



ANALISA PEMELIHARAAN PADA MESIN HYDRAULIC DENGAN METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) DI PT. INDAH KIAT TBK PERWANG – RIAU

MAINTENANCE ANALYSIS ON HYDRAULIC MACHINES WITH THE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) METHOD AT PT. INDAH KIAT TBK PERWANG – RIAU

Andri Bernad Lamsihar Nduru

Teknik Mesin, Universitas Harapan Medan, Medan , Indonesia
Email:andribernad30@gmail.com

ARTICLE INFO

Article history:

Received January 15, 2025
Revised March 10, 2025
Accepted April 10, 2025
Available online April 15, 2025

Kata Kunci:

Downtime, Failure Mode Effect Analysis, Reliability Centered Maintenance, Mesin Hydraulic

Keywords:

Downtime, Analysis of Failure Mode Effects, Reliability Centered Maintenance, Hydraulic machines

ABSTRAK

PT. Indah Kiat Pulp and Paper, Tbk Perawang merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pengolahan pulp dan kertas. Mesin Hydraulic merupakan salah satu mesin produksi yang memiliki peranan penting dalam pengolahan pulp, dimana mesin tersebut telah mengalami kegagalan sebanyak 35 kali yang mengakibatkan kerugian produksi (production loss) mencapai 11.013 ton pulp pada tahun 2018-2022. Berdasarkan kondisi tersebut analisis perawatan dilakukan dengan pendekatan Reliability Centered Maintenance (RCM) untuk memperbaharui sistem pemeliharaan mesin hydraulic. Dari hasil analisis RCM diperoleh komponen paling kritis dari mesin hydraulic adalah Motor Marathon dan Pompa. Dengan mengeliminasi tingkat kerusakan komponen dapat diperoleh Reliability Motor Marathon sebesar 87% dan Pompa sebesar 67% dengan masa interval perawatan Motor Marathon 884.21 Jam dan Pompa 1493.3 Jam.

ABSTRACT

PT. Indah Kiat Pulp and Paper, Tbk Perawang is a company engaged in pulp and paper processing. Hydraulic Machinery is one of the production machines that has an important role in pulp processing, where the machine has failed 35 times which resulted in production losses reaching 11,013 tons of pulp in 2018-2022. Based on these conditions, maintenance analysis is carried out using the Reliability Centered Maintenance (RCM) approach to renew the hydraulic engine maintenance system. From the results of the RCM analysis, the most critical components of the hydraulic machine are the Marathon Motor and Pump. By eliminating the level of component damage, a Reliability of Motor Marathon of 87% and Pump of 67% can be obtained with maintenance intervals of Motor Marathon of 884.21 Hours and Pump of 1493.3 Hours.

PENDAHULUAN

Dalam dunia industri, produk merupakan hasil utama dari suatu proses produksi. Proses produksi terdiri dari input, proses operasi, dan output. Agar proses produksi dapat terus berjalan, maka dibutuhkan kegiatan-kegiatan perawatan (maintenance) terhadap peralatan-peralatan dan mesin-mesin produksi. PT Indah Kiat adalah perusahaan yang memproduksi pulp, kertas budaya, kertas industri dan tisu. Kegiatan usaha perusahaan dimulai dari pengolahan kayu menjadi pulp dan kertas serta

pengolahan kertas bekas menjadi kertas industri. Metode perawatan Reliability Centered Maintenance (RCM) merupakan suatu proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dikerjakan untuk menjamin setiap aset fisik tetap dapat bekerja sesuai yang diinginkan atau proses

untuk menentukan perawatan yang efektif, Dalam pengolahan pulp dan kertas, PT Indah Kiat menggunakan berbagai jenis mesin industri untuk memaksimalkan hasil produksi, beberapa mesin menggunakan mesin hydraulic. Beberapa faktor penyebab kerusakan mesin, yaitu keausan (wear out), korosi permanen yang perlu diadakan perawatan secara efektif, namun tidak menutup kemungkinan tetap terjadi kerusakan mesin pada saat berlangsung sehingga harus dilakukan perawatan. Metode RCM mempunyai keunggulan dalam menentukan program perawatan yang berfokus pada komponen atau mesin-mesin yang kritis dan menghilangkan kegiatan perawatan yang tidak diperlukan dengan menentukan interval perawatan yang optimal

METODE

Penelitian ini bersifat Case Study yang bertujuan menganalisa suatu objek untuk memberikan gambaran secara detail berdasarkan latar belakang suatu permasalahan yang ada pada perusahaan. Objek yang diteliti adalah mesin hydraulic di area fiberline yang berperan dalam proses pengolahan pulp PT Indah Kiat Perawang. Penelitian ini dilakukan pada perusahaan pengolahan pulp dan kertas PT Indah Kiat Perawang, Kabupaten Siak, Riau. Penulis melakukan penelitian selama 3 (tiga) bulan, dimulai pada bulan September 2022 sampai Desember 2022.

Berdasarkan data-data yang diperoleh dari perusahaan, selanjutnya penulis melakukan pengolahan data dan perhitungan untuk mendukung penelitian tersebut. Pengolahan data yang dilakukan sebagai berikut:

1. Perhitungan nilai FMEA
2. Perhitungan parameter TTF dan TTR
3. Perhitungan *Index of Fit* untuk menentukan distribusi yang sesuai
4. Perhitungan nilai MTTF dan MTTR
5. Penentuan interval waktu perawatan mesin

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

A. Analisa Penentuan Komponen Kritis

Penentuan komponen kritis adalah komponen dengan jumlah downtime terbesar dan frekuensi kerusakan terbanyak. Berdasarkan data jumlah downtime dan frekuensi kerusakan tiap-tiap komponen pada mesin hydraulic, dapat diketahui bahwa komponen yang memiliki jumlah downtime terbesar dan frekuensi kerusakan terbanyak adalah komponen motor marathon dan pompa, sehingga dapat ditentukan bahwa komponen kritis adalah komponen motor marathon dan pompa.

B. Analisa Perhitungan FMEA

FMEA merupakan analisa yang dilakukan untuk menemukan efek apa saja yang dapat berpotensi membuat kegagalan dalam suatu produk atau proses produksi dengan menentukan nilai RPN berdasarkan penilaian resiko atau risk assessment. Berdasarkan hasil perhitungan FMEA pada mesin hydraulic yang memiliki nilai RPN terbesar adalah komponen motor marathon dengan RPN = 567 dan pompa dengan RPN = 490 dimana kedua komponen tersebut merupakan komponen kritis.

C. Analisa Perhitungan Waktu Antar Kerusakan (TTF) Dan Waktu Perbaikan (TTR) Komponen Kritis

Setelah komponen kritis ditentukan, selanjutnya adalah menghitung waktu antar kerusakan (TTF) dan waktu perbaikan (TTR), dan dari hasil perhitungan didapatkan waktu antar kerusakan (TTF) dan waktu perbaikan (TTR) untuk komponen motor marathon dan pompa adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Nilai TTR dan TTF Komponen Kritis

No	Motor Marathon	Pompa
----	----------------	-------

	TTR (jam)	TTF (jam)	TTR (jam)	TTF (jam)
1	5.17	-	1.1	-
2	14.82	2328	2.57	1296
3	2.93	10464	2.32	936
4	14.9	600	0.42	384
5	7.1	19032	1	96
6	1.12	3552	4.93	4848
7	1.12	1464	1.47	2640
8			3.32	144
9			0.53	576
10			3.72	2640
11			0.72	1104
12			1.17	2448
13			1.47	9960

D. Analisa Identifikasi Distribusi Data Waktu Antar Kerusakan (TTF) Dan Waktu Perbaikan (TTR)

Setelah perhitungan data waktu antar kerusakan (TTF) dan waktu perbaikan (TTR), dilanjutkan dengan mengidentifikasi distribusi dari hasil perhitungan tersebut. Penentuan distribusi dilakukan dengan metode *least square curve fitting* yang bertujuan untuk menentukan distribusi apa yang mewakili atau mendekati penyebaran data-data TTF dan TTR. Distribusi yang digunakan dalam metode *least square curve fitting* adalah distribusi *weibull*, *eksponensial*, *normal*, dan *lognormal*. Perhitungan yang dilakukan dalam metode *least square curve fitting* adalah menentukan nilai *index of fit* (r), dimana *index of fit* (r) merupakan gambaran untuk menunjukkan hubungan antara penyebaran data dan distribusinya. Hasil dari perhitungan *index of fit* dari setiap distribusi untuk data TTF dan TTR adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Nilai Index of Fit Masing-masing Distribusi Untuk Data TTF

Distribusi	Motor Marathon		Pompa	
	r	Distribusi terpilih	r	Distribusi terpilih
Weibull	0.9792	Lognormal	0.9880	Weibull
Eksponensial	0.9815		0.9625	
Normal	0.9001		0.8492	
Lognormal	0.9925		0.9864	

Tabel 3. Nilai Index of Fit Masing-Masing Distribusi Untuk Data TTR

Distribusi	Motor Marathon		Pompa	
	r	Distribusi terpilih	r	Distribusi terpilih
Weibull	0.9566	Lognormal	0.9786	Eksponensial
Eksponensial	0.9448		0.99214	
Normal	0.9318		0.9472	
Lognormal	0.9622		0.99211	

E. Analisa Uji Kecocokan Distribusi

Untuk data TTF komponen *motor marathon* dilakukan uji *kolmogorov - smirnov test* karena distribusi terpilih berdasarkan nilai *index of fit* (r) terbesar adalah distribusi *lognormal*, dan hasilnya H_0 diterima, yang berarti data TTF komponen *motor marathon* berdistribusi *lognormal*, untuk data TTF komponen *pompa* dilakukan uji *mann's test* karena distribusi terpilih berdasarkan nilai *index of fit* (r) terbesar adalah distribusi *weibull*, dan hasilnya H_0 diterima, yang berarti data TTF komponen *motor marathon* berdistribusi *weibull*.

Sedangkan untuk data TTR komponen *motor marathon* juga dilakukan uji *kolmogorov - smirnov test* karena distribusi terpilih berdasarkan nilai *index of fit* (r) terbesar adalah distribusi *lognormal*, dan hasilnya H_0 diterima, yang berarti data TTR komponen *motor marathon* berdistribusi *lognormal*, untuk data TTR komponen *pompa* dilakukan uji *barlett's test* karena distribusi terpilih berdasarkan nilai *index of fit* (r) terbesar adalah distribusi *eksponensial*, dan hasilnya H_0 diterima, yang berarti data TTR komponen *pompa* berdistribusi *eksponensial*.

F. Analisa Perhitungan Rata-rata Waktu Antar Kerusakan (MTTF) Dan Rata-rata Waktu Perbaikan (MTTR)

Untuk waktu antar kerusakan (TTF) :

Motor Marathon

Distribusi terpilih = lognormal

MTTF = 9635.84

Pompa

Distribusi terpilih = weibull

MTTF = 2378.59

Untuk waktu perbaikan (TTR) :

Motor Marathon

Distribusi terpilih = lognormal

MTTR = 9.75

Pompa

Distribusi terpilih = eksponensial

MTTR = 1.87

G. Analisa Perhitungan Keandalan Komponen

Perhitungan keandalan dilakukan untuk mengetahui probabilitas kinerja dari komponen untuk memenuhi fungsi yang diharapkan, hasil dari perhitungan keandalan komponen untuk motor marathon dengan $t = 672$ adalah 0.87 atau 87% dan hasil dari perhitungan keandalan komponen untuk pompa dengan $t = 672$ adalah 0.67 atau 67%.

H. Analisa Penentuan Interval Waktu Perawatan Komponen

Dalam pengolahan data didapatkan frekuensi dan interval waktu perawatan komponen berdasarkan waktu produksi yang ada. Dari hasil perhitungan interval waktu perawatan diperoleh interval waktu perawatan komponen motor marathon setiap 884.21 jam atau 1 kali per 1.5 bulan sedangkan interval waktu perawatan komponen pompa setiap 1493.3 jam atau 1 kali per 2 bulan.

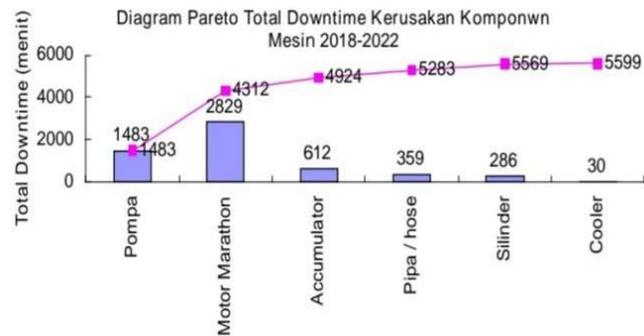
Pembahasan

A. Menentukan Komponen Kritis

Dari perhitungan downtime kerusakan dari komponen-komponen mesin hydraulic dan diagram pareto diatas maka dapat ditentukan komponen kritis dari mesin hydraulic adalah komponen yang memiliki data downtime dan frekuensi kerusakan terbesar, dan data downtime serta frekuensi kerusakan terbesar ada pada komponen motor marathon dan pompa, sehingga dapat ditentukan bahwa komponen kritis adalah motor marathon dan pompa

Tabel 4. Total Data Downtime Kerusakan Mesin Tahun 2018 - 2022

Komponen	Frekuensi	Downtime (Menit)	Downtime Kumulatif
Pompa	13	1483	1483
Motor Marathon	7	2829	4312
Accumulator	6	612	4924
Silinder	4	286	5283
Pipa/hose	4	359	5569
Cooler	1	30	5599



Gambar 1. Total Data Downtime Kerusakan Mesin Tahun 2018 - 2022

B. Menentukan Failure Modes And Effect Analyze (FMEA)

Tabel 5. FMEA Pada Mesin Hydraulic

Komponen	Failure Mode	Failure Effect	S	O	D	RPN
Pompa	Seal bocor, suara abnormal, pressure abnormal, vibrasi	Konsumsi oli tinggi, proses produksi berhenti sebagian	7	10	7	490
Motor Marathon	Seal bocor, housing retak, pressure abnormal	Konsumsi oli tinggi, proses produksi berhenti total	9	7	9	567
Silinder	Baut mounting patah, shaft patah, seal bocor	Proses produksi berhenti sebagian	7	4	8	224
Accumulator	Oring tee connector bocor, oring seal bocor, vibrasi	Proses produksi berhenti sebagian, N2 berkurang	5	6	3	90
Cooler	Bocor, baut longgar, plate korosif	Oli tercampur air, temperatur tinggi, proses produksi berhenti sebagian	5	1	4	20
Pipa / hose	Pipa dan hose bocor, korosif	Proses produksi berhenti sebagian	5	4	3	60

Dari tabel diatas diperoleh total RPN yang tinggi yaitu pada motor marathon nilai RPN = 567 dan komponen pompa dengan nilai RPN = 490

C. Perhitungan Time to Failure (TTF) dan Time to Repair (TTR)

Hasil Perhitungan TTR dan TTF Komponen Motor Marathon				Hasil Perhitungan TTR dan TTF Komponen pompa			
No	Tanggal	TTR (jam)	TTF (jam)	No	Tanggal	TTR (jam)	TTF (jam)
1	16 Januari 2018	5.17	-	1	5 Agustus 2018	1.1	-
2	4 Mei 2018	14.82	2328	2	28 September 2018	2.57	1296
3	9 Agustus 2019	2.93	10464	3	6 November 2018	2.32	936
4	3 September 2019	14.9	600	4	22 November 2018	0.42	384
5	8 Desember 2021	7.1	19032	5	26 November 2018	1	96
6	30 Mei 2022	1.12	3552	6	16 Juni 2019	4.93	4848
7	30 Juli 2022	1.12	1464	7	16 Oktober 2019	1.47	2640
				8	22 Oktober 2019	3.32	144
				9	27 November 2019	0.53	576
				10	16 Maret 2020	3.72	2640
				11	1 Mei 2020	0.72	1104
				12	21 Agustus 2020	1.17	2448
				13	22 Oktober 2021	1.47	9960

D. Perhitungan Nilai Rata-Rata Waktu Antar Kerusakan (MTTF) dan Nilai Rata-Rata Waktu Perbaikan (MTTR)

Setelah melakukan perhitungan *goodness of fit* dan mengetahui parameter, maka selanjutnya dilakukan perhitungan nilai rata-rata waktu antar kerusakan (MTTF) dan nilai rata-rata waktu perbaikan (MTTR) pada komponen *motor marathon* dan *pompa* sesuai dengan distribusi masing-masing dengan menggunakan perhitungan berikut:

Motor Marathon :

$$MTTF = t_{med} e^{s^2/2} = 3360.12(2.8677) = 9635.84 \text{ jam}$$

$$MTTR = t_{med} e^{s^2/2} = 4.3560(2.2398) = 9.75 \text{ jam}$$

Pompa :

$$MTTF = \theta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right)$$

$$MTTF = 2123.7470 \Gamma \left(1 + \frac{1}{0.8116} \right) = 2123.7470 \Gamma(2.2321)$$

$$\Gamma(2.2321) = 1.12 \text{ (Tabel gamma)}$$

$$MTTF = 2123.7470(1.12) = 2378.59 \text{ jam}$$

$$MTTR = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0.5322} = 1.87 \text{ jam}$$

E. Perhitungan Keandalan Komponen

Perhitungan keandalan dilakukan untuk mengetahui probabilitas kinerja dari komponen untuk memenuhi fungsi yang diharapkan, berikut perhitungan keandalan komponen:

Motor Marathon

$$R(t) = 1 - \Phi \left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}} \right)$$

$$R(t) = 1 - \Phi \left(\frac{1}{1.45} \ln \frac{672}{3360.12} \right)$$

$$R(t) = 1 - \Phi(-1.109)$$

$$\Phi(-1.109) = 0.13 \text{ (tabel standard normal probabilitas)}$$

$$R(t) = 1 - 0.13 = 0.87$$

Hasil dari perhitungan keandalan komponen untuk *motor marathon* dengan $t = 672$ adalah 0.87 atau 87% .

Pompa

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta}$$

$$R(t) = 2.718^{-\left(\frac{672}{2123.74}\right)^{0.8116}}$$

$$R(t) = 2.718^{-0.393} = 0.67$$

Hasil dari perhitungan keandalan komponen untuk *pompa* dengan $t = 672$ adalah 0.67 atau 67%.

F. Penentuan Interval Perawatan Komponen

Penentuan interval waktu perawatan bertujuan untuk mengetahui waktu optimal untuk perawatan komponen, perhitungannya sebagai berikut:

Motor Marathon

Jam produksi per bulan = 672 jam

Jumlah kerusakan dalam 5 tahun = 7 kali

a. Waktu rata-rata perbaikan

$$\frac{1}{\mu} = \frac{MTTR}{\text{jam produksi per bulan}} = \frac{9.75}{672} = 0.0145$$

$$\mu = \frac{1}{1/\mu} = \frac{1}{0.0145} = 68.965$$

b. Waktu rata-rata pemeriksaan

$$\frac{1}{i} = \frac{\text{waktu melakukan 1 kali pemeriksaan}}{\text{jam produksi per bulan}} = \frac{2}{672} = 0.0029$$

$$i = \frac{1}{1/i} = \frac{1}{0.0029} = 344.82$$

c. Rata-rata kerusakan

$$k = \frac{\text{jumlah kerusakan 5 tahun}}{\text{periode terjadi kerusakan}} = \frac{7}{60} = 0.116$$

d. Frekuensi pemeriksaan optimal

$$n = \sqrt{\frac{k(i)}{\mu}} = \sqrt{\frac{0.116(344.82)}{68.965}} = 0.76$$

e. Interval waktu perawatan

$$t_i = \frac{\text{jam produksi per bulan}}{n} = \frac{672}{0.76} = 884.21 \text{ jam}$$

Pompa

Jam produksi per bulan = 672 jam

Jumlah kerusakan dalam 5 tahun = 13 kali

a. Waktu rata-rata perbaikan

$$\frac{1}{\mu} = \frac{MTTR}{\text{jam produksi per bulan}} = \frac{1.87}{672} = 0.00278$$

$$\mu = \frac{1}{1/\mu} = \frac{1}{0.00278} = 359.71$$

b. Waktu rata-rata pemeriksaan

$$\frac{1}{i} = \frac{\text{waktu melakukan 1 kali pemeriksaan}}{\text{jam produksi per bulan}} = \frac{2}{672} = 0.0029$$

$$i = \frac{1}{1/i} = \frac{1}{0.0029} = 344.82$$

c. Rata-rata kerusakan

$$k = \frac{\text{jumlah kerusakan 5 tahun}}{\text{periode terjadi kerusakan}} = \frac{13}{60} = 0.216$$

d. Frekuensi pemeriksaan optimal

$$n = \sqrt{\frac{k(i)}{\mu}} = \sqrt{\frac{0.216(344.82)}{359.71}} = 0.45$$

e. Interval waktu perawatan

$$t_i = \frac{\text{jam produksi per bulan}}{n} = \frac{672}{0.45} = 1493.3 \text{ jam}$$

Dari hasil perhitungan interval waktu perawatan diatas diperoleh interval waktu perawatan komponen motor marathon setiap 884.21 jam selama jam produksi dengan MTTF selama 9635.84 jam serta MTTR selama 9.75 jam sedangkan interval waktu perawatan komponen pompa setiap 1493.3 jam selama jam produksi dengan MTTF selama 2378.59 jam serta MTTR selama 1.87 jam.

KESIMPULAN

Berdasarkan data dari downtime mesin hydraulic di PT Indah Kiat Pulp and Paper Tbk sistem perawatan yang dilakukan masih belum baik, dilihat dari pengolahan dan analisa data yang telah dilakukan diperoleh :

- Komponen kritis dari mesin *hydraulic* adalah motor marathon dan pompa dengan total *downtime* terbesar dan jumlah frekuensi kerusakan terbanyak, untuk motor marathon sebanyak 7 kali kerusakan dengan total *downtime* 2829 menit dan pompa sebanyak 13 kali kerusakan dengan total *downtime* 1483 menit.
- Interval waktu perawatan mesin *hydraulic* untuk komponen motor marathon diperoleh setiap 884.21 jam atau 1 kali per 1.5 bulan dan komonen pompa setiap 1493.3 jam atau 1 kali per 2 bulan.
- Keandalan mesin *hydraulic* untuk komponen motor marathon diperoleh sebesar 0.87 atau 87% dan komponen pompa sebesar 0.67 atau 67%.

Adapun saran-saran yang dapat diberikan kepada pihak perusahaan berdasarkan hasil penelitian adalah sebagai berikut:

Perusahaan diharapkan agar dapat mempertahankan perawatan dari mesin *hydraulic* untuk komponen motor marathon dan meningkatkan perawatan untuk komponen pompa.

Perusahaan membuat penjadwalan dan pengecekan hasil untuk meningkatkan perawatan mesin agar kerusakan mesin dapat ditekan sekecil mungkin.

DAFTAR PUSTAKA

- Analisis Pemeliharaan Mesin Produksi Dengan Metode Rcm (Reliability Centered Maintenance) <https://indahkiat.co.id/in/about-us> (accessed Aug. 08, 2023).
- Memed Akbar, "Analisis Kegiatan Maintenance Pada Mesin Sludge Separator Untuk Mengoptimalkan Part Kritis Dengan Pendekatan Realibility Centered Maintenance (Rcm)," *Analisis Kegiatan Maintenance Pada Mesin Sludge Separator Untuk Mengoptimalkan Part Kritis Dengan Pendekatan Realibility Centered Maintenance (Rcm)*, Pp. 1–131, Dec. 2016.

- Syahrudin, "Analisis Sistem Perawatan Mesin Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Sebagai Dasar Kebijakan Perawatan yang Optimal di PLTD 'X,'" vol. 1.
- Nailul Izzah and R. Akbar Ramadhan Syambas, "Siringmakar 13: 'Mendalami Proses Produksi Pulp dan Kertas,'" <https://warstek.com/pulp/>, Feb. 04, 2021. <https://warstek.com/pulp/> (accessed Aug. 08, 2023).
- Agus Septiandi, "Perencanaan Kegiatan Preventive Maintenance Pada Pompa Senrifugal Menggunakan Metode Rcm li (Reliability Centered Maintenance) Dengan Mengaplikasikan Grey Fmea Di Pdam Tirtanadi Instalasi Pengolahan Air Sunggal ," *Perencanaan Kegiatan Preventive Maintenance Pada Pompa Senrifugal Menggunakan Metode Rcm li (Reliability Centered Maintenance) Dengan Mengaplikasikan Grey Fmea Di Pdam Tirtanadi Instalasi Pengolahan Air Sunggal* , Pp. 1–57, May 2019.
- Imanfajar Meditantra, "Usulan Perawatan Pencegahan Pada Komponen Kritis Dari Mesin Kritis Berdasarkan Kriteria Minimasi Downtime," *Skripsi*, Apr. 2007.
- Herbet Tino Soulus M, "Analisa Perawatan Sistem Pembangkit Tenaga Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (Rcm) Pada Pt Padasa Enam Utama," *Analisa Perawatan Sistem Pembangkit Tenaga Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (Rcm) Pada Pt Padasa Enam Utama*, Pp. 1–96, Jul. 2016.
- Charles E. Ebeling, *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering: Third Edition*, 3rd ed. 1997. Accessed: Aug. 08, 2023. [Online]. Available: https://books.google.co.id/books?id=rh2WDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=id&source=gb_s_atb#v=onepage&q&f=false