

## **ANALISA HEAD LOSS DAN KERJA POMPA DENGAN VARIASI PERUBAHAN DIAMETER PADA SISTEM PEMIPAAN**

**Agung Kurnia Yahya<sup>1\*</sup>, Puji Rahayu<sup>2</sup>, Hasnah Ulia<sup>1</sup>, Achmad Yanuar Maulana<sup>3,4</sup>**

<sup>1</sup>Teknik Kimia Bahan Nabati, Politeknik ATI Padang, Bungo Pasang - Tabing, Padang, 25171, Indonesia

<sup>2</sup>Teknologi Proses Industri Petrokimia, Politeknik Industri Petrokimia Banten, Serang, 42166, Indonesia

<sup>3</sup>Department of Chemistry, Dong-A University, Busan, 49315, South Korea

<sup>4</sup>Asosiasi Peneliti Indonesia di Korea, Seoul, 07342, South Korea

\*email : [agungkurniyahya@gmail.com](mailto:agungkurniyahya@gmail.com)

### **Abstrak**

*Fluida sering kali mengalami kehilangan energi (head loss) di dalam pipa karena adanya turbulensi aliran yang mengakibatkan gesekan di permukaan pipa bagian dalam. Head loss sangat merugikan dalam sistem pemipaan karena dapat menurunkan tingkat efisiensi aliran fluida. Head loss dipengaruhi oleh variasi belokan (elbow), sambungan, katub (valve), dan diameter pipa. Tujuan dalam penelitian ini adalah mengetahui head loss yang terjadi di tiap line pada sistem pemipaan aliran fluida yang terdiri dari variasi luas penampang pipa, jumlah sambungan, katub, dan belokan. Selain itu juga untuk mengevaluasi kerja pompa dengan pada rangkaian seri maupun kompleks. Semakin kecil ukuran diameter menyebabkan kecepatan fluida meningkat sehingga menyebabkan friksi yang ada dalam pipa semakin besar, hal tersebut menyebabkan head loss semakin besar. Kerja pompa yang dibutuhkan untuk mengalirkan fluida berbanding lurus dengan besarnya head loss yang terjadi pada sistem pemipaan.*

**Kata Kunci :** Aliran Fluida, Head Loss, Kerja Pompa, Pipa

## **Analysis of Head Loss and Pump Work With Variations in Diameter in the Piping System**

### **Abstract**

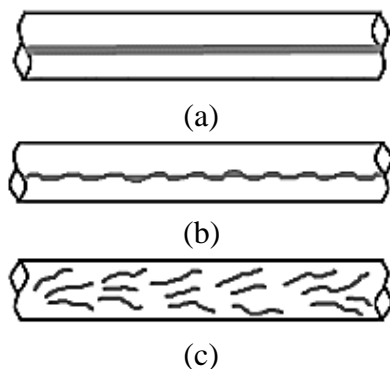
*Fluids often experience a loss of energy (head loss) in the pipe due to flow turbulence, which results in friction on the inner surface of the pipe. Head loss is very detrimental in piping systems because it can reduce the level of fluid flow efficiency. Head loss is affected by variations in bends (elbows), joints, valves, and pipe diameters. The purpose of this study is to determine the head loss that occurs in each line of the fluid flow piping system, which consists of variations in the cross-sectional area of the pipe and the number of connections, valves, and bends. In addition, it is also used to evaluate pump work in series and complex circuits. The smaller the diameter, the more the fluid velocity increases, causing the friction in the pipe to increase and the head loss to increase. The pump work required to flow the fluid is directly proportional to the amount of head loss that occurs in the piping system.*

**Keywords:** Head Loss, Fluid Flow, Pipes, Pump Work

## PENDAHULUAN

Mekanika fluida merupakan salah satu operasi teknik kimia yang mempelajari fenomena dari fluida dalam kondisi bergerak maupun diam. Sistem pemipaan merupakan bagian dari transportasi fluida yang digunakan sebagai sarana untuk mengalirkan suatu fluida dari satu tempat ke tempat yang lain akibat adanya perbedaan tekanan atau perbedaan ketinggian. Dalam pemilihan pipa, harus diperhatikan beberapa aspek diantaranya adalah tekanan fluida, kecepatan aliran fluida, pemasangan rangkaian pemipaan, dan lain sebagainya. Terdapat banyak variasi rangkaian dalam sistem pemipaan mulai dari rangkain sederhana yang hanya menggunakan pipa tunggal sampai rangkaian kompleks yang menggunakan berbagai macam pipa (Fahrudin & Mulyadi, 2018).

Secara umum aliran fluida yang terjadi dalam pipa diklasifikasikan menjadi 3, yaitu : aliran laminar, transisi, dan turbulen. Pola aliran fluida dalam pipa dapat dilihat pada gambar 1 (Susilo *et al.*, 2021).



**Gambar 1.** Pola Aliran Fluida Dalam Pipa. (a) aliran laminar, (b) aliran transisi, (c) aliran turbulen

Aliran laminar merupakan aliran dimana partikel fluida bergerak sesuai dengan jalur tanpa adanya gangguan dan membentuk pola yang teratur. Sedangkan aliran turbulen merupakan aliran dimana partikel – partikel fluida bergerak membentuk pola yang tidak teratur karena ketidakstabilan aliran di dalamnya.

Karakteristik aliran fluida dapat ditentukan dengan besarnya nilai bilangan reynold (NRe). Aliran akan bersifat laminar jika nilai  $NRe < 2100$  dan akan bersifat turbulen jika nilai  $NRe > 4000$ . Jika  $2100 < NRe < 4000$  maka aliran bersifat transisi.

Pada suatu instalasi sistem pemipaan, digunakan pompa untuk memberi tambahan energi supaya fluida dapat mengalir. Pompa mengalirkan fluida dari satu tempat ke tempat yang lain dengan prinsip energi mekanik yang dikonversikan menjadi energi kinetik. Energi mekanik yang diperoleh dari motor digunakan pompa untuk meningkatkan tekanan, kecepatan, maupun elevasi (Lesmana *et al.*, 2021).

Fluida sering kali mengalami kehilangan energi (head loss) di dalam pipa karena adanya turbulensi aliran yang mengakibatkan gesekan di permukaan pipa bagian dalam. Head loss sangat merugikan dalam sistem pemipaan karena dapat menurunkan tingkat efisiensi aliran fluida. Head loss dipengaruhi oleh variasi belokan (elbow), sambungan, katub (valve), dan diameter pipa (Lesmana *et al.*, 2021)(Widodo & Pradhana, 2018).

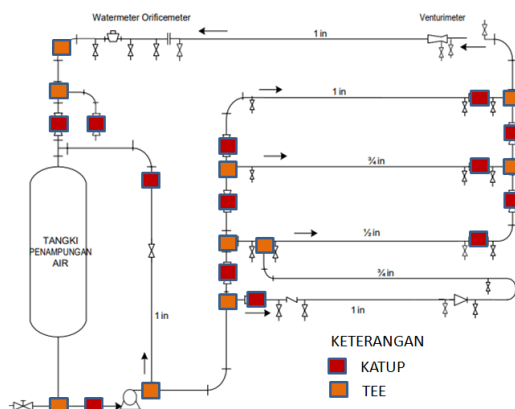
Tujuan dalam penelitian ini adalah mengetahui head loss yang terjadi di tiap line pada sistem pemipaan aliran fluida yang terdiri dari variasi luas penampang pipa, jumlah sambungan, katub, dan belokan. Selain itu juga untuk mengevaluasi kerja pompa dengan pada rangkaian seri maupun kompleks.

## METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan rangkaian alat aliran fluida yang terdiri pipa 1 in,  $\frac{3}{4}$  in, dan  $\frac{1}{2}$  in. Selain itu pada rangkaian alat aliran fluida juga terdiri dari elbow, sambungan percabangan (tee), dan valve. Fluida yang digunakan pada penelitian adalah air dengan viskositas sebesar

$[5,551 \times 10]^{-4}$  lb/ft.s dan densitas sebesar 61,46 lb/ft<sup>3</sup>.

Rangkaian alat aliran fluida dapat dilihat pada gambar 2. Line 1 merupakan aliran yang melewati pipa 1 in, line 2 melewati pipa 3/4 in, dan line 3 melewati pipa 1/2 in. Terdapat juga line kompleks dimana aliran melewati pipa 1 in, 3/4 in, dan 1/2 in. Pompa yang digunakan untuk mengalirkan fluida mempunyai daya 250 watt.



Gambar 2. Rangkaian Sistem Pemipaan

Spesifikasi alat aliran fluida dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Rangkaian Alat Aliran Fluida

Line	L (ft)			Jumlah		
	1 in	3/4 in	1/2 in	Valve	Elbow	Tee
1	23,72	-	-	6	4	8
2	17,32	4,72	-	6	3	9
3	17,39	-	4,17	6	4	9
Kompleks	20,32	6,56	6,56	6	7	8

**HASIL DAN PEMBAHASAN**  
**Karakteristik Aliran Fluida pada Sistem Pemipaan**

Karakteristik aliran fluida dalam pipa dapat ditentukan dengan nilai bilangan reynold apabila pola aliran dalam pipa tidak dapat diamati secara visual. Nilai bilangan Reynold (NRe) dapat dituliskan pada persamaan berikut :

$$N_{Re} = \frac{\rho \cdot D \cdot v}{\mu} \tag{1}$$

dimana :

NRe = bilangan reynold

- $\rho$  = densitas
- $D$  = diameter dalam pipa
- $v$  = kecepatan fluida
- $\mu$  = viskositas fluida

Pada penelitian ini dianalisa karakteristik aliran fluida yang mengalir pada pada setiap pipa in, 3/4 in, dan 1/2 in.

Tabel 2. Nilai Bilangan Reynold Dalam Pipa

Pipa	v (ft/s)	$\rho$ (lb/ft <sup>3</sup> )	$\mu$ (lb/ft.s)	NRe
1 in	0,8263			8055,46
3/4 in	1,3364	61,46	$5,551 \times 10^{-4}$	10234,84
1/2 in	2,3498			13585,67

Perubahan ukuran diameter pada pipa berpengaruh pada kecepatan fluida, dimana semakin kecil ukuran diameter menyebabkan kecepatan fluida semakin besar.

Besarnya NRe pada pipa 1 in adalah 8055,46 , 3/4 in sebesar 10234,84 , dan 1/2 in sebesar 13585,67. Dari besarnya NRe yang didapat maka jenis aliran fluida yang terjadi dalam pipa 1 in, 3/4 in, dan 1/2 in adalah semuanya aliran turbulen.

Aliran turbulen terjadi akibat partikel partikel fluida yang melintasi pipa bergerak secara tidak beraturan sehingga mengalami pencampuran partikel antar lapisan fluida, hal ini menyebabkan pertukaran momentum dari satu fluida dengan bagian fluida yang lain (Jalaluddin *et al.*, 2019).

Semakin kecil ukuran diameter pipa maka semakin besar NRe. Berdasarkan persamaan kontinuitas dimana luas penampang pipa semakin besar maka kecepatan fluida semakin kecil. Semakin kecil luas penampang menyebabkan semakin sering adanya pencampuran partikel antar lapisan sehingga aliran di dalam pipa semakin acak.

**Analisa Head Loss Pada Sistem Pemipaan**

Pada setiap sistem pemipaan seringkali ditemui adanya head loss. Head loss merupakan kerugian energi dalam mengalirkan fluida dalam pipa per satuan berat fluida.

**Pengaruh Gesekan Di Sepanjang Pipa Terhadap Head Loss**

Kerugian energi pada aliran dalam pipa salah satunya diakibatkan oleh friksi yang terjadi disepanjang aliran fluida yang mengalir terhadap dinding pipa.

Besarnya nilai head loss tersebut dipengaruhi oleh diameter, panjang pipa, faktor friksi dan kecepatan rata-rata fluida.

$$H_{fs} = 4f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \tag{2}$$

dimana :

- $H_{fs}$  = Head loss akibat friksi pada dinding pipa
- $f$  = Faktor friksi
- $L$  = Panjang pipa
- $D$  = Diameter pipa
- $g$  = Gravitasi

Tabel 3. Nilai  $H_{fs}$  pada Tiap Line Sistem Pemipaan

Line	L (ft)			$H_{fs}$
	1 in	¾ in	½ in	
1	23,72	-	-	0,05755
2	17,32	4,72	-	0,09540
3	17,39	-	4,17	0,26292
Kompleks	20,32	6,56	6,56	0,47072

Pada line kompleks didapatkan nilai head loss yang paling besar dibanding pada line 1, 2, maupun 3. Pada line 1 hanya terdapat pipa dengan diameter 1 in, line 2 terdapat pipa diameter 1 in dan ¾ in, line 3 terdapat pipa diameter 1 in dan ½ in, sedangkan line kompleks terdapat pipa 1 in, ¾ in, dan ½ in.

Pada line 3 nilai head loss lebih besar dibanding line 1 dan 2 karena terdapat diameter pipa yang lebih kecil. Semakin kecil diameter pipa berarti semakin kecil pula luas penampang pipa, sehingga menyebabkan friksi yang

terdapat pada dinding pipa semakin besar. Hal tersebut menyebabkan head loss yang pada line 3 lebih besar(Masyuda, 2018).

Pada pipa kompleks menghasilkan head loss yang paling besar karena mempunyai lintasan yang lebih panjang serta terdapat pipa 1 in, ¾ in, dan ½ in.

**Pengaruh Perbesaran Diameter Pipa Terhadap Head Loss**

Head loss dapat terjadi karena adanya perubahan ukuran diameter pipa dari kecil ke besar.

Besarnya nilai head loss akibat ekspansi tiba-tiba dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$H_{fe} = Ke \cdot \frac{v^2}{2g} \tag{3}$$

Untuk harga  $Ke$  dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut :

$$Ke = (1 - \frac{S_a}{S_b})^2 \tag{4}$$

$S_a$  merupakan luas penampang pipa kecil, sedangkan  $S_b$  merupakan luas penampang pipa besar.

Tabel 4. Nilai  $H_{fe}$  pada Tiap Line Sistem Pemipaan

Line	V (ft/s)			$H_{fe}$
	1 in	¾ in	½ in	
1	0,8263	-	-	0
2	0,8263	1,3364	-	0,0040
3	0,8263	-	2,3498	0,0116
Kompleks	0,8263	1,3364	2,3498	0,0116

Pada line 1 in tidak terdapat pembesaran ukuran diameter pipa sehingga head loss yang didapat 0. Sedangkan pada line 2, 3, dan kompleks masing-masing didapatkan head loss sebesar 0,0040 ; 0,0116; dan 0,0116.

Pada line 3 dan kompleks diperoleh nilai head loss yang sama karena terdapat pembesaran diameter dari pipa ½ in ke pipa 1 in. Sedangkan line 2 terdapat pembesaran diameter dari pipa ¾ in ke pipa 1 in.

Pada line 3 dan kompleks mempunyai head loss yang lebih besar karena adanya kejutan aliran dari pipa ½

in ke 1 in, lebih besar daripada dari pipa ¾ in ke 1 in yang terdapat pada line 2 (Yani & Darmanto, 2021).

**Pengaruh Pengecilan Diameter Pipa Terhadap Head Loss**

Seperti halnya ekspansi, head loss juga dapat disebabkan adanya kontraksi tiba-tiba pada pipa. Dimana terjadi pengecilan ukuran diameter pada sistem pemipaan.

Besarnya nilai head loss akibat kontraksi tiba-tiba dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$H_{fc} = Kc \cdot \frac{v^2}{2g} \tag{5}$$

Untuk harga Ke dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut :

$$Kc = 0,4 \left(1 - \frac{s_a}{s_b}\right) \tag{6}$$

Tabel 5. Nilai Hfc pada Tiap Line Sistem Pemipaan

Line	V (ft/s)			H <sub>fc</sub>
	1 in	¾ in	½ in	
1	0,8263	-	-	0,00424
2	0,8263	1,3364	-	0,00847
3	0,8263	-	2,3498	0,01142
Kompleks	0,8263	1,3364	2,3498	0,02326

Pada line kompleks diperoleh head loss sebesar 0,02326, lebih besar dibandingkan dengan line 1, 2, dan 3. Pada line kompleks terdapat 2 kali terjadinya penyempitan ukuran pipa yaitu pada pipa 1 in ke pipa ¾ in kemudian dilanjutkan ke pipa ½ in. Tentunya hal tersebut memberikan kejutan aliran fluida yang lebih besar dibandingkan dengan line 1, 2, dan 3. Dimana line 1 tidak terdapat pengecilan ukuran pipa, line 2 terdapat pengecilan pipa 1 in ke ¾ in, dan line 3 terdapat pengecilan ukuran pipa 1 in ke ½ in (Yani & Darmanto, 2021).

**Pengaruh Sambungan Terhadap Head Loss**

Adanya sambungan dan katup mengakibatkan kerugian pada pipa.

Besarnya nilai head loss akibat sambungan dan katup dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$H_{ff} = Kf \cdot \frac{v^2}{2g} \tag{7}$$

Untuk harga Kf dapat dicari dari tabel tergantung dari jenis sambungan maupun katup yang digunakan.

Tabel 6. Harga Kf Sambungan Pipa

Sambungan pipa	Kf
Elbow, 90°	0,9
Elbow, 45°	0,4
Tee	1,8
Bengkokan balik	2,2
Ball valve, terbuka penuh	10,0
Angle valve, terbuka penuh	5,0
Gate valve, setengah terbuka	5,6
Gate valve, terbuka penuh	0,2

Pada percobaan didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 7. Nilai Hff pada Tiap Line Sistem Pemipaan

Line	Jumlah			H <sub>ff</sub>
	Valve	Elbow	Tee	
1	6	4	8	0,2036
2	6	3	9	0,2731
3	6	4	9	0,4098
Kompleks	6	7	8	0,5105

Adanya elbow mengakibatkan kerugian pada sistem pemipaan. Kerugian disebabkan oleh perbedaan area air di dekat belokan dan aliran pusaran kedua karena ketidakseimbangan gaya sentripetal akibat sumbu pipa yang melengkung (Fadhli & Madjid, 2017). Belokan pada sistem pemipaan menyebabkan kerugian yang lebih besar dari pada kerugian akibat gesekan karena adanya pemecahan aliran pada dinding dan aliran sekunder yang berpusar karena percepatan pada poros (Salam, 2016). Semakin banyak jumlah elbow maka head lossnya juga semakin besar.

Pada percobaan digunakan katup berjenis gate valve dengan nilai Kf sebesar 0,2. Dibandingkan dengan ball valve maupun globe valve, head loss yang

dihasilkan gate valve elbih kecil sehingga cocok untuk sistem pemipaan (Seminar *et al.*, 2020). Jumlah katup yang digunakan pada percobaan 6 pada tiap line.

Adanya percabangan dalam sistem pemipaan menyebabkan terjadinya penurunan tekanan dan kehilangan energi pada aliran. Hal tersebut sebabkan oleh arah aliran fluida yang berubah melalui sehingga menyebabkan terjadinya pertukaran momentum antar lapisan pada fluida. Besar kecilnya penurunan tekanan dan kehilangan energi yang terjadi pada sistem pemipaan yang melalui percabangan tersebut dipengaruhi oleh banyaknya tee yang ada (Anshori & Adiwibowo, 2013). Pada percobaan diperoleh line 3 yang terdapat 9 buah tee menghasilkan head loss yang lebih besar dibandingkan line 1 yang terdapat 8 buah tee.

#### **Head Loss Total Pada Sistem Pemipaan**

Head loss total diperoleh dengan menambahkan nilai  $H_{ff}$ ,  $H_{fe}$ ,  $H_{fc}$ , dan  $H_{fs}$ .

Tabel 8. Nilai  $H_f$  Total pada Tiap Line Sistem Pemipaan

<i>Line</i>	<i>H<sub>f</sub> total</i>
1	0,2654
2	0,3810
3	0,6957
Kompleks	1,0161

Pada line kompleks menghasilkan head loss yang lebih besar dibanding dengan line yang lainnya. Dikarenakan pada line kompleks terdapat pembesaran ukuran diameter pipa, pengecilan ukuran diameter pipa, dan jumlah sambungan maupun katup yang lebih banyak.

#### **Analisa Kerja Pompa Pada Sistem Pemipaan**

Untuk mempertahankan aliran pada pipa, maka digunakan pompa untuk meningkatkan energi mekanik fluida. Di dalam pompa terdapat keaktifan dari

semua sumber gesekan, terdapat gesekan mekanik pada bearing, seal, maupun stuffing box. Kerja yang dilakukan pompa jika dikaitkan dengan persamaan Bernoulli, kita harus memperhitungkan faktor friksi yang terjadi pada pompa karena persamaan Bernoulli hanya terkait neraca energi mekanik saja.

Tabel 9. Nilai Kerja Pompa pada Tiap Line Sistem Pemipaan

<i>Line</i>	<i>W<sub>p</sub> (ft.lbf/lbm)</i>
1	1,7679
2	1,926
3	2,3535
Kompleks	2,7857

Pada line kompleks pada sistem pemipaan didapatkan kerja pompa yang dibutuhkan untuk meningkatkan energi mekanik fluida lebih besar dibandingkan dengan line lainnya. Dapat dilihat juga semakin besar head loss maka kerja pompa yang dibutuhkan juga semakin besar.

#### **KESIMPULAN**

Head loss yang terjadi pada sistem pemipaan disebabkan karena faktor gesek di sepanjang dinding pipa, pembesaran maupun pengecilan ukuran diameter pipa, dan adanya sambungan yang terdapat pada sistem pemipaan. Semakin kecil ukuran diameter menyebabkan kecepatan fluida meningkat sehingga menyebabkan friksi yang ada dalam pipa semakin besar, hal tersebut menyebabkan head loss semakin besar. Kerja pompa yang dibutuhkan untuk mengalirkan fluida berbanding lurus dengan besarnya head loss yang terjadi pada sistem pemipaan.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Anshori, L., & Adiwibowo, P. H. (2013). Eksperimental Karakteristik Pressure Drop Dengan Sambungan T ( Tee ). *Jtm*, 01(03), 65–73.
- Fadhli, F., & Madjid, S. (2017). Studi

- Eksperimental Pengaruh Variasi Belokan Pipa (Elbow) Terhadap Kecepatan Aliran Fluida Dan Kerugian Tekanan. *ILTEK : Jurnal Teknologi*, 12(01), 1717–1721. <https://doi.org/10.47398/iltek.v12i01.399>
- Fahrudin, A., & Mulyadi, M. (2018). Rancang Bangun Alat Uji Head Losses Dengan Variasi Debit Dan Jarak Elbow 90O Untuk Sistem Perpipaan Yang Efisien. *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 7(1), 32–35. <https://doi.org/10.24127/trb.v7i1.680>
- Jalaluddin, J., Akmal, S., ZA, N., & Ishak, I. (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), 97. <https://doi.org/10.29103/jtku.v8i1.3396>
- Lesmana, P., Nuramal, A., & Suryadi, D. (2021). *KARAKTERISTIK ALIRAN PADA POMPA YANG TERSUSUN SECARA SERI DAN PARALEL* *Flow Characteristics of Pumps in Series and Parallel*. 5(2), 41–46.
- Masyuda, F. A. (2018). *Analisa Kerugian Head Losses Dan Friction Pada Sistem Perpipaan Beda Jenis Valve Dengan Variasi Buka Valve*. 2(2), 4–21.
- Salam, N. (2016). Pengaruh Potongan Pipa Pada Pipa Miter 90o Terhadap Kerugian Head Aliran Fluida. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, 8(2), 141–148.
- Seminar, P., Nci, N., & Conference, N. (2020). Kaji Eksperimental Head Loss Pada Gate Valve Dan Ball Valve. *Prosiding Seminar Nasional NCIET*, 1(1), 397–405. <https://doi.org/10.32497/nciet.v1i1.144>
- 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. <https://doi.org/10.24127/armatur.v2i1.740>
- Widodo, E., & Pradhana, R. Y. (2018). Analysis of pipe diameter variation in axial pumps for reducing head loss. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 403(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/403/1/012029>
- Yani, A., & Darmanto, A. (2021). *Analisa Kerugian Head Akibat Perluasan Dan Penyempitan Penampang Pada Sambungan 90o*. 1(1), 46–55.