

PERANCANGAN CONCRETE WEIGHT PADA INSTALASI PIPA BAWAH LAUT

Amalia Sabrina^{1*}, Adi Wirawan Husodo^{2*}, Pekik Mahardhika^{3*}

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

Program Studi D-IV Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia^{2*}
Email: amaliasbrn@gmail.com^{1*}

Abstract Offshore pipeline could be said stabilized when the pipeline could hold the forces that works vertically and horizontally. Environmental forces are the dominant forces that works on pipeline. Therefore, analysis on offshore pipeline stability at installation phase are chosen to be the primary discussion in this final project. On this research there will be two comparison performed, that are the design of concrete weight coating with saddle weight concrete according to load calculations that are needed to control the buoyancy value that happened and how much the tension on pipe because of the increased concrete weight will be analyzed with manual calculations and will be simulated on CAESAR II Software to ensure that have been fulfill the requirements from ASME B31.8. The load that passthrough pipeline will affected the shear resistance stress level on corrosion coating, therefore in this research sliding analysis are performed with ANSYS software to determine the shear stress value. Based on the researches that has been done before, author introduce the research about concrete sliding that happened on pipeline.

Keyword: buoyancy, concrete weight, pipeline, sliding shear resistance, stress analysis.

Nomenclature

E	Modulus of elasticity (psi)
F _b	Gaya Buoyancy
F _v	Shear Resistance Stress (psi)
F _{ax}	Gaya aksial (lb)
F _d	Gaya Drag (lb/in)
F _i	Gaya Inertia (lb/in)
F _l	Gaya Lift (lb/in)
I	Area moment of inersia of pipe (in ⁴)
S _h	Hoop Stress (psi)
S _L	Tegangan longitudinal (psi)
S _T	Thermal Expansion Stress (psi)
S _c	Combined Stress (psi)
S _B	Bending Stress (psi)
S _p	Tegangan Internal (psi)
L _s	Allowable pipe span (in)
W _{st}	Berat Pipa (lb/in)
W _{corr}	Berat Corrosion Coating (lb/in)
Z	Modulus of section of pipe (in ³)

1. PENDAHULUAN

Selama satu abad lebih industri minyak dan gas bumi telah membuktikan bahwa *pipeline* adalah alat transportasi yang paling ekonomis untuk transportasi minyak bumi, gas alam beserta produk-produknya dalam skala besar.[7] Dalam proses beroperasinya sarana transportasi tersebut, kegiatan penggelaran pipa sangat penting untuk diperhatikan.[4] Beragam diameter dan panjang jalur pipa sudah dipasang di berbagai daerah perairan dengan kedalaman yang berbeda-beda dan dengan menggunakan teknologi pemasangan yang beragam juga tentunya [1] Untuk

mendapatkan stabilitas pada saat proses instalasi, maka ditambahkan *concrete weight* dengan berat dan penempatan jarak sesuai dengan standar perhitungan. Apabila *concrete weight* terlalu ringan, jaringan pipa tidak akan stabil di dasar laut. Tetapi apabila beton pemberat terlalu berat, maka jaringan pipa tersebut akan sulit untuk diinstalasi. Pada proyek ini klien mensyaratkan bahwa pipa harus diberikan pemberat yang menghasilkan nilai *negative buoyancy* minimum sebesar 20%.[5]

Untuk itu didalam tugas akhir ini akan dilakukan desain *concrete weight coating* dan *saddle concrete weight* yang sesuai dengan perhitungan beban yang dibutuhkan untuk mengendalikan nilai *buoyancy* yang terjadi, dan akan di analisa seberapa besar nilai tegangan yang terjadi pada pipa karena penambahan *concrete weight* dengan perhitungan manual dan akan disimulasikan pada *software CAESAR II* yang sudah memenuhi persyaratan dari standar ASME B31.8.

Namun seiring dengan meningkatnya regangan global, *sliding* hampir terjadi pada seluruh bagian *pipeline*. Maka dari itu dilakukan pula analisis *shear resistance capacity* dari lapisan anti-korosi yang digunakan (3LPE) mampu menahan *maximum shear* yang terjadi pada lapisan *concrete* selama proses instalasi. Hal ini yang akan dianalisis nantinya dengan menggunakan *software ANSYS*.

2. METODOLOGI .

2.1 Metodologi Penelitian

Spesifikasi pipa yang digunakan adalah pipa dengan material API 5L X60 PSL2 dengan NPS 12. Perhitungan nilai *buoyancy* terhadap beban pipa keseluruhan dilakukan untuk mengetahui nilai tersebut belum melampaui nilai dari *safety factor*. Untuk itu akan dilakukan desain *concrete weight* dengan dimensi dan juga berat yang sesuai. dan akan di analisa seberapa besar nilai tegangan yang terjadi pada pipa karena penambahan *concrete weight* tersebut dengan disimulasikan pada *software* CAESAR II SESUAI standar ASME B31.8. Pada regangan global rendah, *sliding* terjadi pada daerah dekat dengan *Field Joint*. *Sliding* hampir terjadi pada seluruh bagian *pipeline*. Hal ini yang akan dianalisis nantinya dengan menggunakan *software* ANSYS. Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya maka penyusun mengajukan penelitian mengenai *concrete sliding* yang terjadi pada *pipeline*.

2.2 Formula Matematika

2.2.1 Downward force dan Upward force

Perhitungan *Downward force* dan *Upward force* ditunjukkan pada persamaan (1) untuk berat pipa dan (2) untuk berat *corrosion coating* dan persamaan (3) untuk gaya *buoyancy*.

$$W_{\text{pipa}} = \frac{\pi}{4} (D_{os}^2 - D_{is}^2) \cdot \rho_{st} \cdot g \quad (1)$$

$$W_{\text{corr}} = \frac{\pi}{4} (D_{oc}^2 + D_{ic}^2) \cdot \rho_{\text{coating}} \cdot g \quad (2)$$

$$F_B = \frac{\pi}{4} (D_o^2) \cdot \rho_{\text{seawater}} \cdot g \quad (3)$$

2.2.2 Allowable Pipe Span

Untuk perhitungan *allowable pipe span* ditunjukkan pada persamaan (4) dan (5). Penentuan jarak *support* dalam kondisi *both end limitation of stress* dapat dihitung dengan persamaan (4) dan *both end limitation of deflection* (5) [3]

$$L = \frac{\sqrt{0.33ZSh}}{w} \quad (4)$$

$$L = \frac{\sqrt{\Delta EI}}{22.5 w} \quad (5)$$

2.2.3 Beban Arus dan Gelombang

Morison Equation pada API RP2A [6] adalah gaya seret (*drag force*) (6), dan gaya inersia (*inertia force*) (7) dan gaya angkat (*lift force*) (8).

$$F_D = \frac{w}{2g} \cdot C_D \cdot A \cdot U |U| \quad (6)$$

$$F_I = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \frac{w}{g} \cdot C_M \cdot \frac{du}{dt} \quad (7)$$

$$F_L = \frac{1}{2} \cdot \rho_W \cdot D \cdot C_L \cdot U^2 \quad (8)$$

2.2.4 Tegangan Sistem Perpipaan

Nilai dari tegangan sistem perpipaan tidak boleh melebihi batas ijin standar ASME B31 [2] Persamaan (9) *hoop stress*, persamaan (10) *longitudinal stress*, dan persamaan (11) *combined stress*.

$$SH = \frac{PD}{2 \cdot t} \quad (9)$$

$$|SL| = SP + SB + ST + SX \quad (10)$$

$$SC = \sqrt{SL^2 - SH \times SL + SH^2} \quad (11)$$

Untuk *longitudinal stress* meliputi persamaan *internal stress* (12), persamaan *bending stress* (13), persamaan *thermal stress* (14), dan persamaan *axial stress* (15).

$$SP = 0.3SH \quad (12)$$

$$SB = \frac{MB}{Z} \quad (13)$$

$$ST = E\alpha (T1 - T2) \quad (14)$$

2.2.5 Concrete Sliding

Pada analisis *concrete sliding* yang dilakukan dengan menggunakan *software* ANSYS ini akan diinputkan gaya-gaya yang terjadi pada pipa bahwa gaya-gaya yang terjadi. Selain gaya-gaya yang diinputkan juga properti dari *shear resistance capacity* dan properti lain dari masing-masing lapisan penyusun pipa yang telah tersedia pada *software* ANSYS.

$$S_{\text{shear}} = 45\% \times SMYS \quad (15)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Downward dan Upward Force

Perhitungan berat pipa yang terjadi pada area *pipeline* memiliki panjang *pipeline* sebesar 132,3818 ft, pembagian panjang per segmennya ialah sebesar 40,0262 ft atau 480,315 inch.

$$W_{st} = \frac{\pi}{4} (OD^2 - ID^2) \cdot \rho_{st} \cdot g \\ = 2,1021 \text{ lbf}$$

$$W_{co} = \frac{\pi}{4} (D_{oc}^2 + D_{ic}^2) \cdot \rho_{\text{coating}} \cdot g \\ = 0,0528 \text{ lbf}$$

$$\text{Total} = 2,155 \text{ lbf}$$

$$F_B = \frac{\pi}{4} (D_o^2) \cdot \rho_{\text{seawater}} \cdot g \\ = 1,945 \text{ lbf}$$

Hasil dari nilai *buoyancy* sebesar 0,1079. Karena 0,1079 lebih kecil dari 0,2 . Jadi pipa NPS 12 mengalami gaya *buoyancy*.

3.2 Allowable Pipe Span

Dari hasil perhitungan berdasarkan (Sam Kannapan. 1986) akan diambil nilai yang terkecil sebagai acuan penggunaan jarak *support*. Nilai perhitungan *allowable pipe span* berdasarkan dapat dilihat pada tabel berikut :

$$\checkmark L_s = \sqrt[4]{\frac{30 \times 10^6 \text{ psi} \times 362}{13.5 \times 75,4092}}$$

$$= 57,1502 \text{ ft}$$

$$\text{Maka} = \frac{132,3818}{57,1502}$$

$$= 2,3$$

$$\approx 2 \text{ buah}$$

3.2 Dimensi Concrete Weight Coating dan Saddle Concrete Weight

- Concrete Weigh Coating

Perhitungan dimensi berdasarkan buku Rizkalla

$$D_{\text{concrete}} = 16,0996 \text{ in}$$

$$\text{Panjang} = 680,94 \text{ in}$$

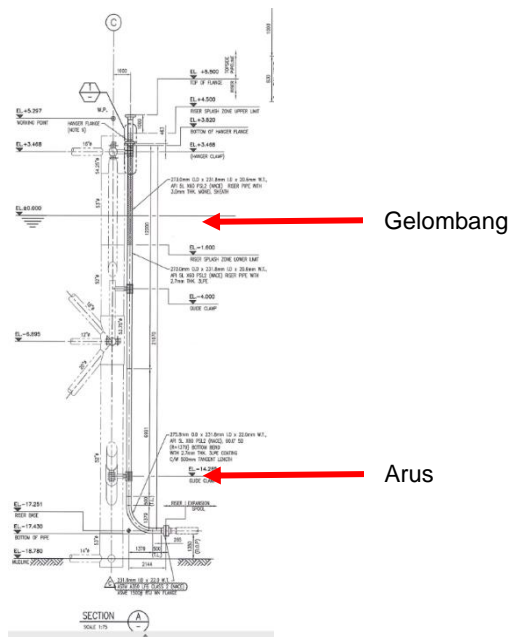
- Saddle Concrete Weight

$$\text{Luas saddle concrete weight (A)} = 767,17 \text{ inchi}^2$$

$$\text{Panjang saddle concrete weight (L)} = 39,37 \text{ inchi}$$

3.3 Beban Gelombang, Arus dan Pipeline

Persamaan Morison menyatakan bahwa gaya gelombang dan arus yang terjadi pada *cylinder vertical* yang terjadi di dalam air laut. [6]



Gambar 1. Riser terkena beban arus dan gelombang

- Beban Gelombang

$$F_{\text{Gelombang}} = 19,542 \text{ lb/ft} + 7,765 \text{ lb/ft}$$

$$= 27,307 \text{ lb/ft}$$

-Penentuan titik pusat berdasarkan grafik morison equation tersebut dengan menggunakan persamaan pada *trendline excel* seperti pada Gambar 1

$$x = \frac{y}{1,6079}$$

$$f(y) = \frac{y}{1,6079}$$

Integrasi luasan R

$$R = \int_a^b f(y) dy$$

$$= \int_a^b \frac{y}{1,6079} dy$$

$$= 3011,2762 \text{ lb}$$

$$f(y) = \frac{y}{1,6079}$$

$$R = 1,244 (y^2)$$

$$y^2 = \frac{R}{1,244}$$

$$= 49 \text{ ft}$$

Untuk mengetahui nilai momen, jadi

$$\text{Moment} = R \times y$$

$$\approx 1777448,73 \text{ in.lb}$$

- Beban Arus

Beban arus merupakan penjumlahan dari gaya drag yang muncul akibat kecepatan *seawater* dan suatu arus juga menginduksi gaya yang bervariasi waktu nonlinier melintang ke arah dari arus yang dikenal sebagai gaya angkat.

$$F_{\text{Arus}} = 25,6717 \text{ lb/ft} + 0 \text{ lb/ft}$$

$$= 25,6717 \text{ lb/ft}$$

Dari Gambar 4.9 Arah titik pusat Gaya Arus hasil tersebut dapat diketahui dari rumus segitiga siku-siku sederhana yakni dengan nilai AB sebesar 5 m sebagai *depth*.

$$\text{Titik Pusat} = \frac{1}{3} AB$$

$$= 5 \text{ m}$$

$$\text{Luasan Segitiga} = \frac{1}{2} \times AB \times AC$$

$$= \frac{1}{2} \times 49,2126 \text{ ft} \times 25,6712 \text{ lb/ft}$$

$$= 630,3445 \text{ lb}$$

$$\text{Momen} = F \times L$$

$$= 630,3445 \text{ lb} \times 49,2126 \text{ ft}$$

$$= 31020,8917 \text{ lb.ft}$$

$$M_{\text{total}} = \text{Momen Gelombang} + \text{Momen Arus}$$

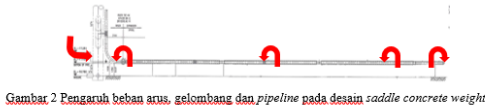
$$= 148154,79 \text{ lb.ft} + 31020,8917 \text{ lb.ft}$$

$$= 179175.682 \text{ lb.ft}$$

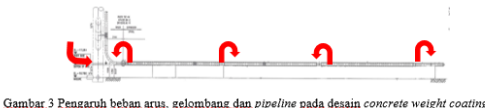
Momen total yang akan di input kedalam *software CAESAR II* pada node 10 antara penjumlahan total beban arus dan beban gelombang ialah sebesar 179175.682 lb.ft

- Beban Pipeline

Perhitungan momen yang terjadi pada *pipeline* pada node 30 dan seterusnya pada CAESAR II berdasarkan rumus pada *Applied Statics and Strength of Material Handbook*. Dan berikut Gambar 2 dan Gambar 3 pada momen *concrete weight coating* dan pada *saddle concrete weight* dan arah moen yang terjadi.



Gambar 2 Pengaruh beban arus, gelombang dan pipeline pada desain saddle concrete weight



Gambar 3 Pengaruh beban arus, gelombang dan pipeline pada desain concrete weight coating

- Hasil *moment* desain saddle concrete weight

- $M_1 = 179175,682 \text{ lb.ft } \cup$
- $M_2 = -26347,4677 \text{ lb.ft } \cup$
- $M_3 = -12651,2561 \text{ lb.ft } \cup$
- $M_4 = -53739,8909 \text{ lb.ft } \cup$
- $M_5 = 23788,188 \text{ lb.ft } \cup$
- dan $M_6 = 0 \text{ lb.ft}$

-Hasil *moment* desain concrete weight coating

- $M_1 = 179175,682 \text{ lb.ft } \cup$
- $M_2 = -17601,8984 \text{ lb.ft } \cup$
- $M_3 = 5000,5894 \text{ lb.ft } \cup$
- $M_4 = -58006,5058 \text{ lb.ft } \cup$
- $M_5 = 13901,6492 \text{ lb.ft } \cup$
- dan $M_6 = 0 \text{ lb.ft}$

Dan nilai tersebut yang akan diinput kedalam beban *moment/forces* pada software CAESAR II pada setiap node. Dan untuk *output* setelah penambahan nilai pengaruh *momen bending* pada pipeline dan juga riser yang telah dihitung, dan hasil *output* CAESAR berupa nilai *displacements*.

Tabel 1 Nilai *displacement* pada CWC

Nilai <i>displacement</i> pada concrete weight coating						
No	Dx (in)	Dy (in)	Dz (in)	Rx (deg)	Ry (deg)	Rz (deg)
10	0	0.24	0	-0.27	0	0
20	0	0.11	0	-0.27	0	0
30	0	0	0	-0.27	0	0
40	0	0	0	0.28	0	0
50	0	0	0	-0.85	0	0
60	0	-12.23	0	-2.00	0	0

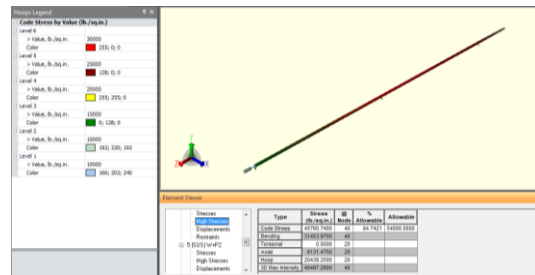
Tabel 2 Nilai *displacement* pada SCW

No	Dx (in)	Dy (in)	Dz (in)	Rx (deg)	Ry (deg)	Rz (deg)
10	12.47	0.16	0	-0.22	1.5274	0
20	11.63	0.04	0	-0.22	1.5274	0
30	11.33	0	0	-0.22	1.5274	0
No	Dx (in)	Dy (in)	Dz (in)	Rx (deg)	Ry (deg)	Rz (deg)
40	0.27	0.05	0	0.10	0.42	0
45	0	0	0	0.04	0.36	0
50	0.08	0.06	0	0.10	0.08	0
55	0	0	0	0.08	0.16	0

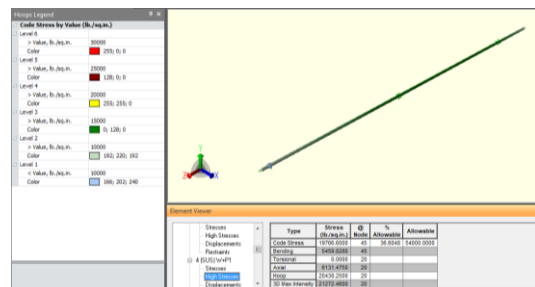
60	0.02	0.15	0	0.03	-0.17	0
----	------	------	---	------	-------	---

3.4 Tegangan Sistem Perpipaan

Dan berdasarkan hasil perhitungan nilai tegangan pipeline setelah menerima beban tambahan dari pemberat, nilai *allowable* baik secara hitungan manual maupun dengan software CAESAR II pada ASME B31.8 tentang *Gas Transmission and Distribution Piping System*. Hasil *internal hoop stress, pressure stress, dan bending stress* terdapat pada *result stress extend* pada software CAESAR II dan berikut Gambar 3 *sustained load* pada *concrete weight coating* dan Gambar 4 *sustained load* pada *saddle concrete weight*.



Gambar 3 Sustained load pada desain CWC



Gambar 4 Sustained load pada desain SCW

Tabel 3 Running CAESAR II pada CWC

Concrete Weight Coating			
Jenis Stress	Manual	CAESAR II	Ratio
Hoop Stress	20438,25	20438,3	0,00
Longitudinal Stress	26610,52	22268,2	0,16
Combined Stress	24124,04	30433,52	0,26

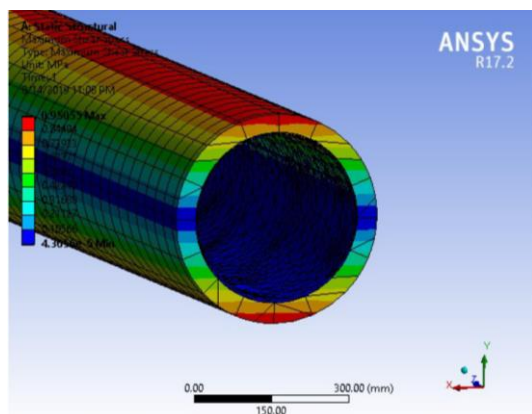
Tabel 4 Running CAESAR II pada SCW

Saddle Concrete Weight			
Jenis Stress	Manual	CAESAR II	Ratio
Hoop Stress	20438.25	20438.3	0.00
Longitudinal Stress	18893,25	11591,3	0,38
Combined Stress	19711.21	19766.6	0.28

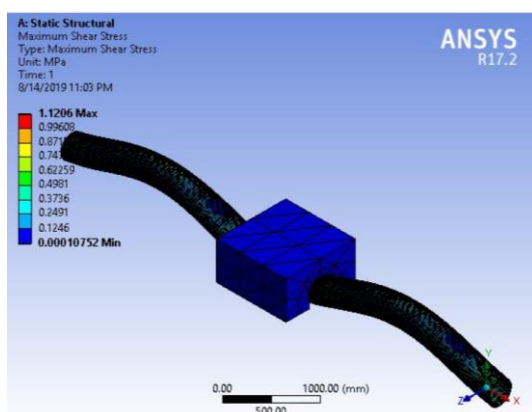
Sesuai dengan Gambar hasil *running software* CAESAR II, untuk lebih memperjelas hasil yang lebih detail akan ditabelkan perbandingan ratio antara hasil perhitungan manual dengan hasil *running software* CAESAR II. Dan berikut Table 3 untuk desain CWC dan Table 4 untuk desain SCW.

3.6 Shear Maximum Stress

Hasil analisa *shear maximum* yang terjadi telah mampu menahan *corrosion coating* dengan nilai *allowable* 13053,13 psi adalah pada desain *saddle concrete weight*. Pada desain *concrete weight coating* memiliki nilai *maximum shear stress* pada hasil *running ANSYS* ialah sebesar 13053,4 psi, sedangkan pada desain *saddle concrete weight* memiliki nilai *maximum shear stress* pada hasil *running ANSYS* ialah sebesar 7251,89 psi. Dan Gambar 5 analisa *shear stress* pada desain *concrete weight coating*, sedangkan Gambar 6 analisa *shear stress* pada desain *saddle weight concrete*.



Gambar 5 Shear Stress CWC



Gambar 6 Shear Stress SCW

4. KESIMPULAN

Dari hasil desain *concrete weight* dilakukan, hasil perhitungan nilai *buoyancy* pada *pipeline* lebih rendah dari *safety factor* maka pipa tersebut membutuhkan penambahan pemberat sebagai metode anti *buoyancy*, dengan pertimbangan pada saat menunjukkan nilai *shear maximum* yang

mampu menahan *corrosion coating accepted* pada desain *saddle concrete weight*.

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. Allah SWT atas berkat, rahmat dan hidayah-Nya Penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan lancar dan tepat waktu.
2. Kedua orang tua (Bapak Puji Rahmanto dan Ibu Lutfiyah Hikmawati) yang telah memberikan begitu banyak nasehat hidup, kasih sayang, doa, dukungan moril serta materil, dan segalanya bagi penulis.
3. Bapak Ir. Eko Julianto, M.Sc, M.RINA selaku Direktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
4. Bapak Adi Wirawan Husodo, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama penyelesaian jurnal tugas akhir.
5. Bapak Pekik Mahardhika, S.ST., M.T., selaku dosen pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama penyelesaian jurnal tugas akhir.
6. Seluruh staf pengajar Program Studi Teknik Perpipaan yang telah memberikan banyak ilmu kepada penulis selama masa perkuliahan.
7. Semua teman-teman piping engineering 2015, yang telah memberikan bantuan berupa semangat, keceriaan, dan ilmu selama penulisan tugas akhir.
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satupersatu.

6. PUSTAKA

- [1] Amirul Luthfi. (2015). Desain Pipeline. *BABII Dasar Teiri, 124*(Motion Imaging Journal,SMPTE), 1–13. [https://doi.org/10.1016/S0005-1098\(96\)00222-1](https://doi.org/10.1016/S0005-1098(96)00222-1)
- [2] ASME B31.8. (2014). Gas Transmission and Distribution Piping Systems: ASME Code for Pressure Piping, B31, 2014.
- [3] Kannapan, S. (1986). Introduction to Pipe Stress Analysis Sam Kannappan.
- [4] Kuncoro, P. B., Poernomo, H., & Rizal, M. C. (2017). STUDI TEKNIK 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>
- [5] Rizkalla, M., & Series, M. (2008). *Pipeline Geo-Environmental Design and Geohazard Management*.

- [6] RP-2A, A. (2003). API RP-2A, (December 2000).
- [7] 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 Conference on Piping Engineering and Its Application*, 2(1), 55–60. Retrieved from <http://journal.ppns.ac.id/index.php/CPEAA/article/view/396>