

PERAWATAN POMPA SENTRIFUGAL UNTUK WATER TREATMENT PLANT YANG DIGUNAKAN PADAPDAM TIRTANA DI DELI TUA DENGAN METODE FMEA

Rifqi Fitra Ryansyah, Din Aswan Amran Ritonga, Junaidi

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Komputer

Universitas Harapan Medan

Abstrak

Air bersih merupakan kebutuhan dasar yang vital bagi masyarakat. PDAM Tirtanadi Delitua mendistribusikan air bersih menggunakan pompa sentrifugal dengan kapasitas maksimal 250 liter per detik. Mengingat peran krusial pompa dalam sistem distribusi, penelitian ini bertujuan menganalisis strategi perawatan pompa menggunakan metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) untuk meningkatkan keandalan, mengurangi downtime, serta menekan biaya operasional. Data kerusakan pada empat unit pompa selama periode 2024–2025 menunjukkan 152 kasus kerusakan, dengan frekuensi tertinggi pada bearing (45 kali), rubber coupling (41 kali), dan gland packing (33 kali). Komponen dengan nilai Risk Priority Number (RPN) tertinggi adalah bearing (648), rubber coupling (576), dan casing wearing ring (512). Hasil analisis menunjukkan nilai keandalan komponen berada pada kategori rendah hingga moderat ($<0,70$). Strategi perawatan yang direkomendasikan berdasarkan pendekatan Reliability Centered Maintenance (RCM) meliputi condition directed maintenance, finding failure maintenance, dan time directed maintenance. Interval perawatan preventif disarankan dilakukan sebelum nilai keandalan turun di bawah 0,7. Penelitian ini memberikan kontribusi praktis dalam meningkatkan efisiensi perawatan pompa dan kualitas distribusi air bersih.

Kata-Kata Kunci: Pompa Sentrifugal, FMEA, RPN, Water Treatment Plant.

I. Pendahuluan

Kebutuhan air bersih yang sangat penting bagi kebutuhan dasar untuk kehidupan makhluk hidup terutama manusia. Manusia menggunakan air untuk berbagai keperluan dalam kehidupan sehari – hari. Air mempengaruhi berbagai aspek yang meliputi kesehatan masyarakatnya, ekonomi, social, serta peningkatan peningkatan tata kehidupan kota / desa serta kawasan industri itu sendiri

Water Treatment Plant (WTP) adalah suatu alat atau mesin yang digunakan untuk memindahkan cairan dari suatu tempat ke tempat yang lain melalui suatu media perpipaan dengan cara menambahkan energi pada cairan yang dipindahkan dan berlangsung secara terus menerus. PDAM Tirtanadi Delitua menggunakan pompa WTP dengan jenis sentrifugal untuk mendistribusikan air bersih dari sumber mata air ke reservoir, yang selanjutnya distribusikan kepada masyarakat. Untuk menggerakkan pompa diperlukan tenaga yang digerakkan dengan motor listrik dengan pemindahan tenaga melalui kopling untuk memutar poros pompa. Dari tenaga yang didapat dari motor listrik ini, pompa dapat memindahkan banyak cairan.

Mengingat pentingnya peran pompa ini, maka perawatan yang dilakukan juga harus diperhatikan dengan baik. Perawatan merupakan serangkaian kebijakan yang diperlukan untuk mempertahankan atau mengembalikan suatu mesin atau fasilitas produksi dalam keadaan operasional yang efektif (Ramadhan, 2017). Pengertian ini dapat disimpulkan bahwa perawatan pada mesin ialah suatu tindakan semua aktivitas yang dilakukan untuk menjaga kondisi performansi mesin sehingga komponen atau

mesin dapat bekerja dengan optimal. Penyusunan strategi atau kebijakan perawatan yang tepat dapat melindungi pompa dari bahaya kerusakan serta mendapatkan keandalan kinerja pompa yang sesuai dengan yang diharapkan.

Pompa adalah alat yang digunakan untuk memindahkan cairan (fluida) dari suatu tempat ketempat yang lain, melalui media (saluran) dengan cara menambahkan energi pada cairan yang dipindahkan. Pompa beroperasi dengan prinsip membuat perbedaan tekanan antara bagian hisap (suction) dan bagian tekan (discharge).

Water Treatment Plant (WTP) atau Instalasi Pengolahan Air (IPA) adalah sistem atau sarana yang berfungsi untuk mengolah air dari kualitas air baku (influent) terkontaminasi untuk mendapatkan perawatan kualitas air yang diinginkan sesuai standart mutu atau siap untuk di konsumsi.

Water Treatment Plant (WTP) adalah sistem atau sarana yang berfungsi untuk mengolah air dari kualitas air yang diinginkan sesuai standar mutu atau siap untuk dikonsumsi. Water Treatment Plant merupakan sarana yang penting di seluruh dunia yang akan menghasilkan air bersih dan sehat untuk dikonsumsi.

PDAM Tirtanadi Delitua salah satu pengguna air bersih yg terbesar dikarenakan padatnya penduduk di daerah tersebut ini diperlukan pemasok air bersih yang sesuai standar mutu air bersih yang bisa digunakan untuk keperluan air minum, maka akan dilakukan perawatan terhadap WTP yang sumber airnya akan diambil melalui sungai dengan kapasitas maksimum pengambilan air sebesar 0,25 m³/s (250 lps) sesuai dengan SIPA (Surat Izin

Pengambilan Air) yang sudah ditetapkan oleh pemerintah setempat.

II. Tinjauan Pustaka

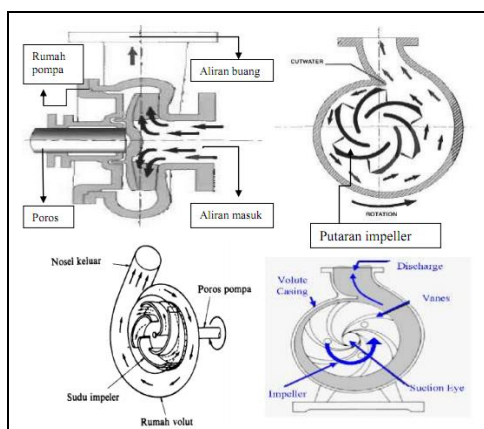
2.1 Pengertian Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal adalah salah satu jenis pompa yang menambahkan energi fluida secara dinamik, yaitu dengan memanfaatkan gaya sentrifugal untuk menciptakan perbedaan tekanan antara sisi masuk (*suction*) dan sisi buang (*discharge*). Pompa ini terdiri dari satu atau lebih impeller yang terpasang pada poros yang berputar dan diselubungi casing. Fluida diisap pompa melalui sisi isap, akibat berputarnya impeller yang menghasilkan tekanan vakum. Kemudian fluida yang telah terisap terlempar ke luar impeller akibat gaya sentrifugal yang dimiliki oleh fluida.

2.1.1 Cara Kerja Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal mempunyai impeller untuk mengangkat zat cair dari tempat yang lebih rendah ke tempat yang lebih tinggi. Daya dari luar diberikan kepada poros pompa untuk memutar impeller di dalam zat cair, maka zat cair yang ada di dalam impeller, oleh dorongan sudu - sudu ikut berputar. Karena timbul gaya sentrifugal maka zat cair mengalir dari tengah - tengah impeller ke luar melalui saluran di antara sudu - sudu.

Di sini head tekan zat cair menjadi lebih tinggi, demikian pula head kecepatannya bertambah besar karena zat cair mengalami percepatan. Jadi impeller pompa berfungsi memberikan kerja kepada zat cair sehingga energi yang dikandungnya menjadi bertambah besar. Selisih energi per satuan berat atau head total zat cair antara saluran hisap dan saluran keluar pompa disebut head total pompa. Dari uraian di atas jelas bahwa pompa sentrifugal dapat mengubah energi mekanik dalam bentuk kerja poros menjadi energi fluida. Energi inilah yang menyebabkan pertambahan head tekanan, head kecepatan, dan head potensial pada zat cair yang mengalir secara kontinyu (Sularso, 2018).



Gambar 1. Lintasan aliran cairan di dalam pompa sentrifugal

2.1.2 Klasifikasi Pompa Sentrifugal

Pompa Sentrifugal dapat diklasifikasikan berdasarkan :

1. Kapasitas
 - a. Kapasitas rendah : $< 20 \text{ m}^3/\text{jam}$
 - b. Kapasitas menengah : $20 - 60 \text{ m}^3/\text{jam}$
 - c. Kapasitas tinggi : $> 60 \text{ m}^3/\text{jam}$
2. Tekanan Discharge
 - a. Tekanan rendah : $< 5 \text{ kg/cm}^2$
 - b. Tekanan menengah : $5-50 \text{ kg/cm}^2$
 - c. Tekanan tinggi : $> 50 \text{ kg/cm}^2$
3. Jumlah / Susunan Impeller dan Tingkat
 - a. *Single stage*: Terdiri dari satu impeller dan satu casing.
 - b. *Multi stage* : Terdiri dari beberapa impeller yang tersusun seri dalam satu casing
 - c. *Multi impeller* : Terdiri dari beberapa impeller yang tersusun paralel dalam satu casing.
 - d. *Multi impeller dan multi stage* : Kombinasi multi impeller dan multi stage
4. Posisi Poros
 - a. Poros tegak
 - b. Poros mendatar
5. Jumlah Suction
 - a. *Single suction*
 - b. *Double suction*
6. Arah Aliran Keluar impeller
 - a. *Radial flow*
 - b. *Axial flow*
 - c. *Mixed flow*

2.2. Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Metode FMEA adalah pendekatan sistematis yang menerapkan suatu metode pentabelan dengan menentukan mode kegagalan, penyebab kegagalan dan efek dari kegagalan hal ini untuk membantu proses pemikiran yang digunakan oleh engineers untuk mengidentifikasi mode kegagalan potensial dan efeknya. FMEA merupakan teknik evaluasi tingkat keandalan dari sebuah sistem untuk menentukan efek dari kegagalan dari sistem tersebut. Kegagalan digolongkan berdasarkan dampak yang diberikan terhadap kesuksesan suatu misi dari sebuah sistem. Secara umum, Failure Modes and Effect Analysis didefinisikan sebagai sebuah teknik yang mengidentifikasi tiga hal, yaitu :

1. Penyebab kegagalan yang potensial dari sistem, desain produk, dan proses selama siklus hidupnya.
2. Efek dari kegagalan tersebut.
3. Tingkat kekritisan efek kegagalan terhadap fungsi sistem, desain produk, dan proses.

FMEA merupakan alat yang digunakan untuk menganalisa keandalan suatu sistem dan penyebab kegagalannya untuk mencapai persyaratan keandalan dan keamanan sistem, desain dan proses

dengan memberikan informasi dasar mengenai prediksi keandalan sistem, desain, dan proses. Terdapat lima tipe FMEA yang bisa diterapkan dalam sebuah industri manufaktur, yaitu :

1. *System*, berfokus pada fungsi sistem secara global
2. *Design*, berfokus pada desain produk
3. *Process*, berfokus pada proses produksi, dan perakitan
4. *Service*, berfokus pada fungsi jasa
5. *Software*, berfokus pada fungsi software

Berikut ini adalah tujuan yang dapat dicapai oleh perusahaan dengan penerapan FMEA:

1. Untuk mengidentifikasi mode kegagalan dan tingkat keparahan efeknya.
2. Untuk mengidentifikasi karakteristik kritis dan karakteristik signifikan
3. Untuk mengurutkan pesanan desain potensial dan defisiensi proses
4. Untuk membantu fokus engineer dalam mengurangi perhatian terhadap produk dan proses, dan membantu mencegah timbulnya permasalahan.

Dari penerapan FMEA pada perusahaan, maka akan dapat diperoleh keuntungan - keuntungan yang sangat bermanfaat untuk perusahaan, antara lain:

1. Meningkatkan kualitas, keandalan, dan keamanan produk.
2. Membantu meningkatkan kepuasan pelanggan.
3. Meningkatkan citra baik dan daya saing perusahaan.
4. Mengurangi waktu dan biaya pengembangan produk.
5. Memperkirakan tindakan dan dokumen yang dapat mengurangi resiko.
6. Membantu menganalisis proses manufaktur baru.
7. Meningkatkan pemahaman bahwa kegagalan potensial pada proses manufaktur harus dipertimbangkan.
8. Mengidentifikasi defisiensi proses, sehingga para engineer dapat berfokus pada pengendalian untuk mengurangi munculnya produksi yang menghasilkan produk yang tidak sesuai dengan yang diinginkan atau pada metode untuk meningkatkan deteksi pada produk yang tidak sesuai tersebut.
9. Menetapkan prioritas untuk tindakan perbaikan pada proses.
10. Menyediakan dokumen yang lengkap tentang perubahan proses untuk memandu pengembangan proses manufaktur atau perakitan di masa datang.

Output dari *Process FMEA* adalah:

1. Daftar mode kegagalan yang potensial pada proses.
2. Daftar *critical characteristic* dan *significant characteristic*.

3. Daftar tindakan yang direkomendasikan untuk menghilangkan penyebab munculnya mode kegagalan atau untuk mengurangi tingkat kejadiannya dan untuk meningkatkan deteksi terhadap produk cacat bila kapabilitas proses tidak dapat ditingkatkan.

FMEA merupakan dokumen yang berkembang terus. Semua pembaharuan dan perubahan siklus pengembangan produk dibuat untuk produk atau proses. Perubahan inidapat dan sering digunakan untuk mengenal mode kegagalan baru. Mengulas dan memperbaharui FMEA adalah penting terutama ketika:

1. Produk atau proses baru diperkenalkan.
2. Perubahan dibuat pada kondisi operasi produk atau proses diharapkan berfungsi.
3. Perubahan dibuat pada produk atau proses (dimana produk atau proses berhubungan). Jika desain produk dirubah, maka proses terpengaruh begitu juga sebaliknya.
4. Konsumen memberikan indikasi masalah pada produk atau proses.

Setelah di ketahui penyebab kegagalan potensial dari suatu kerusakan peralatan dari metode FMEA selanjutnya untuk melihat prioritas resiko keparahan atau RPN maka harus mencari nilai dari *Saverity* (tingkat keparahan), *Occurrence* (tingkat kemungkinan kejadian) & *Detection* (Deteksi).

2.3. Pengertian Perawatan (*Maintenance*)

Perawatan atau yang lebih dikenal dengan kata *maintenance* dapat didefinisikan sebagai salah satu aktivitas yang diperlukan untuk menjaga atau memperbaiki kualitas pemeliharaan sebuah mesin agar mesin tersebut tetap dapat berjalan dengan baik serta dalam kondisi siap pakai (Ating Sudrajat, 2020).

Konsepsi dari semua aktivitas yang diperlukan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas fasilitas atau mesin agar dapat berfungsi dengan baik seperti kondisi awalnya disebut Perawatan atau pemeliharaan (*maintenance*) (Nachnul Ansori & M Imron Mustajib, 2013).

Para ahli di bidang perawatan memberikan pengertian dan definisi tentang perawatan seperti yang terdapat pada daftar istilah teknik (*glossary*) yang diterbitkan oleh British Standard (1993), sebagai:

Gabungan dari berbagai kegiatan teknis dan administrasi, termasuk kegiatan supervisi guna untuk mempertahankan suatu sistem atau komponen sistem atau mengembalikan ke bentuk sesuai fungsi yang diperlukan

Perawatan merupakan alasan menjaga sistem untuk tetap kontinu (*cause to continue*) (Oxford).

1. Perawatan merupakan menjaga sistem dalam kondisi stabil (*keep in existing state*) (Webster).

2. Perawatan merupakan kegiatan untuk menjamin sistem mampu untuk terus melakukan apa yang diinginkan dan menguntungkan.

III. Metode Penelitian

3.1. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dengan pendekatan studi kasus. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi potensi kegagalan (*failure mode*) pada pompa sentrifugal yang digunakan pada unit *Water Treatment Plant* (WTP) PDAM Tirtanadi Delitua, menganalisis tingkat risiko kegagalan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), serta memberikan rekomendasi perawatan untuk meminimalisir kemungkinan terjadinya kerusakan.

Penelitian ini dilaksanakan di PDAM Tirtanadi Delitua. Data yang diambil merupakan data kegagalan kerja pompa sentrifugal yang mengakibatkan proses pengolahan air bersih terhambat penyalurannya, dan data hasil wawancara mengenai dampak yang ditimbulkan apabila mesin pompa mengalami kegagalan kerja.

3.2 Sumber dan Teknik Pengumpulan Data

3.2.1 Sumber Data

- a. Data Primer: diperoleh dari hasil observasi langsung, wawancara dengan teknisi/operator, serta pengisian kuesioner terkait kondisi pompa dan pengalaman kerusakan.
- b. Data Sekunder: diperoleh dari dokumen perusahaan (manual book, data histori kerusakan, jadwal maintenance, laporan downtime), serta literatur terkait perawatan pompa sentrifugal dan penerapan FMEA.

3.2.2 Teknik Pengumpulan Data

- a. Observasi: pada tahapan ini dilakukan dengan cara mengamati langsung kondisi pompa, prosedur perawatan, serta pola kerusakan yang sering terjadi kerusakan pada Perusahaan tirtanadi di Delitua.
- b. Wawancara: Dilakukan dengan teknisi dan supervisor perawatan untuk mengetahui pengalaman kegagalan, penyebab kerusakan, serta tindakan korektif yang dilakukan.
- c. Dokumentasi: Mengumpulkan data sekunder berupa laporan kerusakan, jam operasi pompa, dan riwayat perawatan.

IV. Hasil Dan Pembahasan

4.1 Pompa Sentrifugal

Pompa Sentrifugal berfungsi untuk pemompaan air dalam berbagai penggunaan industri khususnya pada penyaluran melalui WTP. Dalam pemeliharaan pompa, perusahaan dapat meminimal-

kan tingkat kegagalan, dapat meningkatkan standar kualitas dan membantu proses produksi berjalan sesuai dengan yang direncanakan. Perawatan dan perbaikan adalah menghindarkan atau memperbaiki mesin atau komponen-komponennya dari kerusakan, dengan tindakan ini mesin dapat dioperasikan lagi. Kegiatan yang dilakukan diantaranya mengganti atau memperbaiki alat-alat mesin yang bertujuan agar mesin dapat dioperasikan kembali sebagaimana mestinya. Kualitas dalam perbaikan harus diukur, jika kualitas perbaikan komponen mesin mempunyai 90-100% maka perbaikan yang dilakukan nilainya adalah baik sekali.

Tidak semua sistem perlu dilakukan proses analisis. Hal ini disebabkan karena jika proses analisis dilakukan secara bersamaan untuk lebih dari dua sistem, maka proses analisis akan menjadi sangat luas, oleh karena itu PDAM Tirtanadi Delitua yang menggunakan sistem perpompaan dipilih sebagai lokasi penelitian.

Sistem Pompa di Instalasi PDAM Tirtanadi Delitua yang dijadikan lokasi dalam penelitian ini dalam kurun waktu selama tahun 2024 - 2025 mengalami beberapa kerusakan dengan data seperti yang tertera pada Tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Data Kerusakan Pompa

No.	Pompa	Frekuensi Kerusakan	Waktu Perbaikan	Waktu Oprasi
1	K1	63	113,65 jam	13.038,35 jam
2	K2	40	84,5 jam	13.067,50 jam
3	K3	25	48,2 jam	13.103,80 jam
4	K4	24	50,98 jam	13.101,02 jam

Berdasarkan hal tersebut di atas, setelah dilakukan pengumpulan data pada pompa di Instalasi PDAM Tirtanadi Delitua selama tahun 2024 – 2025 didapat hasil sebagai berikut :

1. Pompa K1 kerusakan tertinggi adalah Bearing sebanyak 16 kali, rubber coupling sebanyak 15 kali, gland packing sebanyak 14 kali serta casing wearing ring sebanyak 7 kali.
2. Pompa k2 adalah Bearing 12 kali, rubber coupling 11 kali, gland packing 10 kali serta casing wearing sebanyak 4 kali.
3. Pompa k3 kerusakan tertinggi : Bearing 8 kali, rubber coupling 7 kali, casing wearing 5 kali dan gland packing 4 kali.
4. Pompa k4 adalah : Bearing sebanyak 9 kali, rubber coupling 8 kali, serta gland packing 5 kali.

4.2 Penyusunan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Pada tahap ini adalah tahap analisa penyebab terjadinya kegagalan fungsi pada bagian mesin yang diteliti yang kemudian ditampilkan dalam bentuk matriks (Sodikin and Jati, 2022). Pembuatan matriks ini menggambarkan hubungan antara kegagalan

fungsi (baris) dengan bagian–bagian mesin yang diteliti (kolom) yang menjadi dasar pembuatan tabel FMEA. Melalui pembuatan tabel dapat diketahui mode kerusakan dan penyebab kerusakan bagian – bagian mesin yang teliti (Afefy et al., 2019).

Menurut Sharma and Srivastava, (2018) dalam FMEA, dapat dilakukan perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) untuk menentukan tingkat kegagalan tertinggi, untuk mendapatkan nilai RPN dapat ditunjukkan dengan persamaan sebagai berikut:

$$RPN = Severity \times Occurance \times Detection$$

Dari hasil rekapitulasi kuesioner penilaian FMEA dalam menentukan RPN komponenkomponen kritis mesin pompa sentrifugal, dapat disimpulkan :

1. Komponen pompa yang memiliki RPN tertinggi (≥ 200), yaitu : bearing dengan nilai RPN 240 yang di sebabkan oleh getaran tinggi, casing dengan nilai RPN 240 yang di sebabkan oleh korosi / erosi, casing wear ring dengan RPN 252 yang disebabkan oleh keausan berlebih, gland packing dengan RPN 240 yang disbebkkan oleh kebocoran fluida berlebih, impeller dengan RPN 240 yang disebabkan oleh keausan akibat fluida abrasif, dan juga shaft dengan RPN 240 yang disebabkan oleh getaran berlebihan.
2. Komponen pompa yang memiliki RPN tinggi (200), yaitu : bearing dengan rpn 200 yang di sebabkan oleh kerusakan pelumas (kekurangan oli/grease), bearing support dengan RPN 200 yang di sebabkan oleh misalignment (tidak lurus dengan poros),mechanical seal dengan RPN 200 yang disebabkan oleh aus pada seal ring.
3. Komponen pompa yang memiliki RPN (≤ 200), yaitu : bearing dengan RPN 162 yang disebabkan retak , bearing housing dengan RPN 150 yang disebabkan oleh longgar ataupun haus pada dudukan bearing, casing dengan RPN 160 yang di sebabkan oleh kebocoran pada sambungan atau las, discharge nozzle dengan RPN 175 yang di sebabkan oleh kebocoran seal, flexible coolant dengan RPN 175 yang disebabkan oleh bocor akibat retak/pecah, gland packing dengan RPN 180 yang disebabkan oleh packing mengeras/getas, impeller dengan RPN 192 yang disebabkan oleh korosi kimia, mechanical seal dengan RPN 180 yang disebabkan oleh kebocoran pada seal face, pump feet dengan RPN 160 yang disebabkan oleh baut pengikat longgar, rubber coupling dengan RPN 175 yang disebabkan oleh retak/getas karena umur, shaft dengan RPN 180 yang disebabkan oleh bengkok, dan suction nozzle dengan RPN 175 yang disebabkan oleh kebocoran pada gasket.

Semakin sering mesin pompa tersebut digunakan, maka akan menurunkan kinerja pompa, sehingga membutuhkan kebijakan perawatan pompa baik preventif, korektif maupun prediktif. Dalam kurun waktu 2024 – 2025 gejala yang sering terjadi pada pompa adalah kerusakan rubber coupling

sebanyak 41 kali, kerusakan pada Bearing sebanyak 45 kali sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 2. Penurunan kondisi mesin inilah yang menjadi masalah yang dihadapi oleh PDAM.

Tabel 2. Data Kerusakan Komponen Pompa Periode 2024-2025

No.	Nama Komponen	Jumlah Kerusakan
1	Gland Packing	33
2	Bearing	45
3	Rubber Coupling	41
4	Flexible Coolant	8
5	Casing Wear Ring	17
6	Shaft	5
7	Pump feet	1
8	Casing	1
9	Impeller	1
JUMLAH		152

Berdasarkan Tabel 2 maka Langkah selanjutnya dari failure mode tersebut akan dianalis lebih lanjut dengan Logic Tree Analysis (LTA). Dasar yang digunakan dalam menentukan failure mode yang akan dimasukkan dalam LTA adalah efek yang ditimbulkan terhadap system. Dari hasil Analisa maka didapat ringkasan hasil (top 5 prioritas berdasarkan RPN) sebagai berikut :

1. *Bearing* — RPN = 144 (prioritas tertinggi)
Rekomendasi contoh: penerapan pemantauan getaran rutin, pelumasan berkala terjadwal, stock bearing kritis, inspeksi termal pada motor.
2. *Rubber Coupling* — RPN = 75
Rekomendasi contoh: inspeksi visual dan pengukuran keausan coupling, prosedur alignment poros, penggantian preventif berdasarkan jam operasi.
3. *Gland Packing* — RPN = 60
Rekomendasi contoh: verifikasi tekanan sealing, jadwal penggantian/pengencangan gland, pemeriksaan kebocoran teratur.
4. *Casing Wear Ring* — RPN = 40
Rekomendasi contoh: inspeksi keausan internal saat shutdown, pertimbangkan material lebih tahan gesek atau spare part rotasi.
5. *Impeller / Pump feet / Casing / Shaft / Flexible Coolant* — RPN lebih rendah (contoh RPN: 28,24,24,21,12)
Rekomendasi contoh: masukkan ke program inspeksi berkala; naikan deteksi (mis. pengukuran flow, tekanan, dan inspeksi visual berkala) untuk menurunkan nilai D.

Dari hasil Analisa diatas sehingga komponen dengan frekuensi sangat kecil tetap mendapat $O \geq 1$ dan yang paling sering mendapat nilai mendekati 10. Anda dapat mengganti ini dengan skala occurrence berbasis rentang frekuensi absolut (mis. >30 kejadian = $O=9-10$, $20-29 = O=7-8$, dst.) jika lebih dapat disesuaikan dengan kebijakan PDAM Tirtanadi Delitua.

4.3 Pembahasan

Dari pengolahan data didapatkan bahwa komponen dengan laju kerusakan (λ) tertinggi sebesar 2,301895 adalah komponen gland packing pada mesin pompa K1, sedangkan yang terendah sebesar 0,000320 adalah komponen chasing wearing ring pada pompa K1, data diatas didapat dari kerusakan yang terjadi pada pompa dimana total perkalaian RPNnya adalah 3019 maka didapat hasil kerusakan (λ) tertinggi pada komponen gland packing sebesar 2,301895 . untuk mendapatkan nilai kerusakan pertama-tama dilakukan menskalakan RPN total (3019), sehingga menjadi kira-kira 10 (mis. dengan membagi oleh konstanta skala).Lalu mengambil nilai log natural (ln) dari hasil skala tersebut $\rightarrow$ menghasilkan ≈ 2.30 . lalu dibuat dalam bentuk nilai numerik supaya tepat ke 2,301895 ≈ 9.99310145 .Jadi konstanta pembagi yang dipakai adalah $3019 / 9.99310145 \approx 302.17$.atau dengan kata lain $\text{Nilai}_{\text{kerusakan}} = \ln(3019 / 302.17) \approx \ln(9.9931) \approx 2.301895$

Komponen dengan nilai keandalan (R) terendah adalah casing wearing ring dengan nilai sebesar 0,359770 dan komponen bearing pada mesin pompa K1 mempunyai nilai keandalan tertinggi sebesar 0,518500. t. Menurut Surucu and Maslaci (2020) juga Serbetar and Sedlar, (2016) jika nilai reliabilitas $> 0,7$ artinya reliabilitas mencukupi, sementara jika reliabilitas $> 0,80$ ini mensugestikan seluruh item reliabel dan seluruh tes secara konsisten secara internal karena memiliki reliabilitas yang kuat. Dari data ini dapat diketahui bahwa perhitungan gland ppacking dan chasing seperti berikut ini:

Diketahui :

$$\lambda_{\text{gland packing}} = 2,301895$$

$$\lambda_{\text{chasing wearing ring}} = 0,000320$$

dengan data diatas maka dilakukan perhitungan Menggunakan rumus di atas (hitung digit-per-digit secara numerik):

$$\text{MTTF (rata-rata waktu sampai gagal)}$$

$$MTTF_{\text{gland}} = \frac{1}{2,301895} \approx 0,434425 \text{ jam}$$

$$MTTF_{\text{chasing}} = \frac{1}{0,000320} \approx 3125 \text{ jam}$$

$$\text{Keandalan pada } t = 1 \text{ jam}$$

$$R_{\text{gland}}(1) = e^{-2,301895 \times 1} \approx 0,10007$$

$$R_{\text{chasing}}(1) = e^{-0,000320 \times 1} \approx 0,99968$$

Dari perhitungan diatas diketahui bahwa gland packing sangat tidak andal (rata-rata gagal < 1 jam, reliabilitas $\sim 10\%$ setelah 1 jam), sedangkan chasing wearing ring sangat andal dalam jangka yang sama.

Setelah menentukan tangka kengagalan dan keandalan sebuah komponen , perluh juga untuk menentukan angka reliabilitas pompa dengan menentukan nilai casing terendah dan bearing tertinggi seperti di bawah ini:

- **R terendah** = 0,359770 (casing wearing ring)
- **R tertinggi** = 0,518500 (bearing)

- a. Jika reliabilitas $> 0,90$ maka reliabilitas sempurna
- b. Jika reliabilitas antara 0,70 – 0,90 maka reliabilitas tinggi
- c. Jika reliabilitas antara 0,50 – 0,70 maka reliabilitas moderat
- d. Jika reliabilitas $< 0,50$ maka reliabilitas rendah

4.4 Perawatan Pada Pompa Sentrifugal

Hasil perawatan pada pompa sentrifugal antara lain :

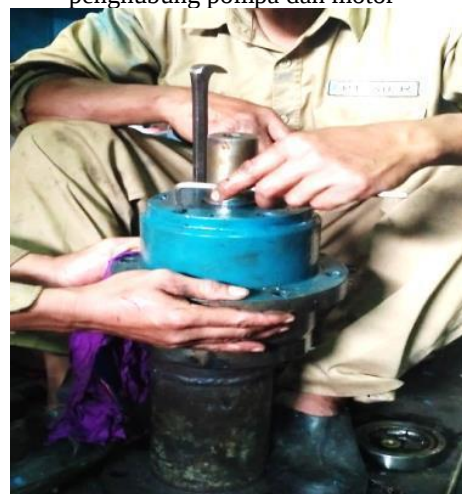
4.4.1 Perawatan bearing pada pompa sentrifugal

1. Melihat jadwal tabel perawatan pada pompa sentrifugal
2. Menyiapkan grease



Gambar 2. Grease

3. Lepaskan baut-baut yang terpasang pada pompa
4. Membongkar bagian gear box pada penghubung pompa dan motor



Gambar 3. Gear box

5. Lepaskan bearing dari poros



Gambar 4. Bearing

6. Berikan grease pada bushing sebagai pelumas



Gambar 5. Bushing

7. Cek kondisi dari bearing apakah masih layak digunakan atau sudah waktunya untuk diganti



Gambar 6 Bearing

8. Jika bearing masih layak atau sudah diganti pasang kembali komponen-komponennya
9. Sedangkan bila sudah rusak, maka ganti bearing dengan yang baru
10. Pasang kembali bearing pada poros dan juga pada pompa
11. Kembalikan alat yang sudah dipakai pada tempat penyimpanan alat

4.4.2 Perawatan bantalan getaran dan kopling Bantalan getaran

1. Cek kondisi bantalan apakah ada kebocoran atau tidak, dengan cara menyalakan pompa dan membuka saluran air bila tidak ada maka cek kondisi dari baut-baut yang terpasang dan kencangkan



Gambar 7. Pengecekan

2. Bila terjadi kebocoran, lepaskan baut yang terpasang pada bantalan getaran
3. Lepaskan bantalan getaran dari pompa dan pipa
4. Ganti bantalan getaran tersebut dengan yang baru



Gambar 8. Bantalan

5. Pasang bantalannya dan pasang baut-bautnya kemudian kencangkan
6. Periksa kembali apakah tidak ada kebocoran pada bantalan dengan menyalakan pompa dan membuka saluran air

V. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis data dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Terdapat beberapa mode kegagalan utama pada pompa sentrifugal PDAM Tirtanadi Delitua, antara lain kebocoran seal, kerusakan bearing, kavitasi, erosi impeller, dan penyumbatan suction.
2. Hasil analisis FMEA menunjukkan nilai RPN tertinggi pada casing wear ring yang disebabkan oleh keausan berlebih (252), bearing yang disebabkan oleh getaran yang tinggi (240) casing yang disebabkan oleh korosi/erosi (240), gland packing yang disebabkan oleh kebocoran fluida berlebih (240), impeller yang disebabkan oleh keausan akibat fluida abrasif (240), dan shaft yang disebabkan oleh getaran berlebihan (240).
3. Perawatan prioritas yang disarankan: pemasangan self-cleaning strainer, monitoring getaran dan suhu, kalibrasi rutin sensor, serta peningkatan kualitas spare parts.

5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian pada unit untuk Perawatan pada mesin pompa di Instalasi PDAM Tirtanadi Delitua maka saran yang dapat diberikan adalah :

1. Dengan hasil penelitian ini dapat dilanjutkan penelitian yang lebih luas yaitu dalam hal penjadwalan pemeliharaan komponen agar komponen yang akan diganti dapat tersedia pada saat akan diganti.
2. Karena pembahasan Tugas Akhir ini hanya dibatasi pada perawatan pompa, Maka untuk bisa menentukan alternatif penggunaan pompa yang baik perlu dibahas lagi suatu

penelitian atau studi lanjutan tentang masalah tersebut.

3. Melindungi serta merawat sumber air yang menjadi sumber air baku pengolahan air bersih.

Daftar Pustaka

- [1] Peeters, J., Basten, R., & Tinga, T. 2018. *Improving Failure Analysis Efficiency by Combining FTA and FMEA in a Recursive Manner*. Journal of Reliability Engineering and System Safety, 174, 36-44. Prasetyo, M.D.
- [2] Santoso, I., Mustanir, S. A., & Purwadi. 2017. *Penerapan Metode FMEA dan AHP Dalam Perumusan Strategi Pengelolaan Risiko Proses Produksi Yoghurt*. Jurnal Teknologi Pertanian, 18 (1), 1-10
- [3] Sebayang, P., Muljadi Tetuko, A.P., Kurniawan, C. Sari, A.Y., Nurdiansah, L.F., 2015, *Teknologi Pengolahan Air Kotor dan Payau Menjadi Air Bersih dan Layak Minum*, Jakarta : LIPI press.
- [4] Moh Iryandharyah Akbar, 2005, *Analisis dan pengujian pompa sentrifugal sebagai studi awal Perawatan pump storage plant*, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta Indonesia. Wibowo Paryatmo, POMPA. Jakarta : Universitas Pancasila Press
- [5] Sularso, Tahara Haruo. 1987. *Pompa dan Kompresor: Pemilihan Pemakaian, dan Pemeliharaan*. Jakarta: PT.Pradnya Paramita.
- [6] Taufiq, Mohammad, dkk. 2012. *Simulasi Pola Operasi Tandon Air Untuk Penyediaan air Bersih Pada Kecamatan Lape Kabupaten Sumbawa Besar*. Malang : Universitas Brawijaya.
- [7] Tchobanoglous, G., 2003. *Wastewater Engineering : Treatment and Reuse*. California : McGraw Hill Education.
- [8] Triadmaja, Radianta. 2008. *Teknik Penyediaan Air Minum*. Yogyakarta : GadjahMada University Press.
- [9] Waluyo, Lud. 2005. *Mikrobiologi Umum*. Malang : Universitas Muhammadiyah Malang Press.
- [10] Wardahana, W. A. 2001. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta : Andi Offset.
- [11] Said, Nusa Idaman. 2008. *Pengolahan Air Limbah Domestik di DKI Jakarta: Tinjauan Permasalahan, Strategi, dan Teknologi Pengolahan*. Jakarta: Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT)
- [12] Manga, J.B 1990, *Dasar dasar pompa*.
- [13] Alimuddin, A.L. 2012. *Pendugaan Sedimentasi Pada Das Mamasa Di Kab. Mamasa Propinsi Sulawesi Barat*. Fakultas Pertanian. Universitas Hasanuddin, Makassar.
- [14] Abdullah, B., Maitimu, N.E. and Tupan, J.M. 2016, *Usulan Perencanaan Perawatan Preventif Berbasis Keandalan Untuk Alat Automatic Tank Gauging (ATG)*, Agustus, 10(2). <https://ojs3.unpatti.ac.id/index.php/arika/article/view/434>.
- [15] Abdurrahman, H., 2017, *Perencanaan Jadwal Pemeliharaan Preventif Mesin Plate Heat Exchanger Di KUD DAU*. Universitas Brawijaya. https://www.academia.edu/32392993/Perencanaan_Jadwal_Pemeliharaan_Preventif_Mesin_PHE_Di_KUD_DAU.
- [16] Hasbullah, H., Kholil, M. and Santoso, D. A. 2017, *Analisis Kegagalan Proses Insulasi Pada Produksi Automotive Wires (AW) Dengan Metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) pada PT JLC'*, Sinergi, 21(3), pp. 193–203.
- [17] Herry, Ciptomulyono, U. and Suwarno, P. 2016, *Analisa Penentuan Komponen Kritis dan Rekomendasi Tindakan Pencegahan Kerusakan dengan Menggunakan Metode Fuzzy FMEA Dan Topsis (Studi kasus : Radar Navigasi Sperry Marine)*, Jurnal Analisis Sistem & Riset Operasi, 5, pp. 1–14.