

PERAWATAN SISTEM PENGISIAN PRODUK MENGGUNAKAN METODE *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE* DI PT PERTAMINA PATRA NIAGA *INTEGRATED* TERMINAL BITUNG

Richard Putra, Tritiya A. R. Arungpadang, Johan S. C. Neyland

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado

ABSTRAK

PT Pertamina Patra Niaga *Integrated* Terminal Bitung merupakan perusahaan yang bergerak dibidang perminyakan yang melaksanakan pekerjaan terkait penerimaan, penimbunan, dan penyaluran BBM. Permasalahan yang dihadapi perusahaan yaitu sering terjadinya kegagalan pada sistem pompa elmot. Dimana Perusahaan telah menerapkan kegiatan *preventive maintenance* dan *corrective maintenance* namun kegiatan *maintenance* ini tidak berjalan dengan maksimal. Tujuan dari penelitian ini ialah agar dapat mengetahui jenis-jenis komponen apa yang berpotensi mengalami kegagalan dan juga dapat mengetahui komponen apa saja yang paling kritis pada sistem pompa elmot. Oleh karena itu, dilakukan pengembangan sistem *maintenance* untuk meningkatkan keandalan pada pompa elmot.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Reliability Centered Maintenance* (RCM) yang dimana bertujuan untuk dapat mengetahui komponen-komponen apa saja yang dapat mengalami potensi kegagalan dan juga dapat di ketahui komponen komponen apa saja yang terindikasi kritis pada sistem pengisian produk di PT Pertamina Patra Niaga *Integrated* Terminal Bitung. Komponen-komponen yang mengalami potensi kegagalan pada sistem pengisian produk khususnya pada sistem pompa elmot yaitu, terminal, *seal* pompa sentrifugal, *impeller* pompa, *bearing* pompa, karet kopling, *pressure relive valve*, pipa flexibel, strainer dan *pressure gauge*. Penentuan nilai RPN dari komponen kritis, diambil tiga komponen dengan nilai resiko yang paling tinggi untuk di lakukan distribusi menggunakan *software* minitab.17. Dimana komponen-komponen yang kritis pada sistem pengisian produk khususnya pada pompa elmot yaitu diantaranya, *seal* pompa centrifugal yang dimana nilai RPN = 171, nilai MTBF = 768.93 jam dan nilai MTTR = 4.82 jam; *bearing* pompa yang dimana nilai RPN = 181, nilai MTBF = 768.93 jam dan nilai MTTR = 3.75 jam; karet kopling yang dimana nilai RPN = 171, nilai MTBF = 1153.40 jam dan nilai MTTR = 1.79 jam; dan untuk pipa *flexible* dinamakan untuk nilai RPN = 183, nilai MTBF = 1730.10 jam dan nilai MTTR ialah 7.75 jam.

Kata kunci : Pompa Elmot, *Preventive Maintenance*, FMEA, RCM.

ABSTRACT

PT Pertamina Patra Niaga *Integrated* Terminal Bitung is a company engaged in the petroleum sector that carries out work related to the receipt, storage and distribution of fuel. The problem faced by the company is the frequent failure of the elmot pump system. Where the company has implemented preventive maintenance and corrective maintenance activities but these maintenance activities are not running optimally. The purpose of this research is to find out what types of components have the potential to fail and also to find out what components are the most critical in the Elmot pump system. Therefore, the development of a maintenance system is carried out to increase the reliability of the Elmot pump.

The method used in this research is *Reliability Centered Maintenance* (RCM) which aims to find out what components can experience potential failures and also find out what components are indicated to be critical in the product filling system at PT Pertamina Patra Niaga *Integrated* Terminal Bitung. Components that experience potential failures in the product filling system, especially in the Elmot pump system, namely, terminals, centrifugal pump seals, pump impellers, pump bearings, rubber couplings, prv, flexible pipes, strainers and pressure gauges. Determination of the RPN value of critical components, taken three components with the highest risk value for distribution using minitab.17 software. Where critical components in the product filling system, especially in elmot pumps, include centrifugal pump seals where the RPN value = 171, MTBF value = 768.93 hours and MTTR value = 4.82 hours; pump bearings where the RPN value = 181, MTBF value = 768.93 hours and MTTR value = 3.75 hours; rubber coupling where RPN value = 171, MTBF value = 1153.40 hours and MTTR value = 1.79 hours; and for flexible pipes named for RPN value = 183, MTBF value = 1730.10 hours and MTTR value is 7.75 hours.

Keywords: Elmot Pump, *Preventive Maintenance*, FMEA, RCM.

I. PENDAHULUAN

1. 1 Latar Belakang

Sistem pengaliran bahan bakar memainkan peran

penting dalam pengoperasian semua industri yang bergantung pada pemakaian bahan bakar, termasuk sektor transportasi, produksi energi, dan manufaktur. fungsi sistem ini sangat penting karena berdampak langsung pada

efisiensi operasi, keselamatan, dan dampak lingkungan. Setiap harinya PT Pertamina Patra Niaga *Integrated Terminal Bitung* melaksanakan pekerjaan terkait penerimaan, penimbunan, dan penyaluran BBM. Dengan jumlah yang banyak, maka suatu sistem yang berkaitan dengan sistem pengisian dan penyaluran tidak boleh terjadi kesalahan sedikitpun dalam proses pengisian dan penyaluran produk BBM. Oleh karena itu terdapat berbagai macam peralatan yang digunakan untuk menunjang proses ini diantaranya tangki timbun, pipa penyaluran pompa produk, ruangan panel, serta *filling shed*.

PT Pertamina Patra Niaga *Integrated Terminal Bitung* menjadi penanggung jawab atas perawatan & servis untuk tangki timbun, pipa penyaluran, pompa produk, ruangan panel, serta *filling shed* yang berada pada kawasan PT Pertamina Patra Niaga *Integrated Terminal Bitung* untuk kegiatan yang rutin dilakukan setiap harinya adalah *daily check* pada masing-masing unit, *daily check* ini dilakukan setiap pagi hari sebelum alat akan di running atau dioperasikan.

Pada kegiatan proses sistem pengisian PT Pertamina Patra Niaga *Integrated Terminal Bitung* pasti akan mengalami *breakdown*. Dimana yang paling berperan penting dalam sistem pengisian agar sistem ini bisa beroperasi secara maksimal yaitu di bagian pompa produk. ...Perbaikan dan pengecekan yang rutin akibat kerusakan pasti memerlukan biaya perawatan yang terbilang banyak. Perlu diterapkannya interval waktu penggantian optimum dan pemilihan tindakan perawatan komponen secara tepat yang agar diharapkan bisa meminimalisir biaya perawatan, (Raharja, dkk, 2021).

Tujuan utama dari perawatan yaitu menjaga keandalan sistem (*reliability*) supaya sistem bisa berfungsi dengan baik. Sistem perawatan yang dilakukan oleh perusahaan yaitu menggunakan metode *preventive maintenance* dan *corrective maintenance*. Tetapi dalam pelaksanaannya masih belum terlaksana dengan baik sehingga hasil perawatan masih belum optimal. Sistem perawatan yang dilakukan juga kurang memperhatikan faktor keandalan dari mesin produksi, hingga saat terjadi kerusakan pihak perusahaan hanya mengganti komponen yang rusak tanpa memperhatikan keandalannya.

Kerusakan sistem terjadi dikarenakan adanya komponen kritis yang menjadi faktor terjadinya masalah. Perbaikan dan pengecekan rutin akibat kerusakan akan membutuhkan biaya pemeliharaan yang lumayan banyak. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Reliability Centered Maintenance* (RCM), yaitu melakukan analisa menggunakan pendekatan kualitatif dan kuantitatif, hingga dapat menemukan akar penyebab kegagalan fungsi dan memberikan solusi yang tepat, (Raharja, dkk, 2021). RCM yaitu dengan cara mengumpulkan data yang menunjang proses analisis tersebut seperti data *downtime* dan produk yang digunakan. Azis, M.

T., Suprawhardana, M.S., & Purwanto, T.P, (2013).

RCM (*Reliability Centered Maintenance*) adalah suatu proses analisis yang digunakan untuk menentukan tindakan yang seharusnya dilakukan dalam menjamin suatu sistem agar dapat berjalan dengan baik dan sesuai fungsi yang diinginkan, (Yssaad, dkk, 2014). Penelitian ini menggunakan analisis *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) bertujuan sebagai menentukan potensi kegagalan dalam suatu sistem dan mengidentifikasi dampak serta potensi terjadinya kegagalan.

Kajian penerapan *reliability centered maintenance* pada perencanaan waktu *interval preventive maintenance* unit *container crane* di Terminal Peti Kemas PT Pelindo IV Bitung, yang telah dilakukan oleh (Jilvan, dkk, 2023), menyoroti bahwa penerapan metode RCM dalam mengidentifikasi dan mengatasi mode kegagalan kritis, serta meningkatkan efisiensi dan keandalan dari sistem.

II. LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Perawatan

perawatan adalah suatu tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu unit atau alat agar selalu dalam keadaan normal dan memperbaikinya sampai pada suatu kondisi yang dapat dioperasikan kembali. Penelitian terdahulu telah membagi perawatan menjadi empat kategori yaitu perawatan preventif, perawatan korektif, perawatan prediktif dan perawatan terjadwal, (Mentari. 2017).

2.2 Tujuan Perawatan

Proses perawatan secara umum bertujuan untuk memfokuskan dalam langkah pencegahan untuk mengurangi atau bahkan menghindari kerusakan dari peralatan dengan memastikan tingkat keandalan dan kesiapan serta menimbulkan biaya perawatan, (Assauri, 2018). Secara umum perawatan bertujuan untuk :

1. Menjamin ketersediaan, keandalan fasilitas mesin maupun peralatan secara ekonomis maupun teknis, sehingga dalam pengoperasiannya dapat dilaksanakan semaksimal mungkin.
2. Memperpanjang umur penggunaan suatu sistem.
3. Menjamin kesiapan penggunaan semua fasilitas yang diperlukan dalam keadaan tiba-tiba atau darurat.
4. Menjamin keamanan keselamatan kerja, dalam pengoperasiannya.

2.3 Fungsi Perawatan

Perawatan secara umum berfungsi untuk memperpanjang umur ekonomis dari mesin dan peralatan produksi yang ada serta mengusahakan agar sistem dan peralatan produksi tersebut selalu dalam keadaan optimal dan siap pakai untuk pelaksanaan proses produksi, (Ahyari, 2015).

2.4 Jenis-jenis Perawatan

1. Perawatan pencegahan (*Preventive maintenance*) adalah kegiatan perawatan yang dilakukan untuk mencegah terjadinya kerusakan, atau kegiatan perawatan yang direncanakan untuk melakukan pencegahan (*preventif*).

2. Perawatan korektif (*Corrective maintenance*) adalah kegiatan perawatan yang dilakukan untuk memperbaiki dan meningkatkan kondisi fasilitas/peralatan hingga mencapai kondisi yang dapat diterima.
3. Perawatan darurat (*Emergency maintenance*) adalah kegiatan perbaikan yang harus segera dilakukan karena terjadi kemacetan atau kerusakan yang tidak terduga.
4. Perawatan berjalan (*Running maintenance*) dimana pekerjaan perawatan dilakukan ketika fasilitas atau peralatan dalam keadaan beroperasi. Perawatan berjalan diterapkan pada peralatan-peralatan yang harus beroperasi terus dalam melayani proses produksi.
5. Perawatan berhenti (*shut down maintenance*) dimana pekerjaan perawatan dilakukan ketika fasilitas atau peralatan harus dalam keadaan berhenti.
6. Perawatan setelah terjadi kerusakan (*Breakdown maintenance*) merupakan pekerjaan perawatan dilakukan setelah terjadi kerusakan pada peralatan, dan untuk memperbaikinya harus disiapkan suku cadang, material, alat-alat dan tenaga kerjanya.
7. Perawatan menyeluruh (*Overhaul maintenance*) merupakan kegiatan rutin yang meliputi pembongkaran, pembersihan, pemeriksaan, pengukuran, perbaikan, perakitan, dan pengetesan, (Jurnal Rekayasa Mesin. 2018).

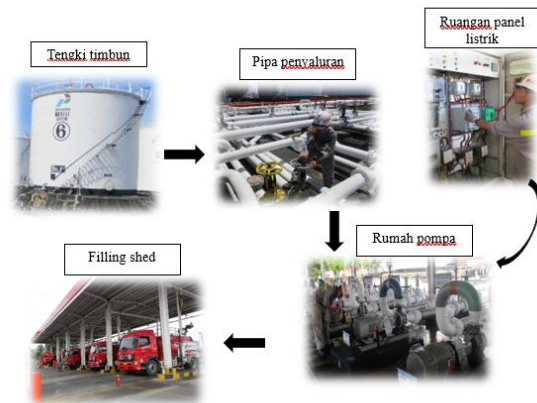
2.5 Sistem Pengisian Produk

Sistem pengisian produk ialah sistem yang terdiri dari tangki timbun, pipa penyaluran, pompa produk, ruangan panel, *filling shed*. sistem ini sangat berperan penting di PT Pertamina Patra Niaga *Integrated Terminal Bitung* yaitu untuk memompa produk (bahan bakar minyak) dari tangki timbun melalui pipa penyaluran menuju *filling shed* dan disalurkan ke mobil tangki didalam wilayah PT Pertamina Patra Niaga *Integrated Terminal Bitung*. Produk yang disalurkan yaitu pertamax, pertalite, solar, dexlite, kerosin, avtur, pertamax turbo, bio solar.

2.6 Skema Penyaluran Produk BBM



Sumber : google maps, 2 April 2024



2.7 Reliability Centered Maintenance (RCM)

RCM (*Reliability Centered Maintenance*) adalah suatu proses analisis yang digunakan untuk menentukan tindakan yang seharusnya dilakukan dalam menjamin suatu sistem agar dapat berjalan dengan baik dan sesuai fungsi yang diinginkan, (Yssaad, dkk, 2014.). (Kurniawan, 2013), *Reliability Centered Maintenance (RCM)* merupakan metode perawatan dengan memanfaatkan informasi terkait dengan keandalan fasilitas untuk mendapatkan strategi perawatan fasilitas yang efektif dan efisien serta mudah dilakukan.

2.8 Diagram Pareto

Diagram Pareto adalah bagan yang dimana berisikan diagram batang dan diagram garis. Diagram batang yang berfungsi untuk memperlihatkan klasifikasi dan nilai dari data yang ada, namun pada diagram garis mewakili total dari data kumulatif. Klasifikasi data diurutkan berdasarkan urutan tingkatan, (Rasyida, 2016).

2.9 Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)

Metode FMEA ini kita bisa menganalisa permasalahan apa saja yang akan muncul pada suatu sistem, kemudian jika masalah yang berpotensi muncul sudah ditemukan terlebih dahulu maka kita dapat menentukan tindakan pencegahannya. Menghitung nilai *risk priority number (RPN)* ialah salah satu pendekatan untuk membantu dalam menentukan aksi prioritas dengan cara mengalikan nilai dari *severity, occurrence, detection*.

$$RPN = S \times O \times D.$$

(Suryanto NasutionRazali, 2019).

Tabel 2.1. Tingkatan *severity*

| Efek | Kriteria : <i>Severity</i> untuk <i>Failure Modes and Effect Analysis (FMEA)</i> | Rangking |
|---|--|----------|
| Proses produksi berhenti | Mesin rusak parah | 10 |
| Proses produksi sedikit terhenti | Komponen harus diganti | 9 |
| Proses produksi berjalan dengan sangat lambat | Tidak tersedianya komponen terganti | 8 |

| Efek | Kriteria : <i>Severity untuk Failure Modes and Effect Analysis (FMEA)</i> | Rangking |
|---|---|----------|
| Proses produksi berjalan dengan lambat | Komponen pada pompa elmot drop | 7 |
| Proses produksi tetap berjalan | Salah setingan dari operator | 6 |
| Proses produksi sedikit terganggu | Kurangnya produk yang keluar | 5 |
| Proses produksi berjalan dengan sedikit tersendat | Filter kotor | 4 |
| Proses produksi berjalan dengan bantuan operator | Setingan pompa elmot rusak | 3 |
| Proses produksi tidak terganggu | Mesin kotor | 2 |
| Proses produksi berjalan dengan sedikit lancar | Mesin rusak ringan | 1 |

Tabel 2.2 Tingkatan *occurrence*

| Deteksi | <i>Failure Rates</i> | Rangking |
|---|---|----------|
| Sangat Tinggi | Setiap hari terjadi kerusakan kecil | 10 |
| Kerusakan hampir tidak dapat di hindari | Kerusakan terjadi 3 hari sekali | 9 |
| Kerusakan tinggi | Kerusakan terajdi 4 hari sekali | 8 |
| Kerusakan sering terjadi | Kerusakan terjadi 5 hari sekali | 7 |
| Kerusakan sesekali terjadi | Kerusakan terjadi 6 hari sekali | 6 |
| Kerusakan sedang | Kerusakan terjadi seminggu sekali | 5 |
| Kerusakan rendah | Kerusakan terjadi 1 bulan sekali | 4 |
| Kerusakan lebih rendah | Kerusakan terjadi 2 bulansekali | 3 |
| Lebih sedikit terjadi kerusakan | Kerusakan terjadi hampir 3 bulan sekali | 2 |
| Relative sedikit kerusakan | Kerusakan terjadi >3 bulan sekali | 1 |

Tabel 2.3 Tingkatan *detection*

| Deteksi | Kriteria <i>Detection</i> | Rangking |
|---------------|---|----------|
| Tidak pasti | Alat informasi tidak dapat mendeteksi kerusakan | 10 |
| Sangat jarang | Alat pendeteksi kerusakan mengalami gangguan pada komponennya | 9 |

| Deteksi | Kriteria <i>Detection</i> | Rangking |
|---------------|---|----------|
| Jarang | Jarang alat informasi pendeteksi kerusakan mengalami kerusakan | 8 |
| Sangat rendah | Kemampuan alat informasi pendeteksi kerusakan sangat rendah | 7 |
| Rendah | Alat informasi pendeteksi kerusakan rendah | 6 |
| Cukup | Alat informasi pendeteksi kerusakan cukup untuk mendeteksi kerusakan | 5 |
| Cukup tinggi | Alat informasi pendeteksi kerusakan cukup tinggi untuk mendeteksi kerusakan | 4 |
| Tinggi | Alat informasi kerusakan tinggi kemungkinannya untuk mendeteksi kerusakan | 3 |
| Sangat tinggi | Alat informasi pendeteksi kerusakan sangat tinggi untuk mendeteksi kerusakan | 2 |
| Hampir pasti | Operator produksi memberikan laporan kerusakan yang sama dengan yang ada dilapangan | 1 |

2.10 Uji Anderson-Darling

Uji Anderson-Darling memanfaatkan distribusi tertentu dalam menghitung nilai kritis. Pengujian mempunyai keuntungan yang memungkinkan tes yang lebih sensitif, tetapi mempunyai kekurangan yaitu nilai yang kritis harus dihitung untuk tiap distribusi, (Nosakhare dkk, 2017).

2.11 Estimasi Parameter

Setelah distribusi terpilih lalu menghitung estimasi parameter menggunakan metode maximum likelihood estimator (MLE) untuk mengestimasi parameter distribusi Weibull, eksponensial, normal dan lognormal, (Syahputri, 2023).

2.12 RCM Decision Worksheet

RCM *decision worksheet* dipergunakan untuk mencari jenis kegiatan perawatan (*maintenance task*) yang tepat dan memiliki kemungkinan untuk dapat mengatasi setiap mode kegagalan. Berdasarkan tabel dibawah ini, kita dapat melihat contoh dari RCM *decision worksheet*, (SUGIARTO, dkk, 2023).

Tabel 2. 4 RCM *decision worksheet*

| RCM Decision Worksheet | | | | | | | | | | | | | Date: | Sheet No: 1 | |
|---------------------------|-----------|---|----|------------------------|---|---|----------|---|----|----------------|----|----|---------------|------------------|----------------|
| Sistem : _____ | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sub sistem : _____ | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fungsi sub sistem : _____ | | | | | | | | | | | | | | Of: 3 | |
| Information Reference | | | | Consequence Evaluation | | | H1 H2 H3 | | | Default action | | | Proposed Task | Initial Interval | Can be done by |
| No. | Equipment | F | FF | FM | H | S | E | O | E1 | E2 | E3 | H4 | | | |
| | | | | | | | | | O1 | O2 | O3 | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |

III. Metode Penelitian

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap yang sudah dilakukan Penelitian ini dilakukan di PT Pertamina Patra Niaga *Integrated Terminal Bitung* pada bulan November, Tahun 2023.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

1. Alat

Dalam melakukan penelitian ini menggunakan berbagai macam alat pendukung, yaitu alat tulis, laptop, kamera untuk pengambilan dokumentasi yang ada dilapangan.

2. Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah data waktu kerusakan sistem pengisian produk.

3.3 Teknik Pengumpulan Data

1. Wawancara, adalah teknik pengumpulan data yang dilakukan melalui tatap muka dan tanya jawab langsung antara peneliti dan narasumber.

2. Observasi, yakni penulis melakukan pengamatan secara langsung terhadap objek penelitian untuk mengetahui bagaimana kondisi peralatan atau mesin yang ada di perusahaan.

3.4 Sumber Data

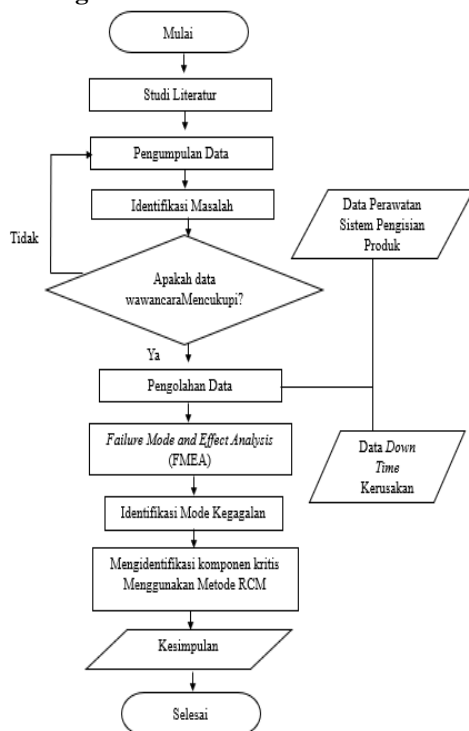
1. Data primer

Data primer yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dengan melakukan wawancara kepada teknisi lapangan.

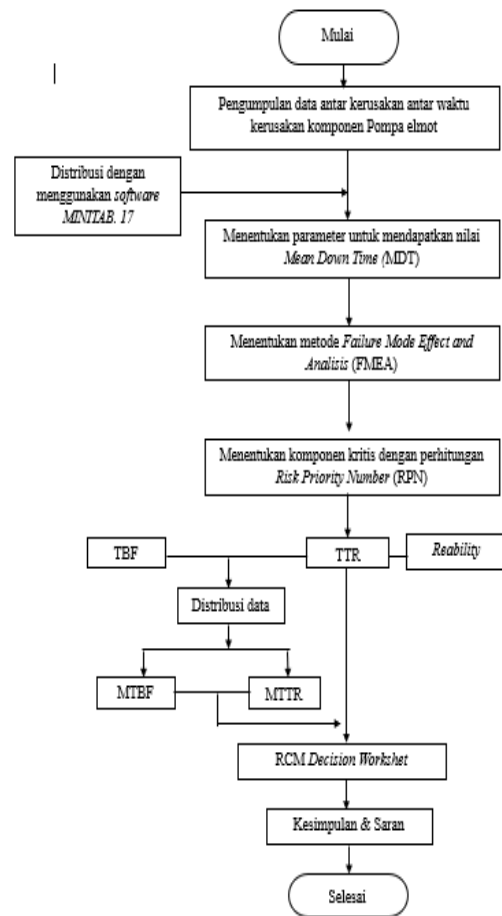
2. Data sekunder

Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dengan mencari informasi dari berbagai literatur dan artikel.

3.5 Diagram Alir



3.6 Diagram Alir Pengolahan Data



IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penentuan Komponen Kritis

4.1.1 Pengumpulan data

Berikut adalah data antar waktu kerusakan komponen pada unit pompa elmot tahun 2021.

Tabel 4.1 Data antar waktu kerusakan komponen pompa elmot tahun 2021.

| No | Komponen | Waktu (Jam) | Sampai dengan (Jam) | Lama komponen rusak (Menit) | Lama komponen rusak (Menit) |
|----|------------------------|-------------|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 1 | Terminal | 2.00 | 5.32 | 175 | 550 |
| | | 3.50 | 7.12 | 193 | |
| | | 12.57 | 15.6 | 182 | |
| 2 | Seal pompa centrifugal | 3.29 | 8.29 | 300 | 2532 |
| | | 1.38 | 7.03 | 315 | |
| | | 4.05 | 9.28 | 290 | |
| | | 9.45 | 14.03 | 275 | |
| | | 12.54 | 17.41 | 292 | |
| | | 2.00 | 6.60 | 276 | |
| | | 2.55 | 7.28 | 260 | |
| | | 8.57 | 13.07 | 270 | |
| | | 1.00 | 5.23 | 254 | |
| | | 10.40 | 13.18 | 143 | |

| No | Komponen | Waktu (Jam) | Sampai dengan (Jam) | Lama komponen rusak (Menit) | Lama komponen rusak (Menit) |
|------|----------------|-------------|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 3 | Impeller pompa | 9.15 | 11.04 | 135 | 402 |
| | | 1.00 | 3.07 | 124 | |
| | | 9.00 | 13.00 | 240 | |
| | | 10.42 | 14.09 | 220 | |
| 4 | Bearing pompa | 1.07 | 5.22 | 225 | 1947 |
| | | 4.54 | 8.59 | 243 | |
| | | 2.20 | 6.23 | 218 | |
| | | 1.55 | 5.38 | 200 | |
| | | 11.54 | 15.12 | 215 | |
| | | 10.12 | 13.29 | 190 | |
| | | 11.00 | 14.27 | 196 | |
| | | 10.05 | 11.55 | 90 | |
| 5 | Karet kopling | 2.00 | 4.1 | 126 | 598 |
| | | 11.50 | 13.35 | 87 | |
| | | 9.30 | 11.3 | 96 | |
| | | 11.25 | 13.18 | 116 | |
| | | 3.15 | 4.53 | 83 | |
| | | 2.00 | 2.83 | 50 | |
| 6 | PRV | 9.20 | 10.43 | 74 | 695 |
| | | 11.00 | 12.17 | 46 | |
| | | 12.47 | 13.12 | 39 | |
| | | 1.08 | 2.03 | 55 | |
| | | 9.00 | 10.15 | 45 | |
| | | 10.25 | 11.02 | 57 | |
| | | 11.35 | 12.48 | 68 | |
| | | 3.20 | 4.25 | 63 | |
| | | 4.00 | 5.27 | 76 | |
| | | 4.45 | 5.42 | 58 | |
| | | 8.56 | 10.03 | 64 | |
| | | 3.05 | 14.05 | 660 | |
| 1.25 | 10.38 | 548 | | | |
| 7 | Pipa flexibel | 9.35 | 13.43 | 245 | 1837 |
| | | 2.50 | 9.30 | 384 | |
| | | 11.00 | 12.23 | 50 | |
| | | 9.27 | 10.5 | 74 | |
| 8 | Strainer | 1.00 | 2.17 | 46 | 497 |
| | | 3.50 | 4.15 | 39 | |
| | | 10.50 | 11.42 | 55 | |
| | | 10.20 | 11.35 | 45 | 189 |
| | | 10.00 | 11.35 | 57 | |
| | | 9.15 | 10.28 | 68 | |
| | | 4.35 | 5.04 | 63 | |
| | | 9.45 | 10.03 | 35 | |

| No | Komponen | Waktu (Jam) | Sampai dengan (Jam) | Lama komponen rusak (Menit) | Lama komponen rusak (Menit) |
|----|----------------|-------------|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 9 | Pressure gauge | 11.00 | 11.67 | 40 | 189 |
| | | 3.00 | 3.35 | 21 | |
| | | 2.00 | 2.55 | 33 | |
| | | 1.10 | 2.25 | 45 | |
| | | 9.50 | 10.15 | 15 | |

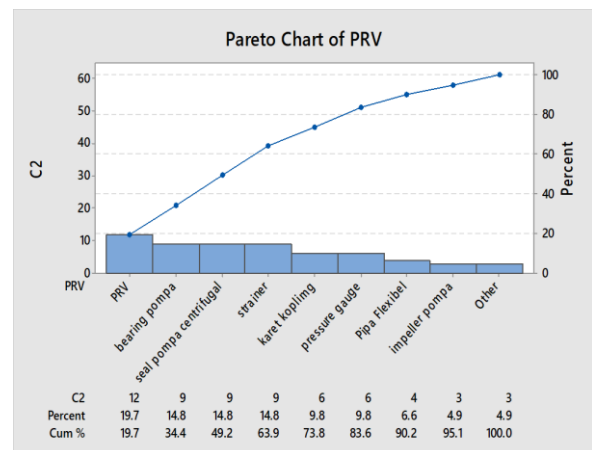
Tabel 4. 2 Data rekapitulasi kerusakan komponen pompa elmot tahun 2021.

| No | komponen Pompa ELMOT | Frekuensi kerusakan | presentase kerusakan (%) |
|----|------------------------|---------------------|--------------------------|
| 1 | Terminal | 3 | 5% |
| 2 | Seal Pompa Centrifugal | 9 | 15% |
| 3 | Impeller Pompa | 3 | 5% |
| 4 | Bearing Pompa | 9 | 15% |
| 5 | Karet Kopling | 6 | 10% |
| 6 | PRV | 12 | 20% |
| 7 | Pipa Flexibel | 4 | 7% |
| 8 | Strainer | 9 | 15% |
| 9 | Pressure Gauge | 6 | 10% |
| | JUMLAH | 61 | 100% |

Tabel 4. 3 Data waktu kerusakan ke-i

| NO | komponen Pompa ELMOT | ti |
|----|------------------------|------|
| 1 | Terminal | 550 |
| 2 | Seal pompa centrifugal | 2532 |
| 3 | Impeller pompa | 402 |
| 4 | Bearing pompa | 1947 |
| 5 | Karet kopling | 598 |
| 6 | PRV | 695 |
| 7 | Pipa flexibel | 1837 |
| 8 | Strainer | 497 |
| 9 | Pressure gauge | 189 |

4.1.2 Diagram Pareto

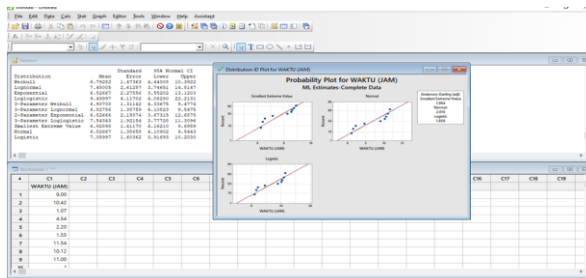


Gambar 4.1 Diagram Pareto

Pada diagram Pareto pada komponen PRV mempunyai persentase kerusakan tertinggi yaitu 20% karena mempunyai tingkat frekuensi kerusakan yang paling banyak yaitu 12 kali kerusakan dan yang mempunyai persentase terendah yaitu impeller pompa karena mempunyai tingkat frekuensi kerusakan paling sedikit yaitu 3 kali kerusakan.

4.1.3 Penentuan distribusi dan nilai *mean down time*

dilakukan penentuan parameter yang sesuai dengan distribusi untuk setiap komponen yang mengalami kegagalan. Penentuan distribusi menggunakan uji Anderson- Darling melalui *software MiniTab*.



Gambar 4.2 Penentuan distribusi pada *bearing*

Perhitungan parameter diatas dilakukan juga pada komponen-komponen lainnya. Hasil penentuan distribusi dan perhitungan parameter ke 9 komponen tersebut terlihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Nilai MDT

| No. | Komponen | Distribusi | Parameter | | | MDT |
|-----|------------------------|------------|-----------|---|-----------|-----------|
| | | | Simbol | Rumus | Hasil | |
| 1. | Terminal | Normal | μ | $\frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}$ | 9.0 1 | 9.0 1 |
| | | | σ | $\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \mu)^2}{n}}$ | 2.9 7 | |
| 2. | Seal pompa sentrifugal | Normal | μ | $\frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}$ | 41. 50 | 41. 50 |
| | | | σ | $\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \mu)^2}{n}}$ | 6.4 4 | |
| 3. | Impeller pompa | Normal | μ | $\frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}$ | 6.5 9 | 6.5 9 |
| | | | σ | $\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \mu)^2}{n}}$ | 2.5 6 | |
| 4. | Bearing | Normal | μ | $\frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}$ | 31. 91 | 31. 91 |
| | | | σ | $\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \mu)^2}{n}}$ | 5.6 4 | |
| 5. | Karet kopling | Normal | μ | $\frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}$ | 9.8 0 | 9.8 0 |

| No. | Komponen | Distribusi | Parameter | | | MDT |
|-----|---------------|------------|-----------|---|-----------|-----------|
| | | | Simbol | Rumus | Hasil | |
| 6. | PRV | Normal | μ | $\frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}$ | 11. 39 | 11.3 9 |
| | | | σ | $\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \mu)^2}{n}}$ | 3.3 7 | |
| 7. | Pipa flexibel | Normal | μ | $\frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}$ | 30. 11 | 30. 11 |
| | | | σ | $\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \mu)^2}{n}}$ | 5.4 8 | |
| 8. | Strainer | Normal | μ | $\frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}$ | 8.1 4 | 8.1 4 |
| | | | σ | $\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \mu)^2}{n}}$ | 2.8 5 | |

Dari hasil uji distribusi menggunakan *software Minitab* diperoleh 9 komponen terdistribusi normal dan juga mendapatkan nilai rata-rata lama waktu *downtime* tiap-tiap komponen pada sistem pompa elektrik motor.

4.1.4 Analisis *Failure Modes Effect and Analysis (FMEA)*

Tahap selanjutnya yaitu melakukan analisis kegagalan sistem dengan menggunakan FMEA. Adapun hasil FMEA terlihat pada tabel 4.5.

| No. | Komponen | Mode Kegagalan | Penyebab Kegagalan | Efek Kegagalan | Tindakan Yang Dilakukan |
|-----|------------------------|--------------------------------------|---|---------------------------------|--|
| 1 | Terminal | sambungan kabel power terbuka | sambungan kabel kendor | trip | pastikan sambungan kabel tersambung dengan kuat saat pemasangan |
| 2 | Seal Pompa sentrifugal | rembesan cairan pada mekhanikal seal | miss alignment | pencemaran dan bahaya kebakaran | cek vibrasi, membuat STK(standar tata kerja) untuk pembongkaran dan pemasangan pompa |
| 3 | Impeller pompa | pompa macet | karena kavitas <i>unbalance</i> , dan korosi internal | trip dan tidak bisa beroperasi | cek kondisi secara fisik, bersihkan jika kotor, cek vibrasi maximum 2,8 mm/s |
| 4 | Bearing | berisik & getar | kondisi komponen yang sudah aus | vibrasi tinggi, sel rusak dan | cek vibrasi Maximal 2,8 mm/s |

| No | Komponen | Mode Kegagalan | Penyebab Kegagalan | Efek Kegagalan | Tindakan Yang Dilakukan |
|----|----------------------|---------------------------|---|--|--|
| | | | | virasi tinggi | |
| 5 | Karet kopling | robock | vibrasi tinggi karena unbalan ce | getaran berlebihan pada elmot dan <i>pump</i> | cek vibrasi Maximal 2,8 mm/s |
| | | | | | pastikan menggunakan baut standar saat elgment, periksakomdisi kopling jika ditemukan gram/ sisa karet yang jatuh, lakukan pemeriksaan kondisi kopling jika ditemukan gram |
| 6 | PRV | gagal membuka saat rembes | kotoran ,shaft keropos , ekspansi pipa, penggunaan packing dan <i>seal</i> tape yang tidak sesuai spesifikasi Shaft keropos | ekspansi dalam pipa tidak tersalurkan , ada kemungkinan tekanan tersebut menghantam victulic joint dan packing dan bisa merusak impeller | ganti valve jika rusak, lakukan inspeksi visual dan perbaiki jika ada rembesa, dan memastikan packing dan <i>seal</i> tape sesuai spesifikasi |
| 7 | Pipa <i>flexibel</i> | Bengkok | Suport pipa tidak sempurna | pipa pecah | melakukan penyesuaian pada suport pipa |
| | | Rembes | spiral wound rusak | cairan terbuang percimaa | inspeksi visual dan perbaiki |
| | | | baut dan mur kurang kuat | pencemaran pada lingkungan | jika ada rembesan, dan |
| | | | pipa pecah | berpotensi terjadi | memastikan packing dan <i>seal</i> |

| No | Komponen | Mode Kegagalan | Penyebab Kegagalan | Efek Kegagalan | Tindakan Yang Dilakukan |
|----|-----------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------------|---|
| | | | | kebakaran | |
| | | | | produk terbuang percumaa | sesuai spesifikasi, ganti baru |
| 8 | <i>Strainer</i> | Buntu dan kawat jebol | kotor, akumulasi kotoran | kavitasi , merusak impeller | cek kondisi <i>strainer</i> dan bersihkan jika kotor, cek |
| 9 | <i>Pressure Gauge</i> | jarum jatuh | vibrasi tinggi | tekanan tidak terbaca | pasang peredam pada nippel sebelum manometer |

Pada tabel 4. 5 FMEA diatas diperoleh data dari hasil analisis kegagalan sistem berupa data mode kegagalan pada tiap komponen, penyebab kegagalan pada komponen, efek kegagalan pada komponen dan tindakan yang harus dilakukan pada komponen yang mengalami kegagalan.

4.1.5 Penentuan nilai dari RPN

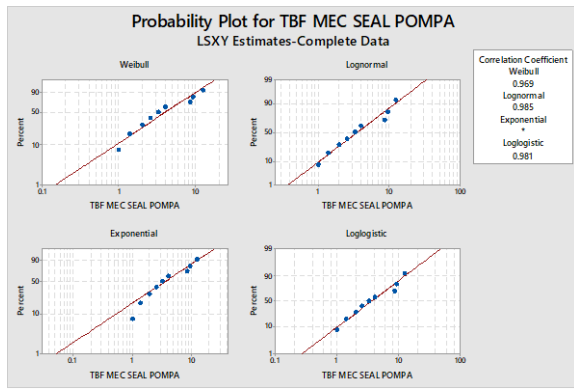
Tabel 4.6 RPN

| Komponen | S | O | D | RPN |
|--------------------------------------|---|---|---|-----|
| Terminal | 8 | 4 | 5 | 143 |
| <i>seal</i> pompa <i>centrifugal</i> | 8 | 5 | 4 | 171 |
| impeller pompa | 9 | 1 | 3 | 33 |
| <i>bearing</i> | 8 | 5 | 4 | 181 |
| karet kopling | 8 | 5 | 4 | 171 |
| PRV | 6 | 6 | 5 | 170 |
| Pipa <i>Flexibel</i> | 9 | 4 | 5 | 183 |
| <i>strainer</i> | 7 | 5 | 5 | 156 |
| <i>Pressure Gauge</i> | 4 | 3 | 4 | 48 |

4.2 Penentuan Maintenance Task dan Interval Preventive Maintenance

4.2.1 Penentuan *mean time between failure* (MTBF) dan *mean time to repair* (MTTR)

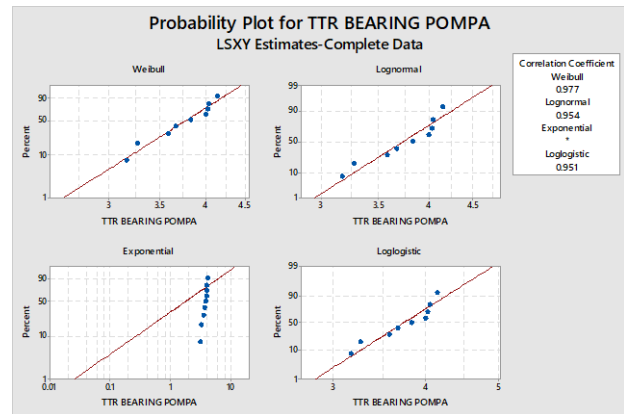
Selanjutnya, Sebelum menentukan MTBF dan MTTR, maka terlebih dahulu melakukan pengujian distribusi terhadap waktu *failure* (TBF) dan waktu *repair* (TTR) masing-masing komponen kritis. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan *software MiniTab*.



Gambar 4.3 TBF Seal pompa *centrifugal*

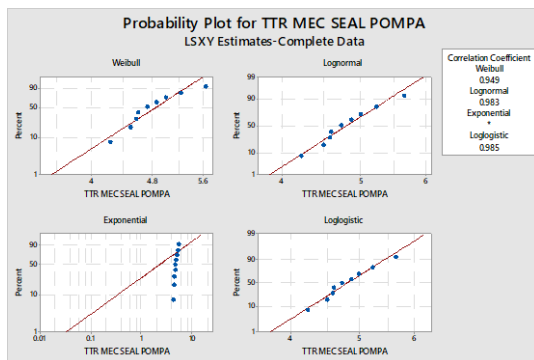
Setelah melakukan distribusi pada TBF pada komponen *bearing* menggunakan *software minitab.17*, maka hasil distribusi ialah lognormal karena angka *correlation coefficient* paling tinggi, dimana Weibull = 0.969, sedangkan lognormal = 0.985, exponential tidak di ketahui dan loglogistic = 0.981.

di ketahui dan loglogistic = 0.928.



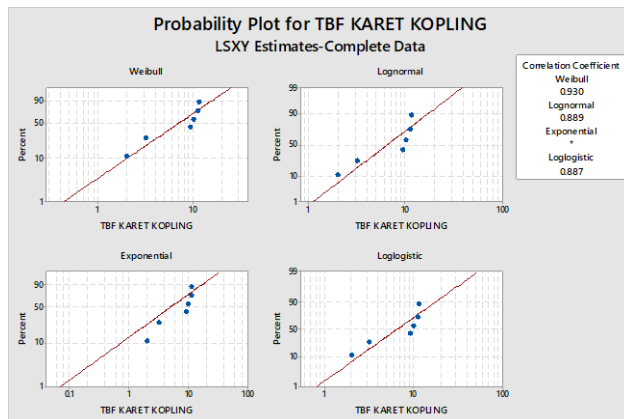
Gambar 4.6 TTR *Bearing*

Setelah melakukan distribusi pada TTR pada komponen *Bearing* menggunakan *software minitab.17*, maka hasil distribusi ialah Weibull karena angka *correlation coefficient* paling tinggi ialah Weibull = 0.977, sedangkan lognormal = 0.954, exponential tidak di ketahui dan loglogistic = 0.951.



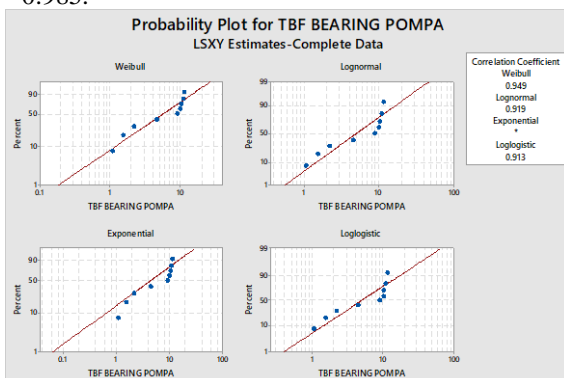
Gambar 4.4 TTR Seal pompa *centrifugal*

Setelah melakukan distribusi pada TTR pada komponen pompa *centrifugal* menggunakan *software minitab.17*, maka hasil distribusi ialah lognormal karena angka *correlation coefficient* paling tinggi, dimana Weibull = 0.949, sedangkan lognormal = 0.983, exponential tidak di ketahui dan loglogistic = 0.985.



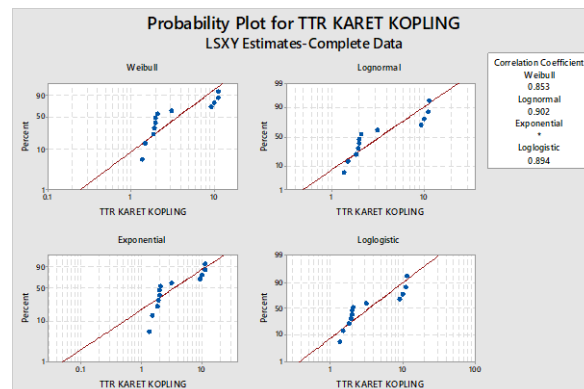
Gambar 4.7 TBF karet kopling

Setelah melakukan distribusi pada TBF pada komponen karet kopling menggunakan *software minitab.17*, maka hasil distribusi ialah Weibull karena angka *correlation coefficient* paling tinggi ialah Weibull = 0.930, sedangkan lognormal = 0.889, exponential tidak di ketahui dan loglogistic = 0.887.



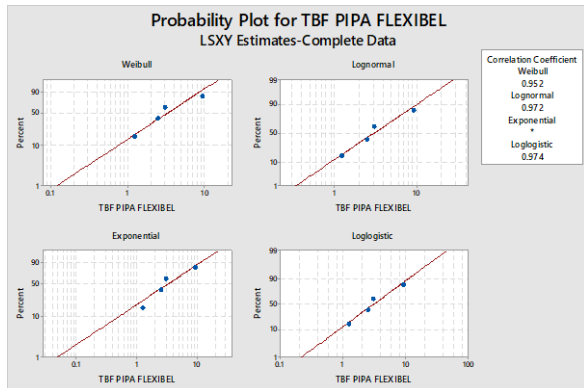
Gambar 4.5 TBF *Bearing*

Setelah melakukan distribusi pada TBF pada komponen PRV menggunakan *software minitab.17*, maka hasil distribusi ialah Weibull karena angka *correlation coefficient* paling tinggi ialah Weibull = 0.949, sedangkan lognormal = 0.930, exponential tidak



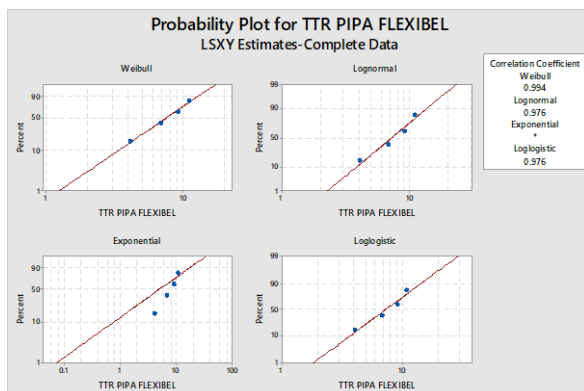
Gambar 4.8 TTR karet kopling

Setelah melakukan distribusi pada TTR pada komponen karet kopling menggunakan *software minitab.17*, maka hasil distribusi ialah lognormal karena angka *correlation coefficient* paling tinggi, dimana Weibull = 0.853, sedangkan lognormal = 0.902, exponential tidak di ketahui dan loglogistic = 0.894.



Gambar 4.9 TBF pipa flexible

Setelah melakukan distribusi pada TBF pada komponen pipa flexible menggunakan *software minitab.17*, maka hasil distribusi ialah lognormal karena mempunyai angka *correlation coefficient* paling tinggi dimana Weibull = 0.952, sedangkan lognormal = 0.972, exponential tidak di ketahui dan loglogistic = 0.974.



Gambar 4.10 TTR pipa flexible

Setelah melakukan distribusi pada TTR pada komponen pipa flexible menggunakan *software minitab.17*, maka hasil distribusi ialah Weibull karena angka *correlation coefficient* paling tinggi, dimana Weibull = 0.994, sedangkan lognormal = 0.976, exponential tidak di ketahui dan loglogistic = 0.976.

Tabel 4.7 hasil distribusi MTBF & MTTR

| N O | komponen ELMOT | TBF | TTR | MTBF (jam) | MTTR (jam) |
|-----|----------------|-----------|-----------|-------------|-------------|
| 1 | terminal | Lognormal | Lognormal | 2306.80 | 3.32 |
| 2 | seal pompa | Logn | Logn | 768.9 | 4.82 |

| N O | komponen ELMOT | TBF | TTR | MTBF (jam) | MTTR (jam) |
|-----|----------------|-----------|-----------|-------------|-------------|
| | centrifugal | ormal | ormal | 3 | |
| 3 | impeller pompa | weibull | Lognormal | 2306.80 | 2.25 |
| 4 | bearing pompa | weibull | weibull | 768.93 | 3.75 |
| 5 | karet kopling | weibull | Lognormal | 1153.40 | 1.79 |
| 6 | PRV | weibull | weibull | 576.70 | 1.07 |
| 7 | Pipa Fexibel | Lognormal | weibull | 1730.10 | 7.75 |
| 8 | strainer | weibull | weibull | 768.93 | 1.10 |
| 9 | pressure gauge | weibull | Lognormal | 1153.40 | 0.66 |

4.2.2 Perhitungan *reability*

Data yang sudah diolah menggunakan *minitab*, selanjutnya dihitung untuk mencari *reability*. Nilai *sqale* dan *shape* bisa di lihat pada gambar di lampiran 5. Data dihitung seperti dibawah ini :

Rumus yang di pakai untuk mencari nilai *reability*

$$\text{Weibull} = R(t) = e^{-\frac{t}{\beta}}$$

$$\text{Lognormal} = R(t) = 1 - \Phi((\ln(t) - \mu) / \sigma)$$

Dari hasil distribusi dari *software minitab.17* di peroleh parameter yang bisa di lihat pada tabel 4.8.

Tabel 4.8 Nilai *reability*

| N O | komponen pompa elmot | Pola distribusi | parameter | | Nilai <i>reability</i> |
|-----|------------------------|-----------------|---------------|---------------|------------------------|
| 1 | terminal | Lognormal | $\mu=9.01$ | $\sigma=2.97$ | 0.09 |
| 2 | seal pompa centrifugal | Lognormal | $\mu=41.50$ | $\sigma=6.44$ | 0.19 |
| 3 | impeller pompa | Weibull | $\beta=8.136$ | $\eta=0.793$ | 0.27 |
| 4 | bearing pompa | Weibull | $\beta=7.557$ | $\eta=1.559$ | 0.81 |
| 5 | karet kopling | Weibull | $\beta=9.073$ | $\eta=1.508$ | 0.49 |
| 6 | PRV | Weibull | $\beta=8.099$ | $\eta=1.911$ | 0.79 |
| 7 | Pipa Fexibel | Lognormal | $\mu=30.11$ | $\sigma=2.85$ | 0.23 |
| 8 | strainer | Weibull | $\beta=8.561$ | $\eta=2.285$ | 0.76 |
| 9 | pressure gauge | Weibull | $\beta=6.701$ | $\eta=1.141$ | 0.46 |

4.2.3 RCM decision worksheet

RCM *decision worksheet* digunakan untuk mencari jenis kegiatan pemeliharaan (*maintenance task*) yang tepat dan memiliki kemungkinan untuk dapat mengatasi setiap *failure modes* pada komponen kritis pompa emlot.

Tabel 4.9 RCM decision worksheet

| No | Nama Komponen | Funtion | Functional Failure | | Failure Mode | |
|----|------------------------|--|--------------------|------------------------|--------------|---------------------------------------|
| | | | | | | |
| 1 | terminal | koneksi antara sumber listrik | A | Sambungan kabel kendur | 1 | terbakar |
| | | | | | 2 | Arus Listrik tidak ada |
| 2 | seal pompa centrifugal | Mencegah kebocoran | A | miss alignment | 1 | pencemaran |
| | | | | | 2 | kebakaran |
| 3 | impeller pompa | mendorong fluida keluar dari tengah impeller menuju bagian luar casing pompa | A | unbalance | 1 | getar |
| | | | | | 2 | Pompa macet |
| 4 | Bearing | menstabilkan putaran poros, | A | vibrasi tinggi | 1 | berisik |
| | | | | | 2 | getar |
| 5 | karet kopling | Peredaman Getaran | A | Vibrasi tinggi | 1 | robek |
| | | | | | 2 | getar |
| 6 | PRV | Menjaga tekanan aliran fluida | A | Gagal membuka | 1 | Terjadi tekanan berlebih |
| | | | | | 2 | Ekspansi dalam pipa tidak tersalurkan |
| | | | B | Cairan rembes | 1 | Produk terbuang percuma |
| | | | | | 2 | kotor |
| 7 | PIPA FLEXIBEL | Peredaman kejutan | A | Bocor akibat getaran | 1 | bengkak |
| | | | | | 2 | rembes |
| 8 | Strainer | penyaring | A | tersumbat | 1 | kotor |

| No | Nama Komponen | Funtion | Functional Failure | | Failure Mode | |
|----|----------------|---------------------|--------------------|-----------------------|--------------|-------------|
| | | | | | | |
| | | atau sebagai filter | | t | 2 | Kawat jebol |
| 9 | Pressure gauge | Membaca tekanan | A | Tekanan tidak terbaca | 1 | Jarum jatuh |
| | | | | | 2 | tersumbat |

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut,

1. Berdasarkan hasil analisis, komponen-komponen yang rentan mengalami kegagalan dalam sistem pengisian produk pada sistem pompa elektrik meliputi terminal listrik, seal pompa sentrifugal, impeller pompa, bantalan pompa, karet kopling, pressure relief valve (PRV), pipa fleksibel, strainer, serta pressure gauge. Apabila komponen-komponen tersebut tidak dilakukan pemeliharaan dan penggantian secara berkala, maka dapat menimbulkan gangguan pada proses pengisian produk.

2. Berdasarkan hasil analisis dan evaluasi, komponen-komponen yang teridentifikasi sebagai kritis pada sistem pengisian produk, khususnya pada sistem pompa elektrik, meliputi, Seal pompa sentrifugal, dengan nilai Risk Priority Number (RPN) sebesar 171, Bearing pompa, dengan nilai RPN 181, Karet kopling, dengan nilai RPN 294, dan Pipa fleksibel, dengan nilai RPN 183, Komponen-komponen tersebut memiliki nilai RPN yang kritis, sehingga memerlukan perhatian dan tindakan pemeliharaan yang lebih intensif untuk menjaga kehandalan dan ketersediaan sistem pengisian produk.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil dari penelitian ini, adapun peneliti memberi saran agar Reliability Centered Maintenance (RCM) ini dapat diterapkan sebagai pendekatan pada sistem perawatan mesin terkhusus dalam preventive maintenance di PT Pertamina Patra Niaga Integrated Terminal Bitung. Karena dengan adanya penerapan Reliability Centered Maintenance (RCM) ini, perusahaan dapat mengetahui jenis tindakan perawatan yang optimal sehingga dapat meningkatkan keandalan sistem yang ada di perusahaan.

DAFTAR PUSTAKA

Ahyari. 2015. Manajemen Pemeliharaan Mesin. Universitas Darma Persada: Jakarta.
 Assauri, Sofyan. 2018. Manajemen Perawatan Produksi Dan Operasi. Edisi Keempat. Jakarta: Lembaga Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
 Azis, M. T., Suprawhardana, M.S., & Purwanto, T.P., 2013. Penerapan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Berbasis Web Pada Sistem Pendingin Primer Di Reaktor Serba Guna Ga. Siwabessy.
 Jilvan Anthony, Tritiya Arungpadang, & Charles S. Punuhsingon. 2023. Penerapan Reliability Centered

- Maintenance* Pada Perencanaan Waktu Interval *Preventive Maintenance* Unit *Container Crane* Di Terminal Peti Kemas PT Pelindo IV Bitung.
- Jurnal Rekayasa Mesin. 2018. Rekayasa Sistem Informasi Manajemen Perawatan Mesin Perkakas di Laboratorium Proses Manufaktur Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya.
- Kurniawan .2013. Manajemen Perawatan Industri.
- Manzini. 2010. *Maintenance for Industrial Systems*, By Riccardo Manzini, Alberto Regattieri, Hoang Pham, And Emilio Ferrari
- Mentari, D., & Lie, D. 2017. Analisis Pelaksanaan Kegiatan Pemeliharaan (*Maintenance*) Terhadap Kualitas Produk Pada Cv Green Perkasa Pematangsiantar. Maker: Jurnal Manajemen, 3(1), 40-48.
- Moubray, J. (1997). EL CAMINO HACIA EL RCM-MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD. Sopore y CIA, LTDA, 1-2.
- Nosakhare, U. H., & Bright, A. F. (2017). Statistical analysis of strength of W/S test of normality against non-normal distribution using Monte Carlo simulation. *American Journal of Theoretical and Applied Statistics*, 6(5-1), 62-65.
- Pane, N. (2020). Analisis Perawatan Mesin Mixer Menggunakan Metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*) di PT Charoen Pokphand Indonesia, Tbk KIM-II (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area).
- Raharja, I. P., & Suardika, I. B. (2021). Analisis Sistem Perawatan Mesin Bubut Menggunakan Metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*) di CV. Jaya Perkasa Teknik. *Industri Inovatif: Jurnal Teknik Industri*, 11(1), 39-48.
- Rasyida, D. R., & Ulkhaq, M. M. (2016). Aplikasi Metode *Seven Tools* Dan Analisis 5w+ 1h Untuk Mengurangi Produk Cacat Pada PT Berlina, Tbk. *Industrial Engineering Online Journal*, 5(4).
- SUGIARTO, Timothy Anugrah, et al, 2023. Analisa Pemeliharaan Mesin Printer Dengan *Reliability Centred Maintenance* (RCM) II Dan *Life Cycle Cost* (LCC) Di CV. XYZ. *Jurnal Ilmiah Teknik Informatika dan Komunikasi*, 3.2: 144-158.
- Suryanto Nasutionrazali. 2019. Analisa Kegagalan *Cylinder Head Mesin Diesel* Komatsu Dengan Menggunakan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (Fmea) Di Megapower Pltd Bengkalis.
- Syahputri, S. A. (2023). Implementasi *Preventive Maintenance* pada Mesin Produksi untuk meningkatkan Nilai Keandalan menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan Age Replacement (Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia).
- Yssaad, B., Khiat, M., & Chaker, A. 2014. *Reliability*