

## Evaluasi Unjuk Kerja Pompa Produk Avtur di Integrated Terminal PT Pertamina Patra Niaga Wayame Ambon

Marcelino Pattiasina<sup>1)</sup>, Erwin. B. Pattykayhattu<sup>2\*)</sup>, Roy. R. Lekatompessy<sup>3)</sup>

Politeknik Negeri Ambon Jurusan Teknik Mesin

Teknologi Rekayasa Sistem Mekanikal Migas

e-mail: [marcrlinopattiasina@gmail.com](mailto:marcrlinopattiasina@gmail.com)

e-mail: [aer.pattykaihatu@gmail.com](mailto:aer.pattykaihatu@gmail.com),

email: [royleka15@gmail.com](mailto:royleka15@gmail.com)

### Abstract

*Performance evaluation for avtur pumps is needed as a review medium to make decisions. Avtur pumps that work continuously will cause a decrease in performance. This can be caused by several factors such as pump age and roughness that cause an increase in head loss. Reduced head loss will affect the power generated and the NPSH value of the pump. The purpose of this study is to determine the increase in Head loss of pump 4B Avtur products at the Integrated Terminal of PT. Pertamina Patra Niaga Wayame Ambon and its effect on the power generated and NPSH value of the pump. This research was conducted quantitatively with 2 variables. Variable free head loss pump 4b avtur product while variable bound pump power and NPSH pump. The data obtained are divided into two types, namely primary data and secondary data. The method used to obtain data is by observation, experimentation and literature. The results of this study are known that the pump is centrifugal type. There was an increase in pump head loss by 0.128 m. the increase in head loss affected the increase in output power by 0.01 kW or about 100 watts per use. The available NPSH value and the required NPSH value were also affected, which was initially 5.42 > 4.36 to 5.47 > 4.37. The advice given is that the pump must still be considered and improved maintenance and inspection schedules because it is seen from the life of pumps that have worked for more than 10 years.*

**Keyword :** head loss, npsh, output power, centrifugal pump

### Abstrak

Evaluasi unjuk kerja untuk pompa avtur sangat dibutuhkan sebagai media tinjau untuk menganalisa keputusan. Pompa avtur yang bekerja secara terus menerus akan menyebabkan penurunan unjuk kerja. Hal tersebut dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti umur pompa dan tingkat kekasaran yang menyebabkan kenaikan head loss. Head loss yang berkurang akan berpengaruh pada daya yang dihasilkan dan nilai NPSH pompa. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kenaikan Head loss pompa 4B produk Avtur di Integrated Terminal PT. Pertamina Patra Niaga Wayame Ambon dan pengaruhnya terhadap daya yang dihasilkan serta nilai NPSH pompa. Penelitian ini dilakukan secara kuantitatif dengan 2 variabel. Variabel bebas head loss pompa 4b produk avtur sedangkan variabel terikat daya pompa dan NPSH pompa. Data yang diperoleh dibedakan menjadi dua jenis yaitu data primer dan data sekunder. Metode yang dipakai untuk memperoleh data yaitu dengan cara observasi, eksperimen dan literatur. Hasil dari penelitian ini diketahui bahwa pompa bertipe sentrifugal. Terjadi kenaikan head loss pompa sebesar 0,128 m. kenaikan head loss mempengaruhi kenaikan daya output sebesar 0,01 kW atau sekitar 100 watt tiap pemakaian. Nilai NPSH yang tersedia dan nilai NPSH yang dibutuhkan juga ikut terpengaruh yang awalnya  $5,42 > 4,36$  menjadi  $5,47 > 4,37$ . Saran yang diberikan adalah pompa harus tetap diperhatikan dan ditingkatkan jadwal pemeliharaan dan inspeksi karena dilihat dari umur pompa yang sudah bekerja lebih dari 10 tahun.

## 1. PENDAHULUAN

Avtur merupakan turunan dari fraksi kerosene dengan energy pembakaran yang sangat baik. Avtur merupakan bahan bakar pesawat terbang yang bermesin turbin gas. Titik beku avtur berada pada  $47^{\circ}\text{C}$  yang membuat avtur tidak beku ketika pesawat mengudara. Selain itu avtur juga memiliki titik nyala yang sangat baik ketika digunakan pada mesin turbin gas (solarindustri.com 2022). Penggunaan avtur

pada mesin dilakukan karena bahan bakar tipe ini memiliki tarikan mesin yang lebih ringan dan membuat kecepatan mesin jauh meningkat lebih cepat. Namun, hal ini juga kan membuat mesin lebih cepat panas karena membutuhkan kompresi yang tinggi. Selain itu, avtur memiliki angka oktan di atas 100, sehingga membutuhkan mesin yang memiliki karakteristik mesin yang dapat menahan panas yang lebih tinggi agar pembakarannya sempurna (Pertaminaonesolution. 2021). Untuk penanganan distribusi avtur juga harus dengan metode khusus, hal ini disebabkan karena karakteristik avtur yang sangat mudah terkontaminasi dengan senyawa lain.

Pompa digunakan untuk memindahkan fluida dari satu tempat ke tempat yang lain. Pompa adalah mesin yang menggunakan tekanan untuk mentransfer fluida berbentuk cair dari lokasi satu ke lokasi yang lain. Pompa bekerja dengan cara mengalirkan cairan dengan memberikan *force* atau gaya tekan pada cairan yang dialirkan. Kenaikan tekanan cairan digunakan untuk mengatasi hambatan pengaliran. Hambatan-hambatan pengaliran itu, dapat berupa perbedaan tekanan, ketinggian dan hambatan gesek. Gesekan dan turbulensi tentu membuat tekanan pada cairan harus diatur dengan sesuai pada tingkatan tertentu untuk dapat mengatasi berbagai hambatan atau tahanan didalam jalur pipa (Pompateknik. 2017).

Integreted Terminal Pt Pertamina Patra Niaga Integrated Terminal Wayame Ambon merupakan salah satu BUMN yang berperan sebagai terminal atau transit minyak dan gas untuk wilayah Maluku dan Papua. Integreted Terminal Pt Pertamina Patra Niaga Wayame Ambon memiliki 3 tangki pendam dan 4 tangki vertical yang dapat menampung hingga 38 kl bahan bakar jenis Aviation Turbine (Avtur) dan dialirkan menggunakan pompa produk bertipe sentrifugal. Pompa yang bekerja secara terus-menerus dapat menyebabkan penurunan Unjuk Kerja. Beberapa faktor seperti umur pompa dan tingkat kekasaran dapat menyebabkan *Head loss* yang berdampak pada penurunan Kerja pompa. Berkenan dengan itu diperlukan suatu kajian terkait Unjuk Kerja pompa untuk memastikan pompa tersebut masih beroperasi dengan optimal. Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk; mengetahui apakah terjadi kenaikan *Headloss* pada pompa yang dapat mempengaruhi daya yang dihasilkan dari pompa. Selain itu juga untuk mengetahui kavitas yang terjadi dalam sistem pompa atau tidak. Batasan masalah dalam penelitian ini hanya membahas pada evaluasi unjuk kerja yang dihasilkan pompa 4b suplai (Avtur) di Integreted Terminal Pt Pertamina Patra Niaga Wayame Ambon.

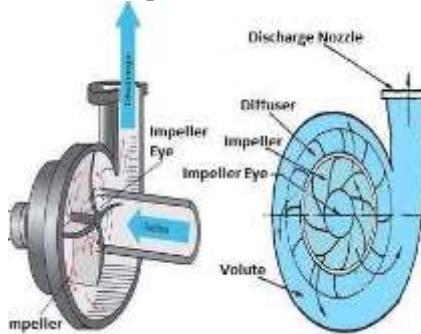
## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### Defenisi pompa

Pompa adalah mesin atau alat yang berfungsi memindahkan fluida dari satu tempat ke tempat yang lain dengan mengandalkan kenaikan tekanan *Head*. Pompa merubah energy mekanik dari poros yang terhubung ke motor menjadi energy kinetic sehingga dapat memindahkan fluida ke tempat yang ingin dituju. Beberapa penulis menyebut pompa sebagai alat penyerap energy karena energy disupplai ke pompa, dan melalui poros yang berputar. Peningkatan energy fluida biasanya dirasakan sebagai peningkatan tekanan fluida. Pada dasarnya prinsip kerja pompa adalah membuat tekanan rendah pada sisi hisap, sehingga fluida akan terhisap masuk dan mengeluarkannya pada sisi tekan atau sisi keluar dengan tekanan yang lebih tinggi, semua itu dilakukan dengan menggunakan elemen penggerak pompa yaitu *impeller*, *plunger* atau torak. Untuk bekerja pompa membutuhkan energi yang diperoleh dari luar yang biasa diperoleh dari motor listrik atau motor bakar (Gusniar, 2015). Pompa secara umum dapat diklasifikasikan menjadi 2 jenis yaitu; Pompa perpindahan positif (*positive-displacement pump*) dan Pompa dinamis (*dynamic pump*).

Pompa sentrifugal merupakan salah satu pompa berjenis dinamis. Pompa sentrifugal menggunakan impeller sebagai *suction* dan *discharge* fluida. Impeller dihubungkan menggunakan poros ke motor penggerak. Motor penggerak memutar poros impeller untuk menghasilkan tekanan *Head* untuk

memindahkan fluida dari satu tempat ke tempat yang lain. Adapun jenis pompa yang digunakan dalam suplai avtur memiliki spesifikasi; bertipe sentrifugal dengan jumlah suku impeller 6 (genap). Berkecepatan 1500 rpm dengan kapasitas 750 liter per menit.



**Gambar.1 Prinsip kerja pompa sentrifugal**

Sumber : <https://qph.cf2.quoracdn.net/main-qimg-d2f879f77c58595867e144b7d78f1373-lq>

Evaluasi unjuk kerja pompa

1. Kapasitas Pompa

Kapasitas pompa merupakan banyaknya volume yang dapat dipindahkan oleh pompa dalam satuan waktu. Dinyatakan dengan rumus berikut :  $Q = V \cdot A$

Dimana : Q = kapasitas; A = luas penampang; dan V = kecepatan alir

2. Kecepatan aliran

Kecepatan aliran adalah laju suatu fluida yang mengalir dalam satuan waktu. Dinyatakan dengan rumus berikut :  $V = \frac{Q}{0,25 \times \pi \times D^2}$

Dimana: Q = kapasitas; D = diameter pipa

3. Head pompa

Head adalah energy per satuan berat yang dibutuhkan agar dapat memindahkan fluida dari satu tempat ke tempat yang lain sesuai dengan tujuan penggunaan tertentu yang pada umumnya dinyatakan dalam satuan panjang. Dinyatakan dalam rumus berikut :

a. Head tekanan :  $h_p = \frac{P_{\text{discharge}} - P_{\text{suction}}}{\rho g}$

Dimana: Pd = tekanan dorong; Ps = tekanan hisap;  $\rho$  = massa jenis fluida; g = gaya gravitasi

b. Head kecepatan :  $h_v = \frac{v_d - v_s}{2g}$

Dimana: vd = kecepatan dorong; vs = kecepatan hisap; g = gaya gravitasi

c. Head total :  $H_p + H_v + H_l$

Dimana: Hp = head tekanan; Hv = head kecepatan; Hl = head loses

4. Head loss

Head losses terjadi akibat adanya turbulensi pada fluida dan gesekan fluida terhadap dinding pipa serta fitting di sepanjang jalur instalasi. Head losses terdiri atas major Head loss dan minor Head loss. Dinyatakan dengan rumus berikut :  $H_l = f \times \frac{l \times v^2}{d^2 g}$

Dimana: Hl = head loss; f = faktor gesekan; l = panjang pipa; d = diameter pipa; v = kecepatan aliran

5. Daya hidrolik pompa

Daya hidrolik pompa merupakan daya yang dihasilkan pompa untuk memindahkan fluida dan dinyatakan dalam satuan kW. Dinyatakan dengan rumus :  $N_h = \rho \times g \times Q \times H$

Dimana: Nh = daya hidrolik;  $\rho$  = massa jenis; g = gaya gravitasi; H = total head pompa

### 6. Daya pompa

$$a. \text{ Daya input : } NsH = V \times I \times \cos\theta$$

Dimana: NsH = daya input pompa; V = tegangan listrik; I = arus listrik; cosθ = faktor daya

$$b. \text{ Daya output : } WPH = \gamma \times Qr \times H$$

Dimana: WPH = daya output; γ = berat jenis fluida; Qr = kapasitas pompa; H = head total

### 7. Efisiensi

$$\text{Efisiensi Pompa} = \frac{WPH}{NsH} \times 100\%$$

Dimana; WPH = daya output; NsH = daya input

### 8. NPSH

NPSH merupakan jumlah energy yang ditransfer dari pompa ke dalam fluida agar pompa dapat bekerja secara normal.

#### a. NPSHa

NPSHa adalah nilai NPSH yang tersedia dalam sistem pompa. Dinyatakan dalam rumus berikut :

$$NPSHa = \frac{P_{atm}}{\gamma} - \frac{P_v}{\gamma} + H_{statis} - Hl_s$$

Dimana;  $P_{atm}$  = tekanan atmosfer;  $P_v$  = tekanan uap jenuh;  $\gamma$  = berat jenis fluida;  $H_s$  = head statis,  $Hl_s$  = head loss suction

#### b. NPSHr

NPSHr adalah nilai NPSH yang dibutuhkan pompa untuk bekerja secara normal. Dinyatakan dalam rumus berikut :  $HSVN = \sigma \times HN$

Dimana:  $\sigma$  = koefisien kavitas;  $HN$  = head total sepanjang pipa hisap

## 3. METODOLOGI

Metode yang dipakai dalam penelitian ini adalah kuantitatif dan pengumpulan data dilakukan secara observasi dan literatur. Data yang diperoleh dibagi menjadi dua yaitu :

#### a. Data primer

Data yang diperoleh langsung dari lapangan

**Table 1. spesifikasi instalasi pompa**

No	Aspek pompa	Pompa	Dynamo
1	Merek	Worthington	Brook Crompton
2	Model	2 50 504	ADF160L
3	Putaran	1500 rpm	2950 rpm
4	Jenis	Sentrifugal	3 phase dynamo
5	Tahun	1994	1994
6	Kapasitas	750 liter/menit	
7	Output		18,5 kW
8	Ampere		35 A
9	Voltage		380 V
10	Frequensi		50 Hz
11	Cosθ		0,9

*Sumber :Integreted Terminal PT Pertamina Patra Niaga Wayane Ambon*

**Table 2. data pipa dan produk avtur**

Diameter pipa hisap	6 in
Diameter pipa buang	8 in
Panjang pipa hisap	36,1 m
Panjang pipa buang	163,1 m
Massa jenis avtur	805 kg/m <sup>3</sup>
Temperature obs	25°C
Tekanan uap jenuh avtur	40 mmHg
Kecepatan Hisap	157,07 m/s
Kecepatan buang	308,76 m/s

*Sumber :Integreted Terminal PT Pertamina Patra Niaga Wayame Ambon*

### b. Data sekunder

Data yang diperoleh dari study pustaka dan literature

Variable yang dipakai dalam penelitian ini ada dua yaitu variable bebas dan variable terikat. Variabel bebas adalah *Head loss* pompa dan variabel terikat adalah daya *output* pompa dan nilai NPSH pompa.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan data pompa diketahui bahwa, pompa yang digunakan adalah pompa 4b produk avtur. Pompa berfungsi untuk mensuplai avtur dari tanki timbun ke filling sheed selain itu pompa hanya bekerja jika ada permintaan dari Depot Pengisian Pesawat Udara. Pompa mengalirkan fluida masuk melalui pipa baja 6 in dan keluar melewati pipa 8 in. kapasitas rata rata pompa 750 liter per menit. Proses analisis perhitungan

Perhitungan dan analisis di pisahkan menjadi dua, yaitu; pada kondisi awal pompa dan pada kondisi sekarang. Data hasil yang telah di analisis dan dihitung dapat di rangkum dalam table perbandingan berikut :

**Tabel 3. Tabel Hasil Evaluasi**

No	Factor pompa	Kondisi awal	Kondisi sekarang	Keterangan
1	<i>Head loss</i> total	0,526 m	0,654 m	Naik 0,128 m
2	<i>Head</i> total	17,75 m	17,88 m	Naik 0,13 m
3	Daya hidrolik pompa	1,75 kW	1,76 kW	Naik 0,01 kW
4	Daya <i>output</i> pompa	1,78 kW	1,79 kW	Naik 0,01 kW
5	Efisiensi pompa	14,87 %	14,95 %	Naik 0,08 %
6	NPSHa	5,47	5,42	Turun 0,05
7	NPSHr	4,37	4,36	Turun 0,01

Dari hasil evaluasi diketahui bahwa *head loss* mengalami kenaikan sebesar 0,128 m. *Head loss* yang pada kondisi awalnya hanya 0,526 m meningkat menjadi 0,654 m di kondisi sekarang. kenaikan *head loss* dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti umur instalasi pompa yang sudah lebih dari 15 tahun. Instalasi pompa mengalami peningkatan kekasaran akibat gesekan antar fluida yang mengendap

pada dinding-dinding pipa dan sambungan. Hal tersebut membuat koefisien gesek pipa juga ikut berubah dan menyebabkan peningkatan *head loss* total pipa.

*Head* total pipa juga ikut terpengaruh akibat kenaikan *head loss* pompa. Kenaikan *head* total pompa yang pada kondisi awalnya 17,75 m menjadi 17,88 m. peningkatan *head* total pompa mencapai 0,13 m atau 130 mm. hal ini disebabkan akibat adanya peningkatan *head loss* pompa.

Daya hidrolik pompa merupakan daya yang dikeluarkan pompa agar dapat memindahkan fluida. Daya hidrolik pompa juga terpengaruh akibat peningkatan peningkatan *head* total pompa sebesar 0,01 kW. Daya hidrolik pompa yang kondisi awalnya hanya 1,75 kW menjadi 1,76 kW, hal ini menyebabkan pompa mengeluarkan daya yang lebih besar 0,01 kW untuk memindahkan fluida.

Peningkatan *head* total pompa juga ikut mempengaruhi daya *output* pompa. Yang kondisi awalnya 1,78 kW menjadi 1,79 kW. Daya *output* pompa mengalami peningkatan sebesar 0,01 kW. Hal ini menyebabkan pompa harus mengonsumsi lebih banyak daya listrik sekitar 0,01 kW setiap pemakaian pompa.

Efisiensi pompa juga ikut mengalami peningkatan yang diakibatkan kenaikan daya *output* pompa. Peningkatan efisiensi pompa memang tidak terlalu signifikan. Diketahui bahwa peningkatan efisiensi pompa sebesar 0,08 %. Pada kondisi awal pompa memiliki efisiensi sebesar 14,87 % sedangkan pada kondisi sekarang pompa memiliki efisiensi sebesar 14,95 %. Dapat disimpulkan bahwa peningkatan daya pompa membuat pompa menjadi sedikit lebih efisien.

Nilai NPSHa pompa juga ikut terpengaruh akibat kenaikan *head loss*. Yang pada kondisi awalnya 5,47 menjadi 5,42 pada kondisi sekarang. Penurunan nilai NPSHa pompa menurun sebesar 0,05. Hal ini dapat terjadi akibat peningkatan *head loss* pompa yang menyebabkan NPSH yang tersedia dalam instalasi pompa menjadi berkurang.

Kenaikan *head loss* pompa juga berdampak pada penurunan nilai NPSHr pompa. Penurunan nilai NPSHr pompa yang awalnya 4,36 berkurang menjadi 4,35. Penurunan NPSH yang dibutuhkan pompa mencapai 0,01. Hal ini membuat pompa membutuhkan lebih banyak *Head Suction* untuk dapat beroperasi dengan normal.

Kavitas teridentifikasi jika nilai NPSH yang tersedia lebih kecil dari nilai NPSH yang dibutuhkan. Namun pada pompa 4b produk avtur di Integreted Terminal Pt Pertamina Patra Niaga Wayame Ambon tidak terjadi kavitas karena nilai NPSHa masih lebih besar dari nilai NPSHr yaitu : 5,42 > 4,37. Dapat disimpulkan bahwa pompa masih bekerja dengan baik dan tidak perlu diganti.

## 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

1. Pompa 4b produk avtur di INTEGRETED TERMINAL PT PERTAMINA PATRA NIAGA WAYAME AMBON mengalami kenaikan Total *Head loss* sebesar 0,13 m, hal ini wajar dikarenakan umur instalasi pompa yang sudah lebih dari 10 tahun.
2. Kenaikan *Head loss* mempengaruhi daya pompa sebesar 0,01 kW. Hal ini menyebabkan pompa membutuhkan lebih banyak daya 100 watt tiap pemakaian.
3. Nilai NPSH yang tersedia naik sebesar 0,05 sedangkan nilai NPSH yang dibutuhkan naik sebesar 0,01. Hal ini dipengaruhi oleh kenaikan total *Head loss* pada pompa.
4. Penurunan NPSH tidak menyebabkan kavitas pada *impeller* pompa karena nilai NPSH yang tersedia lebih besar dari nilai NPSH yang dibutuhkan pompa yaitu 5,42 > 4,37. Maka pompa masih bekerja dengan baik.

### 5.2 Saran

1. INTEGRETED TERMINAL PT PERTAMINA PATRA NIAGA WAYAME AMBON harus tetap memperhatikan dan meningkatkan jadwal pemeliharaan dan inspeksi. Ditinjau bahwa pompa juga sudah bekerja lebih dari 10 tahun.

2. Pompa 4b produk avtur di INTEGRATED TERMINAL PT PERTAMINA PATRA NIAGA WAYAME AMBON masih bekerja dengan baik jadi tidak perlu diganti.
3. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan dapat memfokuskan pada rangkaian instalasi pada pompa ditinjau dari umur instalasi yang sudah cukup lama.

## Referensi

- Cimbala, Y. A. (2014). Fluid Mechanic; dalam Fundamentals and Application (hal. 3<sup>rd</sup> ed). New York: McGraw-Hill Companies.
- Agung Wahyudi (2016). "Analisis Performansi Pompa Sentrifugal Penyalur Minyak Mentah Dari Km 265 Ke Km 139 Pada Jalur Transmisi Tempino – Plajuulistiyyon". Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- Cantona, P., MariaStevanieDwi, A., Abadi, C.S., & Syujak, M. (2019). Analisis Head loss dan Kavitas dari Rangkaian Pompa Sentrifugal Ebara di PT. PBI.
- Gusniar, I.N. (2015). OPTIMALISASI SISTEM PERAWATAN POMPA SENTRIFUGAL DI UNIT UTILITY PT.ABC.
- Masyudi, Masyudi & Zayadi, Ahmad. (2019). Uji Fungsi Dan Karakterisasi Pompa Sentrifugal. Jurnal Ilmiah Giga. 17. 94. 10.47313/jig.v17i2.544.
- Muis, A. (2019). KARAKTERISTIK KAVITASI PADA POMPA SENTRIFUGAL. Jurnal MEKANIKAL Ranggatama, G., Pranoto, H., Studi, P., Mesin, T., Teknik, F., Mercu, U., & Jakarta, B. (2020). Analisis Perancangan Pompa Sentrifugal pada Perancangan Shower Tester Booth di PT X Program Studi Teknik Mesin , Fakultas Teknik , Universitas Mercu Buana Jakarta. 09(2).
- Rosid, Rosid & Sumarjo, Jojo. (2017). ANALISA SIMULASI KERUSAKAN IMPELLER PADA POMPA SENTRIFUGAL AKIBAT KAVITAS. Jurnal Teknologi.
- Saidah, A. (2017). ANALISA UNJUK KERJA POMPA MINYAK (POMPA BONGKAR KARGO) PADA MT. ACCORD.
- Tornando, Trendy (2020) ANALISA PENGARUH VARIASI KECEPATAN PUTARAN POMPAPADA PERANCANGAN ALAT UJI POMPA TUNGGAL, SERI DAN PARALEL. Skripsi thesis, Pancasakty University.
- Kusniawati, E., Anggraini, I., & Saputra, R. (2021, July 30). A ANALISIS KARAKTERISTIK KATALIS PERTAMINA UNTUK PROSES HYDROTREATING KEROSIN MENJADI AVTUR. Jurnal Teknik Patra Akademika, 12(01), 4-12.
- Tahara, s. &. (2000). Pompa & Kompresor: pemilihan, pemakaian, dan pemeliharaan. Jakarta: PT. Prandy Paramita.
- Azzahra. (2022). Evaluasi Kinerja Pompa Sentrifugal Kali Solo 2 No. 1 di Unit Water Treatment PPSDM Migas Cepu.
- Rusman Effendy (2022). Analisis Daya dan Efisiensi Pompa Sentrifugal Produk Pertalite Pada PT Pertamina Wayame Ambon.
- Marfizal (2019 ,9 may) mekanika fluida 2 pertemuan 3 diunduh dari : <https://www.slideshare.net/PutraVanAndalas/mekanika-fluida-2-pertemuan-3-okk>
- Fauzi susanto. (2006). Pengaruh Pembelokan (Elbow) Terhadap Kehilangan Energy Pada Saluran Pipa Galvanis