

---

# Perencanaan Perawatan Pompa Distribusi I pada Unit *Water Treatment Plant* Berdasarkan Metode Ismo

Sonden Winarto  
PPSDM MIGAS, Cepu

## INFORMASI NASKAH

Diterima : 4 Mei 2023  
Direvisi : 19 Juni 2023  
Disetujui : 26 Juni 2023  
Terbit : 30 Juni 2023

Email korespondensi:  
[sonden.winarto@esdm.go.id](mailto:sonden.winarto@esdm.go.id)

Laman daring:  
[https://doi.org/10.37525/  
mz/2023-1/448](https://doi.org/10.37525/mz/2023-1/448)

## ABSTRAK

Pompa Distribusi I memiliki peran vital di unit *Water Treatment Plant* PPSDM MIGAS. Oleh karena itu dibutuhkan perawatan yang tepat untuk mencegah terjadinya kegagalan kerja pompa. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sistem perawatan terkini dari Pompa Distribusi I serta merumuskan jadwal, kegiatan dan biaya perawatan Pompa Distribusi I dengan menggunakan metode ISMO. Kegiatan perawatan dengan menggunakan sistem ISMO memerlukan sembilan kali *inspection*, enam kali *small repair*, dua kali *medium repair*, dan satu kali *overhaul*. Siklus perawatan dilaksanakan 3 bulan sekali selama periode tahun 2021-2025. Estimasi biaya perawatan masing-masing sebesar Rp. 115,000 untuk *inspection*, Rp. 465,000 untuk *small repair*, Rp. 1,305,000 untuk *medium repair* dan Rp. 3,435,000 untuk *overhaul*.

**Kata Kunci** : pompa, perawatan, ISMO

## ABSTRACT

*The Distribution Pump I has a vital role in the MIGAS PPSDM Water Treatment Plant unit. Therefore proper maintenance is needed to prevent pump failure. This study aims to determine the latest maintenance system for Distribution Pump I and to formulate schedules, activities and maintenance costs for Distribution Pump I using the ISMO method. Maintenance activities using the ISMO system require nine inspections, six small repairs, two medium repairs, and one overhaul. The maintenance cycle is carried out every 3 months during the 2021-2025 period. Estimated maintenance costs Rp. 115,000 for inspection, Rp. 465,000 for small repairs, Rp. 1,305,000 for medium repair, and Rp. 3,435,000 for overhauls.*

**Keywords :** pump, maintenance, ISMO

## PENDAHULUAN

Salah satu fasilitas PPSDM MIGAS yang memiliki peran penting yaitu unit *water treatment plant* (WTP). Unit ini berfungsi mengolah air baku dari sumber air di Sungai Bengawan Solo menjadi air yang siap pakai untuk kebutuhan air bersih (sanitasi) dan air industri (air pendingin, kilang, umpan boiler, pembangkit listrik, dan pemadam kebakaran. Air bersih hasil olahan WTP tidak hanya digunakan di lingkungan perkantoran PPSDM MIGAS tetapi juga digunakan untuk rumah tangga, industri, perkantoran, kolam renang, rumah sakit, wisma/asrama PPSDM MIGAS, dan kebutuhan lainnya. Konsumen yang beragam dan tersebar di seluruh Cepu mengakibatkan proses distribusi air sangat vital perannya untuk menjamin kepuasan konsumen dalam menikmati air bersih.

Pompa distribusi memiliki peranan krusial sebagai alat untuk mengalirkan air bersih melalui pipa-pipa yang menuju langsung ke konsumen. Untuk memastikan kinerja yang baik, perlu dilakukan perawatan yang terencana sehingga dapat mendeteksi sedini mungkin kerusakan yang terjadi serta mencegah terjadinya kegagalan kerja dari pompa.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahapan yaitu :

a. Pengumpulan data primer

Penelusuran pustaka yang berkaitan dengan teori teori ISMO dan Spesifikasi yang terpasang.

b. Analisa Data

Analisa dilakukan terhadap data yang di peroleh dari pengamatan data primer.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dalam artikel ini, kami akan membahas hasil penelitian mengenai pompa sentrifugal secara khusus, metode ISMO *maintenance* secara khusus, serta biaya perawatan.

### A. Pompa

Pompa adalah mesin atau peralatan mekanis yang digunakan untuk memindahkan cairan atau fluida dari suatu tempat ke tempat yang lain dan juga sebagai penguat laju aliran pada suatu sistem jaringan perpipaan. Hal ini dapat dicapai dengan membuat suatu tekanan yang rendah pada sisi masuk (*suction*) dan tekanan tinggi pada sisi keluar (*discharge*) dari pompa.

Pemindahan ini dapat juga dimaksudkan untuk membawa bahan yang akan diolah dari sumber dimana bahan itu diperoleh. Kita tahu bahwa cairan dari tempat yang lebih tinggi akan sendirinya mengalir ke tempat yang lebih rendah, tetapi jika sebaliknya maka perlu dilakukan usaha untuk memindahkan atau menaikkan fluida, peralatan yang lazim digunakan adalah pompa.

Pada umumnya pompa digerakkan oleh motor, mesin, atau sejenisnya. Banyak faktor yang menyebabkan jenis dan ukuran pompa serta bahan pembuatnya berbeda, antara lain jenis dan jumlah, bahan cairan, tinggi dan jarak pengangkutan, serta tekanan yang diperlukan.

Selain dengan menggunakan motor listrik, terlebih pada pompa berkapasitas besar, pompa dapat juga digerakkan dengan menggunakan turbin uap ataupun mesin diesel sebagai penggerak pompa. Kedua mesin penggerak ini dipilih karena mempunyai daya yang besar sehingga mampu untuk menunjang kapasitas pompa yang juga besar.

**B. Pompa sentrifugal**

Pompa sentrifugal merupakan pompa yang menggunakan *impeller* sebagai penggerak utama. *Impeller* yang dipasang pada salah satu ujung poros dan pada ujung yang lain dipasang kopling untuk meneruskan daya dari penggerak. Geometri *impeller* didesain sedemikian sehingga putaran *impeller* menyebabkan aliran fluida yang keluar dari pompa akan membentuk aliran yang tegak lurus terhadap poros pompa. Pada pompa sentrifugal terdapat *mechanical seal* yang digunakan untuk mencegah kebocoran fluida keluar atau udara masuk ke dalam pompa.

**C. Prinsip Kerja Pompa Sentrifugal**

Prinsip kerja pompa ini adalah fluida memasuki nosel pada sisi masuk menuju titik tengah *impeller* yang berputar. Ketika berputar, *impeller* akan memutar cairan yang ada dan mendorongnya keluar antara dua siripnya, serta menciptakan percepatan sentrifugal. Ketika cairan meninggalkan titik tengah *impeller*, daerah bertekanan rendah tercipta sehingga cairan di belakangnya mengalir ke arah sisi masuk. Dikarenakan sirip *impeller* berbentuk kurva, cairan akan terdorong dalam arah tangensial dan radial oleh gaya sentrifugal. Gaya sentrifugal yang bekerja pada fluida menyebabkan terjadinya percepatan sentrifugal pada fluida sehingga energi kinetik fluida meningkat. Jumlah energi yang diberikan kepada cairan sebanding dengan kecepatan pada piringan luar *impeller*.

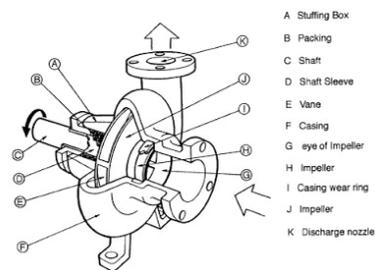
**D. Klasifikasi Pompa Sentrifugal**

Pompa sentrifugal dapat diklasifikasikan secara umum berdasarkan kriteria berikut:

1. Kapasitas
  - Kapasitas rendah: < 20 m<sup>3</sup>/jam
  - Kapasitas sedang: 20 m<sup>3</sup>/jam-60 m<sup>3</sup>/jam
  - Kapasitas tinggi: > 60 m<sup>3</sup>/jam
2. Tekanan *discharge*
  - Tekanan rendah: < 5 kg/cm<sup>2</sup>
  - Tekanan sedang: 5 kg/cm<sup>2</sup> -50 kg/cm<sup>2</sup>
  - Tekanan tinggi: > 50 kg/cm<sup>2</sup>
3. Susunan *impeller*
  - *Single stage*: terdiri dari satu *impeller*
  - *Multi stage*: terdiri dari beberapa *impeller* yang tersusun secara seri
  - *Multi impeller*: terdiri dari beberapa *impeller* yang tersusun secara paralel
4. Konfigurasi poros
  - Poros vertikal
  - Poros horizontal
5. Jumlah *suction*
  - *Single suction*
  - *Double suction*
6. Arah aliran
  - *Radial flow*
  - *Axial flow*
  - *Mixed flow*

**E. Konstruksi Umum Pompa Sentrifugal**

Secara umum, konstruksi pompa sentrifugal dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 1. Konstruksi Umum Pompa Sentrifugal

**1. Casing pompa**

Desain *casing* pompa sentrifugal berbentuk sebuah difuser yang mengelilingi *impeller* pompa. Desain difuser ini biasa dikenal sebagai *volute*

*casing*. *Volute casing* berfungsi mengonversikan energi kinetik pada fluida menjadi tekanan dengan menurunkan kecepatan aliran fluida. *Casing* pompa mempunyai fungsi sebagai berikut:

- Melindungi bagian yang berputar pada pompa
- Tempat terpasangnya *guide vane*
- Sebagai diffuser
- Mengatur arah aliran air

## 2. *Impeller*

*Impeller* pada pompa sentrifugal berfungsi mentransfer energi yang disuplai aktuator menjadi energi kinetik fluida. Desain *impeller* dibuat sedemikian sehingga ketika beroperasi, tekanan pada sisi *suction* pada *impeller* menjadi vakum sehingga fluida akan terus tersedot memasuki *impeller*. Secara umum, terdapat tiga jenis *impeller*, yaitu *impeller* terbuka, *impeller* semi terbuka, dan *impeller* tertutup.

## 3. *Wearing ring*

*Wearing ring* berfungsi memperkecil kebocoran fluida yang melewati bagian belakang *impeller* dengan cara memperkecil celah antara *casing* dengan *impeller*. Dengan demikian, *wearing ring* meningkatkan efisiensi kerja dari pompa.

## 4. Poros

Poros pompa adalah komponen yang mentransmisikan putaran dari aktuator, seperti motor listrik, ke *impeller* pompa. Poros pompa didesain untuk menahan tekanan, defleksi, *key stress*, dan *mounted components*.

## 5. *Shaft sleeves*

*Shaft sleeves* berfungsi melindungi poros pompa dan *stuffing box* dari erosi, karat, dan keausan.

## 6. *Stuffing box*

*Stuffing box* memiliki fungsi sebagai tempat kedudukan beberapa *mechanical packing* yang mengelilingi *shaft sleeve*. Fungsi lain dari alat ini yaitu mencegah kebocoran pada daerah di mana poros menembus *casing*.

## 7. Packing

Packing berfungsi untuk mencegah dan mengurangi kebocoran cairan dari *casing* pompa melalui poros. Biasanya packing terbuat dari asbes atau teflon.

## 8. *Bearing*

*Bearing* yang digunakan pada pompa adalah *journal bearing* dan *thrust bearing*. *Journal bearing* berfungsi menahan gaya radial pada poros, seperti gaya berat, sementara *thrust bearing* berfungsi menahan gaya radial dan gaya aksial pada poros pompa.

## 9. Kopling

Kopling berfungsi menghubungkan dua poros, yaitu poros aktuator dan poros komponen yang digerakkan, yang dalam hal ini adalah *impeller*. Kopling yang digunakan pada pompa bergantung dari desain sistem dan pompa itu sendiri. Macam-macam kopling yang digunakan pada pompa antara lain kopling rigid, kopling fleksibel, *grid coupling*, *gear coupling*, *elastometric coupling*, dan *disc coupling*.

## A. *Maintenance*

*Maintenance* atau pemeliharaan dapat diartikan sebagai kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas atau peralatan pabrik dan mengadakan perbaikan, penyesuaian, ataupun penggantian yang diperlukan supaya tercapai suatu keadaan operasi produksi yang optimum sesuai dengan rencana.

Metode *ISMO maintenance* (*Inspection, Small repair, Medium repair, Overhaul*) merupakan suatu metode *preventive maintenance* berupa rangkaian tindakan dalam suatu periode waktu tertentu yang meliputi empat jenis tindakan, yaitu *inspection*, *small repair*, *medium repair*, dan *overhaul*. Satu siklus *ISMO maintenance* dimulai dengan kegiatan *overhaul* (atau waktu pada saat dimulainya penerapan metode ini), dan diakhiri pula dengan *overhaul*. Dengan kata lain, satu siklus *ISMO maintenance* adalah rangkaian kegiatan antara dua *overhaul* berturut-turut.

### 1. *Inspection*

*Inspection* adalah salah satu kegiatan pada rangkaian kegiatan *ISMO maintenance* yang meliputi kegiatan berikut:

- Pengecekan ringan pada aktuator, poros, *shaft sleeve*, *gland packing*, *bearing*, *mechanical seal*, *coupling*, dan *stuffing box*.
- Pembersihan *stuffing box*
- Pemeriksaan *grease coupling* dan

penambahan *grease coupling* jika dibutuhkan

- Pengencangan *mechanical fastener* yang ada pada peralatan dan pengantiannya jika sudah aus

**2. Small repair**

*Small repair* adalah salah satu kegiatan pada rangkaian kegiatan *ISMO maintenance* yang meliputi kegiatan berikut:

- Pengecekan keausan dan kebocoran pada poros pompa, *gland packing*, dan *shaft sleeves*
- Pelaksanaan *alignment*
- Pembongkaran beberapa bagian pada peralatan yang berpotensi mengalami keausan atau kerusakan, pembersihan bagian-bagian yang kotor, serta penggantian komponen yang mengalami kerusakan
- Penambahan pelumas pada *bearing*
- Perbaikan pada bagian-bagian tertentu berdasarkan data yang didapatkan pada proses *inspection* (opsional)

**3. Medium repair**

*Medium repair* adalah salah satu kegiatan pada rangkaian kegiatan *ISMO maintenance* yang meliputi kegiatan berikut:

- Pelaksanaan ulang rangkaian kegiatan *small repair* ditambah dengan membongkar semua bagian yang berpotensi mengalami keausan, kebocoran, dan kerusakan komponen yang perlu diperbaiki atau diganti

- Pelaksanaan kalibrasi mesin
- Pengecekan getaran

**4. Overhaul**

*Overhaul* adalah salah satu kegiatan pada rangkaian kegiatan *ISMO maintenance* yang meliputi kegiatan berikut:

- Pembongkaran pada setiap bagian pada unit peralatan
- Penggantian komponen yang aus atau rusak
- Pemeriksaan pondasi pompa dan perbaikan pondasi pompa jika perlu
- Pengecekan kondisi permukaan unit peralatan dan pengecatan ulang permukaan unit peralatan jika diperlukan

Pola rangkaian kegiatan pada satu siklus *ISMO maintenance* bergantung kepada beberapa faktor, yaitu *repair complexity* peralatan, material peralatan, tipe produksi peralatan, dan shift kerja.

**a. Repair complexity**

*Repair complexity* adalah indeks relatif untuk memberikan gambaran komparatif tentang kompleksitas suatu mesin dengan memperhitungkan roda gigi, unit hidrolik dan pneumatik, *guide surfaces*, dan unit transmisi lain yang tergabung dalam mesin tersebut.

Meskipun tidak ada pengukuran absolut dari *repair complexity* suatu alat, untuk tujuan perencanaan, ditetapkanlah suatu nilai relatif yang memberikan gambaran komparatif tentang kerumitan perbaikan suatu peralatan.

Konsep *repair complexity* digunakan untuk menentukan:

1. Ukuran unit pemeliharaan mekanis dan penentuan jumlah pekerja
2. Material dan suku cadang untuk kegiatan *maintenance*
3. Estimasi biaya *maintenance*
4. Persentase kerusakan peralatan

Tabulasi data *repair complexity* dari suatu peralatan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Nilai Repair Complexity Rata-Rata dari Beberapa Peralatan

No	Peralatan	Nilai Repair Complexity Rata-Rata
1	<i>Rolling mills</i> (baja)	15
2	Turbin uap dan hidro	14
3	<i>Boiler</i>	12
4	Turbin uap kapal	11.5
5	Mesin aviasi, mesin diesel berat, dan <i>machine tool</i> berat	11
6	Mobil, traktor berat, kapal, pesawat	10
7	Traktor	9.5
8	Gerbong kereta api	9
9	<i>Machine tool</i>	9
10	<i>Ball bearing</i> atau <i>roller bearing</i>	8.5

11	Mesin elektrik berat, kereta listrik, instrumen presisi Suku cadang <i>cycle tractor</i> , mesin industri proses kimia	8.5
12	Kompresor, mesin hidrolis, <i>machine tools</i> ringan	8
13	Alat dan pahat	7.5
14	Aparatus gas	7
15	Aparatus tegangan rendah	7
16	Instrumen penimbangan	7
17	Instrumen elektrik	7
18	<i>Earth moving machinery</i> shower	6
19	Jam tangan dan instrumen ringan	5.5

Sumber: Garg, 1976

Semakin tinggi nilai *repair complexity*, maka perbaikan semakin rumit dan kompleks serta

membutuhkan waktu dan sumber daya yang lebih banyak.

a. Material

Material penyusun konstruksi peralatan berperan penting dalam proses penentuan pola rangkaian kegiatan pada *ISMO maintenance*, karena tiap-tiap material memiliki karakteristik yang berbeda sehingga berperan pada keandalan peralatan dan juga laju kerusakan pada konstruksi peralatan tersebut.

b. Tipe produksi

Tipe produksi adalah jenis proses produksi di mana suatu peralatan diproduksi. Secara umum, tipe produksi digolongkan menjadi tiga jenis, yaitu tipe produksi unit, seri, dan masal.

c. Shift kerja

Shift kerja adalah durasi beban kerja suatu peralatan pada suatu periode tertentu, misalnya 8 jam per hari.

Pola rangkaian kegiatan pada *ISMO maintenance* sebagai fungsi dari *repair complexity*, tipe produksi, material peralatan, dan sif kerja dapat dilihat pada tabel berikut:

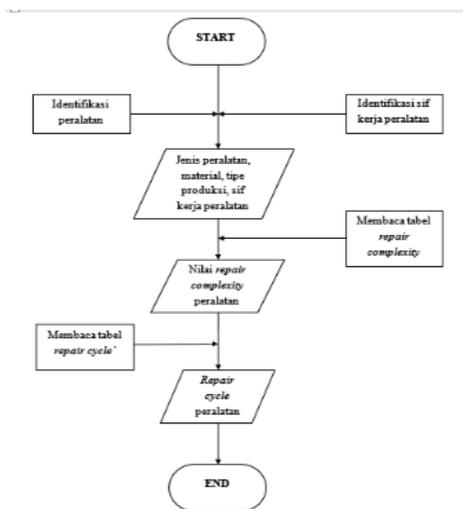
Tabel 2. ISMO Repair Cycle

Repair Complexity	Repair Cycle			Tipe Produksi	Material Konstruksi	Periode Antara Dua Masa Perawatan			Periode Antara Duan Overhaul			
	Siklus	Jumlah				Dalam Bulan (t)			Dalam Tahun (T)			
		M	S			I	1	2	3	1	2	3
0 s/d 30	O-I <sub>1</sub> -S <sub>1</sub> -I <sub>2</sub> -S <sub>2</sub> -I <sub>3</sub> -M <sub>1</sub> -I <sub>4</sub> -S <sub>3</sub> -I <sub>5</sub> -S <sub>4</sub> -I <sub>6</sub> -M <sub>2</sub> -I <sub>7</sub> -S <sub>5</sub> -I <sub>8</sub> -S <sub>6</sub> -I <sub>9</sub> -O	2	6	9	Masal	Baja karbon dan cor Aluminium	6	3	2	9.5	4.5	3
						Cor Perunggu Baja	6.5	3.5	2.5	10	5	3.5
						konstruksi Baja karbon dan cor Aluminium	7	3.5	2.5	10	5.5	3.5
						Baja karbon dan cor Aluminium	8.5	4.5	3	13	6.5	4.5
					Seri	Baja karbon dan cor Aluminium	8	4	3	12	6	4
						Cor Perunggu Baja	9	4.5	3	13	6.5	4.5
						konstruksi Baja karbon dan cor Aluminium	9.5	4.5	3	13	6.5	4.5
						Cor Perunggu Baja	11.5	6	4	17	8.5	6
					Unit	Baja karbon dan cor Aluminium	9.5	4.5	3	14	7	4.5
						Cor Perunggu Baja	10	5	3.5	15	7.5	5
						konstruksi	10	5.5	3.5	16	8	5.5
							13	6.5	4.5	19.5	10	6.5

					Masal	Baja karbon dan cor Aluminium	4	2	1.5	12.5	6.5	4
						Cor Perunggu Baja	4.5	2.5	1.5	13.5	7	4.5
						konstruksi Baja karbon dan cor Aluminium	5	2.5	1.5	14.5	7	5
					Seri	Cor Perunggu Baja	6	3	2	18	9	6
						konstruksi Baja karbon dan cor Aluminium	5.5	2.5	2	16	8	5.5
30 s/d 150	O-I <sub>1</sub> -I <sub>2</sub> -I <sub>3</sub> -S <sub>1</sub> -I <sub>4</sub> -I <sub>5</sub> -I <sub>6</sub> -S <sub>2</sub> -I <sub>7</sub> -I <sub>8</sub> -I <sub>9</sub> -M <sub>1</sub> -I <sub>10</sub> -I <sub>11</sub> -I <sub>12</sub> -S <sub>3</sub> -I <sub>13</sub> -I <sub>14</sub> -I <sub>15</sub> -S <sub>4</sub> -I <sub>16</sub> -I <sub>17</sub> -I <sub>18</sub> -M <sub>2</sub> -I <sub>19</sub> -I <sub>20</sub> -I <sub>21</sub> -S <sub>5</sub> -I <sub>22</sub> -I <sub>23</sub> -I <sub>24</sub> -S <sub>6</sub> -I <sub>25</sub> -I <sub>26</sub> -I <sub>27</sub> -O	2	6	27		Cor Perunggu Baja	5.5	3	2	17.5	9	6
					Unit	konstruksi Baja karbon dan cor Aluminium	6.5	3	2	18.5	9.5	6.5
						Cor Perunggu Baja	6.5	3.5	2.5	20.5	10	6.5
						konstruksi Baja karbon dan cor Aluminium	7	3.5	2.5	21.5	11	7
						cor	7	3.5	2.5	26.5	26.5	9
Lebih dari 150	O-I <sub>1</sub> -I <sub>2</sub> -S <sub>1</sub> -I <sub>3</sub> -I <sub>4</sub> -dst.	2	9	36	Seri	konstruksi Baja karbon dan cor Aluminium	5	2.5	2	21	11.5	7.5
						cor	5	3	2	22.5	11.5	8.5
						dst.				dst.		

Sumber : Garg, 1976.

Secara umum, flowchart penentuan *repair cycle* pada metode *ISMO maintenance* dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2. Flowchart Penentuan Repair Cycle pada ISMO Maintenance

Pada umumnya, *ISMO maintenance* dapat diaplikasikan kepada suatu peralatan hingga 2 sampai 3 kali siklus. Lebih dari itu, metode ini tidak lagi ekonomis.

### A. Biaya Perawatan

Biaya perawatan suatu peralatan merupakan salah satu komponen penting dalam pengelolaan perusahaan karena biaya yang dikeluarkan sangat berkaitan erat dengan perolehan keuntungan. Oleh karena itu, biaya perawatan diusahakan seminimal mungkin dengan pengoperasian alat semaksimal mungkin agar memperoleh kelancaran proses produksi (Kodoatie, 2005).

Menurut Pujawan (2009), biaya perawatan dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Biaya Perawatan Pencegahan  
Biaya untuk menjaga keawetan dan efisiensi peralatan.
2. Biaya Perawatan Koreksi  
Biaya untuk menentukan komponen-komponen yang akan diperbaiki maupun diganti.

3. Biaya Perawatan *Overhaul*  
Biaya untuk pembongkaran peralatan yangtelah mengalami penurunan efisiensi, baik secara per bagian atau menyeluruh.
4. Biaya Perawatan Total  
Biaya total hasil penjumlahan seluruh biaya perawatan meliputi pencegahan, koreksi, dan *overhaul*.

Dalam perhitungan biaya perawatan (pencegahan, koreksi, dan *overhaul*) masing-masing menggunakan formula sebagai berikut (Pujawan, 2009):

$$F = P(1 + i)^n$$

Keterangan:

- F (Future Value) : Nilai uang masa depan (Rp),  
 P (Present Value) : Nilai uang masa sekarang (Rp),  
 i (interest) : Tingkat inflasi per tahun (%),  
 n (period) : Lamanya periode penelahaan

## DATA DAN ANALISIS

### A. Data Pompa Distribusi I

Data spesifikasi pompa distribusi I pada unit water treatment plant adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Data Spesifikasi Pompa Distribusi I

No.	Keterangan	Spesifikasi
1.	Jenis Pompa	Sentrifugal
2.	Tipe dan Ukuran	Multistage
3.	Nomor Produk	MMK 150/4
4.	Material	P851914
5.	Total Head	Cast Iron & Cast Steel
6.	Kecepatan putar	106 m
7.	Kapasitas	1450 rpm
8.	Daya	300 m <sup>3</sup> /h
9.	Bearing No.	130 kW
10.	<i>Delivery Time</i>	6410C3 – 1 pcs
11.	Shift Kerja	NU410C3 – 1 pcs
12.	Motor Listrik Penggerak Pompa Distribusi I	Nov. 1994
		14-16 Jam
		Motor Listrik Penggerak Pompa Distribusi I
		574011/2F

13.	Tipe Motor	KPER 315M4
14.	Jenis Motor	TWS.HB
15.	Tegangan (Δ/Y)	AC 3 Fasa
16.	Arus (Δ/Y)	380/660 V
17.	Kecepatan putar	243/140 A
18.	Frekuensi	1480 rpm
19.	Horsepower	50 Hz
20.	Daya	175 PS (172.6 HP) 132 kW



Gambar 3. Pompa Distribusi I Unit *Water Treatment Plant*



Gambar 4. Panel Sensor Pompa Distribusi I Unit *Water Treatment Plant*

### B. Sistem Perawatan Terkini Pompa Distribusi I

Pompa Distribusi I menerapkan sistem perawatan rutin dan *breakdown maintenance*. Perawatan rutin biasanya berupa memeriksa level oli lalu menambahkan jika sudah berkurang serta mengganti karet *coupling* jika sudah mulai aus. *Breakdown maintenance* dilakukan jika terjadi kerusakan pada pompa seperti mechanic seal ataupun bearing yang rusak. Biasanya penggantian mechanic seal akan bersamaan dengan penggantian bearing. Proses *maintenance* berlangsung 1-2 hari untuk kasus ringan seperti penggantian karet

coupling dan 1-2 minggu untuk kasus rusak cukup berat.

**C. Penjadwalan Perawatan Pompa Distribusi I**

Pompa Distribusi I merupakan pompa sentrifugal dan diasumsikan memiliki tipe produksi yang sama dengan kompresor. Berdasarkan Tabel 1, nilai rata-rata kompleksitas perbaikan untuk

pompa yaitu 8. Nilai ini termasuk pada rentang 0 s.d. 30. Berdasarkan Torishima Pump Catalog, pompa dibuat dari material campuran baja cor dan besi cor. Tipe produksi pompa diasumsikan massal. Jam kerja per hari antara 14-16 jam diasumsikan 2 shift kerja. Berdasarkan Tabel 2, *Repair cycle* dari Pompa Distribusi I yaitu:

Tabel 4. Siklus Perawatan Pompa Distribusi I

Repair Complexity	Siklus Perawatan			t (bulan)	T (tahun)	
	Siklus	Jumlah				
(0 s.d. 30)	O-I <sub>1</sub> -S <sub>1</sub> -I <sub>2</sub> -S <sub>2</sub> -I <sub>3</sub> -M <sub>1</sub> - I <sub>4</sub> -S <sub>3</sub> -I <sub>5</sub> -S <sub>4</sub> -I <sub>6</sub> -M <sub>2</sub> -I <sub>7</sub> - S <sub>5</sub> -I <sub>8</sub> -S <sub>6</sub> -I <sub>9</sub> -O	M	S	I	3	4.5
		2	6	9		

Keterangan :

I : Inspection

S : Small Repair

M : Medium Repair

O : Overhaul

Angka : tahapan perawatan

(contoh I<sub>1</sub> : inspection tahap pertama)

t (bulan) : periode antara dua masa perawatan (contoh I<sub>1</sub> dan S<sub>1</sub> berjarak 3 bulan)

T (tahun) : periode antara dua overhaul (O)

Tabel 5. Jadwal Perawatan Pompa Distribusi I Tahun 2021

No.	Nama Part	Perawatan Tahun 2021 (bulan)											
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
1.	Oli												
2.	Poros Pompa							I <sub>1</sub>				S <sub>1</sub>	
3.	Gland Packing							I <sub>1</sub>				S <sub>1</sub>	
4.	Coupling							I <sub>1</sub>				S <sub>1</sub>	
5.	Stuffing Box							I <sub>1</sub>				S <sub>1</sub>	
6.	Bearing							I <sub>1</sub>				S <sub>1</sub>	
7.	Shaft Sleeve							I <sub>1</sub>					
8.	Impeller							I <sub>1</sub>					

Tabel 6. Jadwal Perawatan Pompa Distribusi I Tahun 2022

No.	Nama Part	Perawatan Tahun 2022 (bulan)											
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
1.	Oli												
2.	Poros Pompa	I <sub>2</sub>			S <sub>2</sub>			I <sub>3</sub>			M <sub>1</sub>		
3.	Gland Packing	I <sub>2</sub>			S <sub>2</sub>			I <sub>3</sub>			M <sub>1</sub>		
4.	Coupling	I <sub>2</sub>			S <sub>2</sub>			I <sub>3</sub>			M <sub>1</sub>		
5.	Stuffing Box	I <sub>2</sub>			S <sub>2</sub>			I <sub>3</sub>			M <sub>1</sub>		
6.	Bearing	I <sub>2</sub>			S <sub>2</sub>			I <sub>3</sub>			M <sub>1</sub>		
7.	Shaft Sleeve	I <sub>2</sub>						I <sub>3</sub>			M <sub>1</sub>		
8.	Impeller	I <sub>2</sub>						I <sub>3</sub>			M <sub>1</sub>		

Tabel 7. Jadwal Perawatan Pompa Distribusi I Tahun 2023

No.	Nama Part	Perawatan Tahun 2023 (bulan)											
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
1.	Oli												
2.	Poros Pompa	I <sub>4</sub>			S <sub>3</sub>			I <sub>5</sub>			S <sub>4</sub>		
3.	Gland Packing	I <sub>4</sub>			S <sub>3</sub>			I <sub>5</sub>			S <sub>4</sub>		
4.	Coupling	I <sub>4</sub>			S <sub>3</sub>			I <sub>5</sub>			S <sub>4</sub>		
5.	Stuffing Box	I <sub>4</sub>			S <sub>3</sub>			I <sub>5</sub>			S <sub>4</sub>		
6.	Bearing	I <sub>4</sub>			S <sub>3</sub>			I <sub>5</sub>			S <sub>4</sub>		
7.	Shaft Sleeve	I <sub>4</sub>						I <sub>5</sub>					
8.	Impeller	I <sub>4</sub>						I <sub>5</sub>					

Tabel 8. Jadwal Perawatan Pompa Distribusi I Tahun 2024

No.	Nama Part	Perawatan Tahun 2024 (bulan)											
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
1.	Oli												
2.	Poros Pompa	I <sub>6</sub>			M <sub>2</sub>			I <sub>7</sub>			S <sub>5</sub>		
3.	Gland Packing	I <sub>6</sub>			M <sub>2</sub>			I <sub>7</sub>			S <sub>5</sub>		
4.	Coupling	I <sub>6</sub>			M <sub>2</sub>			I <sub>7</sub>			S <sub>5</sub>		
5.	Stuffing Box	I <sub>6</sub>			M <sub>2</sub>			I <sub>7</sub>			S <sub>5</sub>		
6.	Bearing	I <sub>6</sub>			M <sub>2</sub>			I <sub>7</sub>			S <sub>5</sub>		
7.	Shaft Sleeve	I <sub>6</sub>			M <sub>2</sub>			I <sub>7</sub>					
8.	Impeller	I <sub>6</sub>			M <sub>2</sub>			I <sub>7</sub>					

Tabel 9. Jadwal Perawatan Pompa Distribusi I Tahun 2025

No.	Nama Part	Perawatan Tahun 2025 (bulan)											
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
1.	Oli												
2.	Poros Pompa	I <sub>8</sub>			S <sub>6</sub>			I <sub>9</sub>			O		
3.	Gland Packing	I <sub>8</sub>			S <sub>6</sub>			I <sub>9</sub>			O		
4.	Coupling	I <sub>8</sub>			S <sub>6</sub>			I <sub>9</sub>			O		
5.	Stuffing Box	I <sub>8</sub>			S <sub>6</sub>			I <sub>9</sub>			O		
6.	Packing	I <sub>8</sub>			S <sub>6</sub>			I <sub>9</sub>			O		
7.	Shaft Sleeve	I <sub>8</sub>			S <sub>6</sub>			I <sub>9</sub>			O		
8.	Impeller	I <sub>8</sub>						I <sub>9</sub>			O		

**D. Uraian Kegiatan Perawatan Pompa Distribusi I**

Uraian kegiatan dari tiap tahapan perawatan adalah sebagai berikut :

**1. Inspection**

- a. Melakukan pengecekan ringan pada motor penggerak, poros, *shaft sleeve*, *gland packing*, *bearing*, *coupling*, dan *stuffing box*.
- b. Memeriksa volume oli.
- c. Membersihkan filter oli.
- d. Mengukur nilai getaran di *bearing*, *coupling*, dan motor pompa.
- e. Memeriksa putaran transmisi.
- f. Membersihkan *Stuffing box* dari kotoran dan debu yang menempel.
- g. Mengukur tingkat kebisingan mesin.
- h. Mengencangkan mur-mur dan baut-baut pengikat, ganti bila sudah ada yang aus.
- i. Membuat daftar cacat/kerusakan yang perlu diperhatikan saat perbaikan selanjutnya (S, M, O)

**2. Small Repair**

- a. Mengerjakan semua kegiatan perawatan yang dilakukan pada tahap *inspection*
- b. Memeriksa keausan atau kebocoran pada poros dan *gland packing*.
- c. Membongkar 2 sampai 4 unit bagian peralatan yang kemungkinan besar akan

aus atau kotor serta lakukan pembersihan, jika ada bagian yang rusak lakukan pergantian

- d. Memeriksa karet *coupling*, ganti jika sudah rusak
- e. Menambah atau mengganti pelumas pada *bearing*
- f. Mengadakan perbaikan jika diperlukan atau telah tercatat di daftar cacat/kerusakan saat tahap *inspection*

**3. Medium Repair**

- a. Mengerjakan semua kegiatan perawatan yang dilakukan pada tahap *small repair* ditambah membongkar bagian yang kemungkinan akan aus dan harus diganti atau diperbaiki
- b. Mengganti *packing* jika diperlukan
- c. Mengkalibrasi ulang pompa
- d. Memeriksa alignment pada pompa
- e. Melakukan pengujian fungsi normal, pengecekan tekanan dan kapasitas
- f. Mengecat permukaan mesin yang sudah rusak

**4. Overhaul**

- a. Mengerjakan semua kegiatan perawatan yang dilakukan pada tahap *medium repair*
- b. Melakukan pembongkaran secara menyeluruh pada setiap bagian
- c. Mengganti komponen yang aus atau rusak

- d. Mengecat ulang permukaan yang harus di cat dengan cat baru
- e. Memeriksa pondasi pompa, lakukan perbaikan jika diperlukan

biaya untuk tiap jenis *maintenance*. Pembelian alat menyesuaikan ketersediaan alat perusahaan dan hanya sebagai estimasi investasi dana awal. Harga tiap alat dapat bervariasi tergantung kualitas dan kebutuhan. Tabel di bawah ini hanya sebagai estimasi. Rincian alat yang dibutuhkan yaitu:

### E. Biaya Perawatan Pompa Distribusi I

Biaya perawatan dibagi menjadi dua yaitu pembelian alat *maintenance* di awal dan estimasi

Tabel 10. Rincian Biaya Pembelian Alat *Maintenance*

No	Nama	Jumlah	Satuan	Biaya
1	Tachometer	1	pcs	Rp 2,000,000
3	Vibration meter	1	pcs	Rp 3,000,000
4	Kunci Ring	1	set	Rp 125,000
5	Kunci Sok	1	set	Rp 50,000
6	Kunci L	1	set	Rp 82,000
7	Obeng	1	Set	Rp 190,000
8	Tang	1	pcs	Rp 58,000
9	Spray air gun	1	pcs	Rp 100,000
10	Dial Indicator	1	pcs	Rp 700,000
<b>TOTAL</b>				<b>Rp 6,305,000</b>

Sumber : *Online Marketplace* (Tokopedia, Shopee, Monotaro.id)

Rincian estimasi biaya perawatan untuk setiap tahapan mulai dari inspection hingga overhaul adalah sebagai berikut :

Tabel 11. Estimasi Biaya Perawatan Tahap *Inspection*

No	Komponen Biaya	Keterangan			Biaya Satuan	Biaya Total
		Nama	Jumlah	Satuan		
1	Material	Oli	1	Liter	Rp 50,000	Rp 50,000
2	Peralatan Perawatan	kain majun	1	kg	Rp 6,000	Rp 6,000
		Kuas 4 in	1	pcs	Rp 6,000	Rp 6,000
		Kuas 1 in	1	pcs	Rp 3,000	Rp 3,000
3	Tenaga Kerja	Mekanik	2	Jam	Rp 25,000	Rp 50,000
		<b>TOTAL</b>				<b>Rp 115,000</b>

Sumber : *Online Marketplace* (Tokopedia, Shopee, Monotaro.id) & (Khazanah & Razali, 2019)

Tabel 12. Estimasi Biaya Perawatan Tahap *Small Repair*

No	Komponen Biaya	Keterangan			Biaya Total	
		Nama	Jumlah	Satuan		Biaya Satuan
1	Material	Pelumas bearing	1	kaleng	Rp 50,000	Rp 50,000
		Oli	1	Liter	Rp 50,000	Rp 50,000
2	Peralatan Perawatan	kain majun	1	kg	Rp 6,000	Rp 6,000
		Kuas 4 in	1	pcs	Rp 6,000	Rp 6,000
		Kuas 1 in	1	pcs	Rp 3,000	Rp 3,000
3	<i>Spare Part</i>	Karet Kopleing	1	pcs	Rp 50,000	Rp 50,000
		Packing	1	set	Rp 200,000	Rp 200,000
4	Tenaga Kerja	Mekanik	4	Jam	Rp 25,000	Rp 100,000
		<b>TOTAL</b>				<b>Rp 465,000</b>

Sumber : *Online Marketplace* (Tokopedia, Shopee, Monotaro.id) & (Khazanah & Razali, 2019)

Tabel 13. Estimasi Biaya Perawatan Tahap *Medium Repair*

No	Komponen Biaya	Keterangan			Biaya Total	
		Nama	Jumlah	Satuan		Biaya Satuan
1	Material	Pelumas bearing	1	kaleng	Rp 50,000	Rp 50,000
		Oli	1	Liter	Rp 50,000	Rp 50,000
		Cat	1	Liter	Rp 40,000	Rp 40,000
2	Peralatan Perawatan	kain majun	1	kg	Rp 6,000	Rp 6,000
		Kuas 4 in	1	pcs	Rp 6,000	Rp 6,000
		Kuas 1 in	1	pcs	Rp 3,000	Rp 3,000
3	<i>Spare Part</i>	Packing	1	set	Rp 200,000	Rp 200,000
		Karet Kopleing	1	pcs	Rp 50,000	Rp 50,000
		Deep Groove Ball Bearing	1	pcs	Rp 700,000	Rp 700,000
4	Tenaga Kerja	Mekanik	8	Jam	Rp 25,000	Rp 200,000
		<b>TOTAL</b>				<b>Rp 1,305,000</b>

Sumber : *Online Marketplace* & (Khazanah & Razali, 2019)

Tabel 14. Estimasi Biaya Perawatan Tahap *Medium Repair*

No	Komponen Biaya	Keterangan			Biaya Satuan	Biaya Total
		Nama	Jumlah	Satuan		
1	Material	Pelumas bearing	1	kaleng	Rp50,000	Rp50,000
		Oli	1	Liter	Rp50,000	Rp50,000
		Cat	1	Liter	Rp40,000	Rp40,000
2	Peralatan Perawatan	kain majun	1	kg	Rp6,000	Rp6,000
		Kuas 4 in	1	pcs	Rp6,000	Rp6,000
		Kuas 1 in	1	pcs	Rp3,000	Rp3,000
3	<i>Spare Part</i>	Packing	1	set	Rp200,000	Rp200,000
		Karet Kopling	1	pcs	Rp50,000	Rp50,000
		Deep Groove Ball Bearing	1	pcs	Rp700,000	Rp700,000
4	Tenaga Kerja	Mekanik	8	Jam	Rp25,000	Rp200,000
<b>TOTAL</b>						<b>Rp1,305,000</b>

Sumber : *Online Marketplace & (Khazanah & Razali, 2019)*

Tabel 15. Estimasi Biaya Perawatan Tahap *Overhaul*

No	Komponen Biaya	Keterangan			Biaya Satuan	Biaya Total
		Nama	Jumlah	Satuan		
1	Material	Pelumas bearing	1	kaleng	Rp50,000	Rp50,000
		Oli	1	Liter	Rp50,000	Rp50,000
		Cat	2	Liter	Rp40,000	Rp80,000
2	Peralatan Perawatan	kain majun	1	kg	Rp6,000	Rp6,000
		Kuas 4 in	1	pcs	Rp6,000	Rp6,000
		Kuas 1 in	1	pcs	Rp3,000	Rp3,000

3	<i>Spare Part</i>	Packing	1	set	Rp200,000	Rp200,000
		Karet	1	pcs	Rp50,000	Rp50,000
		Kopling Cylindrical	1	pcs	Rp1,200,000	Rp1,200,000
		Roller	1	pcs	Rp1,200,000	Rp1,200,000
		Bearing Deep	1	pcs	Rp700,000	Rp700,000
		Groove Ball Bearing	1	pcs	Rp130,000	Rp130,000
		Shaft Sleeve	1	set	Rp100,000	Rp100,000
		Ring	1	set	Rp10,000	Rp10,000
		Washers	1	set	Rp200,000	Rp200,000
		Nut	1	set	Rp250,000	Rp250,000
		Bolt	1	set	Rp250,000	Rp250,000
4	Tenaga Kerja	Mekanik	16	Jam	Rp25,000	Rp400,000
<b>TOTAL</b>					<b>Rp3,435,000</b>	

Sumber : *Online Marketplace* & (Khazanah & Razali, 2019)

Rangkuman total biaya perawatan masing-masing tahap dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 16. Estimasi Biaya Perawatan ISMO

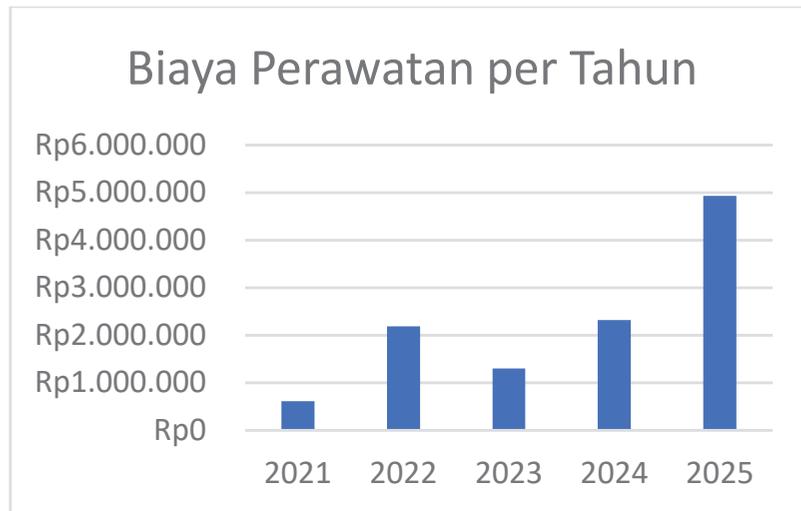
No	Tahap	Biaya Perawatan
1	Inspection	Rp 115,000
2	Small Repair	Rp 465,000
3	Medium Repair	Rp1,305,000
4	Overhaul	Rp3,435,000

Dari estimasi biaya perawatan tersebut dan asumsi inflasi 3% per tahun dengan jumlah pekerja 1 orang dengan kategori *small pump*, biaya perawatan per tahun dengan menggunakan

metode *Future Value* yaitu:

Tabel 17. Estimasi Biaya Perawatan ISMO Tahun 2021-2025

No	Tahun	Kegiatan Perawatan	Biaya Perawatan per tahun
1	2021	I1 dan S1	Rp615,322
2	2022	I2, S2, I3, dan M1	Rp2,185,454
3	2023	I4, S3, I5, dan S4	Rp1,305,590
4	2024	I6, M2, I7, S5	Rp2,318,548
5	2025	I8, S6, I9, O	Rp4,931,436



Gambar 5. Grafik Estimasi Biaya Perawatan ISMO

Dari grafik 1 samping kiri, dapat diamati bahwa pengeluaran terendah terjadi di tahun 2021 dan pengeluaran tertinggi terjadi di tahun 2025. Pada 2025 dilaksanakan *overhaul* dan mengganti beberapa komponen sehingga menghabiskan dana paling banyak.

#### KESIMPULAN

1. Pompa Distribusi I pada unit *water treatment* di PPSDM MIGAS saat ini menerapkan sistem perawatan rutin dan *breakdown maintenance*.
2. Kegiatan perawatan Pompa Distribusi I pada unit *water treatment* di PPSDM MIGAS memerlukan sembilan kali *inspection*, enam kali *small repair*, dua kali *medium repair*, dan satu kali *overhaul*. Siklus perawatan dilaksanakan 3 bulan sekali selama periode tahun 2021-2025.
3. Estimasi biaya perawatan Pompa Distribusi I pada unit *water treatment* di PPSDM MIGAS berdasarkan metode ISMO masing-masing sebesar Rp. 115,000 untuk *inspection*, Rp. 465,000 untuk *small repair*, Rp. 1,305,000 untuk *medium repair*, dan Rp. 3,435,000 untuk *overhaul*.
4. Estimasi biaya perawatan Pompa Distribusi I pada unit *water treatment* di PPSDM

MIGAS berdasarkan waktu masing masing sebesar Rp615,322 tahun 2021 , Rp2,185,454 tahun 2022, Rp1,305,590 tahun 2023, Rp2,318,548 tahun 2024 dan Rp4,931,436 tahun 2025 dengan asumsi inflasi 3% per tahun.

5. Perencanaan perawatan metode ISMO sebaiknya dimulai sejak alat pertama kali digunakan karena metode ini tidak meninjau performa terkini alat dalam penentuan *repair cycle*.
6. Perawatan dan perbaikan dilakukan sesuai jadwal dan mematuhi semua petunjuk yang terdapat di *manual book*.
7. Perlu dilanjutkan pembuatan *Standard Operating Procedure* (SOP) Perawatan Pompa Distribusi I untuk menunjang perencanaan perawatan tersebut.
8. Perlu dilanjutkan pembuatan gambar *exploded view* Pompa Distribusi I untuk menunjang SOP Perawatan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Budiana, D. (2012). *ANALISA PERAWATAN POMPA NO 1 JENIS SINGLE STAGE DI STASION POMPA BIKILAMA*. Purwakarta: Sekolah Tinggi Teknologi Dr. Khez Muttaqien.
- Crittenden, J., Trussel, R., Hand, D. H., &

- Tchnobanoglous, G. (2012). *Water Treatment Principles and Design 3rd Edition*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Firdaus, S. (2020). *GAMBARAN PENGOLAHAN AIR DAN KUALITAS AIR BERSIH DI UNIT WATER TREATMENT PLANT PPSDM MIGAS CEPU*. Universitas Jember.
- Garg, H. (1976). *Industrial Maintenance*. New Delhi: S. Chand & Company Ltd.
- Gusniar, I. (2014). OPTIMALISASI SISTEM PERAWATAN POMPA SENTRIFUGAL DI UNIT UTILITY PT.ABC. *Jurnal Ilmiah Solusi Vol. 1 No.1*, 77-86.
- Isa, M., & Alhaffis, F. (2019). PERENCANAAN PERAWATAN BERDASARKAN METODE ISMO PADA POMPA SENTRIFUGAL TYPE Y3-160M2-2 DI PDAM CABANG SUNGAI PAKNING. *Seminar Nasional Industri dan Teknologi (SNIT)*, 243-251.
- Jauhar. (2016, September 23). *Pompa Sentrifugal (Centrifugal Pump)*. Retrieved from <https://joepencerahan.blogspot.com/2016/09/pompa-sentrifugal-centrifugal-pump.html>
- Joko, T. (2010). *Unit Produksi dalam Sistem Penyediaan Air Minum*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Khazanah, N., & Razali. (2019). Perencanaan Perawatan Mesin Bubut (Merek Krisbow Type KW 15-979) Berdasarkan Metode ISMO. *Seminar Nasional Industri dan Teknologi*, 88-97.
- Kodoatie, R. J. (2005). *Analisis Ekonomi Teknik*. Yogyakarta: ANDI.
- Kulsum, & Febianti, E. (2018). USULAN WAKTU PREVENTIVE MAINTENANCE UNTUK MENURUNKAN DOWNTIME MESIN PAPER MILL 1 DENGAN RELIABILITY BLOCK DIAGRAM (Studi Kasus: PT Indah Kiat Pulp and Paper). *Pros. Semnastek*, 1-8.
- Melenia, A. P., & Fajar, R. Y. (2020). *Evaluasi Proses Pengolahan Air Pada Unit Water Treatment Plant PPSDM MIGAS*. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Noviyanto, A. D. (2021). *PERAWATAN POMPA FEED SENTRIFUGAL MULTI STAGE DI UNIT BOILER DI PUSAT PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA MINYAK DAN GAS*. Cepu: PPSDM MIGAS.
- Pandi, J. M., & Santosa, H. (2014). Perancangan Preventive Maintenance Pada Mesin Corrugating dan Messin FLEXO di PT. Surindo Teguh Gemilang. *J. IlmiahWidya Tek.*, vol. 13, no. 1, 54-57.
- PT Torishima Guna Indonesia. (1994). *Torishima Pump Handbook*.
- Pujawan, I. N. (2009). *Ekonomi Teknik*. Yogyakarta: Lautan Pustaka.
- S. Pumps. (2010). *Centrifugal Pump Handbook*.
- Sularso. (2004). Pompa dan Kompresor. *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, 1689–1699.
- Susanto, R., & Bahriyan, I. (2013). PERENCANAAN PERAWATAN MESIN PUNCHING (MEREK SCOTCHMAN, TIPE 5014-TM). *Jurnal Teknik Mesin Vol.2 No.2*, 12-22.
- Utama, F. Y., & Kusuma, J. A. (2018). Analisis Maintenance Centrifugal Pump Tipe Eta-N 125x100-40 pada Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri. *INAJET: Volume 01*, 16-22.

