

PERENCANAAN PERAWATAN BERDASARKAN METODE ISMO PADA POMPA SENTRIFUGAL TYPE Y3-160M2-2 DI PDAM CABANG SUNGAI PAKNING

Muhammad isa¹, firman alhaffis²

Politeknik Negeri Bengkalis

Email: isa553008@gmail.com¹, firman.alhaffis@polbeng.ac.id²

Abstract

Pump is a device or machine that is used to move fluids from one place to another. Maintenance is to extend the usefulness of assets, guaranteeing optimum availability, equipment installed for production or services to get the maximum investment return. In the Regional Drinking Water Company (PDAM) of the Sungai Pakning Regency, Bengkalis Regency, problems that often occur in distribution pumps or centrifugal pumps that are now often experienced damage occur in pump components, such as corroded pump casings, bearing cracks, torn or damaged mechanical seals. In planning a centrifugal pump maintenance several work steps are required based on the ISMO method, namely identifying maintenance activities, scheduling maintenance, estimating maintenance costs. Based on the planning of centrifugal pump maintenance, maintenance scheduling is carried out in the period 2019 - 2032, estimated maintenance costs are Rp.296,100, inspection Rp.366,100, small repair Rp.1,202,100, medium repair, and Rp.8,503,500 for overhauls.

Keywords: maintenance, maintenance scheduling, cost estimation, ISMO

1. Pendahuluan

Perawatan merupakan suatu kombinasi dari tindakan dilakukan untuk menjaga suatu mesin atau peralatan, atau untuk memperbaikinya sampai suatu kondisi yang bisa diterima. Pompa adalah suatu alat atau mesin yang digunakan untuk memindahkan cairan dari suatu tempat ke tempat yang lain melalui media perpipaan dengan cara menambahkan energi pada cairan yang di pindahkan dan berlangsung secara terus menerus. Di Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Cabang Sungai Pakning Kabupaten Bengkalis menggunakan pompa distribusi atau pompa sentrifugal, permasalahan yang sering terjadi pada pompa distribusi atau pompa sentrifugal yang ada sekarang sering mengalami kerusakan terjadi pada komponen pompa, seperti *casing* pompa berkorosi, *bearing* retak, *mechanical seal* robek atau rusak. Maka pompa yang ada di PDAM Cabang Sungai Pakning Kabupaten Bengkalis harus dilakukan perencanaan perawatan berdasarkan metode *Inspection*, *Small Repair*, *Medium Repair*, dan *Overhaul* (ISMO). Metode ini bertujuan agar perawatan yang dilakukan diperusahaan berdasarkan jadwal yang telah ditentukan atau sesuai dengan perencanaan dan biaya perawatan yang telah ditentukan.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Pompa

Pompa adalah suatu alat yang digunakan untuk memindahkan suatu cairan dari suatu tempat ke tempat lain. Pompa juga dapat di gunakan pada proses-proses yang membutuhkan tekanan hidraulik yang besar. Hal ini bisa dijumpai antara lain pada peralatan-peralatan berat. Pompa sentrifugal type Y3-160M2-2, pompa yang memiliki komponen utama berupa motor penggerak dengan sudu *impeller* yang berputar dengan kecepatan tinggi, prinsip kerjanya yaitu merubah energi mekanis dari alat penggerak menjadi energi kinetis fluida (kecepatan),

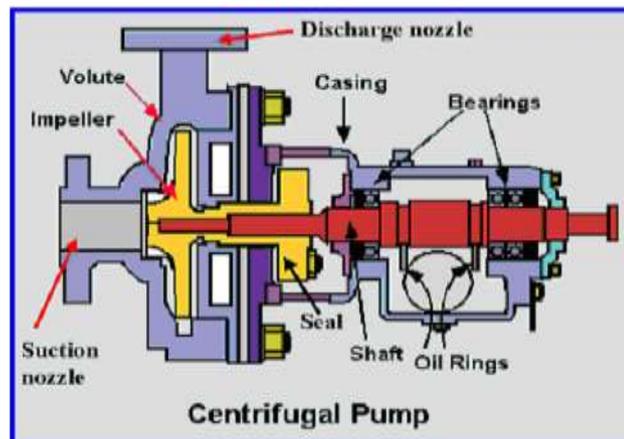
kemudian fluida akan diarahkan kesaluran buang dengan menggunakan tekanan energi kinetik menjadi energi tekanan dengan menggunakan *impeller* berputar dalam kesing (Meirza, 2017).



Gambar 1. Pompa sentrifugal

Tabel 1. Spesifikasi pompa sentrifugal.

| | |
|----------|--------------|
| No | 517-21 |
| MODEL | 100X80 FS GA |
| CAP | 110 L |
| HEAD | 30 m |
| Daya | 15 KW |
| BEARINGS | 6305ZZ |



Gambar 2. Bagian-bagian pompa sentrifugal.

Gambar 2 menjelaskan bagian-bagian dari pompa sentrifugal, berikut akan dijelaskan masing-masing peran bagian tersebut:

- Casing* merupakan bagian paling luar dari pompa yang berfungsi pelindung elemen yang berputar.
- Discharge nozzle* yaitu saluran tempat keluarnya fluida yang bertekanan tinggi dari pompa.
- Suction nozzle* yaitu saluran tempat masuknya fluida kedalam pompa.
- Impeller berfungsi* untuk mengubah energi mekanis dari pompa menjadi energi kecepatan pada cairan yang dipompakan, sehingga cairan hisap pada sisi isap secara terus menerus.
- Shaft* (poros) berfungsi menggerakkan *impeller* dan merupakan transmisi yang meneruskan putaran yang dihasilkan dari motor listrik.
- Bearing* pada pompa berfungsi untuk menumpu dan menahan beban dari poros agar dapat berputar dengan baik.

- g. *Mechanical seal* pada pompa untuk mengontrol kebocoran fluida yang memungkinkan terjadi pada sisi poros pompa.

Masalah mekanikal yaitu gangguan yang diakibatkan oleh beberapa komponen-komponen mekanik seperti:

- a. *Casing* pompa berkarat.
- b. *Impeller* keropos.
- c. Poros bengkok atau patah.
- d. Kerusakan pada *bearing*.

Sedangkan masalah operasional yang sering terjadi yaitu gangguan yang berkaitan dengan operasional seperti:

- a. Kavitasi.
- b. Berkurangnya aliran fluida.
- c. Putaran tidak mau naik.
- d. Temperatur naik.
- e. Berkurangnya tekanan fluida.

2.2. Keunggulan dan Kelemahan Pompa Sentrifugal

Menurut Muhtadin (2017), terdapat beberapa keunggulan dari pompa sentrifugal diantaranya:

- a. Prinsip kerjanya sederhana.
- b. Mempunyai banyak jenis.
- c. Konstruksinya kuat.
- d. Tersedia berbagai jenis pilihan kapasitas *output* debit air.
- e. Poros motor penggerak dapat langsung disambungkan ke pompa.
- f. Pada umumnya untuk, harga pembelian pompa sentrifugal lebih rendah.
- g. Tidak banyak bagian-bagian yang bergerak.
- h. Jumlah putaran tinggi, sehingga memberi kemungkinan untuk pergerakan langsung oleh sebuah elektromotor atau turbin.
- i. Jalannya tenang dan stabil, sehingga pondasi dapat dibuat ringan.
- j. Bila konstruksinya disesuaikan, memberi kemungkinan untuk mengerjakan zat cair yang mengandung kotoran.
- k. Aliran zat cair tidak terputus-putus.

Begitu juga sebaliknya, terdapat juga kelemahan dari pompa sentrifugal adalah:

- a. Dalam keadaan normal pompa sentrifugal tidak dapat menghisap sendiri (tidak dapat memompakan udara).
- b. Kurang cocok untuk mengalirkan fluida yang memiliki tingkat viskositas yang tinggi, terutama pada *volume* aliran yang kecil.

2.3. Klasifikasi Pompa Sentrifugal dan Spesifikasi Pompa Sentrifugal

Ada beberapa klasifikasi dan cara yang digunakan untuk mengelompokkan pompa sentrifugal, yaitu:

- a. Pompa sentrifugal berdasarkan arah alirannya.
Pompa *Radial Flow*, pompa yang arah alirannya tegak lurus terhadap garis sumbu poros pompa. Pompa jenis ini menghasilkan *head* yang tinggi tapi dengan kapasitas yang rendah. Pompa *mixed flow* pompa yang arah alirannya membentuk sudut terhadap sumbu poros pompa. Pompa jenis ini menghasilkan *head* yang lebih rendah dibanding pompa radial tapi kapasitasnya lebih besar. Pompa *axial flow*, pompa yang arah

alirannya sejajar dengan sumbu poros pompa, pompa jenis ini menghasilkan *head* yang rendah tapi kapasitasnya besar.

- b. Pompa sentrifugal berdasarkan bentuk rumahnya.
Pompa *volute*, pompa yang arah aliran *impellernya* langsung dibawa *kevolute*, pompa ini kurang efisien karena tekakanan yang di hasilkan rendah. Pompa *diffuser*, pompa yang *impellernya* dikelilingi sudu-sudu pengarah sebelum memasuki *volute*, hal ini bertujuan untuk menaikkan tekanan cairan.
- c. Pompa sentrifugal berdasarkan jumlah aliran masuknya:
Single suction, pompa yang arah aliran masuknya dari satu arah, pompa ini akan mengakibatkan gaya dorong (*axial force*) yang besar terhadap *impeller* dan harus bisa diatasi dengan pemasangan *thrust bearing* *Double suction*, pompa yang arah aliran masuknya dari dua arah. pompa ini akan menghasilkan kapasitas yang lebih besar serta gaya dorong yang ditimbulkan lebih kecil.
- d. Pompa sentrifugal berdasarkan jumlah *impellernya*.
Single stage, pompa yang hanya terdiri dari suatu *impeller* saja. Pompa jenis ini menghasilkan tekanan yang terbatas. *Multi stage*, pompa yang terdiri dari beberapa *impeller* yang disusun seri. Pompa ini akan menghasilkan tekanan yang lebih besar.
- e. Pompa sentrifugal berdasarkan *konstruksi casing-nya*.
Radial split casing, pompa yang pola penyambungan *casing-nya* kearah radial (sejajar dengan poros pompa). *Modulor/sectional casing-nya* terbagi oleh bidang-bidang tegak lurus poros sesuai dengan jumlah tingkatnya.
- f. Pompa sentrifugal berdasarkan posisi pemasangannya.
Pompa *horizontal*, pompa yang pemasangannya sejajar dengan permukaan tanah, pompa ini adalah yang sering digunakan. Pompa *vertical*, pompa ini bisa digunakan untuk saluran pembuangan bawah tanah.

2.4. Perawatan metode ISMO

Perawatan adalah kegiatan untuk memelihara atau menjaga peralatan dan mengatasi kerusakan-kerusakan untuk dapat mengembalikan keadaan semula. Perawatan ISMO adalah perawatan terencana sesuai dengan penjadwalan yang terbagi atas *inspeksi*, *small repair*, *medium repair*, dan *overhaul*. Didalam metode ISMO terdapat beberapa istilah dan tahapan yang harus dilakukan untuk menghasilkan suatu sistem penjadwalan dan menetapkan estimasi biaya untuk beberapa tahun ke depan. Adapun istilah tersebut adalah sebagai berikut:

Repair cycle adalah siklus dari proses perawatan dan jeda waktu pelaksanaan perawatan yang meliputi *Inspection (I)*, *Small Repair (S)*, *Medium Repair (M)* dan *Overhaul (O)*. Dari 4 jenis perawatan ini memiliki cakupan pekerjaan yang berbeda pada pelaksanaan pekerjaannya (Garg, 1976).

1. *Inspection*

Mempunyai batasan-batasan kerja secara umum, seebagai berikut:

- a. Periksa kondisi oli *gear box*.
- b. Pemeriksaan putaran transmisi.
- c. Memeriksa volume oli.
- d. Memeriksa dan merekam nilai getaran.
- e. Tambah/ganti *Grease Coupling*.
- f. Periksa baut-baut pondasi dan kencang kan baut-baut pengikat.
- g. Periksa kondisi penyampung transmisi atau kopleng.
- h. Bersihkan oli *filter*.

2. *Small Repair*

Mempunyai-batasan kerja secara umum, sebagai berikut:

- a. Kerjakan semua kegiatan yang dilakukan pada *inspection*.

- b. Membongkar 2 sampai 4 unit bagian peralatan yang kemungkinan besar akan aus atau kotor dan membersihkannya, jika diperlukan ganti bagian yang sudah rusak dan gantikan.
 - c. Menambahkan atau mengganti pelumas.
 - d. Mengganti seal.
 - e. Mengencangkan baut-baut dudukan mesin.
 - f. Mengadakan perbaikan bila diperlukan atau yang telah dicatat pada *inspection*.
 - g. Mengganti bearing jika diperlukan.
3. *Medium Repair*
Mempunyai batasan kerja secara umum, sebagai berikut:
- a. Kerjakan semua kegiatan perawatan yang dilakukan di *small repair*, ditambah membongkar semua bagian yang kemungkinan akan aus dan harus diganti atau diperbaiki.
 - b. Mengecat permukaan mesin yang sudah rusak.
 - c. Kalibrasi ulang dengan lakukan *leveling* pada pompa.
4. *Overhaul*
Mempunyai batasan kerja secara umum, sebagai berikut:
- a. Ulangi semua tindakan perawatan yang dilakukan pada *medium repair*, tetapi pembongkaran yang menyangkut setiap unit, semua komponen yang sudah rusak dan aus di ganti dengan komponen baru.
 - b. Pemeriksaan pondasi pompa, dan perbaiki jika diperlukan.
 - c. Mengecat permukaan yang harus di cat dengan cat yang baru.

3. METODE PENELITIAN

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data untuk memperoleh informasi awal dalam perencanaan penjadwalan dan estimasi biaya perawatan, maka digunakan beberapa teknik pengumpulan data sebagai berikut:

1. Observasi
Melakukan observasi atau pengamatan langsung terhadap keadaan sebenarnya yang terjadi didalam perusahaan yang berhubungan erat dengan permasalahan yang diteliti. Dalam penelitian perencanaan perawatan dengan metode ISMO dilakukan terhadap pompa sentrifugal.
2. Wawancara
Pengumpulan data dengan carainterview secara langsung dengan karyawan PDAM Cabang Sungai Pakning. Metode ini dilakukan untuk mendapatkan data perawatan yang dilakukan PDAM Cabang Sungai Pakning Kabupaten Bengkalis.
3. Dokumentasi
Merupakan teknik pengumpulan data dengan mengumpulkan data yang berupa catatan, arsip, buku yang telah ada di PDAM.

Sebelum menentukan jadwal dan pembiayaan perawatan, tahap pertama yang harus dilakukan adalah mengetahui berapa nilai dari *repair complexity*. *Repair complexity* merupakan suatu nilai relatif untuk menetapkan tingkat kerumitan pereawatan suatu mesin. *Repair complexity* akan membantu dalam menentukan *repair cycle*, tipe produksi, bahan benda produksi yang dikerjakan, giliran kerja per *hari* (asumsi: 1 *shift* = 8 jam kerja per hari) (Garg, 1976).

Tabel 2. *Repair complexity equipment* (Garg, 1976).

| No | Type of production | Average repair complexity of equipment |
|----|---------------------------|--|
| 1 | Rolling mills (stell) | 15 |
| 2 | Turbine (steam and hydro) | 14 |

| | | |
|----|--|------|
| 3 | <i>Boiler</i> | 12 |
| 4 | <i>Steam turbine for ships</i> | 11.5 |
| 5 | <i>Avitation engine, heavy diesel, heavy machine tool</i> | 11 |
| 6 | <i>Auto mobile, heavy tractors, ships, aircraft</i> | 10 |
| 7 | <i>Tractor</i> | 9.5 |
| 8 | <i>Railway Wagon (Good and Passenger)</i> | 9 |
| 9 | <i>Machine Tool (Medium)</i> | 9 |
| 10 | <i>ball or Roller Bearing Motor Cycles</i> | 8.5 |
| 11 | <i>Heavy Electrical Machines, Electric Trains, Precision Instrumens</i> | 8.5 |
| 12 | <i>Cyles Tractor Spare Part, Machine for Chemicals, Industrial Paper Wood Pulp</i> | 8 |
| 13 | <i>Compressor, Hydraulic Machine, Light Machine Tools</i> | 8 |
| 14 | <i>Tool and Cutters</i> | 7.5 |
| 15 | <i>Textile, Food Industries Latter, Fire Protection Equipment</i> | 7.5 |
| 16 | <i>Gas Appararatus</i> | 7 |
| 17 | <i>Low Voltage Appararatus</i> | 7 |
| 18 | <i>Weighing Instruments</i> | 7 |
| 19 | <i>Electrical Instruments</i> | 6 |
| 20 | <i>Earth Moving Machinery Shower, Bulldozers, ect.</i> | 6 |
| 21 | <i>Watches and Light Instruments</i> | 5.5 |

Biaya yang dikeluarkan untuk melakukan perawatan suatu peralatan merupakan salah satu unsur yang penting dalam pengelolaan perusahaan, sebab biaya sangat menentukan didalam perolehan keuntungan. Biaya perawatan diusahakan dengan biaya seminimum mungkin, dan peralatan dapat dioperasikan secara maksimum guna memperoleh kelancaran proses produksinya (kodoatie, 2005). Dalam perhitungan biaya perawatan (pencegahan, koreksi, dan *overhaul*) masing-masing menggunakan formula sebagai berikut:

$$F = P_{t1}(1 + i)^n \quad (1)$$

Keterangan:

F: Nilai uang masa depan, (Rp).

P: Nilai uang masa sekarang (Rp).

i: Tingkat inflasi per periode (%).

n: Lamanya periode penelahaan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Menentukan *Repair Complexity* dan *Repair Cycle*

Data kerusakan dan perawatan yang diambil dari PDAM Cabang Sungai Pakning Kabupaten Bengkalis, data yang diambil yaitu data yang berkaitan dengan perawatan pada pompa sentrifugal type Y3-160M2-2.

Tabel 3. Penetapan nilai *repair complexity* pompa sentrifugal type Y3-160 M2-2.

| Nama Alat | Type Alat | Type Of Production | Repair Complexity |
|-------------------|------------|--------------------|-------------------|
| Pompa Sentrifugal | Y3-160M2-2 | Compressor | 8 |

Berdasarkan tabel *repair complexity equipment*, maka didapat nilainya adalah 8. Jadi *repair cycle* dari pompa sentrifugal type Y3-160 M2-2 dapat ditentukan dengan melihat tipe produksi, bahan dari pompa dan jumlah *shift* jam kerja yang terbagi menjadi 1,2, dan 3 *shift*. Untuk lebih jelas dalam dilihat kolom *repair complexity* dengan rentang indeks 0 s/d 30.

| Repair Complexity | Repair Cycle | | | Tipe Produksi | Bahan Benda Produksi | Periode Antara Dua Masa Perawatan | | | Periode Antara Dua Overhaul | | | |
|-------------------|---|--------|---|---------------|----------------------|-----------------------------------|------|-----|-----------------------------|------|------|-----|
| | Siklus | Jumlah | | | | Dalam Bulan (t) | | | Dalam Tahun (T) | | | |
| | | M | S | | | I | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| 0 s/d 30 | O-11-S1-I2-S2-I3-M1-I4-S3-I5-S4-I6-M2-I7-S5-I8-S6-I9-O | 2 | 6 | 9 | Masal | Baja Karbon dan cor | 6.0 | 3.0 | 2.0 | 9.5 | 4.5 | 3.0 |
| | | | | | | Aluminium cor | 6.5 | 3.5 | 2.5 | 10.0 | 5.0 | 3.5 |
| | | | | | | Perunggu | 7.0 | 3.5 | 2.5 | 10.0 | 5.5 | 3.5 |
| | | | | | | Baja konstruksi | 8.5 | 4.5 | 3.0 | 13.0 | 6.5 | 4.5 |
| | | | | | Seri | Baja Karbon dan cor | 8.0 | 4.0 | 3.0 | 12.0 | 6.0 | 4.0 |
| | | | | | | Aluminium cor | 9.0 | 4.5 | 3.0 | 13.0 | 6.5 | 4.5 |
| | | | | | | Perunggu | 9.5 | 4.5 | 3.0 | 13.0 | 6.5 | 4.5 |
| | | | | | | Baja konstruksi | 11.5 | 6.0 | 4.0 | 17.0 | 8.5 | 6.0 |
| | | | | | Unit | Baja Karbon dan cor | 9.5 | 4.5 | 3.0 | 14.0 | 7.0 | 4.5 |
| | | | | | | Aluminium cor | 10.0 | 5.0 | 3.5 | 15.0 | 7.5 | 5.0 |
| | | | | | | Perunggu | 10.0 | 5.5 | 3.5 | 16.0 | 8.0 | 5.5 |
| | | | | | | Baja konstruksi | 13.0 | 6.5 | 4.5 | 19.5 | 10.0 | 6.5 |
| 30 s/d 150 | O-11-I2-I3-S1-I4-I5-I6-S2-I7-I8-I9-M1-I10-I11-I12-S3-I13-I14-I15S4-I16-I17-I18-M2-I19-I20-I21-S5-I22-I23-I24-S6-I25-I26-I27-O | 2 | 6 | 27 | Masal | Baja Karbon dan cor | 4.0 | 2.0 | 1.5 | 12.5 | 6.5 | 4.0 |
| | | | | | | Aluminium cor | 4.5 | 2.5 | 1.5 | 13.5 | 7.0 | 4.5 |
| | | | | | | Perunggu | 5.0 | 2.5 | 1.5 | 14.5 | 7.0 | 5.0 |
| | | | | | | Baja konstruksi | 6.0 | 3.0 | 2.0 | 18.0 | 9.0 | 6.0 |
| | | | | | Seri | Baja Karbon dan cor | 5.5 | 2.5 | 2.0 | 16.0 | 8.0 | 5.5 |
| | | | | | | Aluminium cor | 5.5 | 3.0 | 2.0 | 17.5 | 9.0 | 6.0 |
| | | | | | | Perunggu | 6.5 | 3.0 | 2.0 | 18.5 | 9.5 | 6.5 |
| | | | | | | Baja konstruksi | 8.0 | 4.0 | 2.5 | 23.5 | 11.5 | 8.5 |
| | | | | | Unit | Baja Karbon dan cor | 6.5 | 3.0 | 2.0 | 18.5 | 9.5 | 6.5 |
| | | | | | | Aluminium cor | 6.5 | 3.5 | 2.5 | 20.5 | 10.0 | 6.5 |
| | | | | | | Perunggu | 7.0 | 3.5 | 2.5 | 21.5 | 11.0 | 7.0 |
| | | | | | | Baja konstruksi | 7.0 | 3.5 | 2.5 | 26.5 | 26.5 | 9.0 |
| Diatas 150 | O-11-I2-S1-I4-I5- | 2 | 9 | 36 | Seri | Baja Karbon dan cor | 5.0 | 2.5 | 2.0 | 21.0 | 11.5 | 7.5 |
| | | | | | | Aluminium cor | 5.0 | 3.0 | 2.0 | 22.5 | 11.5 | 8.5 |
| | dst | | | | dst | | | | dst | | | |

Gambar 4. Tabel *repair complexity* dan *repair cycle* (Garg, 1976).

Tabel 4. Tabel *repair complexity* pompa sentrifugal type Y3-160 M2-2 (Garg, 1976)

| Repair Complexity | Repair Cycle | t | | | T (Tahun) | |
|-------------------|---|---|---|---|-----------|----|
| | | M | S | I | | |
| 8 | I ₁ -S ₁ -I ₂ -S ₂ -I ₃ -M ₁ -I ₄ -S ₃ -I ₅ -S ₄ -I ₆ -M ₂ -I ₇ -S ₅ -I ₈ -S ₆ -I ₉ -O | 2 | 6 | 9 | 9,5 | 14 |

Dengan demikian maka ditemukan bahwa perawatan terhadap pompa sentrifugal type Y3-160M2-2 dilakukan sebanyak 17 kali dalam antar waktu 9,5 bulan sesuai dengan siklus perawatan ISMO selama 14 tahun ke depan yaitu dari tahun 2020 sampai dengan 2033. Pada tahun ke 14 yaitu siklus ke 17 akan diadakan *overhaul* pompa sentrifugal.

4.2. Estimasi biaya perawatan peralatan

Berdasarkan kebutuhan perawatan yang telah dilakukan pada tahun 2019 di PDAM Sungai Pakning maka daftar kebutuhan bahan dan peralatan dalam kegiatan perawatan dapat disusun menjadi sebuah RAB (rincian anggaran biaya) ISMO. Maka diketahui biaya masing-masing kegiatan perawatan metode ISMO.

Diketahui:

$$\begin{aligned}
 I &= \text{Rp. } 296.100 \\
 S &= \text{Rp. } 366.100 \\
 M &= \text{Rp. } 1.202.100 \\
 O &= \text{Rp. } 2.503.600 \\
 i &= 0,2002
 \end{aligned}$$

Maka estimasi biaya perawatan dari tahun 2020 sampai dengan 2033 dapat dihitung.

1. Estimasi biaya perawatan tahun 2020.

$$\begin{aligned}
 F &= [P (1 + i)^n] I \\
 F &= [\text{Rp. } 296.100 (1+0,2002)^1] I \\
 F &= \text{Rp. } 355.379
 \end{aligned}$$

2. Estimasi biaya perawatan tahun 2021.
 $F = [P (1 + i)^n] S1$
 $F = [\text{Rp. } 366.100 (1+0,2002)^2] S1$
 $F = \text{Rp. } 527.359$
3. Estimasi biaya perawatan tahun 2022.
 $F = [P (1 + i)^n] I2$
 $F = [\text{Rp. } 296.100 (1+0,2002)^3] I2$
 $F = \text{Rp. } 355.379$
4. Estimasi biaya perawatan tahun 2023.
 $F = [P (1 + i)^n] I3 + [P (1 + i)^n] M1$
 $F = [\text{Rp. } 296.100 (1+0,2002)^4] I3 + [\text{Rp. } 1.202.100 (1+0,2002)^4] M1$
 $F = \text{Rp. } 2.590.184$
5. Estimasi biaya perawatan tahun 2024.
 $F = [P (1 + i)^n] I4$
 $F = [\text{Rp. } 296.100 (1+0,2002)^5] I4$
 $F = \text{Rp. } 614.378$
6. Estimasi biaya perawatan tahun 2025.
 $F = [P (1 + i)^n] S3$
 $F = [\text{Rp. } 366.100 (1+0,2002)^6] S3$
 $F = \text{Rp. } 911.699$
7. Estimasi biaya perawatan tahun 2026.
 $F = [P (1 + i)^n] I5$
 $F = [\text{Rp. } 296.100 (1+0,2002)^7] I5$
 $F = \text{Rp. } 885.013$
8. Estimasi biaya perawatan tahun 2027.
 $F = [P (1 + i)^n] S4 + [P (1 + i)^n] I6$
 $F = [\text{Rp. } 1.202.100 (1+0,2002)^8] S4 + \text{Rp. } 296.100 (1+0,2002)^8] I6$
 $F = \text{Rp. } 5.374.587$
9. Estimasi biaya perawatan tahun 2028.
 $F = [P (1 + i)^n] M2$
 $F = [\text{Rp. } 1.202.100 (0,2002)^9] M2$
 $F = \text{Rp. } 5.175.705$
10. Estimasi biaya perawatan tahun 2029.
 $F = [P (1 + i)^n] I7$
 $F = [\text{Rp. } 296.100 (1+0,2002)^{10}] I7$
 $F = \text{Rp. } 1.530.097$
11. Estimasi biaya perawatan tahun 2030.
 $F = [P (1 + i)^n] S5$
 $F = [\text{Rp. } 366.100 (1+0,2002)^{11}] S5$
 $F = \text{Rp. } 2.270.560$

12. Estimasi biaya perawatan tahun 2031.

$$F = [P (1 + i)^n] I8 + [P (1 + i)^n] S6$$

$$F = [\text{Rp. } 296.100 (1+0,2002)^{12}] I8 + [\text{Rp. } 366.100 (1+0,2002)^{12}] S6$$

$$F = \text{Rp. } 4.929.218$$

13. Estimasi biaya perawatan tahun 2032.

$$F = [P (1 + i)^n] I9$$

$$F = [\text{Rp. } 296.100 (1+0,2002)^{13}] I9$$

$$F = \text{Rp. } 2.645.342$$

14. Estimasi biaya perawatan tahun 2033.

$$F = [P (1 + i)^n] O$$

$$F = [\text{Rp. } 2.503.600 (1+0,2002)^{14}] O$$

$$F = \text{Rp. } 26.844.915$$

5. KESIMPULAN

Dari perencanaan yang telah dibuat dan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Ditemukan nilai *index repair complexity* untuk pompa sentrifugal type Y3-160M2-2 adalah 8. Nilai ini menentukan siklus perawatan yang akan dilaksanakan 14 tahun kedepan dari tahun 2019 sampai dengan tahun 2032.
2. Siklus perawatan terdiri dari kegiatan inspeksi sebanyak 9 kali, kegiatan *small repair* 6 kali, kegiatan *medium repair* 2 kali dan *overhaul* 1 kali. Siklus perawatan dilakukan setiap 9,5 bulan dalam kurun waktu 14 tahun.
3. Siklus perencanaan biaya perawatan dimulai tahun 2019-2033. Ditemukan estimasi biaya perawatan yang dibutuhkan dalam tahun pertahun dengan estimasi biaya perawatan sebesar Rp. 296.100, untuk *inspection*, Rp. 366.100, untuk *small repair*, Rp.1.202.100, untuk *medium repair*, dan Rp. 2.503.600, untuk *overhaul*.

6. DAFTAR PUSTAKA

Eva F. Karamah., 2015 Diktat Kuliah Ekonomi Teknik. Universitas Indonesia.

Garg, H.P., 1976, *Industrial Maintenance*. New Delhi: S. Chand. Perencanaan perawatan ISMO.

Kodoatie, R. J., 2005, Analisis ekonomi teknik. Yogyakarta.

Muhtadin, M., 2017, Perawatan Korektif Pompa Sentrifugal *pada Bearing* (3003 J) di PT. Pupuk Kujang Cikampek. Fakultas Teknik. Universitas Pasundan Bandung.

Mutiara Bahtiar A.D., M Prayodha Setyawan, 2013. Perencanaan Perawatan Alat Peraga Motor Diesel Hyundai HD Mighty Berdasarkan Metode ISMO. Program Studi Perawatan dan Perbaikan Mesin Politeknik Kediri.

Wahyu Susanto R. E., dan Dani Supriyanto, 2014. Perencanaan Perawatan Mesin Sekrap (Merek Qing Dao, Tipe BC-6063) Berdasarkan Metode ISMO. Program Studi Perawatan dan Perbaikan Mesin Politeknik Kediri.