

Analisa Perbandingan Sistem Pengendali *Buoyancy* pada Jalur *Pipeline* di Lingkungan Rawa Menggunakan Metode *Concrete Weight Coating* dan *Set On Weight*

Yayan Lutfi Syarafi^{1*}, Pekik Mahardhika², M. Choirul Rizal³

Program Studi Teknik Perpipaan, Jurusan TPK, PPNS, Surabaya, Indonesia^{1*}

Jurusan TPK, PPNS, Surabaya, Indonesia²

Jurusan TPK, PPNS, Surabaya, Indonesia³

Email: Yayanlutfi19@gmail.com^{1*}; pekikdhika02@gmail.com^{2*};

mochammadchoirulrizal@yahoo.com^{3*};

Abstrak

Proyek *Pipeline* jalur rawa milik PT. Citra Panji Manunggal mengalami gaya *buoyancy*. Gaya *buoyancy* tersebut dapat mengakibatkan kegagalan operasi karena pipa muncul ke permukaan rawa. Berdasarkan kondisi tersebut, metode pengendali *buoyancy pipeline* diperlukan agar *pipeline* dapat beroperasi dengan aman. Oleh karena itu, metode pengendali *buoyancy pipeline* dijadikan fokus dalam penelitian ini. Metode pengendali *buoyancy* tersebut harus memenuhi kriteria code ASME B 31.8. Metode terefisien ditentukan berdasarkan perhitungan dari segi teknis dan ekonomisnya. Perhitungan teknis dilakukan dengan menghitung analisa tegangan secara manual dan menggunakan software CAESAR II. Hasilnya akan dibandingkan dengan kriteria yang diijinkan pada code ASME B31.8. Perhitungan biaya instalasi kedua metode pengendali *buoyancy* dilakukan untuk menentukan metode yang paling efisien. Perhitungan manual metode *concrete weight coating* menghasilkan nilai tegangan sebesar 21498,64 psi sedangkan metode *set on weight* sebesar 21499,18 psi. Pemodelan kondisi *burried* pada software CAESAR II menunjukkan nilai tegangan *concrete weight coating* sebesar 21838,53 psi sedangkan metode *bolt on weight* sebesar 21781,09 psi. Nilai tegangan tersebut memenuhi tegangan ijin pada code ASME B 31.8. Instalasi metode *concrete weight coating* membutuhkan biaya sebesar 4,6 miliar rupiah sedangkan metode *concrete weight coating* sebesar 5,6 miliar rupiah. Hasilnya, metode *concrete weight coating* merupakan metode pengendali *buoyancy* yang paling efisien untuk lingkungan rawa.

Kata kunci : Biaya Instalasi, *Buoyancy*, *Concrete Weight Coating*, Lingkungan Rawa, Tegangan

1. PENDAHULUAN

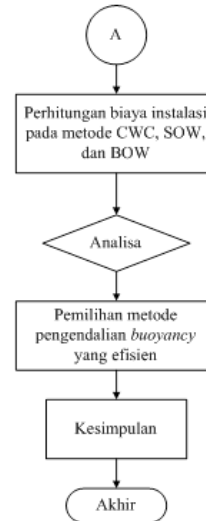
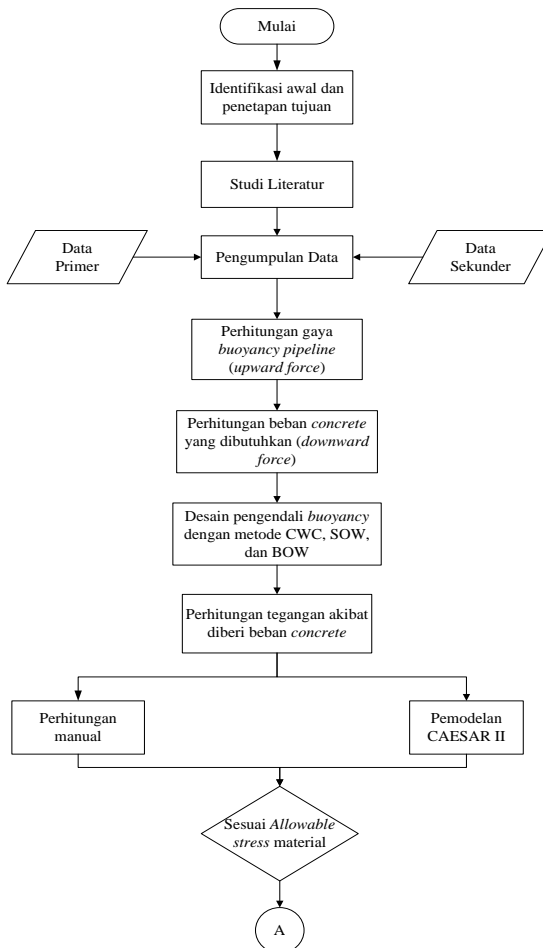
Buoyancy merupakan daya tekan keatas terhadap *pipeline* yang berlawanan dengan massa benda dan efek gravitasi. Jika desain pengendali *buoyancy* tidak sesuai dengan lingkungan rawa maka dapat menyebabkan pekerjaan konstruksi menjadi terhambat dan hal itu menyebabkan pengendalian *buoyancy pipeline* mengalami kegagalan. Terhambatnya pekerjaan konstruksi juga dapat merugikan dari segi nilai ekonomi. Selain itu, penggunaan pengendali *buoyancy* yang tidak sesuai dengan lingkungan dapat menyebabkan pipa muncul ke permukaan karena terdorong oleh gaya *buoyancy* tersebut dan juga dikhawatirkan pipa bergerak atau bergeser dari posisi desain yang seharusnya sehingga pipa dapat terjadi *buckling* dan mengalami *stress*

yang berlebihan sehingga mempengaruhi kualitas pipa *pipeline*, bahkan jika tekanan fluida didalam pipa cukup besar maka bisa menyebabkan *pipeline* pecah. Penelitian ini akan menganalisa perbandingan sistem pengendali *buoyancy* pada jalur *pipeline* di lingkungan rawa menggunakan metode *concrete weight coating* dan *set on weight*. Perhitungan biaya instalasi dilakukan untuk mendapatkan metode pengendali *buoyancy* yang paling efisien.

2. METODOLOGI

2.1 Prosedur Penelitian

Desain *concrete* ditentukan dengan mempertimbangkan beban *concrete* yang dibutuhkan agar *pipeline* tidak mengalami gaya *buoyancy* sehingga didapatkan dimensi setiap sisi *concrete*, panjang dan ketebalan *concrete*. Perhitungan tegangan dilakukan secara manual dan *software* CAESAR II untuk memastikan *pipeline* dapat beroperasi dengan aman akibat pemberian beban *concrete* dan sesuai dengan kriteria yang diijinkan pada code ASME 31.8. Perhitungan biaya instalasi dari kedua metode dilakukan untuk mendapatkan desain yang paling efisien.



• 2.2. Downward Force

Downward force adalah gaya tekan kebawah yang dialami pipa karena beban yang mempengaruhi. Beban yang didapatkan pipa untuk penelitian ini meliputi beban pipa, beban *corrosion coating* dan beban tanah.

$$F_d = W_p + W_{corr} + W_{soil}$$

(1)

a. Berat Pipa (W_p)

$$W_p = \frac{\pi}{4} (OD^2 - ID^2) \times \rho_p \times L_p$$

(2)

Persamaan 2 menunjukkan persamaan berat pipa. Sesuai dengan persamaan diatas, W_p merupakan berat pipa (kg), OD merupakan diameter luar (m), ID merupakan diameter dalam (m), ρ_p merupakan *density* pipa (k/m^3) dan L_p merupakan panjang pipa.

b. Berat *corrosion coating* (W_{corr})

$$W_{corr} = \frac{\pi}{4} (OD^2 + 2t_{corr} - OD^2) \times \rho_{corr} \times L_{corr}$$

(3)

Persamaan 3 menunjukkan persamaan berat *corrosion coating*. Sesuai dengan persamaan diatas, W_{corr} merupakan berat *corrosion coating* (kg), OD merupakan diameter luar (m), ID merupakan diameter dalam (m), ρ_p merupakan *density corrosion coating* (k/m^3) dan L_p merupakan panjang pipa.

c. Berat tanah (W_{soil})

$$W_{soil} = b \times h \times L_{soil} \times \gamma_{soil} \quad (4)$$

Persamaan 4 menunjukkan persamaan berat tanah. Sesuai dengan persamaan diatas, W_{soil} merupakan berat tanah (kg), b merupakan *width soil load* (m), h merupakan *pipe depth cover* (m), γ_{soil} merupakan *soil submerge density* (k/m^3) dan L_{soil} merupakan panjang pipa.

2.3. Upward Force

$$F_u = \frac{\pi}{4} (OD^2) \rho_w \times L_p \quad (5)$$

Ketika air dipindahkan dan gaya apung lebih besar dari berat benda untuk memindahkan air, maka *floatasi* akan terjadi. Persamaan 5 menunjukkan persamaan *upward force*. Sesuai dengan persamaan diatas, F_u merupakan berat *upward force* (kg), OD merupakan diameter luar (m), ID merupakan diameter dalam (m), ρ_w merupakan *density* air (k/m^3) dan L_p merupakan panjang pipa.

2.4. Persyaratan Minimum Berat Terendam

$$(F_d - F_u) \geq 0.2 F_u \quad (6)$$

Kondisi ini dirancang dan diinstal dengan sistem gravitasi beban yang akan memastikan bahwa *Pipeline* memiliki minimal 20% gaya apung negatif dan mengabaikan perlawanan terangkat yang diberikan oleh *backfill*.

2.5. Analisa Tegangan

Tegangan yang terjadi di pipeline rawa adalah tegangan *longitudinal*. Tegangan *longitudinal* merupakan tegangan yang terjadi searah dengan sumbu pipa.

$$S_L = S_p + S_t + S_b + S_r \quad (7)$$

Sesuai dengan persamaan (7) diatas, S_L merupakan tegangan *longitudinal pipeline* (psi), S_p merupakan tegangan akibat *internal pressure* (psi), S_t merupakan tegangan akibat *ekspansion thermal* (psi) dan S_r merupakan tegangan aksial (psi).

2.5.1. Tegangan Longitudinal Akibat Tekanan Internal (S_p)

$$S_h = \frac{P D}{2t} \quad (8)$$

$$S_p = 0,3 \times S_h \quad (9)$$

Persamaan (8) menunjukkan persamaan *hoop stress*. Sesuai persamaan (8), P merupakan tekanan internal (psi), D merupakan diameter luar (inch) dan t merupakan *thickness* pipa (inch). Pada persamaan

(9) merupakan persamaan tegangan akibat *internal pressure*. Nilai *internal pressure* adalah 0,3 dari *hoop stress*.

2.5.2. Tegangan Longitudinal Akibat Ekspansi Termal

$$S_t = E \times a (T_1 - T_2) \quad (10)$$

Persamaan (10) menunjukkan persamaan *tegangan longitudinal akibat ekspansi thermal*. Sesuai dengan persamaan (10), E merupakan modulus elastisitas pipa (psi), a merupakan koefisien *ekspansion thermal* dan T merupakan nilai *temperature* ($^{\circ}F$)

2.5.3. Tegangan Longitudinal akibat Bending

$$S_s = 6,6 \sqrt{D} \quad (11)$$

$$M_b = \frac{W \times (L_s)^2}{8} \quad (12)$$

$$S_b = \frac{M_b}{z} \quad (13)$$

Persamaan (11) menunjukkan persamaan *Length of allowable pipe span*. Persamaan (12) merupakan persamaan momen bending. Sesuai dengan persamaan tersebut, W merupakan penjumlahan dari berat keseluruhan meliputi berat pipa, berat fluida dan berat *concrete* (lb). Sedangkan persamaan (13) merupakan persamaan tegangan akibat bending. Sesuai dengan persamaan (13), z merupakan *selection modulus* pipa (in^3).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisa Gaya Buoyancy

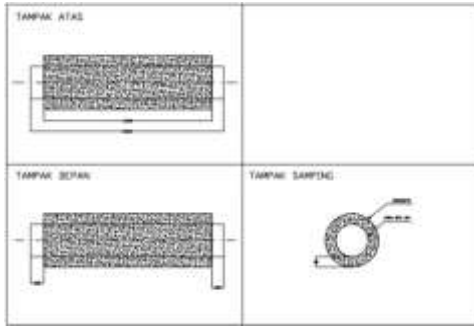
Gaya *buoyancy* pada *pipeline* rawa dapat beroperasi aman jika memiliki nilai *ratio* 0,2. Pada tabel 1 dijelaskan besar nilai sebelum dan sesudah *pipeline* rawa menggunakan metode *concrete*.

Tabel 1 Nilai Gaya Buoyancy

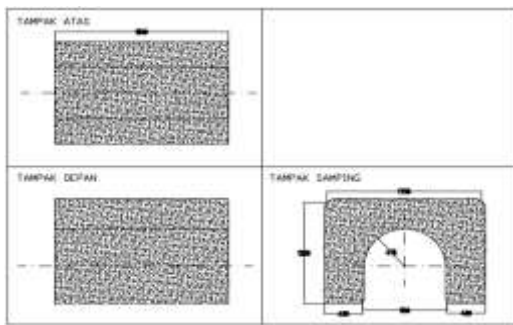
Metode Pengendali Buoyancy	Sebelum Pemberian Concrete		Ratio Buoyancy	Setelah Pemberian Concrete		Ratio Buoyancy
	Upward force (kN)	Downward Force (kN)		Upward force (kN)	Downward Force (kN)	
Concrete Weigh Coating	78,345	86,92	0,11	106,21	128,67	0,21
Set On Weigh	78,345	86,93	0,11	86,43	106,32	0,23

3.2. Desain Metode Pengendali Buoyancy

Setelah mendapatkan nilai beban *concrete* yang dibutuhkan untuk mengendalikan *buoyancy pipeline* rawa maka dapat ditentukan dimensi pada kedua metode.



Gambar 1. Metode Concrete Weight Coating



Gambar 2. Metode Set On Weight

Sesuai gambar 1 didapatkan nilai dimensi *concrete weight coating* dengan panjang *concrete* 11,30 m dan *thickness* sebesar 0,08 m. Gambar 2 merupakan desain metode *set on weight*. Sesuai gambar 2 didapatkan nilai dimensi *set on weight* yang dijelaskan pada tabel 2.

Tabel 2. Dimensi *Set On Weight*

Sisi No	Lebar (m)	Tinggi (m)	Luas (m ²)
1	0,400	1,200	0,480
2	0,950	0,280	0,266
3	0,400	1,200	0,480
4	0,475	0,475	0,074
5	0,475	0,475	0,074
Luas sisi =			1,375

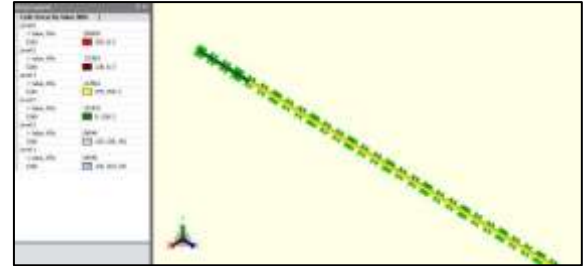
3.3 Analisa Tegangan

Perhitungan analisa tegangan pipa menggunakan perhitungan manual dan *software* CAESAR II didapatkan nilai tegangan yang aman

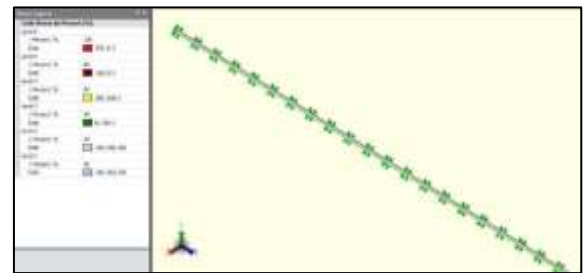
yakni dibawah batasan *stress* pada code ASME B31.8, 2012.

Tabel 3. Analisa Tegangan

Metode Pengendali <i>Buoyancy</i>	Perhitungan Manual Tegangan Pipeline				Total Tegangan Efektif (psi)	Tegangan CAESAR II (psi)
	Beban Internal (psi)	Eksansi thermal (psi)	Beban Bending (psi)	Aksial (psi)		
<i>Concrete Weight Coating</i>	8284,86	101179,00	3034,78	0	21498,65	21838,53
<i>Set On Weight</i>	8284,86	101179,00	3035,32	0	21499,19	21781,09



Gambar 3. Pemodelan CAESAR II CWC



Gambar 4. Pemodelan CAESAR II SOW

Hasil perhitungan tegangan manual dan *software* CAESAR II mendapatkan nilai tegangan masih dibawah tegangan ijin yang sesuai dengan ASME 31.8, tahun 2012. Nilai tegangan ijin yang disyaratkan sebesar 63000 psi, maka pipeline rawa menggunakan metode *concrete weight coating* dan *set on weight* dapat beroperasi dengan aman.

3.8 Biaya Instalasi

Biaya *instalasi* pada *pipeline* rawa menggunakan metode pengendali *buoyancy* memperhitungkan pekerjaan pembesian, pekerjaan bekisting, pekerjaan pengecoran, pekerjaan *hauling and stringing*, pekerjaan *fit-up & welding*, pekerjaan NDT, pekerjaan *field join coating*, pekerjaan *trenching*, pekerjaan *lowering* dan pekerjaan *backfilling*. Biaya instalasi pada metode *concrete weight coating* membutuhkan biaya sebesar 4,60 milyar rupiah dan metode *set on weight* membutuhkan biaya sebesar 5,67 milyar rupiah.

4. KESIMPULAN

Hasil dari pembahasan dan analisa yang telah dilakukan ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan nilai dimensi pada desain setiap metode pengendali *buoyancy*. Pada metode *concrete weight coating* didapatkan nilai dimensi *concrete* yaitu *thickness concrete* sebesar 0,08 m dan panjang *concrete* 11,30 m. Nilai dimensi pada setiap metode pengendali *buoyancy* didapatkan berdasarkan nilai beban *concrete* yang dibutuhkan untuk mengendalikan *buoyancy pipeline*.
2. Berdasarkan hasil perhitungan manual dan CAESAR II dalam menentukan nilai *longitudinal* efektif, didapatkan nilai tegangan manual untuk metode *set on weight* sebesar 21499,18psi dan metode *concrete weight coating* sebesar 21498,64 psi Sedangkan hasil perhitungan tegangan CAESAR II untuk metode *set on weight* sebesar 21781,09psi dan metode *concrete weight coating* sebesar 21838,53 psi. Nilai tegangan yang terjadi pada pipeline baik secara manual dan CAESAR II tidak melebihi batas tegangan ijin yang disyaratkan dan *pipeline* dapat dinyatakan dalam batas aman.
3. Berdasarkan hasil perhitungan total biaya yang dibutuhkan untuk pengendali *buoyancy* di lingkungan *rawa* untuk metode *set on weight* biaya instalasi yang dibutuhkan sebesar Rp. 5.667.906.534,44 dan untuk metode *concrete weight coating* biaya instalasi yang dibutuhkan sebesar Rp. 4.605.884.667,90.
4. Metode pengendali *buoyancy* di lingkungan *rawa* menggunakan metode *concrete weight coating* merupakan metode yang paling efisien dengan alasan biaya instalasi yang lebih murah dari pada metode *set on weight*. Selain dari segi biaya instalasi, nilai tegangan yang terjadi pada metode *concrete weight coating* memiliki nilai tegangan yang lebih rendah dari metode *set on weight* dan instalasi menggunakan metode *concrete weight coating* lebih mudah dan praktis dibandingkan metode *set on weight*.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. ALA. (2001). *Guidelines for the Design of Buried Pipe*. New York: American Lifelines Alliance.
2. API 5L. (2012). *Line Pipe Specification*. New York: American Petroleum Institute.
3. API RP 1117. (2008). *Movement of In-service Pipeline. Movement of In-service Pipeline*. New York : American Petroleum Institute.
4. ASME B31.8. (2014). *Gas Transmission and Distribution Piping System*. New York: American Society of Mechanical Engineers.
5. Chandra, A. (2012). *Studi Teknis Kelayakan Desain Buried Pipe Menembus Sungai Terhadap Beban Operasi Dan Instalasi Pada Proyek Mrs Japanan..* Surabaya: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
6. McAllister, E.W. (2009). *Pipeline Rules of Thumb Handbook*. Oxford: Gulf Professional publishing.
7. Rizkalla, M. (2008). *Pipeline Geo-Environmental Design and Geohazard management*. New York: American Society of Mechanical Engineers
8. SNI. (2007). SK SNI T-15-1991-03, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan. Bandung

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan