

Analisis performance pompa 42-P-301 A tandhem seal setelah di *aligment* pada area *oil movement* PT. XYZ

Juan Prima Yudhistira¹, Mualim Budi Cahyono¹, Rizki Ferdiansah¹, Mualam Budi Laksono¹, Ridho Firdaus¹, M. Ghani Fattah¹, Fajar Paundra^{1*}

¹Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknik Sumatera, Jl. Terusan Ryacudu, Way Huwi, Kec. Jati Agung, Kabupaten Lampung Selatan, Lampung, 35365 Indonesia

Penulis Korespondensi : fajar.paundra@ms.itera.ac.id

ABSTRAK

Pompa meningkatkan tekanan fluida. Ada tiga jenis: *positive displacement*, *dynamic (kinetic)*, dan *special effect*. Kavitasasi adalah penyebab performansi pompa menurun, terutama pada pompa sentrifugal. Dalam proses pengolahan minyak mentah, kinerja pompa memiliki peranan penting guna menyalurkan minyak mentah maupun produk ke tangki-tangki penampungan di PT XYZ Refinery Unit VI Balongan. Maka perlunya dilakukan analisis peforma pada pompa 42-P-301 A *tandhem seal* setelah di *aligment* pada area *Oil Movement*. Metode yang digunakan dalam analisis *performance* pompa 42-P-301 A adalah menggunakan proses perhitungan peritungan *actual* untuk membuktikan efisiensi. Data untuk riset diperoleh dari data *sheet* dan *log sheet* pompa 42-P-301A, termasuk Kapasitas/Debit (Q), *Suction Pressure* (Ps), *Discharge Pressure* (Pd), *Differential Head* (H), Daya Poros Pompa saat kapasitas maksimal (P), NPSHr, *Diameter Sunction* (ds) dan *Diameter Discharge* (dd). Didapatkan data parameter unjuk kerja dari pompa 42-P-301 A pada bulan Juni didapatkan *Head Suction* 9,624 m, *Head Discharge* 49,98 m, *Head* pompa 42,18 m, Daya pompa 967,45 watt, Daya fluida 781,64 watt, Efisiensi pompa 80,79%, NPSHa 9,19 m, dan Juli *Head Suction* 10,154 m, *Head Discharge* 43,98 m, *Head* pompa 43,10 m, Daya pompa 967,45 watt, Daya fluida 789,68 watt, Efisiensi pompa 82,55% dan NPSHa 9,06 m.

KATA KUNCI: *Peformace Pompa; Sentrifugal; Efisiensi; Head Loss*

1. PENDAHULUAN

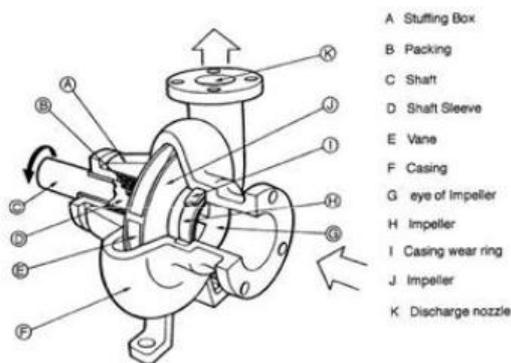
Pompa adalah sebuah mesin atau converter yang dapat merubah energi mekanik dari motor penggerak menjadi energi hidrodinamik aliran fluida [1]. Dengan adanya kenaikan tekanan fluida maka fluida dapat dipindahkan dari satu tempat ke tempat lain atau untuk menaikkan fluida dari level yang rendah ke level yang lebih tinggi [2]. Kenaikkan tekanan fluida sering juga diperlukan sebagai persyaratan untuk kebutuhan proses berikutnya dalam kilang [3]. Pompa dapat dikelompokkan berdasarkan tipe pompa dan cara kerja pompa. Berdasarkan cara kerjanya, pompa dikelompokkan menjadi tiga yaitu pompa *positive displacement*, pompa *dynamic (kinetic)* dan pompa *special effect* [4].

Pompa sentrifugal merupakan salah satu jenis pompa *dynamic* [5]. Pompa bekerja dengan cara mengubah energi mekanis menjadi energi kinetis, kemudian fluida diarahkan kesaluran buang dengan memakai tekanan (energi kinetis sebagian fluida diubah menjadi energi tekanan) dengan menggunakan *impeller* yang berputar di dalam *casing* [6]. *Impeller* pada pompa sentrifugal adalah suatu bagian yang mengubah energi mekanik (energi pada sudu-sudu *impeller*) diteruskan kepada daya pompa dan akibat adanya efisiensi (adanya

kerugian gesekan cairan) karena perubahan arah aliran pada sudu-sudu *impeller* [7]. Pada bagian sudu ini terjadinya gaya sentrifugal yang menyebabkan fluida keluar menjauhi titik pusat aliran [8]. Setelah keluar dari *impeller*, fluida akan mengalir dan ditampung pada saluran berbentuk spiral (*volute*) kemudian sebagian kecepatan aliran dirubah menjadi tekanan keluaran (*discharge pressure*). Jadi didalam *impeller*, fluida mengalami kenaikan *kinetic* [9].

Turunnya performansi pompa secara tiba-tiba dan ketidakstabilan dalam operasi sering menjadi masalah yang serius dan mengganggu kinerja *system* secara keseluruhan [10]. Salah satu indikasi penyebab turunnya performansi pompa adalah apa yang dikenal sebagai peristiwa kavitasasi (*cavitation*), dan menjadi ancaman serius pada pengoperasian pompa sentrifugal [11]. Kapatasi adalah peristiwa terbentuknya gelembung-gelembung uap di dalam cairan yang dipompa akibat turunnya tekanan cairan sampai di bawah tekanan uap jenuh cairan pada suhu operasi pompa, gelombang uap yang terbentuk dalam proses ini mempunyai siklus yang sangat singkat [12].

Bagian-bagian utama pompa *centrifugal* secara umum dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 1. Bagian-bagian pompa sentrifugal

PT. xyz merupakan kilang keenam dari tujuh kilang Direktorat Pengolahan PT. xyz (Persero) dengan kegiatan bisnis utamanya adalah mengolah minyak mentah (*Crude Oil*) menjadi produk-produk BBM (Bahan Bakar Minyak), Non BBM dan Petrokimia.

Unit VI Balongan merupakan kilang yang dirancang untuk mengolah minyak mentah jenis Duri sebesar 80% [13]. Kualitas yang rendah dari *crude oil* dapat terlihat diantaranya dari kandungan residu yang sangat tinggi mencapai 78%, kandungan logam berat dan karbon serta nitrogen yang juga tinggi. Teknologi kilang yang dimiliki di dalam negeri sebelum adanya kilang Balongan tidak mampu mengolah secara efektif dalam jumlah besar. Saat ini *feed* yang digunakan pada Refinery Unit VI Balongan merupakan campuran *crude oil* Duri dan Minas dengan perbandingan 80:20.

Dalam proses pengolahan minyak mentah, kinerja pompa memiliki peranan penting guna menyalurkan minyak mentah maupun produk ke tangki-tangki penampungan di PT XYZ Refinery Unit VI Balongan [14]. Maka perlunya dilakukan analisis performa pada pompa 42-P-301 A *tandhem seal* setelah di *alignment* pada area *Oil Movement*.

Dasar pemikiran didirikannya Refinery Unit VI Balongan adalah untuk memenuhi kebutuhan BBM. Tetapi terdapat alasan lain yang dirasa penting dalam pendirian tersebut, diantaranya yaitu:

- Pemecahan permasalahan minyak mentah (*Crude Oil*) Duri [15].
- Antisipasi kebutuhan produk BBM nasional, regional, dan internasional.

2. METODE

Metode yang digunakan dalam analisis *performance* pompa 42-P-301 A adalah menggunakan proses perhitungan peritungan *actual* untuk membuktikan efisiensi, untuk data yang lainnya dan juga hasilnya dapat dilihat pada *table*. Berikut adalah perhitungannya:

1. Head Suction (Hs)

$$H_s = \frac{p_s}{\rho \cdot g} = \frac{p_a}{\rho \cdot g} + z_s - h_{ls} - \frac{v_s^2}{2g} \quad (1)$$

Dalam hal ini diasumsikan

- Tekanan atmosfer
 $p_a = 1 \text{ atm} = 101,325 \text{ N/m}^2$
- Berdasarkan data spesifikasi pompa selisih

ketinggian *suction* dan *discharge* (Y) adalah

$$y = 0$$

Kecepatan aliran pada *suction* (v_s):

$$v_s = \frac{4V}{\pi d_s^2} \quad (2)$$

$$v_s = \frac{4(1,889)}{\pi(0,9)^2} = 2,971 \text{ m/s}$$

Kecepatan aliran pada *discharge* (v_d):

$$v_d = \frac{d_s^2}{d_d^2} \times v_s \quad (3)$$

$$v_d = \frac{(0,9)^2}{(0,6)^2} \times 2,971 = 6,685 \text{ m/s}$$

Bilangan *Reynold* (Re):

Dimana $\mu_{air} = 10^{-3} \text{ kg/(m.s)}$

$$Re = \frac{\rho v_s d_s}{\mu} \quad (4)$$

$$Re = \frac{1000(2,971)0,9}{10^{-3}} \Leftrightarrow Re = 2.673.900 = 2,6739 \times 10^6$$

Kekasaran *relative* (ϵ):

$$(\epsilon) = 0,00005$$

Factor Gesekan (f):

$$Re = 2,6739 \times 10^6 \text{ dan } \epsilon = 0,00005$$

Di dapat :

$$f = 0,0155$$

Rugi-rugi pada pipa *suction* (hlp)

$$h_{lp} = f \frac{L_s v_s^2}{d_s 2g} \quad (5)$$

$$h_{lp} = (0,0155) \frac{6,85(2,971)^2}{(0,9)2(9,81)} \Leftrightarrow h_{lp} = 0,053 \text{ m}$$

rugi-rugi pada katup/*valve* & *fitting* (hlf):

$$h_{lf} = n \cdot k \frac{v_s^2}{2g} \quad (6)$$

Nilai koefisien gesek *valve* (k_v)

$$k_v = 5,5$$

Nilai koefisien gesek *strainer* (k_s)

$$k_s = 0,13$$

Nilai koefisien gesek *elbow* (k_e)

$$k_e = 0,156$$

Maka rugi-rugi pada katup/*valve* dan *fitting* (hlf)

1 buah *flanged globe valve* $\phi 36''$

$$= (1)(5,5) \frac{(2,971)^2}{2(9,81)} = 2,474$$

1 buah *basket strainer* $\phi 36''$

$$= (1)(0,13) \frac{(2,971)^2}{2(9,81)} = 0,058$$

1 buah *regular flanged elbow* $\phi 36''$

$$= (1)(0,156) \frac{(2,971)^2}{2(9,81)} = 0,070$$

$$h_{lf} = 2,602 \text{ m}$$

head loss pada *suction* (hls):

$$H_s = h_{lp} + h_{lf} \quad (7)$$

$$h_{ls} = 0,053 + 2,602 \Leftrightarrow h_{ls} = 2,655 \text{ m}$$

sehingga *head suction*:

$$H_s = \left(\frac{p_a}{\rho g} + z_s - h_{ls} - \frac{v_s^2}{2g} \right) \quad (8)$$

$$H_s = \left(\frac{101,325}{1000(9,81)} + 2,4 - 2,655 - \frac{(2,971)^2}{2(9,81)} \right)$$

$$\Leftrightarrow H_s = 9,624 \text{ m}$$

Tekanan *suction* (p_s):

$$p_s = H_s \cdot \rho \cdot g \quad (9)$$

$$p_s = (9,624)1000(9,81)$$

$$\Leftrightarrow p_s = 94,411,44 \text{ N/m}^2$$

2. Head Discharge (Hd) :

$$H_d = \frac{p_d}{\rho g} \quad (10)$$

$$H_d = \frac{490.332,5}{1000(9,81)} \Leftrightarrow H_d = 49,98 \text{ m}$$

3. Total Head Pompa (H)

$$H = (H_d - H_s) + Y + \left(\frac{v_d^2 - v_s^2}{2 \cdot g} \right)$$

$$H = (49,98 - 9,624) + 0 + \left(\frac{(6,685)^2 - (2,971)^2}{2 \cdot g} \right)$$

$$\Leftrightarrow H = 42,18 \text{ m}$$

4. Daya pompa motor (p_m)

$$p_m = E \cdot I \cdot \cos\phi \cdot \eta_{motor} \cdot \sqrt{3} \quad (11)$$

$$p_m = (3000) \cdot (260) \cdot (0,77) \cdot (0,93) \cdot \sqrt{3} \Leftrightarrow p_m = 967.451 \text{ w}$$

5. Daya Fluida (p_f)

$$p_f = \rho \cdot g \cdot H \cdot v \quad (12)$$

$$p_f = (1000)9,81(42,18) \cdot 1,889 \Leftrightarrow p_f = 781.641 \text{ w}$$

6. Efisiensi Pompa (η)

$$\eta = \frac{p_f}{p_m} \cdot 100\% \quad (13)$$

$$\eta = \frac{781.641}{967.451} \cdot 100\% \Leftrightarrow \eta = 80,79\%$$

7. NPSHa

$$NPSHa = \frac{p_s}{\rho g} - \frac{p_v}{\rho g} \quad (14)$$

$$T = 31,44^\circ\text{C} \Leftrightarrow p_v = \dots (\text{interpolasi})$$

Tabel 1. Data temperatur dan P_v

T	p _v
30	0.0432
31.44	p _v
32	0,0435

$$p_v = 0.0432 + \left(\frac{31.44 - 30}{32 - 30} \right) X(0.0435 - 0.0432)$$

$$\Leftrightarrow p_v = 0.043416 \text{ kg/cm}^2 = 4.257.66 \text{ N/m}^2$$

$$NPSHa = \frac{94.411.44}{1000(9.81)} - \frac{4.257.66}{1000(9.81)} \Leftrightarrow NPSHa = 9.19 \text{ m}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Teknis Pompa 42-P-301 A

Pompa yang akan dibahas disini adalah pompa sentrifugal dengan tipe 42-P-301 A dimana pompa ini berfungsi untuk memompa Minas *crude oil* ke tanki di unit 42 Pompa 42-P-301 A/B merupakan dua buah pompa yang identik, identik disini artinya memiliki

spesifikasi dan fungsi yang sama. Sedangkan penulis akan menganalisa satu pompa saja. Dalam operasinya harus ada pompa yang berperan sebagai spare atau cadangan untuk mengantisipasi jika sewaktu waktu pompa yang sedang bekerja rusak. Arti penomoran 42-P-301 A, sebagai berikut:

- a. 42 menunjukkan unit tempat pompa tersebut dipasang dimana unit 42 ini bekerja pada unit 42-P-301 A.
- b. P menunjukkan bahwa peralatan jenis tersebut adalah pompa.
- c. 301 menunjukkan nomor urut dari peralatan.
- d. A/B menunjukkan bahwa peralatan tersebut terdiri dari dua unit yaitu unit A dan B yang bekerja saling bergantian jika salah satunya mengalami kerusakan.

Secara garis besar pompa 42-P-301 A memiliki data teknis dan spesifikasi sebagai berikut:

- Ukuran/tipe : 10 x 28 HVC
- Serial No : PHI-27609
- Tag. No : 42-P-301 A
- Manufacture : SHIN NIPPON MACHINERY
- Servis : GASOLINE LOADING PUMP
- Fluida : GASOLINE
- Kapasitas normal : 0
- Kapasitas rata-rata : 100 m³/hr
- Suction pressure : -0,2 kg/cm²
- Discharge pressure : 11.2 kg/cm²
- Efisiensi : 77 %
- Motor : 1480 rpm



Gambar 2. Data Spesifikasi Pompa 42-P-301 A

3.2 Data sheet pompa sentrifugal 42-P-301

Data sheet merupakan data standar yang dibutuhkan users dengan kemampuan pabrik terhadap *equipment* tersebut dan data sheet kumpulan data spesifikasi, material, dan dimensi.

Tabel 2. Data sheet pompa 42-P-301A

Parameter	Desain
Manufacturing	SHIN NIPPON MACHINERY
Kapasitas/Debit (Q)	1000 m ³ /jam
Suction Pressure (P _s)	-0,2 kg/cm ² G
Discharge Pressure (P _d)	11,2 kg/cm ² G
Differential Head (H)	154,1 m
Daya Poros Pompa saat kapasitas maksimal (P)	450 Kw
NPSHr	42 m
Diameter Suction (d _s)	12 inch

Diameter <i>Discharge</i> (d_d)	10 inch
-------------------------------------	---------

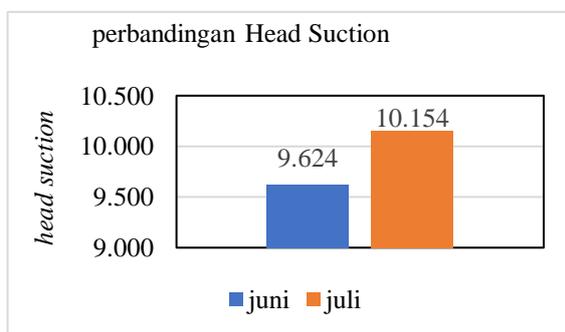
3.3 Log Sheet pompa 42-P-301 A

Log Sheet adalah buku kumpulan pengisian parameter (data actual lapangan) dari pompa sentrifugal yang harus diisi oleh operator untuk mengontrol kondisi pompa setiap hari. Dibawah ini adalah log sheet yang diambil dalam 4 kali pengamatan dan diolah

Tabel 3. *log Sheet Pompa 42-P-301 A*

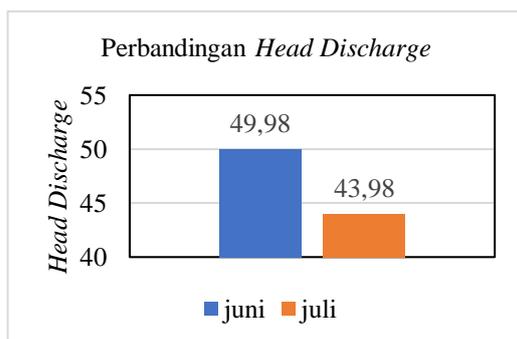
Parameter	Desain
Kuat Arus I	260 A
Laju aliran volume v	$6800 = 1,889 \text{ m}^3/\text{s}$
Tekanan keluar pompa/ <i>discharge</i>	$490.332,5 \text{ N/m}^2$
Temperature fluida T	$31,44 \text{ }^\circ\text{C}$

3.4 Analisis Hasil Perhitungan



Gambar 3. Perbandingan *Head Suction*

Berdasarkan hasil perhitungan di atas diperoleh *Head Suction* 42-P- 301 A dari data actual pada bulan juni lebih rendah dari *Head Suction* pada perhitungan pada bulan juli. Dimana penurunan actual pada bulan juni yaitu 9.624 m dan efisiensi pada bulan juli 2023 10.154 m .

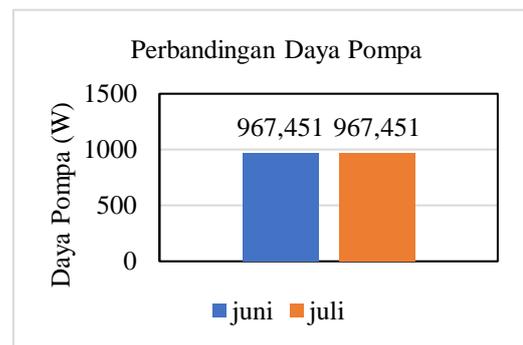


Gambar 4. Perbandingan *Head Discharge*

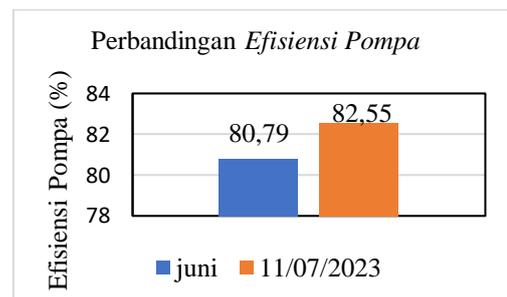
Berdasarkan hasil perhitungan di atas diperoleh *Head Discharge* 42-P- 301 A dari data actual pada bulan Juli lebih tinggi dari *Head Discharge* pada perhitungan pada bulan juni. Dimana kenaikan actual pada bulan july yaitu 49.98 m dan efisiensi pada bulan juni yaitu $43,98 \text{ m}$.

Berdasarkan hasil perhitungan di atas diperoleh Daya Pompa 42-P- 301 A dari data actual pada bulan juni seimbang dari Daya Pompa pada perhitungan pada bulan juli. Dimana seimbang actual pada bulan juni

yaitu 967.451 w dan efisiensi pada bulan juli yaitu 967.451 w



Gambar 5. Perbandingan Daya Pompa



Gambar 6. Efisiensi Pompa

Berdasarkan hasil perhitungan di atas diperoleh efisiensi pompa 42-P- 301 A dari data actual pada bulan juni lebih rendah dari pada perhitungan efisiensi pompa pada bulan juli. Dimana penurunan efisiensi actual pada bulan juni yaitu $80,79\%$ dan efisiensi pada bulan juli 2023 $82,55\%$.

4. KESIMPULAN

- Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan data parameter unjuk kerja dari pompa 42-P-301 A sebagai berikut.

Tabel 4. Hasil Perhitungan performa pompa 42-P-301 A pada bulan Juni dan July 2023

NO	Parameter Unjuk Kerja	Tanggal <i>log sheet</i> pompa	
		Juni	July
1.	<i>Head Suction</i> (m)	9,624	10,154
2.	<i>Head Discharge</i> (m)	49,98	43,98
3.	Total <i>Head</i> Pompa (m)	42,18	43,10
4.	Daya Pompa (w)	967,457	967,457
5.	Daya Fluida (w)	781,641	789,689
6.	Efisiensi Pompa (%)	80,79	82,55
7.	NPSHa	9,19	9,06

- Performance* pompa motor 42-P 301 A meningkat dari bulan Juni ke Juli tahun 2023.
- Meskipun terjadi penurunan efisiensi, *performance* pompa motor 42-P 301 pada Juni dan Juli 2023 masih baik.

d. Penurunan efisiensi pompa disebabkan oleh kerugian internal, seperti gesekan *impeller* dengan fluida, dan kapasitas operasional yang rendah dibanding kapasitas normalnya.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kepada PT. xyz *Refinery* Unit VI Balongan yang telah memberikan izin kepada penulis untuk melakukan kerja praktik di perusahaannya, dan ucapan terimakasih kepada Bapak Maman Faturahman, selaku pembimbing di PT. xyz *Refinery* Unit VI Balongan yang telah mengajari, membimbing, dan memberi masukan bagi penulis dalam pengerjaan laporan ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. D. Said jabair, "Analisis kinerja pompa sentrifugal dengan lakukan Resurfacing," *jurnal ilmiah program studi magister teknik mesin*, p. vol 13 no 3, 2023.
- [2] A. N. A. F. M. A. M. A. M. Y. K. S. F. P. P. E. Rene hario galih, "Compressor Valve Maintenance on CC 205 UPT Locomotive Depot Divre IV," *Journal of Industrial and Mechanical Engineering*, pp. 53-58, 2023.
- [3] Y. B. P. E. Fajar Paundra, "Metode Perawatan Dan Perbaikan Mesin Creeper Di Pabrik Pengolah Karet PT. Perkebunan Nusantara VII Unit Rejosari," *Perwira Journal of Sains & Engineering (PJSE)*, Vol. 3 (1), pp. 11-14, 2023.
- [4] M. R. m. Mela Rizki Angraini, "Analisis Kebutuhan Debit air Di Gedung C RSDU Kota Bukittinggi," *Jurnal Teknik Mesin*, pp. volume 14, No. 2, 2021.
- [5] R. Aan fakhruuddin, "Analisa Penyebab Kerusakan pada Impeller Pompa Sentrifugal dengan Menggunakan Metode Failure Mode Effects Analysis (FMEA) di PT. Meskom Agro Sarimas," *Jurnal Transmisi*, no. 6 Oktober 2020, p. TRANMISI volume 16 No. 2, 2020.
- [6] H. P. Gatit Rangatama, "Analisa Perancang Pompa Sentrifugal pada Perancangan Shower Tester Booth Di PT X," *Jurnal Teknik Mesin*. 09(2), pp. 88-95, 2020.
- [7] I. M. S. Darto, "Analisi Kinerja Geometrik Impeller Pompa Sentrifugal Berbasis Perangkat Lunak," *Transmisi*, pp. 87-94, 2017.
- [8] B. D. L. Angky Puspawan, "Analisa Head Losses dan Efisiensi Pompa Sentrifugal Vogel dari Instalasi Menara Pendingin ke Penampung Utama," *J. Inersia*. 14(2), pp. 117-125, 2022.
- [9] S. Hariady, "ANALISA KERUSAKAN pompa sentrifugal 53-101c WTU sungai gerong PT. Pertamina RU III plaju," *Jurnal Desiminasi Teknologi*, no. januari 2014, pp. Volume 2, No. 1, 2014.
- [10] N. H. F. P. Yudi Kurniawan, "Analisis Perbandingan Penggunaan Baut Cylinder Head New dan Reuse Unit Ford Ranger 2.5L Terhadap Pengujian Tarik," *Jurnal Alat Berat*, pp. 25-32, 2024.
- [11] M. R. A. D. A. D. M. A. F. A. S. M. K. F. P. Firman Sri Bagaskara, "Perawatan Mesin Alat Berat Wheel Loader PT. XYZ," *Jurnal Teknik Mesin*, Vol. 20, No. 1, pp. 18-23, 2023.
- [12] J. S. rosid, "Analisis Simulasi Kerusakan Impeller Pada Pompa Sentrifugal Akibat kavatasi," *jurnal mesin Teknologi (SINTEK Jurnal)*, no. 1 Desember 2017, pp. Volume 11, No. 2, 2017.
- [13] M. F. S. D. A. W. R. H. N. D. A. A. M. F. A. F. P. Ahmad Aldi Fatrullah, "PERAWATAN CHAIN AND SCRAPER BUCKET SYSTEM PADA RECLAIMER LIMESTONE DI PERUSAHAAN SEMEN," *TRAKSI (Majalah Ilmiah Teknik Mesin)*. 10(10), pp. 1-8, 2023.
- [14] A. N. A. F. M. A. M. A. M. Y. K. S. F. P. P. E. Rene hario galih, "Compressor Valve Maintenance on CC 205 UPT Locomotive Depot Divre IV Tanjung Karang.," *Journal of Industrial and Mechanical Engineering*, pp. 53-58, 2023.
- [15] A. I. H. Maya Eria Br sinurat, "joseANALISIS POLA SEBARAN TUMPAHAN MINYAK MENTAH (CRUDE OIL) DENGAN PENDEKATAN MODEL HIDRODINAMIKA DAN SPILL ANALYSIS DI PERAIRAN BALONGAN, INDRAMAYU, JAWA BARAT," *Jurnal oseanografi*, Vols. Volume 5, No. 2, pp. 218-226, 2016.
- [16] A. h. D. S. Y. o. C. S. J. M. Miza Nina Adlini, "Metode Penelitian Kualitatif Studi Pustaka," *Jurnal Pendidikan*, Vols. Volume 6, No. 1, no. 1 Maret 2022, pp. 974-980, 2022.