

Pemilihan Sistem Pengendali *Buoyancy Force* pada *Pipeline* dengan Pertimbangan Faktor *Construction Methods*

Kusuma Ardhi Rahmawan^{1*}, George Endri Kusuma², Nurvita Arumsari³

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

Email : kusumaardhik@gmail.com^{1*} ; kusuma.george@ppns.ac.id² ; arum@ppns.ac.id³

Abstract - One of the pipeline processing natural gas through the swamp, the swamp itself had a buoyancy and required a leads me to those the force. The method used to analyze the controller buoyancy is AHP. AHP methods or method of Analytic Hierarchy Process can recommend control buoyancy in accordance with the situation. The analysis was based on variables a length of pipe, the kind of material, the characteristics of the swamp, and the cost of a basic selection criteria are based on design basis, request client, as well as expert judgment. AHP methods will result in a recommendation of the control of buoyancy between change thickness a pipe or the use of concrete saddle weight. Based on the results of analysis AHP methods to the weight of each the criteria of 0,748 to use concrete saddle weight and 0,252 to change thickness pipe. Methods installation used for the installation of concrete saddle weight is the method of push pull. The calculation that were present less than the value of SMYS of 32881.93 so that the pipeline was declared as safe.

Keyword : Analytic Hierarchy Process, Construction methods, Pipeline, Swampy Area.

Nomenclature

E	Modulus elasticity (psi)
I	Moment Inertia of Pipe (in ⁴)
Z	Section Modulus of Pipe (in ³)
S_A	Allowable stress (psi)
R	Minimum radius of curvature (in)
W_s	Berat displacement pipa tiap satuan panjang (lb/in)
W_s	Berat displacement pipa tiap satuan panjang (lb/in)
W_a	Berat coating tiap satuan panjang (lb/in)
CI	Consistency Index / Indeks konsistensi
λ	eigenvalue
CR	Consistency Ratio

1. PENDAHULUAN

Pipeline atau jaringan pipa adalah sistem jaringan penghubung untuk sarana transportasi fluida produksi dari satu tempat ke tempat lainnya. Pada pipeline pipa LTRO yang berada pada *corridor block* di Sumatra Selatan, Indonesia salah satu jalurnya melewati rawa atau swampy area sehingga terjadinya gaya buoyancy. Pipeline yang terkena gaya buoyancy akan terangkat ke atas dan dapat menyebabkan berbagai masalah seperti leaking atau bahkan broken. Untuk itu dilakukan analisa serta solusi agar gaya tersebut dapat tereduksi dengan baik. (Rizkalla, 2008) Ada beberapa hal yang akan dianalisa terkait pengaruh beban keatas dan beban kebawah yang berpengaruh terhadap pipa, serta berbagai desain

yang menjadi solusi agar pipeline dapat melintasi rawa dengan baik. Panjang pipa yang dianalisa hanya yang melewati rawa ± 500 meter dengan spesifikasi pipa API 5L X52 dengan NPS 12. Ada dua metode yang akan dijadikan solusi pengendali yaitu pergantian thickness atau penggunaan concrete weight. Mengenai concrete weight hanya dianakisa pada type saddle weight.

2. METODOLOGI

2.1 Prosedur Penelitian

Desain sistem pipeline yang digunakan berdasarkan alignment sheet yang dimiliki dari pipeline LTRO. Pipeline yang melawati area rawa, didaerah 41 dari keseluruhan area dan berjarak kurang lebih 500 m. Pipa dengan NPS 12” yang masuk ke dalam swampy area harus diberi pengendali buoyancy agar pipa tersebut dapat tenggelam dalam rawa dan tidak mengapung diatas rawa karena dapat berpengaruh terhadap gaya tegangan pipa.

2.2 Upward Force dan Downward Force (Fu & Fd)

Upward Force dan Downward Force merupakan Gaya angkat dan Gaya tahan yang terjadi pada area yang terdapat gaya apung. (Chandra, A. 2016).

$$W_s = A_t \times \rho_w \quad (1)$$

$$W_n = A_n \times \rho_n \quad (2)$$

$$W_a = A_a \times \rho_a \quad (3)$$

2.3 Persyaratan Minimum Anti-Buoyancy Force

Untuk memastikan daya apung pipa terhadap gaya atau beban gravitasi maka kondisi berikut harus dipenuhi. (Syaraf, Yayan L. 2017).

$$(F_d - F_u) \geq 0.2 F_u \quad (4)$$

2.4 Gaya Push Pull (F_{pull})

Metode push pull menggunakan bantuan alat berupa excavator untuk menarik pipa dari tempat penyimpanan menuju ke daerah rawa seperti gambar 1. Gaya yang dibutuhkan untuk menarik pipa ke daerah rawa dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$F_{drag_pipe} = \frac{1 \times C_d \times \rho_m \times U^2 \times A_t}{2} \quad (5)$$

$$F_{res} = N_{pipe} \times L_j \times (W_p + W_a) \times \mu_{rol} \quad (6)$$

$$F_{pull} = F_{drag_pipe} + F_{rest} \quad (7)$$

2.4 Perhitungan Concrete Saddle Weight

Agar didapatkan beban concrete yang sesuai perlu dilakukan desain seperti gambar 2 serta perhitungan terhadap concrete saddle weight. Perhitungannya adalah sebagai berikut.

$$A_{cw} = (g \times (f + b + a)) - (f \times e) - (b \times h) - \left(\frac{1}{8} \pi \times b^2\right) \quad (8)$$

$$B_{cw} = V_{cw} \times \rho_m \quad (9)$$

$$W_{eff} = W_{cw} - B_{cw} \quad (10)$$

$$B_{p(sf)q} = B_p \times 1.2 \quad (11)$$

2.5 Metode Analytic Hierarchy Process (AHP)

Analytic Hierarchy Process (AHP) merupakan pendekatan yang dasar dalam pengambilan keputusan secara kualitatif (Saaty, 1994). Tujuan dari AHP adalah untuk membantu dalam mengorganisasikan pemikiran dan penilaian sehingga diperoleh keputusan yang lebih efektif (Triantaphyllou, E., 1995).

$$CI = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n-1)} \quad (12)$$

$$\lambda = \frac{Weight\ Rating}{Nilai\ skala\ priority} \quad (13)$$

$$CR = CI / RI \quad (14)$$

2.6 Perhitungan Tegangan Longitudinal

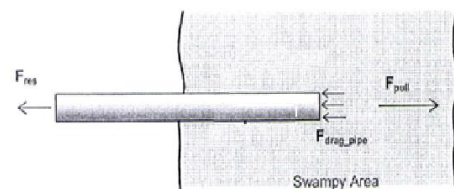
Analisa tegangan menggunakan ASME B31.8 2014 "Gas Transmission and Distribution" sebagai reference acuan perhitungan tegangan longitudinal pada pipeline di lingkungan rawa.

$$S_T = \alpha (T_i - T_d) E \quad (15)$$

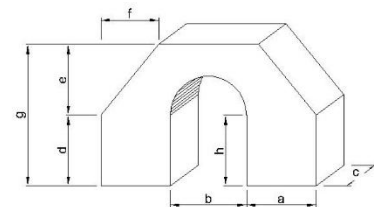
$$Sh = \frac{P D}{2t} \leq F E T S M Y S \quad (16)$$

$$Sp = 0,3 \times Sh \quad (17)$$

$$Sb = \frac{E \times OD}{2 \times R} \quad (18)$$



Gambar 1. Gaya Push Pull dalam Rawa



Gambar 2. Desain Concrete saddle weight

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisa Upward Force

$$W_s = A_t \times \rho_w = 2255.065 \text{ lb}$$

3.2. Analisa Downward Force

$$W_a = A_t \times \rho_a = 71.302 \text{ lb}$$

$$W_p = A_p \times \rho_p = 1315.391 \text{ lb}$$

3.3. Buoyancy Pipeline Tiap Jointnya

$$B_p = W_s - W_p - W_a = 868.37 \text{ lb}$$

Pipa memiliki gaya apung positif di daerah rawa, sehingga perlu dianalisa agar tidak mengapung. Untuk menahan gaya buoyancy dari swamp area dibutuhkan beban concrete sebesar 868.37 lb untuk tiap 472.44 in atau 12 m

3.4 Analisa Penambahan Thickness

Analisa yang dilakukan dengan mengganti pipa NPS 12 dari sch 20 ke sch 60. Dengan pergantian tersebut didapatkan hasil sebagai berikut,

$$W_s = 4.77 \text{ lb/in}$$

$$W_p = 5.46 \text{ lb/in}$$

$$W_a = 0.15 \text{ lb/in}$$

$$B_p = B \times 472.44 \text{ in}$$

$$B_p = -394.4 \text{ lb}$$

Nilai negatif berarti jika pipa diletakkan didalam rawa, pipa akan tenggelam karena tidak memiliki gaya apung keatas.

3.5 Analisa Desain Concrete Saddle Weight

Dimensi saddle weight yang digunakan sesuai dengan yang ada dipasaran. Perhitungan berapa kebutuhan concrete yang ada adalah sebagai berikut.

1. Perhitungan Kebutuhan Concrete Weight

Volume saddle weight, V_{cw}

$$V_{cw} = A_{sw} \times c$$

$$= 6951 \text{ in}^3$$

Berat saddle weight, W_{cw}

$$W_{cw} = V_{cw} \times \rho_c$$

$$= 603 \text{ lb}$$

Gaya buoyancy yang terjadi di saddle weight, B_{cw}

$$B_{cw} = V_{cw} \times \rho_m$$

$$= 251 \text{ lb}$$

Keefektifan Saddle weight, W_{eff}

$$W_{eff} = W_{cw} - B_{cw}$$

$$= 352 \text{ lb}$$

Buoyancy pipeline tiap sambungan pipa (+ 1.2 SF)

$$B_p = 868.808 \times 1.2$$

$$= 1042.57 \text{ lb}$$

Keperluan saddle weight tiap sambungan pipa (12m)

$$N = \frac{1042.57 \text{ lb}}{352 \text{ lb}}$$

$$= 2.962 \text{ ea}$$

$$= 3 \text{ ea}$$

Pipa sepanjang 500 m yang melewati swampy area membutuhkan concrete saddle weight sebanyak 126 unit.

3.6 Pemilihan Pengendali Buoyancy dengan AHP Methods

Analytic Hierarchy Process (AHP) Methods adalah pendekatan yang dasar dalam pengambilan keputusan. Metode yang digunakan pada tugas akhir ini seperti pada gambar 3.

3.7 Perhitungan Consistency Index dan Consistency Ratio (CI & CR)

$$CI = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n - 1)}$$

$$CI = 0.02520$$

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

$$CR = 0.02858$$

Berdasarkan persamaan saaty maksimal nilai CR yaitu < 0.1 dan hasil perhitungan diatas nilai CR sebesar 0.0285, Sehingga nilai tersebut diterima. Selanjutnya adalah perhitungan alternatif yang dijelaskan pada tabel 1.

Nilai pergantian thickness sebesar 0.252, sedangkan pada concrete weight sebesar 0.7480

yang didapat dari hasil perhitungan. Sehingga concrete saddle weight lebih digunakan daripada pergantian thickness.

3.8 Pre-Construction

Tahap Pre – Construction terdiri dari 5 tahapan yaitu Enganging Landowners, Surveying and staking, Preparing the right of way, Digging the trench, Stringing the pipe

3.9. Construction

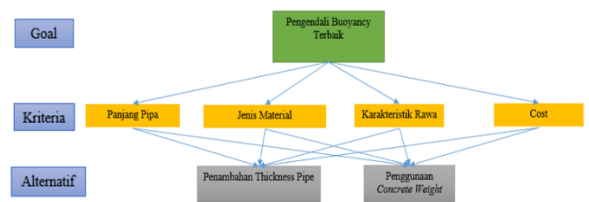
Pada fase construction pada area rawa dilakukan metode push pull. Metode push pull digunakan untuk melentangkan pipeline pada swampy area. Nilai gaya yang dibutuhkan untuk menarik pipa yaitu sebesar 27394.11 N.

3.10. Post-Construction

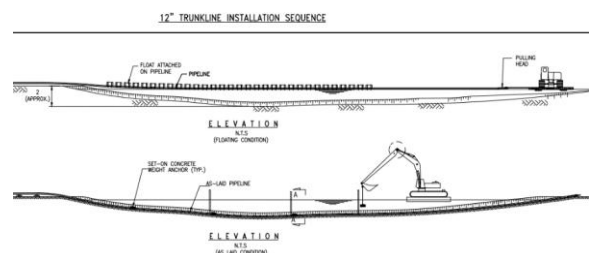
Tahap Post – Construction terdiri atas beberapa tahapan seperti Testing under pressure, Commissioning test, Remediating the land. Semua tahap ini dijelaskan pada gambar 4

Tabel 1. Pemilihan Pengendali Buoyancy

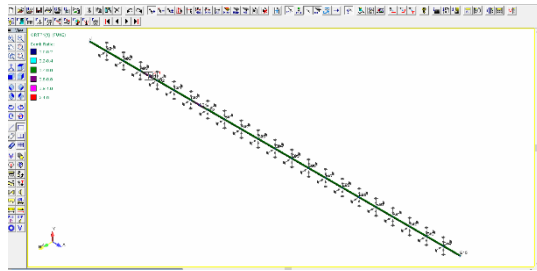
Alternatif	Kriteria	Bobot Kriteria	Bobot Alternatif	Total
Pergantian Thickness	Panjang Pipa	0.5176	0.2500	0.1294
	Jenis Material	0.1962	0.1667	0.0327
	Karakteristik Rawa	0.0723	0.7500	0.0542
	Cost	0.2139	0.1667	0.0357
	Jumlah			0.2520
Concrete Weight	Panjang Pipa	0.5176	0.7500	0.3882
	Jenis Material	0.1962	0.8333	0.1635
	Karakteristik Rawa	0.0723	0.2500	0.0181
	Cost	0.2139	0.8333	0.1783
	Jumlah			0.7480



Gambar 3. Bagan AHP Methods



Gambar 4. Construction Methods Pipeline on Swampy Area



Gambar 5. Pemodelan dengan menggunakan Software

3.11. Analisa Menghitung beban Push Pull

$$\begin{aligned}F_{\text{drag_Force}} &= 1827.33 \text{ N} \\F_{\text{rest}} &= 25566.79 \text{ N} \\F_{\text{pull}} &= 27394.11 \text{ N}\end{aligned}$$

Gaya yang dibutuhkan untuk menarik pipa sebesar 27394.11 Newton.

3.12. Analisa Tegangan Pipeline di Swampy Area

Tegangan yang diperhitungkan dalam analisa pipeline seperti tegangan akibat ekspansi thermal (S_t), beban internal (S_p), akibat bending (S_b). Besar dari beberapa tegangan adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}S_t &= 8154.43 \text{ psi} \\S_p &= 10327.5 \text{ psi} \\S_b &= 14400 \text{ psi}\end{aligned}$$

Total seluruh tegangan adalah 32881.93 psi dan nilai tersebut dapat diterima karena allowance dari longitudinal stress yang diketahui adalah sebesar 42282 psi.

3.13. Analisa Tegangan Pipeline di Swampy Area

Parameter yang digunakan sebagai data masukan ke *software* Autopipe adalah internal (*pressure*) sebesar 1305 psi, temperature sebesar 22 °C *density concrete* sebesar 3044 kg/m³, dan *soil density* sebesar 526 kg/m³. Hasil pemodelan kondisi menggunakan diatas berserta derajat yang diperbolehkan dari natural bending seperti pada Gambar 5. Hasilnya sebesar 33023 psi dan masuk memenuhi allowable stress nya.

4. Kesimpulan

Dari hasil analisa dan pembahasan yang dilakukan pada penelitian ini, maka dapat diambil kesimpulan bahwa pipeline yang melewati rawa mendapa gaya apung keatas dibutuhkan pengendali berupa *concrete saddle weight* sebanyak 126 unit. Metode instalasi menggunakan push pull methods. Gaya *push pull* yang dibutuhkan sebesar 27394.11 N.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis menyadari penyusunan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan berbagai pihak, oleh karena itu

penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Eko Julianto, M.Sc. MRINA selaku Direktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
2. Bapak George Endri Kusuma, ST., M.Sc.Eng sebagai Ketua Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya dan dosen pembimbing penulis.
3. Bapak Dimas Endro Witjonarko, ST., MT. sebagai Koordinator Program Studi Teknik Perpipaan, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
4. Ibu Nurvita Arumsari, S.Si., M.Si selaku dosen pembimbing penulis yang telah memberi masukan serta saran yang membangun
5. Keluarga dari Bapak Karmo dan Ibu Uswatun Ch yang telah membesarkan dan merawat penulis hingga saat ini.
6. Keluarga besar Teknik perpipaan yang telah memberikan bantuan serta arahan kepada penulis.

6. Daftar Pustaka

- [1]. Chandra, A. (2016). Studi Teknis Kelayakan Desain Buried Pipe Menembus Sungai Terhadap Beban Operasi Dan Instalasi Pada Proyek Mrs Japanan.. Surabaya: PPNS-Surabaya: Perpustakaan PPNS.
- [2]. Rizkalla, M. (2008). *Pipeline Geo-Environmental Design and Geohazard management*. New York: American Society of Mechanical Engineers
- [3]. Saaty, T.L. 1994. *How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process*, Interfaces, Vol. 24, No. 6 pp. 19-43
- [4]. Syarafi, Yayan L. (2017). Analisa Perbandingan Sistem Pengendali Buoyancy pada Jalur Pipeline di Lingkungan Rawa Menggunakan Metode Concrete Weight Coating dan Set On Weight : PPNS-Surabaya: Perpustakaan PPNS.
- [5]. Triantaphyllou, E. (1995). Using The Analytic Hierarchy Process For Decision Making In Engineering Applications Some Challenges : Baton Rouge, LA.