

PENENTUAN INTERVAL PEMELIHARAAN MESIN POMPA PERTALITE MENGGUNAKAN METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE BERBASIS RISIKO DI FUEL TERMINAL MANOKWARI

Defaria Heipon ¹⁾, Ellysa Nursanti ²⁾, Reiny Ditta Myrtanti ³⁾

^{1,3)} Program Studi Teknik Industri S-1, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang

²⁾ Program Studi Teknik Industri S-2, Program Pascasarjana, Institut Teknologi Nasional Malang

Email : defariaheipon5@gmail.com

Abstrak, *Fuel* Terminal Manokwari memiliki peran penting dalam mendukung kelancaran distribusi Bahan Bakar Minyak (BBM), khususnya di wilayah Papua Barat. Namun, kegiatan pemeliharaan mesin pompa pertalite selama ini masih dilakukan secara *corrective maintenance*, yaitu perbaikan dilakukan setelah terjadi kerusakan. Kondisi tersebut menyebabkan terjadinya *downtime* yang dapat mengganggu proses distribusi BBM dan menurunkan keandalan mesin. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan interval pemeliharaan mesin pompa pertalite dalam upaya menurunkan risiko *downtime* di *Fuel* Terminal Manokwari. Pendekatan yang digunakan adalah *Reliability Centered Maintenance* (RCM) berbasis risiko yang didukung oleh metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA), *Fault Tree Analysis* (FTA), distribusi weibull, serta perhitungan *Mean Time Between Failure* (MTBF), *Mean Time To Repair* (MTTR) dan *Availability*. FMEA digunakan untuk mengidentifikasi dan menetapkan komponen kritis berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN), sedangkan FTA digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab kerusakan pada komponen tersebut. Selanjutnya, distribusi weibull digunakan untuk menganalisis pola kerusakan dan menentukan interval pemeliharaan berdasarkan fungsi keandalan. Selain itu, MTBF dan MTTR digunakan untuk mengetahui rata-rata waktu operasi dan waktu perbaikan komponen yang selanjutnya digunakan untuk menghitung tingkat ketersediaan (*availability*) mesin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *mechanical seal* merupakan komponen kritis dengan nilai RPN tertinggi sebesar 300. Hasil FTA menunjukkan bahwa kerusakan *mechanical seal* di pengaruhi oleh faktor manusia, mesin, operasi, dan pemeliharaan yang menyebabkan kerusakan permukaan dan kebocoran pada mesin pompa. Hasil *task selection* RCM merekomendasikan tindakan *condition directed* (CD) berupa inspeksi dan monitoring kondisi. Analisis distribusi weibull menghasilkan parameter bentuk (β) sebesar 2 yang menunjukkan pola *wear out failure* serta parameter skala (η) sebesar 40,75 jam, dengan nilai *availability* 45%. Berdasarkan standar keandalan minimum sebesar 85% interval inspeksi diperoleh 14 jam operasi atau setara dengan 2 hari kerja, dengan nilai *reliability* sebesar 88,87%. Penerapan interval pemeliharaan tersebut diharapkan dapat membantu menurunkan risiko terjadinya *downtime* serta meningkatkan keandalan mesin pompa pertalite di *Fuel* Terminal Manokwari.

Kata kunci : *Reliability Centered Maintenance*, FMEA, FTA, Distribusi Weibull, Interval Pemeliharaan

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi, khususnya Bahan Bakar Minyak (BBM), terus mengalami peningkatan seiring pertumbuhan aktivitas masyarakat dan sektor industri di Indonesia.(Pengkajian et al., n.d.) Kondisi ini menjadikan kelancaran distribusi BBM sebagai faktor krusial dalam menjaga stabilitas ekonomi, dimana keberhasilannya sangat bergantung pada keandalan peralatan pendukung yang digunakan.

Fuel Terminal Manokwari, sebagai salah satu unit operasi PT Pertamina Patra Niaga di wilayah Papua Barat., mengembangkan peran strategis dalam menjamin ketersediaan BBM melalui Pengoperasian mesin pompa pertalite. Namun, praktik pemeliharaan yang diterapkan selama ini masih bersifat *corrective*, dimana perbaikan baru dilakukan setelah komponen

mengalami kerusakan fungsi. Beberapa komponen yang tercatat mengalami kerusakan meliputi *mechanical seal*, *gasket casing*, *inner circlip* dan *outer circlip*.

Pola pemeliharaan reaktif tersebut berdampak pada tingginya *downtime* mesin pompa pertalite. Data operasional periode Mei-September 2025 mencatat akumulasi *downtime* hingga 98 hari, yang tidak hanya mengganggu penyaluran BBM tetapi juga berpotensi menimbulkan kerugian ekonomi besar yang diperkirakan mencapai ratusan juta rupiah setiap jam mesin pompa pertalite tidak beroperasi dan risiko pencemaran lingkungan akibat kebocoran fluida.

Akar permasalahan yang teridentifikasi adalah belum tersedianya interval pemeliharaan yang disusun secara sistematis berdasarkan analisis keandalan maupun tingkat risiko

masing-masing komponen. Akibatnya, upaya pencegahan kerusakan menjadi kurang terarah dan belum meminimalkan potensi *downtime*. Beberapa penelitian terdahulu telah membuktikan efektivitas pendekatan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dalam konteks serupa. (Ulum et al., n.d.) menunjukkan bahwa penentuan komponen kritis dan interval pemeliharaannya yang tepat dapat menekan frekuensi kerusakan pompa setrifugal. (Laras Mega Kalpita, n.d.) menegaskan pentingnya kebijakan pemeliharaan berbasis analisis keandalan, dengan mechanical seal sebagai salah satu komponen penentu kinerja sistem. Selain itu, (Bernad & Nduru, 2025) memperlihatkan bahwa integrasi RCM dengan FMEA mampu meningkatkan keandalan peralatan melalui strategi pemeliharaan yang lebih terarah. Berdasarkan penelitian tersebut, penelitian ini mengusulkan penerapan RCM berbasis risiko yang dipadukan dengan *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) untuk menetapkan prioritas komponen berdasarkan tingkat risiko, dan *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk menelusuri akar penyebab kerusakan secara mendalam, distribusi weibull untuk menganalisis pola kerusakan dan menentukan interval pemeliharaan berdasarkan fungsi keandalan, serta perhitungan Mean Time Between Failure (MTBF), Mean Time To Repair (MTTR) dan *availability* untuk mengentahui tingkat ketersediaan mesin. Penelitian ini juga bertujuan menentukan interval pemeliharaan mesin pompa pertalite yang dapat menurunkan risiko downtime di *Fuel Terminal* Manokwari.

METODE

Penelitian ini bersifat *problem solving* menggunakan data primer (wawancara dengan karyawan operasional dan pemeliharaan) dan data sekunder (data *downtime* dan pemeliharaan mesin pompa pertalite bulan Mei-September 2025). Tahapan analisis diawali dengan identifikasi komponen dan pola kerusakan, dilanjutkan dengan penilaian risiko melalui FMEA dengan menghitung penentuan akar penyebab kerusakan komponen kritis melalui FTA, serta pemodelan pola kerusakan menggunakan distribusi weibull untuk memperoleh parameter bentuk dan parameter skala.

$$RPN = S \times O \times D \dots\dots\dots(1)$$

Selanjutnya dihitung MTBF, MTTR, dan *availability* untuk menilai ketersediaan mesin. Penentuan jenis tindakan pemeliharaan dilakukan melalui tahap *task selection* RCM, sedangkan interval pemeliharaan dilakukan melalui iterasi fungsi keandalan $R(t)$ terhadap standar minimum yang ditetapkan sebesar 85%. Berikut ini adalah rumus pengolahan data:

Fungsi Keandalan

$$R(t) = 1 - F(t) \dots\dots\dots(2)$$

Fungsi Distribusi Kumulatif

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\pi}\right)^\beta} \dots\dots\dots(3)$$

$$MTBF = \left(\frac{\text{total operasi}}{\text{frekuensi downtime}} \right) \dots\dots\dots(4)$$

$$MTTR = \left(\frac{\text{waktu downtime}}{\text{frekuensi downtime}} \right) \dots\dots\dots(5)$$

$$A = \left(\frac{MTBF}{MTBF \times MTTR} \right) \times 100\% \dots\dots\dots(6)$$

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

- Perumusan masalah dan penerapan tujuan penelitian
- Pengumpulan data melalui observasi lapangan dan wawancara
- Analisis risiko menggunakan FMEA dan FTA untuk menentukan komponen kritis dan akar penyebab kerusakan.
- Analisis keandalan menggunakan distribusi weibull, MTBF, MTTR, dan *availability*
- Penentuan jenis tindakan pemeliharaan melalui RCM *task selection*
- Penentuan interval pemeliharaan berdasarkan fungsi keandalan
- Penyusunan jadwal pemeliharaan dan penarikan kesimpulan dan saran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini diawali dengan menentukan komponen kritis menggunakan FMEA, menganalisis akar penyebab kerusakan menggunakan FTA, menentukan pola kerusakan menggunakan distribusi weibull, dan menghitung MTBF, MTTR, dan *availability*. Selanjutnya, dilakukan penentuan jenis tindakan menggunakan RCM dan penentuan interval menggunakan iterasi fungsi keandalan $R(t)$ terhadap standar minimum.

Analisis FMEA

Analisis FMEA terhadap empat komponen utama mesin pompa pertalite sebagai berikut:

Tabel 1. Komponen Kritis Berdasarkan Nilai RPN

No	Komponen	Nilai RPN	Kategori
1	<i>Mechanical seal</i>	300	Kritis
2	<i>Gasket casing</i>	64	Tidak kritis
3	<i>Inner circlip</i>	112	Tidak Kritis
4	<i>Outer circlip</i>	72	Tidak kritis
Rata-rata nilai RPN		137	

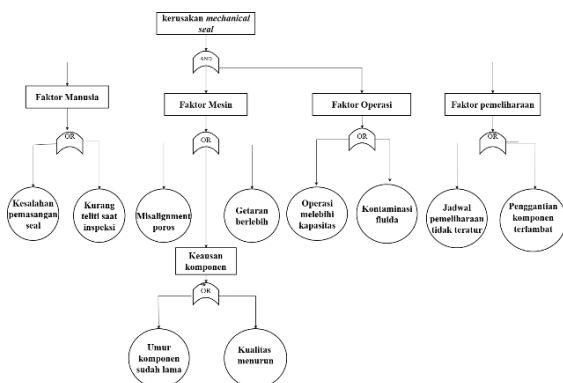
(Sumber: Pengolahan Data)

Mechanical seal ditetapkan sebagai komponen kritis dengan nilai RPN tertinggi, yaitu 300, jauh diatas rata-rata RPN komponen lain (137). (Margana dkk., 2024)

Nilai ini menempatkan *mechanical seal* sebagai komponen kritis yang memerlukan prioritas penanganan, sementara *gasket casing*, *inner curclip*, *outer circlip* dikategorikan tidak kritis karena berada dibawah rata-rata, sehingga dianalisis lanjut menggunakan FTA dan Distribusi Weibull.

Analisis FTA

FTA mengidentifikasi bahwa kerusakan di bagian permukaan *mechanical seal* mengakibatkan kebocoran dan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti faktor manusia, faktor mesin, faktor operasi dan faktor pemeliharaan. Penelusuan akar dengan FTA pada komponen kritis hasil FMEA ini sejalan dengan pendekatan intergrasi FMEA dan FTA (Analisis dkk., 2024).



Gambar 1. Analisis FTA

(Sumber: Pengolahan Data)

Tabel 4. Hasil RCM Task Selection

Komponen	Failure Mode	Consequence	CD	TD	FF	Task selection
<i>Mechanical seal</i>	<i>Surface Damage</i>	Kebocoran produk pertalite	✓	✗	✗	<i>Condition directed & Time directed</i>

Tindakan *condition directed* (CD) dipilih karena karakteristik kerusakan *mechanical seal*

Distribusi Weibull, MTBF, MTTR Dan Availability

Mechanical seal selanjutnya dimodelkan menggunakan distribusi weibull untuk mengetahui pola kerusakan dengan hasil berikut:

Tabel 2. Parameter Distribusi Weibull dan Nilai Keandalan *Mechanical Seal*

Komponen	β	η	Reliability (%)	Pola kerusakan
<i>Mechanical Seal</i>	2	40.75	37.24%	<i>Wear out failure</i>

(Sumber: Pengolahan Data)

Nilai β sebesar 2 mengindikasikan pola kerusakan *wear out failure*, yaitu laju kerusakan yang meningkat seiring bertambahnya waktu operasi. (Chabibi dkk., 2025) Berdasarkan pola tersebut, nilai MTBF, MTTR dan *availability* komponen sebagai berikut:

Tabel 3. Nilai MTBF, MTTR, dan Availability *Mechanical Seal*

Komponen	MTBF	MTTR	Availability
<i>Mechanical Seal</i>	20.25 jam	24.75 jam	45%

(Sumber: Pengolahan Data)

Rendahnya nilai *availability* menunjukkan bahwa *mechanical seal* memerlukan perhatian khusus dalam strategi pemeliharaan untuk menekan *downtime* berdasarkan karakteristik kerusakan yang berkembang bertahap dan dapat dideteksi sebelum terjadi kerusakan total

Task Selection RCM

Hasil *task selection* RCM adalah sebagai berikut:

yang bersifat *wear out failure* memungkinkan gejala kerusakan untuk dikenali lebih awal

melalui pemeriksaan kondisi secara berkala, seperti munculnya rembesan kecil, peningkatan getaran atau penurunan performa, sebelum kerusakan berkembang menjadi kebocoran total. Pendekatan ini dinilai lebih tepat dibanding tindakan *time directed*, yang mengandalkan penggantian komponen berdasarkan jadwal waktu tetap tanpa mempertimbangkan kondisi aktual. Pemilihan *condition directed* sebagai pemeliharaan komponen kritis ini sejalan dengan penelitian

yang menggabungkan FMEA dan RCM pada penyulang distribusi listrik (Qurnaini & Rauf, t.t.)

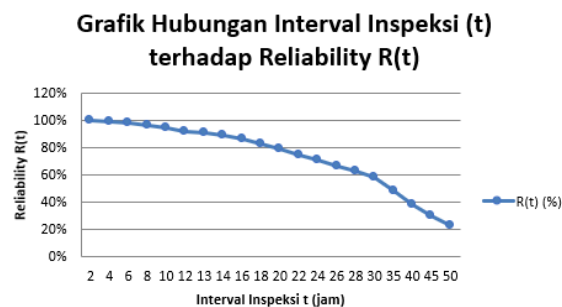
Penentuan Interval Pemeliharaan Mesin Pompa Peralite

Penentuan interval pemeliharaan dilakukan melalui iterasi fungsi keandalan $R(t)$ terhadap standar minimum 85%. Hasil iterasi pada beberapa titik interval sebagai berikut:

Tabel 5. Perbandingan *Reliability* Pada Beberapa Interval Inspeksi

No	Interval Inspeksi t (jam)	t/η	$(\frac{t}{\eta})^\beta$	$R(t) = (\frac{t}{\eta})^\beta$	R(t) (%)	Memenuhi target R= 85%
1	2	0.0491	0.0024	0.9976	99.76%	Memenuhi
2	4	0.0982	0.0096	0.9904	99.04%	Memenuhi
3	6	0.1472	0.0217	0.9786	97.86%	Memenuhi
4	8	0.1963	0.0385	0.9622	96.22%	Memenuhi
5	10	0.2454	0.0602	0.9416	94.16%	Memenuhi
6	12	0.2945	0.0867	0.9169	91.69%	Memenuhi
7	13	0.3190	0.1018	0.9032	90.32%	Memenuhi
8	14	0.3436	0.1180	0.8887	88.87%	Memenuhi
9	16	0.3926	0.1542	0.8571	85.71%	Memenuhi
10	18	0.4417	0.1951	0.8227	82.27%	Tidak memenuhi
11	20	0.4908	0.2409	0.7859	78.59%	Tidak memenuhi
12	22	0.5399	0.2915	0.7472	74.72%	Tidak memenuhi
13	24	0.5890	0.3469	0.7069	70.69%	Tidak memenuhi
14	26	0.6380	0.4071	0.6656	66.56%	Tidak memenuhi
15	28	0.6871	0.4721	0.6237	62.37%	Tidak memenuhi
16	30	0.7362	0.5420	0.5816	58.16%	Tidak memenuhi
17	35	0.8589	0.7377	0.4782	47.82%	Tidak memenuhi
18	40	0.9816	0.9635	0.3815	38.15%	Tidak memenuhi

(Sumber: Pengolahan Data)



Gambar 2. Grafik Hubungan Inspeksi Terhadap Nilai *Reliability*
(Sumber: Pengolahan Data)

Interval inspeksi 14 jm merupakan Interval terpanjang yang masih memenuhi standar keandalan minimum 85%, sehingga

ditetapkan sebagai interval pemeliharaan yang di rekomendasikan. Penentuan interval pemeliharaan ini juga sejalan dengan penelitian yang di lakukan oleh (Nisak dkk., 2022)

Nilai *reliability* menurun secara konsisten seiring bertambahnya interval inspeksi, sejalan dengan pola *wear out failure* yang teridentifikasi pada distribusi weibull. (Qomariyah dkk., 2025)

Perbandingan *Reliability* pada Dua Interval Inspeksi

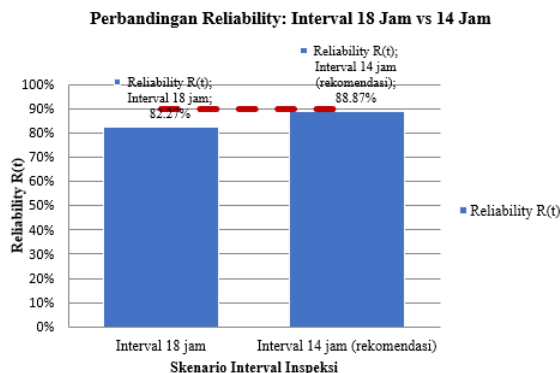
Untuk memperjelas pengaruh perubahan interval inspeksi terhadap tingkat keandalan, dilakukan perbandingan antara 18 jam dengan interval 14 jam sebagai berikut.

Tabel 6. Perbandingan *Reliability* Pada Dua Interval Inspeksi

Perbandingan <i>Reliability</i> pada Dua Interval Inspeksi			
Skenario	Interval t (jam)	<i>Reliability</i> R(t)	Target 85% (acuan)
Interval 18 jam	18	82.27%	85.00%
Interval 14 jam (rekomendasi)	14	88.87%	85.00%

(Sumber: Pengolahan Data)

Nilai *reliability* pada interval inspeksi 18 jam masih lebih rendah dibandingkan interval inspeksi 14 jam.



Gambar 3. Perbandingan Interval Inspeksi 18 jam vs 14 Jam

(Sumber: Pengolahan Data)

Hasil perbandingan memperlihatkan bahwa interval pemeliharaan dari 18 jam menjadi 14 jam mampu meningkatkan *reliability* sebesar 11,45% . kenaikan ini membawa nilai keandalan dari posisi yang berbeda dibawah ambang batas (82,27%) menjadi memenuhi standar minimum yang ditetapkan perusahaan (88,87%) .temuan ini menegaskan bahwa interval pemeliharaan dan jaminan keandalan operasional mesin pompa pertalite.

Penjadwalan pemeliharaan

Interval pemeliharaaa yang telah ditetapkan selanjutnya di konversi menjadi hari operasi, dengan mempertimbangkan durasi operasional mesin pompa pertalite selama 8 jam operasi kerj. Dengan demikian, kegiatan inspeksi direkomendasikan untuk dilaksanakan setiap 2 hari operasi, yang jika disesuaikan dengan hari kerja perusahaan (Senin hingga Jumat, tanpa sesuaikan dengan hari Sabtu dan Minggu), setara dengan pelaksanaan inspeksi sebanyak dua kali dalam setiap minggu.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan analisis FMEA, *mechanical seal* ditetapkan sebagai komponen kritis mesin

pompa pertalite dengan RPN tertinggi sebesar 300, jauh di atas rata-rata RPN seluruh komponen sebesar 137. Hasil FTA menunjukkan bahwa kerusakan di pengaruhi oleh faktor manusia, mesin, operasi dan pemeliharaan. Analisis distribusi weibull mengungkapkan pola kerusakan *wear out failure* dengan *availability* sebesar 45%, sehingga tindakan pemeliharaan yang direkomendasikan berupa *condition directed* melalui inspeksi berkala. Interval pemeliharaan yang tepat diperoleh pada 14 jam operasi atau 2 hari operasi, menghasilkan keandalan 88,87% memenuhi standar minimum 85% yang ditetapkan.

Fuel Terminal Manokwari disarankan untuk menerapkan interval pemeliharaan tersebut secara konsisten, serta meningkatkan pengawasan terhadap faktor-faktor penyebab kerusakan, seperti kesalahan pemasangan komponen dan keterlambatan pelaksanaan pemeliharaan, guna menekan risiko *downtime* dan meningkatkan keandalan mesin pompa pertalite secara berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Laras Mega Kalpita. (2021). *Perencanaan Kebijakan Perawatan pada Mesin Pompa Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM)*. Universitas Islam Indonesia
- Bernad, A., & Nduru, L. (2025). Analisa Pemeliharaan Pada Mesin Hydraulic Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) di PT. Indah Kiat Tbk Perwang-Riau. *Variable Research Journal*, 2(2), 1-9.
- Chabibi, N., Handoko, F., & Myrtanti, R. D. (2025). Usulan Perancangan Penjadwalan Dengan Preventive Maintenance Pada Armada Truk UD. Berkah Kurniawan. *Jurnal Mahasiswa Teknik Industri*, 8(2), 1-10.
- Margana, A. S., Ayu, W. S., & Khoirunnisaa, E. I. (2024). Maintenance System Analysis Using the Reliability Centered Maintenance Method with the Help of Failure Mode Effect Analysis on the Air

- Handling Unit G4. *Jurnal Mekanik Terapan*, 5(1), 16–24.
- Nisak, K., Nursanti, E., Priyasmanu, T., Program, & Industri, S. T. (2022). Analisis Tingkat Keandalan dan Penentuan Interval Waktu Pemeliharaan Mesin Pompa Air di Perumda Air Minum Tugu Tirta Kota Malang. *Jurnal Mahasiswa Teknik Industri*, 5(2), 1-10.
- Qomariyah, D., Nursanti, E., & Galuh, H. (2025). Model Penjadwalan Pemeliharaan Mesin Heavy Duty Hummer Shredder (HDHS) di PG Kebon Agung. *Jurnal Mahasiswa Teknik Industri*, 8(2), 1-10.
- Qurnaini, K., & Rauf, N. (t.t.). *Evaluasi Komponen Kritis dan Penentuan Strategi Pemeliharaan Berbasis Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)-Reliability Centered Maintenance (RCM) Untuk Mengurangi Downtime Pada Penyulang Cempa*.
- Syaputra, W., Fakhri G, N., Ardian, S. R., Nugroho, A. J. (2024). Integrasi Metode FMEA dan FTA. *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan (JTMIT)*, 3(1), 47–56.
- Ulum, M. B., Rarindo, H., Wicaksono, H., Agus, D. Metode RCM Untuk Meningkatkan Kualitas Perawatan Pompa Sentrifugal. *Jurnal Teknologi*, 17(2), 20-23.