

# Perhitungan *Head Pump* Jalur Perpipaan Fluida Pertamina Dari MLA (Marine Loading Arm) Ke Tangki

Rifqi Izzudien Tresnady<sup>1\*</sup>, Ekky Nur Budiyo<sup>2</sup>, Heroe Poernomo<sup>3</sup>

D-IV Teknik Perpipaan, Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia,<sup>1,2\*</sup>  
D-IV Teknik Permesinan Kapal, Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia<sup>3\*</sup>  
Email: [rifqiizzudien@student.ppns.ac.id](mailto:rifqiizzudien@student.ppns.ac.id)<sup>1\*</sup>; [ekky@ppns.ac.id](mailto:ekky@ppns.ac.id)<sup>2\*</sup>; [poernomo\\_heroe@ppns.ac.id](mailto:poernomo_heroe@ppns.ac.id)<sup>3\*</sup>;

**Abstract** – An Engineering, Procurement, and Construction (EPC) company based in Sidoarjo, East Java, conducted a feasibility study in response to a request from an oil and gas company for the addition of a new pipeline route in Semampir Barat, Surabaya. The proposed pipeline spans 1,700 meters, connecting the port to the Fuel Terminal (TBBM), and aims to support the rising demand for Pertamina fuel production. Given the densely populated nature of the project site, a well-structured and comprehensive planning approach is essential. The primary objective of this study is to design an efficient pipeline system and determine the optimal pump specifications required to ensure reliable fuel transfer. The head loss along the pipeline was calculated using the Darcy-Weisbach equation and further analyzed through simulations using Pipe Flow Expert software. The simulation results indicated a total head loss of 3.20 meters, with a software error margin of 0.19%. Based on these findings, the total dynamic head required for the pump was determined to be 15.55 meters, with a software error margin of 1.20%. Future research should explore different software options.

**Keywords:** Pipe, Pipe Flow Expert, Pipeline Design, Pertamina Fluid, Pump Specification

## Nomenclature

|              |                      |                      |
|--------------|----------------------|----------------------|
| <b>Re</b>    | Reynold Number       |                      |
| <b>V</b>     | Kecepatan            | (m/s)                |
| <b>ν</b>     | Kinematic Viscosity  | (mm <sup>2</sup> /s) |
| <b>μ</b>     | Dynamic Viscosity    | (kg/m.s)             |
| <b>ρ</b>     | Massa Jenis          | (kg/m <sup>3</sup> ) |
| <b>D</b>     | Diameter dalam pipa  | (m)                  |
| <b>f</b>     | Friction Factor      |                      |
| <b>L</b>     | Panjang pipa         | (m)                  |
| <b>g</b>     | Percepatan Gravitasi | (m/s <sup>2</sup> )  |
| <b>P</b>     | Pressure             | (Pa)                 |
| <b>K</b>     | Loss Coefficient     |                      |
| <b>Q</b>     | Debit Fluida         | (m <sup>3</sup> /s)  |
| <b>HL</b>    | Head Losses          | (m)                  |
| <b>Ha</b>    | Head Ketinggian      | (m)                  |
| <b>Hs</b>    | Head Suction         | (m)                  |
| <b>Ha</b>    | Head Discharge       | (m)                  |
| <b>Hp</b>    | Head Tekanan         | (m)                  |
| <b>Hv</b>    | Head Kecepatan       | (m)                  |
| <b>HPump</b> | Head Pompa           | (m)                  |

## 1. PENDAHULUAN

Sebuah perusahaan *Engineering, Procurement, and Construction* (EPC) yang berlokasi di Sidoarjo, Jawa Timur, melakukan studi kelayakan berdasarkan permintaan dari perusahaan minyak dan gas untuk penambahan jalur pipa baru di wilayah Semampir Barat, Surabaya. Jalur pipa sepanjang 1.700 meter ini dirancang untuk menghubungkan dermaga dengan Terminal Bahan Bakar Minyak (TBBM) guna mengakomodasi meningkatnya kebutuhan produksi bahan bakar Pertamina.

Skema jalur perpipaan ini dirancang mulai dari *Marine Loading Arm* (MLA) di area pelabuhan dan dialirkan melalui jalur perpipaan menuju tangki

timbun dengan kapasitas 2.500 kL untuk disimpan sebelum didistribusikan ke Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU).

Penelitian ini berfokus pada perancangan jalur perpipaan baru sepanjang ±1700 m dari dermaga melalui MLA menuju tangki penyimpanan di Semampir Barat, Surabaya. Analisis dilakukan untuk menghitung *head loss*, kebutuhan daya pompa. Dengan pendekatan ini diharapkan rancangan yang dihasilkan mampu meningkatkan kapasitas distribusi Pertamina secara lebih efisien dan andal.

## 2. METODOLOGI

### 2.1 Tahap Identifikasi Awal

Pelaksanaan penelitian diawali dengan proses identifikasi jalur perpipaan menggunakan *Line Number* yang tercantum pada gambar isometrik. Selanjutnya, dilakukan penentuan variabel-variabel yang memengaruhi perhitungan *head loss*, yang mencakup karakteristik pipa dan properti fluida yang digunakan. Setelah seluruh variabel diperoleh, dilakukan perhitungan *head loss* untuk setiap *Line Number*, yang meliputi *Head Loss Major* (akibat gesekan sepanjang pipa) dan *Head Loss Minor* (akibat elemen-elemen seperti *elbow*, *valve*, dan *fitting* lainnya).

Perhitungan *head loss* secara manual dilakukan menggunakan teori *Darcy-Weisbach*. Selain itu, perhitungan *head loss* juga diperoleh melalui simulasi menggunakan perangkat lunak *Pipe Flow Expert*. Hasil dari kedua metode tersebut kemudian dibandingkan untuk melihat tingkat akurasi dan konsistensi perhitungan. Selanjutnya, dilakukan analisis terhadap karakteristik aliran fluida, apakah termasuk dalam kategori laminar, transisi, atau turbulen. Penentuan jenis aliran ini didasarkan pada nilai bilangan *Reynolds*, yang merupakan perbandingan antara *flow velocity* dan

viskositas fluida [1]. Untuk menghitung bilangan Reynold dapat digunakan rumus sebagai berikut [2] :

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} = \frac{v D}{\nu} \quad (1)$$

## 2.2 Klasifikasi Aliran

Klasifikasi aliran fluida ditentukan melalui nilai Bilangan Reynolds, yang membedakan aliran menjadi tiga tipe utama, yaitu laminar, transisi, dan turbulen [3].

### 2.2.1 Aliran Laminar

Aliran laminar adalah aliran fluida yang terjadi dalam lapisan-lapisan yang teratur, di mana tiap lapisan bergerak mulus tanpa gangguan [4]. Kriteria aliran laminar ditunjukkan oleh nilai Bilangan Reynolds yang berada < 2000 [5].

### 2.2.2 Aliran Turbulen

Aliran turbulen memiliki karakteristik pola aliran yang tidak teratur dan cenderung berubah-ubah, dengan interaksi kuat antar lapisan fluida yang menyebabkan pencampuran signifikan.. Aliran turbulen umumnya memiliki nilai bilangan Reynolds > 4000 [6]. Terjadinya aliran turbulen dipengaruhi oleh dominasi gaya inersia terhadap gaya viskos dalam pergerakan fluida [7].

### 2.2.3 Aliran Transisi

Aliran transisi merupakan tahap peralihan antara aliran laminar dan turbulen, yang dicirikan oleh Bilangan Reynolds dalam rentang 2300 hingga 4000 [8]. Aliran transisi tidak berlangsung secara mendadak, melainkan muncul pada beberapa area di mana terjadi fluktuasi antara kondisi laminar dan turbulen [9].

## 2.3 Head Loss Mayor

*Head loss mayor* adalah kehilangan energi dalam sistem perpipaan yang disebabkan oleh gesekan antara fluida dan permukaan bagian dalam pipa [10]. Nilai head loss mayor dapat ditentukan menggunakan persamaan *Darcy-Weisbach* sebagaimana ditunjukkan berikut ini :

$$HL_{mayor} = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \quad (2)$$

## 2.4 Head Loss Minor

*Head Loss Minor* merupakan kehilangan tekanan yang disebabkan oleh aksesoris perpipaan, seperti *fitting*, *valve* dan sebagainya [11]. Perhitungan kerugian *Head Minor* dilakukan dengan menerapkan persamaan berikut :

$$HL_{minor} = K \times \frac{v^2}{2g} \quad (3)$$

## 2.5 Static Head

*Static head* mengacu pada perbedaan elevasi antara permukaan sumber cairan dan titik akhir pengalirannya [12]. Head statis mencerminkan energi potensial yang dimiliki oleh sistem karena perbedaan antara permukaan zat cair pada sisi tekan dengan permukaan zat cair pada sisi hisap [13]. Berikut adalah persamaan static head:

$$H_a = H_d - H_s \quad (4)$$

## 2.6 Head Kecepatan

Energi ini timbul akibat perbedaan laju aliran fluida antara sisi hisap (*suction*) dan sisi buang (*discharge*) dari sistem reservoir. [14]. Berikut adalah persamaan *velocity head*:

$$H_v = \frac{v^2}{2g} \quad (5)$$

## 2.7 Pressure Head

*Pressure head* merupakan bentuk energi potensial yang dimiliki fluida akibat perbedaan tekanan antara titik hisap (*suction reservoir*) dan titik tekan (*discharge reservoir*), yang dinyatakan dalam satuan tinggi kolom fluida. *Pressure Head* memiliki persamaan sebagai berikut:

$$H_p = \frac{p}{\rho g} \quad (6)$$

# 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

## 3.1 Tabel Data Karakteristik Fluida dan Pipa

Tabel 1: Data Karakteristik Fluida

| Simbol | Nilai     | Satuan            |
|--------|-----------|-------------------|
| $\rho$ | 740       | kg/m <sup>3</sup> |
| $\mu$  | 0.0006512 | kg/m.s            |
| $Q$    | 3473      | L/min             |

Tabel 2: Data Pipa

| Nominal<br>Pipe Size<br>(NPS) | OD    | ID     | Satuan |
|-------------------------------|-------|--------|--------|
| 12"                           | 323,8 | 303,18 | mm     |
| 14"                           | 355,6 | 333,34 | mm     |

### 3.1.1 Head Loss

#### 3.2.1 Head Loss Mayor

*Head Loss Mayor* membutuhkan data panjang pipa yang digunakan berdasarkan gambar isometri dan kecepatan sesuai ukuran masing-masing *Line*. Sistem ini membutuhkan debit sebesar 0,05787 m<sup>3</sup>/s. Data *Head Loss Mayor* masing-masing *Line Number* ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3: Nilai *Head Loss Mayor*

| Line Number       | Head Loss Mayor (m) |
|-------------------|---------------------|
| 01-12"-SMBR-CS150 | 0,354322963         |
| 02-12"-SMBR-CS150 | 0,129250147         |
| 03-12"-SMBR-CS150 | 0,22814942          |
| 04-12"-SMBR-CS150 | 0,02938288          |
| 05-12"-SMBR-CS150 | 0,604561439         |
| 06-12"-SMBR-CS150 | 0,946901351         |
| 07-12"-SMBR-CS150 | 0,516793005         |
| 08-12"-SMBR-CS150 | 0,175887993         |
| 09-12"-SMBR-CS150 | 0,209706348         |
| 01-14"-SMBR-CS150 | 0,001082473         |
| Total             | 2,807937383         |

#### 3.2.2 Head Loss Minor

*Head Loss Minor* membutuhkan data semua komponen yang digunakan pada jalur perpipaan berdasarkan gambar isometri dengan nilai K yang dapat diperoleh dari buku referensi. Data *Head Loss Minor* masing-masing *Line Number* ditampilkan pada tabel 3.4

Tabel 4: Nilai *Head Loss Minor*

| Line Number       | Head Loss Minor (m) |
|-------------------|---------------------|
| 01-12"-SMBR-CS150 | 0                   |
| 02-12"-SMBR-CS150 | 0,025545865         |
| 03-12"-SMBR-CS150 | 0                   |

|                   |             |
|-------------------|-------------|
| 04-12"-SMBR-CS150 | 0           |
| 05-12"-SMBR-CS150 | 0,025545865 |
| 06-12"-SMBR-CS150 | 0,012772932 |
| 07-12"-SMBR-CS150 | 0           |
| 08-12"-SMBR-CS150 | 0,125764257 |
| 09-12"-SMBR-CS150 | 0,198471718 |
| 01-14"-SMBR-CS150 | 0           |
| Total             | 0,388100636 |

### 3.2.2 Head Loss Total

*Head Loss Total* berarti seluruh kerugian yang harus diatasi oleh pipa, baik rugi akibat gesekan pipa dan akibat komponen yang dilewati. Nilai *head* total dapat dihitung dengan menambahkan head loss mayor dan head loss minor, Berdasarkan data yang tercantum pada Tabel 3 dan Tabel 4, hasilnya dapat diperoleh melalui penjumlahan berikut :

$$HL_{total} = 2,80 \text{ m} + 0,39 \text{ m} \\ = 3,19 \text{ m}$$

Didapatkan hasil 3,19 m untuk *headloss* pada jalur perpipaan fluida pertamax

### 3.3 Head Pump

#### 3.3.1 Head Static

Perbedaan ketinggian dengan muka cairan sisi hisap setinggi 1,3 m dengan ketinggian pada sisi tekan fluida setinggi -0,7 m. Dibawah ini merupakan hasil *Head Static*.

$$H_a = 1,3 \text{ m} + - 0,7 \text{ m} \\ = 0,6 \text{ m}$$

Didapatkan *Head Static* sebesar 0,6 m sebagai selisih antara muka pada cairan sisi hisap dan sisi tekan

#### 3.3.2 Head Kecepatan

Perbedaan kecepatan pada sisi hisap yaitu 1,13 m/s dengan kecepatan tertinggi pada sisi tekan yaitu 0,80 m/s dengan hasil sebagai berikut:

$$H_v = \frac{(0,80 \text{ m/s})^2 - (0,63 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,81} \\ = 0,0124 \text{ m}$$

Diperoleh hasil *Head Velocity* sebesar 0,0124 m sebagai selisih kecepatan antara sisi hisap dengan sisi tekan.

#### 3.3.3 Head Pressure

Perbedaan tekanan antara pada sisi hisap dengan tekanan yang diperlukan untuk mengatasi rugi – rugi pada jalur perpipaan

$$H_p = \frac{191229,7 \text{ Pa} - 105911,8 \text{ Pa}}{740 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2} \\ = 11,75 \text{ m}$$

Diperoleh hasil *Head Pressure* sebesar 11,75 m pada jalur perpipaan ini.

#### 3.3.3 Head Total

Penjumlahan seluruh *Head* yang telah dihitung sebelumnya.

$$H_{pump} = 0,6 + 11,75 + 3,19 + 0,0124 \\ = 15,55 \text{ m}$$

*Head Pump* yang diperlukan sebesar 15,54 m yang digunakan untuk menentukan spesifikasi pompa yang akan digunakan.

## 4. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan manual dengan software

menghasilkan *head loss* 3,20 m – 3,19 m untuk dengan persentase eror sebesar 0,19%, dan *head* pompa sebesar 15,55 m – 15,36 m untuk persentase eror *head* pompa sebesar 1,20%.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Zhang, M. et al. (2021) 'Piezoelectric energy harvesting from vortex-induced vibration of a circular cylinder: Effect of Reynolds number', *Ocean Engineering*, 235(March), p. 109378.doi:10.1016/j.oceaneng.2021.109378
- [2] Fraditya, S.A., Poernomo, H. and Budiyo, E.N., 2024, November. Redesign Jalur Perpipaan Fire Fighting System Jenis Hydrant Pada Upgrading Pipe Ring I Integrated Terminal Surabaya. In *Proceedings of National Conference on Piping Engineering and Its Application* (Vol. 9, No. 1, pp. 48-51).
- [3] D Pratama, K Hadiningrum, & RF Muldiani. (2022). Studi Awal Pengaruh Temperatur terhadap Karakteristik Aliran Fluida Pada Belokan Pipa 90° melalui Simulasi. In *Jurnal MIPA*.
- [4] Akmal, S. Ishak, N. (2019). Analisa Profil Aliran Fluida Cair dan Pressure Drop pada Pipa L Menggunakan Metode Simulasi Computational Fluid Dynamic (CFD). *Jurnal Teknologi Kimia UNIMAL*. 8(1). 98-99
- [5] Caroko, N., & Suyitno, S. (2008). Perbandingan Model Turbulen Spalart-Allmaras dan Reynolds Stress Model pada Analisis Efisiensi dan Rugi Tekanan Siklon. *Semesta Teknika*, 11(2), 199-206.
- [6] AFIANTI, W. (2021). *PENGUJIAN ALAT UJI OSBORNE REYNOLD MENGGUNAKAN PIPA HORIZONTAL DENGAN UKURAN 1 INCH* (Doctoral dissertation, Universitas Pasir Pengaraian).
- [7] Fadli, M. T. A., Marasna, G., Jayadi, F., Larasati, G. D. A., Victoria, V. A., & Ramadhan, A. R. (2021). Rancang Bangun Visualisasi Aliran Air di Dalam Pipa Tubular dengan Vortex Generator untuk Meningkatkan Sifat Turbulensi Fluida. *Teknika STTKD: Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*, 7(2), 205-215.
- [8] Susilo, E. J., Dharma, U. S., & Irawan, D. (2021). Pengaruh viskositas bahan bakar terhadap karakteristik aliran fluida pada pompa sentrifugal. *ARMATUR: Artikel Teknik Mesin & Manufaktur*, 2(1), 27-32.
- [9] ERIK, T. (2023). *PENGARUH PENGGUNAAN SIRIP LONGITUDINAL DAN AKSIAL PADA ALAT PENUKAR KALOR PIPA GANDA TERHADAP PROSES PELELEHAN DAN PEMBEKUAN PARAFIN SEBAGAI PENYIMPAN ENERGI THERMAL* (Doctoral dissertation, UNIVERSITAS LAMPUNG).
- [10] Priyati, A., Abdullah, S. H., & Hafiz, K. (2019). Analisis Head Losses Akibat Belokan Pipa 90°(Sambungan Vertikal) Dengan

- Pemasangan Tube Bundle. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*, 7(1), 95-104.
- [11] Alkindi, H., Santosa, H., & Sutoyo, E. (2023). Analisis Head Losses Pada Circulating Fluida Air Dalam Dua Jenis Pipa. *AME (Aplikasi Mekanika dan Energi): Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 9(1), 51-56.
  - [12] Ubaedilah (2016) “Analisa Kebutuhan Jenis Dan Spesifikasi Pompa Untuk Suplai Air Bersih Di Gudang Kantin Berlantai 3 Pt Astra Daihatsu Motor,” 148, Pp. 148–162.
  - [13] Sukardi, I. A., Isranuri, I., & Lubis, Z. (2012). Studi Awal Kajian Bubble Pada Pompa Sentrifugal Yang Diukur dengan Sinyal Vibrasi. *Jurnal Dinamis*, 1 (11), 1-13.
  - [14] Tubalawony, B. I. (2021). PENENTUAN TITIK KRITIKAL POMPA ARMOR PM-6 PADA MINE DEWATERING DI PT GLOBAL MAKARA TEKNIK. *Jurnal Eksakta Kebumihan*, 2(2), 245-249.