

Analisa Pemodelan Matematis dari Proses Pemasangan Pipa MDPE dan Nilai *Pulling Load* saat Proses *Horizontal Directional Drilling* (HDD)

Muhammad Rifqi Aulia Anwar^{1*}, Projek Priyonggo S.L.², Ni'matut Tamimah³

Program Studi D4 Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia^{1,2}*

Program Studi D4 Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia³

Email: rifqianwar23@student.ppns.ac.id^{1*}; projek.priyonggo@ppns.ac.id^{2*}; nimatuttamimah@ppns.ac.id^{3*}

Abstrak - PT. PGAS Solution acts as a service provider contractor who has been appointed by the Minister of Energy and Mineral Resources of the Republic of Indonesia (Energy and Mineral Resources), through the DITJEN MIGAS (Directorate General of Oil and Gas) as the owner of the natural gas network distribution system project or the so-called (jargas). One of the supporting facilities for this project is a pipeline network. In the pipeline routing process, the design to be constructed requires a 143 m long pipeline crossing the Balong Gabus river, Candi District, Sidoarjo Regency. The pipe material used in this project is PE (Polyethelene) pipe of the MDPE (Medium Density Polyethelene) type with an outside diameter of 125 mm / 5 inches. In resolving these conditions, it has been decided to take the HDD (Horizontal Directional Drilling) method. Based on the results and discussion, a mathematical drawing is determined by making a free body diagram in determining the forces that occur during the drawing process. The total pulling load value is 23787.70 lb or 105.81 kN compared to the maximum allowable pulling force of the material capability of 139075.4 lb and the machine capacity which has a value of 177.90 kN.

Keywords: ANSYS, Finite Element Methode, Horizontal Directional Drilling, Pipeline, Total Pulling Load

1. PENDAHULUAN

Pemerintah Indonesia telah berupaya menekan pertumbuhan penggunaan BBM (Bahan Bakar Minyak) dengan memanfaatkan gas bumi sebagai bahan bakar pengganti. Dalam pemenuhan kebutuhan tersebut, salah satu langkah strategis Pemerintah untuk menggantikan penggunaan minyak bumi adalah meningkatkan penggunaan bahan bakar gas bumi untuk sektor rumah tangga dan pelanggan kecil. PT. PGAS Solution bertindak selaku kontraktor penyedia jasa yang telah ditunjuk oleh menteri ESDM Republik Indonesia (Energi dan Sumber Daya Mineral), melalui DITJEN MIGAS (Direktorat Jendral Minyak dan Gas Bumi) selaku pemilik proyek. Koordinasi juga dilakukan dengan pemerintah daerah kabupaten/kota untuk menetapkan desa/kelurahan terpilih.

Pada tahun 2021, salah satu proyek PT. PGAS Solution dalam pengerjaan jaringan gas bumi berada di Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Tepatnya berada di dua kecamatan, yaitu Kecamatan Candi dan Kecamatan Tanggulangin. Fasilitas penunjang proyek ini salah satunya merupakan jaringan pipa atau *Pipeline*. Nantinya akan melewati berbagai macam kondisi lingkungan dan bangunan yang telah ada (*existing*) seperti bangunan gedung, jalan raya, rel kereta api, sungai dan sebagainya. Sesuai dengan Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi No. 300 K/38/ MPE/1997 tentang Keselamatan Kerja Pipa Penyalur Minyak dan Gas Bumi, maka terdapat metode khusus apabila pipa berada dalam kondisi tersebut dengan syarat harus sesuai dengan *risk analysis*.

Dalam penyelesaian kondisi tersebut, PT. PGAS Solution memutuskan untuk mengambil metode HDD (*Horizontal Directional Drilling*). Metode ini lebih murah tanpa harus dilakukan perbandingan dengan metode lainnya. Mengacu pada *PRCI Guide 1995*, terdapat beberapa prosedur yang harus dilakukan, yaitu tahap persiapan dan pelaksanaan. Dalam persiapan harus dilakukan survei lokasi, survei utilitas *eksisting* dan *obstacle*, hingga *crossing lay out*. Tahapan pelaksanaan terdiri dari *test pit (entry & exit)*, *drilling*, *reaming*, dan *pullback*. Keduanya harus dipertimbangkan serta diperhitungkan dengan baik dan benar.

Pada pelaksanaannya, mesin yang digunakan memiliki kapasitas *pullback* dan *thrust* sebesar 177,90 kN atau 18140,75 kg. Sebelum penarikan, pipa harus diposisikan sedemikian rupa agar selama penarikan pipa tidak menanggung beban tarik (*pulling load*) dan tegangan (*stress*) berlebihan.

2. METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam melakukan penelitian ini terdiri atas beberapa tahapan, yakni: (a) tahap identifikasi, dimana dilakukan studi literatur untuk menentukan acuan penelitian serta pengumpulan data. Selanjutnya dilakukan studi lapangan untuk mengetahui permasalahan yang diangkat pada studi kasus pemasangan pipa MDPE (*Medium Density Polyethelene*) river crossing sungai Balong Gabus, Kecamatan Candi, Sidoarjo dengan metode HDD (*Horizontal Directional Drilling*); (b) tahap pengembangan masalah yang terdiri dari pengumpulan data dan pengolahan data; (c) tahap pengumpulan data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder.

Tabel 1: Data Penelitian

Deskripsi	Simbol	Nilai	Satuan
Medium Density Polyethelene	-	-	-
Density of pipe	D	940	Kg/cm ³
Outside Diameter	OD	4.92	Inch
Wall Thicknes	t	0.447	Inch
Standard Dimension Ratio	DR	11	-
Poisson's ratio	μ	0.45	-
Friction Soil Coefficient	μ _a	0.32	-
Fluid Drag Coefficient	μ _b	0.25	-

Tahap pengolahan data, yakni penentuan nilai *pulling load* atau *pullback* yang terjadi selama proses penarikan pipa dengan metode HDD (Horizontal Directional Drilling) melewati sungai. Mendapatkan nilai *pulling load* diperlukan nilai berat kosong pipa (weight of empty pipe) serta gaya apung pipa saat pipa mengapung dikarenakan lumpur.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melihat desain *horizontal directional drilling* (HDD) di atas. Pada perhitungan manual kali ini akan mengambil data desain seperti pada tabel berikut.

Tabel 2: Data Desain

Deskripsi	Simbol	Nilai	Satuan
Medium Density Polyethelene	-	MDP E	-
Outside Diameter	OD	5	Inch
Inside Diameter	ID	4.106	Inch
Wall Thicknes	tw	0.447 0	Inch
Specified Minimum Yield Strength	SMYS	2900 8	Psi
Modulus of Elasticity	E _s	4333 8	Psi
Poisson's ratio	ν _S	0.45	-
Friction Soil Coefficient	μ _{soil}	0.32	-
Fluid Drag Coefficient	μ _{mud}	0.25	Psi
Mud Weight	Mud _{wt}	89.76	Lb/ft ³
Length of Straight Section 1 (pipe Side-exit pit)	L ₁	113.4 20	ft
Angle in degrees from horizontal for straight section 1 (pipe side-exit pit)	θ _{s1}	10	deg

Angle in degrees from horizontal for cureved section 1 (pipe side-exit pit)	θ _{c1}	10	deg
Radius of Curvature of curve section 1, pipe side	R ₁	41.67	ft
Length of Curve Section 1 (pipe side-exit point)	L _{arc1}	51.75	ft
Length of Straight section between bend	L _s	123.4 2	ft
Angle in degress from horizontal for straight section between bends	θ _s	0	deg
Angle in degrees from horizontal for Curved section between bends	θ _{c2}	10	deg
Radius of curvature of curve section 1, ring side	R ₂	41.67	ft
Length of curve section 2 (ring side-entry pit)	L _{arc2}	79.06	ft
Length of straight section 2 (ring side-entry pit)	L ₂	101.5 1	ft
Angle in degress from horizontal for straight section 2 (ring side-entry pit)	θ _{s2}	10	deg

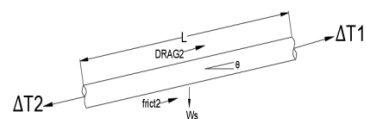
Setelah ditentukan *displacement weight value* dan berat pipa, maka diperlukan nilai gaya berat efektif yang bekerja selama proses penarikan antara pipa dengan tanah seperti di bawah ini.

$$W_s = \text{Pipe}_{\text{weight}} - \text{Displacemud}_{\text{wt}}$$

$$W_s = 2.61 \text{ lb/ft} - 12.24 \text{ lb/ft}$$

$$W_s = -9.63 \text{ lb/ft}$$

Pada penentuan nilai *pulling load* berikut dibagi menjadi beberapa bagian seperti yang telah tertera pada *Straight Section* Penyelesaiannya sebagaimana yang telah tertera di bawah ini.



Gambar 1. Straight Section Model

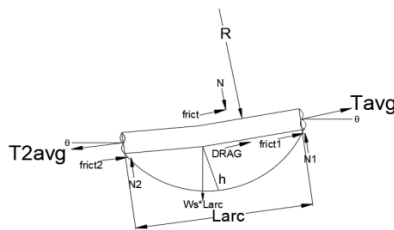
Pada kondisi ini disebut *straight section at point 2*. Kemudian mengacu pada gambar matematis Gambar di bawah ditentukanlah nilai beban tarik pada bagian ini seperti berikut:

$$\begin{aligned}
 |fric_2| &= W_s L_1 \cos \theta_{s1} \mu_{soil} \\
 &= -9.63 \text{ lb/ft} \cdot 113.42 \text{ ft} \cdot \cos 10^\circ \times 0.32 \\
 &= 344.33 \text{ lb} \\
 DRAG_2 &= 12 \pi D L_1 \mu_{mud} \\
 &= \pi \cdot 5 \text{ in} \cdot (113.42 \text{ ft} \cdot 12) \cdot 0.25 \text{ lb/in}^2 \\
 &= 5344.79 \text{ lb} \\
 \Delta T_2 &= |fric_2| + DRAG_2 - W_s L_1 \sin \theta_{s1} \\
 &= 344.33 \text{ lb} + 5344.79 \text{ lb} - (-9.4 \text{ lb/ft} \times 113.42 \text{ ft} \times \sin 10^\circ) \\
 &= 5878.85 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

Mengacu pada Gambar di atas beban tarik yang terjadi pada T1 memiliki nilai 0 dikarenakan start point. Maka dapat ditentukan seperti berikut.

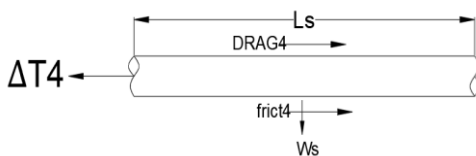
$$\begin{aligned}
 T_1 &= 0 \text{ lb (Start point no load)} \\
 T_2 &= \Delta T_2 + T_1 \\
 &= 5878.85 \text{ lb} + 0 \text{ lb} \\
 &= 5878.85 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

Setelah melihat gambar tersebut, mengacu pada gambar matematis pada *Curve Section* ditentukan perhitungan seperti berikut:



Gambar 2. Curve Section

Mengacu pada gambar di atas atau tepatnya *Straight Section* ditentukan perhitungan seperti berikut ini.



Gambar 3. Straight Section at Point 4

Setelah menentukan semua perhitungan di atas, nilai *pulling load* pada masing – masing kondisi yang telah dibahas dengan tersaji sebagai berikut:

Tabel 3: Nilai *Pulling Load*

Section	Nilai <i>Pulling Load</i> (lb)
T ₁	0
T ₂	5878.85
T ₃	8613.78
T ₄	14810.28
T ₅	18865.80
T ₆	23787.70

Maka nilai total beban tarik atau *pulling load* keseluruhan yang diterima oleh mesin HDD seperti di bawah ini.

$$\begin{aligned}
 T_{total} &= \Delta T_2 + \Delta T_3 + \Delta T_4 + \Delta T_5 + \Delta T_6 \\
 &= 5878.85 \text{ lb} + 2734.93 \text{ lb} + 6196.5 \text{ lb} + 4055.52 \text{ lb} + 4921.91 \text{ lb} \\
 &= 23787.90 \text{ lb atau } 105.81 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Maka dapat dipastikan kapasitas mesin HDD (*Horizontal Directional Drilling*) cukup dan tangguh untuk menarik pipa dengan kondisi melintasi sungai.

4. KESIMPULAN

Dari Analisa variasi yang telah dilakukan pada penelitian ini, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- Berdasarkan analisa dan pembahasan mengenai *pulling load* yang telah ditentukan, maka sebelum perhitungan ditentukanlah gambar matematis seperti pada Gambar diatas. Hal ini mengacu pada buku *PRCI Guide* untuk menentukan *free body diagram* yang dapat memperjelas arah gaya setiap *section* yang bekerja saat proses penarikan pipa *MDPE* (*Medium Density Polyethelene*) dengan kondisi *river crossing* atau melintasi sungai.
- Berdasarkan analisa dan pembahasan, setelah menentukan nilai total *pulling load* dan *maximum pulling force*, maka harus divalidasi dengan ketentuan total nilai *pull force* pada pipa harus lebih kecil dari nilai *maximum pull force*. Nilai *pulling load* total sebesar 23787.70 lb sedangkan *maximum allowable pulling force* dari kemampuan material sebesar 139075.4 lb. Pada pelaksanaannya, mesin yang digunakan memiliki kapasitas *pullback* sebesar 177.90 kN. Nilai total *pulling load* yang sebesar 23787.70 lb atau 105.81 kN masih di bawah kemampuan mesin yang senilai 177.90 kN dalam menarik pipa. Sehingga dapat dipastikan kapasitas mesin HDD (*Horizontal Directional Drilling*) cukup dan tangguh untuk menarik pipa dengan kondisi melintasi sungai.

4. DAFTAR PUSTAKA

[1] ASME B31.8. (2016). *Gas Transmission and Distribution Piping System*. Three Park

- Avenue, New York: The American Society of Mechanical Engineers.
- [2] ASTM F1962 (1962). *Standard Guide for Use of Maxi-Horizontal Directional Drilling for Placement of Polyethylene Pipe or Conduit Under Obstacles, Including River Crossings*. West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.
- [3] Handbook PT. PGAS Solution. Desain Basis Sidoarjo - Proses (12.418 Sr). No. Dokumen PGAS-JRG15-SDA-PS-BD-002. (Indonesia)
- [4] Handbook PT. Mulia Teknik Indo. Prosedur HDD (*Horizontal Directional Drilling*). Buaran Persada Building Kav.22, Jakarta Timur. (Indonesia)
- [5] McAllister, W. (2009). *Pipeline rules of thumb handbook, seventh edition*. United States of America: Gulf Professional Publishing.
- [6] Pratama Sedy Maulana. (2018). ANALISA PENGARUH SUDUT EXIT, SUDUT ENTRY, DAN BESAR RADIUS NATURAL BEND TERHADAP EFEKTIFITAS DESAIN HORIZONTAL DIRECTIONAL DRILLING (HDD) SECARA TEKNIS DAN EKONOMIS. Surabaya, (Indonesia). PPNS (Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya).
- [7] Pratama Septyan Firdaus Yoga (2018). STUDI TEKNIS KELAYAKAN DESAIN AREA BURIED PIPE MENEMBUS REL KERETA API PADA PIPA JARINGAN GAS. Surabaya, (Indonesia). PPNS (Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya).
- [8] owowa, r. o. (2016). Analyses of Pipelines for Deep Horizontal Directional Drilling Installation. *American Journal of Mechanical Engineering*, 153-162.
- [9] Svetlik, H. E., "Polyethylene Pipe Design for Directional-Drillings and River-Crossings", *Proceedings, North American Society for Trenchless. Technology NO-DIG '95*. April/May 1995.
- [10] Watson, P. (1995). *Installation of Pipelines by Horizontal Directional Drilling An Engineering Design Guide*. Huston, Texas: Pipeline Research Council International.