREA RAWA

Muhammad 'Alaikar R.^{1*}, Adi Wirawan Husodo², M. Choirul Rizal³

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

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

Program studi D-IV Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik
Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia³

Email: muhammadalaika95@gmail.com^{1*};

Abstract – Swampy or rivers area have a buoyancy value that may lead to leakage or broken pipeline because it emerges to the land surface. Based on these issues, the pipeline in the area must be well designed and analyzed. A screw anchor addition as a buoyancy control is necessary so its system and design failure will not existed and it meets ASME B 31.8. The first step to carry out is to calculate the value of buoyancy ratio. Then its stress calculation was manually analyzed and by using CAESAR II software. Its result would be compared with stress criteria in ASME B31.8. The next step was to analyze its safety design so that the stress will not exceed the allowable stress of material by Ansys and ASME B 31.8. The value of the ratio obtained on the manual calculation of buoyancy is ≤ 1.2 so buoyancy control is required. The screw anchor needed is as much as 18 pcs along 574,147 feet. The comparison results of manual stress is 62093.0444 psi and software is 62669.5693 psi. It has no more than 10% difference. Those results are still under allowable stress material of 65000 psi. The safety design of the screw anchor of 295 Mpa is still under allowable stress material of 448 Mpa. So based on the results, the addition of a screw anchor can be applied and acceptable on the pipeline.

Keywords: Buoyancy, Swamps, Pipeline, Screw Anchor, stress

Nomenclature

D	Diameter
D_o	Diameter outside
D_i	Diameter inside
E	Modulus elastisitas
F_{buoy}	Buoyancy force
F_{down}	Downward force
ρ_{water}	Density water
ρ_{pipe}	Density pipe
$\rho_{coating}$	Density corrosion coating
$\rho_{content}$	Density content
γ_{mud}	Mud soil
h	Pipe depth cover
E	Modulus Elastitas
I	Momen inersia
P	Tekanan internal
W	Massa Pipa, Fluida, dan Lainnya
L	Panjang Antar Support
M_B	Momen bending
S_B	Bending stress
SH	Hoop stress
SL	Tegangan Longitudinal
SP	Tegangan internal pressure
SB	Bending Stress
ST	Tegangan Ekspansi Thermal

Z Pipe section modulus

1. PENDAHULUAN

Perusahaan yang bergerak dibidang *Engineering*, *Procurement*, dan *Construction* sedang melaksanakan pekerjaan *pipeline*. Area sungai dan rawa yang merupakan dua dari 8 area sumber gas yang berada di Sumatra Selatan, Indonesia. *Pipeline* tersebut memiliki lintasan sepanjang 48 Km dimana salah satu jalur melewati daerah rawa (*swampy area*) sehingga pipa yang melewatinya kemungkinan mengalami gaya *buoyancy*. Pada proyek ini di harapkan agar instalasi *pipeline* yang melewati daerah *swamp area* tetap aman atau terjaga dan tidak mengalami gaya *buoyancy*. Dikarenakan dengan daerah yang berbeda dan terdapat 2 musim di Indonesia mengakibatkan terjadinya sungai atau rawa musiman. Dan itu menyebabkan gangguan pada pipa *existing* yang sebelumnya tidak mengkonsider luapan dari sungai atau semacamnya. Oleh karena itu, analisa mengenai *pipeline* yang sudah terpasang yang melewati daerah *swampy* menjadi inti pembahasan pada tugas akhir ini. Ada beberapa metode untuk mengatasi *buoyancy force*, yang digunakan untuk menganalisa *pipeline* ini

adalah menggunakan *concrete pipe, saddle on weight, geotextile* dan *screw anchor weight*. [6]

Pada mengaplikasikan *concrete* harus menghentikan operasi dan memasang ulang pipeline oleh sebab itu tidak di izinkan. Dan *saddle weight* tidak di izinkan dikarenakan bisa memberi berat pipa berlebihan jika air surut dan dikhawatirkan tanah menjadi *settlement* sehingga *pipeline* yang di beri *suport* ini bisa memiliki *stress* berlebihan. Untuk itu *Screw anchor weight* di pilih, akan dilakukan desain *screw anchor* menggunakan *software Ansys*, dan memperhitungkan agar pipeline bisa tertahan atau mereduksi gaya dorong ke atas yang dibutuhkan untuk mengendalikan nilai *buoyancy* yang terjadi. Dan akan di analisa seberapa besar nilai tegangan yang terjadi pada pipa karena jumlah *screw anchor* yang akan di pasang dan akan disimulasikan pada *software CAESAR II*. [11]

2. METODELOGI

2.1. Buoyancy

Perhitungan *Buoyancy Force* atau gaya angkat keatas yang terjadi pada pipa di lingkungan *swampy* dapat dihitung menggunakan persamaan dari buku Rizkalla. [5]

2.3 Downward Force

Downward force merupakan gaya berat benda beserta komponen lainnya. Pada kondisi area rawa dan sungai, terdapat beberapa faktor berat yang mempengaruhi *downward force* yaitu berat pipa (W_p), dan berat pelapis anti-korosi/*corrosion coating* (W_a), dilakukan langkah perhitungan dalam persamaan berikut. [5]

$$F_{down} = W_{pipe} + W_{corr} + W_{soil} + W_{content}$$

Untuk memastikan daya apung pipa terhadap gaya atau beban gravitasi maka kondisi berikut harus dipenuhi, [5]

$$(F_{down} - F_{buoy}) \geq 0.2 F_{buoy}$$

2.4 Pipe Span

Dalam penentuan penempatan *allowable span* yang benar akan berpengaruh dalam mendesain penempatan *concrete saddle weight* yang tepat. Perhitungan nilai *Allowable Span* berdasarkan pada perhitungan nilai *limitation of stress* dan juga pada nilai *limitation of deflection*. Dapat dinyatakan dengan rumus berikut [10]

$$\text{Limitation of stress } L_s = \sqrt{\frac{0.4.Z.Sh}{W}}$$

$$\text{Limitation of deflection } L_s = \sqrt[4]{\frac{\Delta EI}{22.5 \times W}}$$

$$\text{Jumlah Support Desain pada pipeline} = \frac{\text{Panjang Total Pipeline}}{L_s}$$

2.5 Analisa Tegangan

Tegangan (*stress*) dapat disebabkan oleh beban statis dan dinamis yang merupakan resultan dari gaya gravitasi, perubahan temperatur, tekanan di dalam maupun luar pipa dan perubahan debit fluida. Perhitungan tegangan menggunakan kombinasi beberapa panduan seperti spesifikasi perusahaan, ASME B31.8 dan *Pipeline Rules of Thumb Handbook*. [2]

2.5.1 Expansion Thermal

Tegangan longitudinal akibat ekspansi termal pada pipa *restrained* dapat ditentukan persamaan berikut. [2]

$$ST = E\alpha (T_1 - T_2)$$

2.5.2 Hoop Stress

Dalam waktu yang bersamaan pipa mengalami tekanan internal dan tekanan eksternal dari luar. Perbedaan tekanan eksternal dan internal menyebabkan munculnya tegangan *hoop*. [2] dan dalam perhitungan dapat dihitung dengan persamaan berikut: [2]

$$S_h = \frac{PD}{2.t}$$

2.5.3 Tegangan Internal Pressure

Sebelum melakukan perhitungan perlu penentuan terlebih dahulu mengenai kondisi jalur pipa, dalam hal ini persamaan yang digunakan untuk pipa dalam kondisi *restrained*. Nilai dari tegangan longitudinal dipengaruhi oleh nilai tegangan *hoop* pipa. [2]

2.5.4 Tegangan Bending

Ketika material dibebani dengan beban sesuai gambar, maka akan menghasilkan bending stress, merupakan tipe dari normal stress akan tetapi sedikit lebih spesifik. Ketika material debebani, maka akan menghasilkan *bending stress*. [12]

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Perhitungan Buoyancy Force

Dari perhitungan *buoyancy force*, didapatkan nilai *buoyancy sebesar*.

$$F_{buoy} = 37.0928 \text{ lb/in}$$

3.2 Hasil Perhitungan Downward Force

Dari perhitungan kenaikan tekanan total didapatkan nilai tekanan total sebesar:

$$W_{pipe} = 11.9194 \text{ lb/in}$$

$$W_{corr} = 0.4118 \text{ lb/in}$$

$$W_{soil} = 21.3897 \text{ lb/in}$$

$$W_{content} = 6.3433 \text{ lb/in}$$

$$F_{down} = 40.0642 \text{ lb/in}$$

Analisa buoyancy ratio

$$\frac{F_d}{F_u} \geq 1,2$$

$$\frac{F_d}{F_u} = 1,08$$

Maka didapat nilai dari *ratio of buoyancy* sebesar 0,08. Karena $0,08 \leq 0,2$, maka terjadi buoyancy.

3.3 Hasil Perhitungan Allowable Stress

Dalam penentuan penempatan *allowable span* yang benar akan berpengaruh dalam mendesain penempatan *concrete saddle weight* yang tepat. Perhitungan nilai *Allowable Span* berdasarkan pada perhitungan nilai *limitation of stress* dan juga pada nilai *limitation of deflection*.

$$L_s = \sqrt{\frac{0,4.Z.Sh}{W}} = 88.9388 \text{ ft}$$

$$L_s = \sqrt[4]{\frac{\Delta E I}{22.5 x W}} = 57.6948 \text{ ft}$$

Dan berdasarkan dari perhitungan antara *limitation of stress* dan *limitation of deflection* akan dipilih nilai yang paling kecil yakni pada *limitation of deflection* dengan nilai sebesar 748 in, Maka,

Jumlah *Support* Desain pada *pipeline*

$$= \frac{\text{Panjang Total Pipeline}}{L_s}$$

≈ 10 buah

Hasil dari perhitungan *Allowable span pipeline*, maka akan didesain sejumlah 10 *support* pada *pipeline* dengan NPS 36 sepanjang 574.147 feet.

Penentuan jumlah suport menggunakan kebutuhan beban untuk mengontrol *buoyancy force*, Perhitungan beban pada 0.5 meter

$$\frac{F_d}{F_u} \geq 1.2$$

$$X = 15.2044 \text{ lb/in}$$

$$= 182.4528 \text{ lb/ft} \approx \text{ratio of buoyancy } 1.2$$

Beban yang di butuhkan untuk pipa sepanjang 574.147 feet adalah 104,754.7278 lb

Pull out capacity of screw anchor 36” adalah 3747.858 lb maka, hasil dari perhitungan beban *buoyancy* maka akan di pasang 28 buah anchor untuk 574.147 feet.

3.4 Hasil Perhitungan Tegangan

Perhitungan tegangan dalam Tugas Akhir ini menggunakan kombinasi beberapa panduan seperti spesifikasi perusahaan, ASME B31.8 dan *Pipeline Rules of Thumb Handbook*.

3.4.1 Hasil Perhitungan Ekspansi Thermal

Analisa pertama yang dilakukan dari perhitungan *stress analysis* saat ini adalah mengenai expansion thermal yaitu pemuaihan akibat dari temperature yang ada baik dari fluida atau kondisi sekitar.

$$S_T = \alpha (T_i - T_d) E$$

$$S_T = 14826.24 \text{ psi}$$

Berdasarkan perhitungan diatas didapatkan nilai Tegangan Longitudinal akibat Expansion Thermal sebesar 14826.24 psi.

3.4.2 Hasil Perhitungan Internal Pressure

Tegangan akibat *Internal Prssure* Berdasarkan perhitungan tegangan hoop stress yang timbul akibat tekanan internal adalah sebagai berikut.

$$Sh = \frac{P \times D}{2t}$$

$$Sh = 47340.288 \text{ psi}$$

Sehingga nilai tegangan longitudinal akibat tekanan adalah sebagai berikut.

$$S_p = 0,3 \times Sh$$

$$S_p = 14202.0864 \text{ psi}$$

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan diatas, nilai dari tegangan longitudinal akibat *Internal Pressure* sebesar 14202 *psi*.

3.4.3 Hasil Perhitungan Internal Pressure

Hasil perhitungan pipe span diatas kemudian digunakan untuk perhitungan momen bending sesuai dengan persamaan.

$$Mb = \frac{W \times L_s^2}{8}$$

$$Mb = 203,716.4899 \text{ lb.in}$$

Sehingga perhitungan tegangan bending sesuai dengan persamaan sebagai berikut.

$$S_b = \frac{Mb}{z}$$

$$S_b = 550.67 \text{ psi}$$

Hasil perhitungan tegangan bending menggunakan metode “*Rule of thumb-Unsupport line pipe*” diperoleh nilai tegangan bending sebesar 550.67 *psi*.

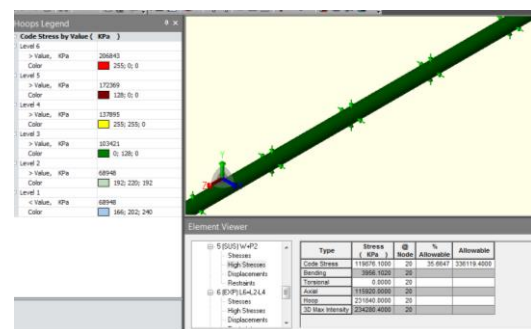
3.4.4 Hasil Perhitungan Longitudinal

Pipeline yang dipendam memperoleh beban operasional yang selanjutnya menghasilkan tegangan-tegangan pada *pipeline* tersebut. *Pipeline* memperoleh 3 tegangan *longitudinal* berupa tegangan akibat beban *internal*, tegangan akibat *ekspansi thermal*, dan tegangan akibat *natural bend*.

$$|SL| = S_P + S_T + S_B$$

$$= 62093.0444 \text{ psi}$$

Melalui perhitungan penjumlahan total tegangan *longitudinal* pada setiap metode pengendali *buoyancy* maka diperoleh nilai tegangan longitudinal sebesar 62093.0444 *psi*.



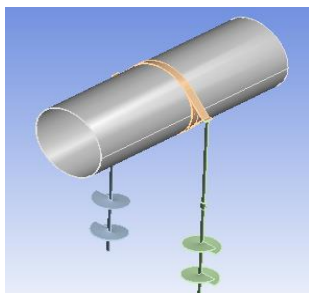
Gambar 3.1 Pemodelan dan Analisa Tegangan CAESAR II

Hasil nilai tegangan tegangan tersebut berada dibawah batas nilai tegangan ijin atau *specified minimum of yield strength (SMYS)* sebesar 65000 psi, sehingga dapat disimpulkan desain metode pengendali *buoyancy* masih dalam batas aman.

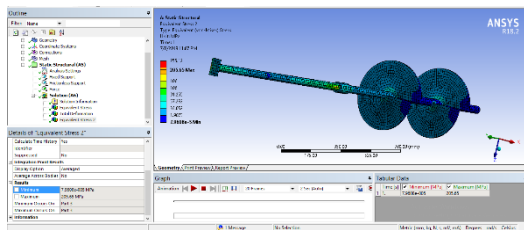
3.5 Hasil Tegangan pada Screw Anchor

Parameter yang digunakan sebagai data masukan ke *software* ANSYS adalah detail ukuran desain screw anchor, pembebanan yang menggunakan beban yang dibutuhkan agar pipeline tidak terkena *buoyancy* pada hasil kebutuhan pipa agar tidak terangkat sebesar 16000 N.

Hasil tegangan efektif menggunakan *software* Ansys pada bagian screw anchor maksimal tegangan jang terjadi adalah sebesar 295 MPa. Hasil nilai tegangan tersebut berada dibawah batas nilai tegangan ijin atau *specified minimum of yield strength (SMYS)* sebesar 448 MPa, sehingga dapat disimpulkan desain metode pengendali *buoyancy* masih dalam batas aman.



Gambar 3.2 Pemodelan Ansys



Gambar 3.3 Pemodelan dan Analisa Tegangan Ansys

Hasil tegangan equivalent menggunakan *software* Ansys pada bagian screw anchor maksimal tegangan jang terjadi adalah sebesar 205.65 MPa. Hasil nilai tegangan tegangan tersebut berada di bawah batas nilai tegangan ijin atau *specified minimum of yield strength (SMYS)* sebesar 448 MPa, sehingga dapat disimpulkan desain metode pengendali *buoyancy* masih dalam batas aman.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan proses analisa dan pembahasan yang dilakukan diatas, terdapat beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Berdasarkan perhitungan manual yang dilakukan terhadap *buoyancy force*, diketahui pipa dengan NPS 36 mendapatkan gaya upward force sebesar 37.0928 lb/in, sedangkan total gaya downward force sebesar 40.0642 lb/in dan 29.3066 lb/in. Karena lebih besar *upward force* dari perhitungan *buoyancy ratio* yang di haruskan memiliki *safety factor 20%*, maka pipa mengalami *buoyancy force*.

2. Penentuan jumlah screw anchor di dasari pada buku samkanapan dan penentuan juga di dasari oleh kebutuhan beban agar pipa tidak terkena *buoyancy* dan di peroleh 2 daerah dengan jumlah berbeda yaitu 12 screw anchor sepanjang 246.063 ft dan sebanyak 12 screw anchor sepanjang 328.084 ft, jumlah screw anchor juga di perhitungkan untuk memperhitungkan stress yang akan terjadi pada pipa.

3. Pipeline harus terhindarkan dari beberapa stress atau aman di bawah allowable stress yang di ijinakan dan untuk memastikan perhitungan benar maka di lakukan validasi dari perhitungan manual, *software* dan batas tegangan ijin material dengan tegangan terdiri dari hoop stress 48,036.488 psi hasil *software* 48036.5 psi, internal pressure 14410.944 psi hasil *software* 14410.95 psi, tegangan bending 597.5798 psi hasil *software* 591.2 psi dan tegangan bending 1445.5225 hasil *software* 1506.2 psi. Tegangan masih di bawah tegangan ijin material sebesar 65000 psi.

4. Hasil tegangan equivalent menggunakan *software* Ansys pada bagian screw anchor maksimal tegangan jang terjadi adalah sebesar 295 MPa. Hasil nilai tegangan tegangan tersebut berada dibawah batas nilai tegangan ijin atau *specified minimum of yield strength (SMYS)* sebesar 448 MPa, sehingga dapat disimpulkan desain metode pengendali *buoyancy* masih dalam batas aman.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] ALA. (2001). *Guidelines for the Design of Buried Pipe*. New York: American Lifelines Alliance
- [2] ASME B31.8. (2014). *Gas Transmission and Distribution Piping Systems: ASME Code for Pressure Piping, B31 (Vol. 2014)*.
- [3] Chamsudi, A. (2005). *Ditat – Piping Stress Analysis*. Jakarta: PT. Rekayasa Industri.
- [4] Doering, R., & Robertosn, R. (2009). Screw Anchor Buoyancy Control Saves an Estimated \$12 Million for Enbridge Pipeline. *2009 International Pipeline Conference, 1(1)*, 8. <https://doi.org/10.1115/IPC2009-120>
- [5] Engineering, P., & Series, Monograph, M. R. (2008). Pipeline Geo-Environmental Design and Geohazard Management. In *Pipeline Geo-Environmental Design and Geohazard Management* (Moness Riz). American Society of Mechanical Engineers; 1st edition (September 30, 2008).

- [6] H, D. C., Poernomo, H., & W, R. D. E. (2017). Analisa Efektivitas Desain Horizontal Directional Drilling (HDD) River Crossing pada KP 47 + 25 - KP 48 + 000 di Project PT . Petronas Malaysia. *2nd Proceeding Conference on Piping Engineering and Its Application Proceeding Conference on Piping Engineering and Its Application*, 2(1), 1–6. Retrieved from <http://journal.ppns.ac.id/index.php/CPEAA/article/view/392>
- [7] Haryono. (2013). Kondisi dan Potensi Lahan Rawa di Indonesia. *Lahan Rawa Lumbang Pangan Masa Depan Indonesia*, 1(1), 1–26. Retrieved from http://www.litbang.pertanian.go.id/buku/Lahan_Rawa/Indeks-Buku-Lahan-Rawa.pdf
- [8] Hasan, M., Santoso, E., & Mahardhika, P. (2017). Desain Expansion Loop Pada Line 116SV203-150-16H20 Faty Acid Destition PT . Wilmar Nabati Indonesia. *2nd Proceeding Conference on Piping Engineering and Its Application Proceeding Conference on Piping Engineering and Its Application*, 2(1), 1–6. Retrieved from <http://journal.ppns.ac.id/index.php/CPEAA/article/view/387>
- [9] Jr, C. T. (2009). Right Of Way (ROW) Information For Pipelines. *Right Of Way*, 1(1), 1.
- [10] Kannapan, S. (1986). Introduction to Pipe Stress Analysis. New York: A Wiley Interscience Publication.
- [11] Kuncoro, P. B., Poernomo, H., & Rizal, M. C. (2017). Studi Teknis Kelayakan Pemilihan Pemberat Pipa Sebagai Metode Anti Buoyancy River Crossing Pipeline Pada Jalur Distribusi Natural Gas. *2nd Proceeding Conference on Piping Engineering and Its Application*, 2(1), 145–150. Retrieved from <http://journal.ppns.ac.id/index.php/CPEAA/article/view/401>
- [12] Pipeline, E., & Problems, E. (2009). Pipeline Rules Of Thumb Handbook. In W. M. E (Ed.).
- [13] PT. Tjara Pratama. (2004). Pelatihan Dasar Analisa Tegangan Menggunakan Software CAESAR II.
- [14] Setiawam. (2017). Modul II buoyancy, II, 8–11.
- [15] Shrivastava, G. S. (2010). Fluid Mechanics Aspects Of A Buried Natural Gas Pipeline. *11th Pan-American Congress of Applied Mechanics*, 11(1), 2–6. Retrieved from <http://www.set.eesc.usp.br/proceedings/papers/area2-fluidMechanics/PAC0205-ShrivastavaG.pdf>.
- [16] Syarafi, Y. L., Mahardhika, P., & Rizal, M. C. (2017). Analisa Perbandingan Sistem Pengendali Buoyancy pada Jalur Pipeline di Lingkungan Rawa Menggunakan Metode Concrete Weight Coating dan Set On Weight. *2nd Proceeding Conference on Piping Engineering and Its Application*, 2(1), 55–60. Retrieved from <http://journal.ppns.ac.id/index.php/CPEAA/article/view/396>

(HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN)