



---

**PENERAPAN *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE* PADA PERALATAN SHIP UNLOADER PLTU TENAYAN 2 X 110 MW**

Yudha Ari Prasetyo(1), Japri (2), Sunaryo (3)

<sup>1,3</sup>Program Studi Teknik Mesin, <sup>2</sup>Prodi Mesin Otomotif- Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Riau

E-mail : yudha.ari.prasetyo18@gmail.com, japri@umri.ac.id, Sunaryo@umri.ac.id

**Abstract**

*The Tenayan Steam Power Plant (PLTU) is a fossil fuel power plant that is coal with a low rank coal type. To be able to meet the needs of electricity on the island of Sumatra, especially the Riau and Riau Islands, the Tenayan power plant must maintain coal needs within a safe range of 15-25 days of operation. Coal needs may not experience a decrease in productivity due to equipment damage. The obstacle that arises is the frequent occurrence of unexpected downtime which results in disrupted coal production so that the supply of coal is insufficient for the unit to operate so that the unit must be derating. This is caused by damage to one of the coal dismantling equipment, the ship unloader. This study aims to provide equipment maintenance and optimal inspection time intervals on ship unloader equipment. The research method used is Reliability Centered Maintenance (RCM) with quantitative analysis. After analysis, it was found that the critical component of the Tenayan PLTU ship unloader was the chain bucket. This is obtained based on the component with the most damage frequency, which is 16 damage over a 3-year period. From the results of data processing, the MTTR value is 62.72 hours and MTTF is 211.02 hours, while the optimal inspection time interval is 6 days, so it is recommended to do reactive, inspection, and preventive maintenance activities on the chain bucket periodically every 6 days in order to increase the reliability of the chain bucket.*

*Keywords : Low Rank Coal, downtime, derating, ship unloader, Reliability Centered Maintenance.*

**1. Pendahuluan**

PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap) Tenayan dengan kapasitas 2 x 110 MW merupakan bagian dari Program 35.000 MW yang dicanangkan oleh pemerintah, bertujuan untuk mensuplai kebutuhan listrik Provinsi Riau sebesar 31% dan mensuplai 4% dari kebutuhan sistem kelistrikan Sumatra. PLTU Tenayan merupakan pembangkit listrik yang menggunakan bahan bakar fosil yaitu batubara dengan jenis batubara kalori rendah (low rank coal). Batubara menjadi salah satu sumber energi yang banyak ditemukan di Indonesia. Bahkan Indonesia termasuk negara penghasil batubara terbesar di dunia. Potensi sumber daya batubara di Indonesia sangat melimpah, salah satunya terdapat di Pulau Kalimantan. Saat ini batubara banyak digunakan oleh negara maju sebagai energi alternatif pengganti minyak. (Murdiyanto, Ea, Suwondob, Saifudin, Ac : 2018)

Dalam sehari PLTU Tenayan membutuhkan batubara sekitar 3000-4000 Ton dan juga harus menjaga stok batubara di angka 15-25 hari operasi, sehingga kehandalan sistem pembongkaran batubara sangatlah dibutuhkan. Dalam proses pembongkaran batubara terdapat peralatan dengan operasi yang berurutan sehingga apabila salah satu peralatan breakdown atau mengalami kerusakan maka peralatan lain tidak dapat beroperasi karena menunggu proses dari peralatan sebelumnya atau proses selanjutnya. Kelancaran proses pembongkaran sering terganggu karena peralatan mengalami kerusakan yang sering ditimbulkan karena keperluan untuk penggantian komponen yang rusak, diantaranya komponen-komponen pada peralatan ship unloader. Ship unloader merupakan salah satu peralatan utama dalam kegiatan pembongkaran batubara yang berfungsi sebagai alat pengeruk batubara dari tongkang dan ditransferkan melalui peralatan lainnya menuju coalyard. Sistem pemeliharaan yang telah dilakukan selama ini khususnya pada peralatan ship unloader masih bersifat *corrective maintenance* atau *proactive maintenance* yaitu pemeliharaan yang dilakukan setelah terjadi kerusakan atau adanya indikasi kerusakan. Terjadinya kerusakan pada peralatan ship unloader sangatlah dihindari karena dapat mengganggu proses pembongkaran batubara, bahkan jika terjadi kerusakan berat maka proses pembongkaran batubara akan dihentikan sehingga mengakibatkan tidak tercapainya target pembongkaran dan tidak tercapainya target umur persediaan batubara di coalyard .



---

Pada saat mesin atau komponen mengalami kerusakan/kegagalan secara otomatis akan mengakibatkan terganggunya proses pembongkaran dan bahkan proses terhenti sehingga sangat memungkinkan target pembongkaran yang ditetapkan tidak dapat tercapai dan pada akhirnya akan dapat merugikan perusahaan. Selain dapat mengurangi kepercayaan konsumen, keterlambatan waktu pembongkaran dapat merugikan perusahaan karena bila pembongkaran mengalami keterlambatan pihak pelabuhan dituntut membayar biaya penalty kepada customer sebagai ganti rugi atas ketidaklancaran bisnis. (Auditia Yudha Jiwanoro1, M. Adha Ilhami2, Evi Febianti3 : 2017)

Untuk mengatasi masalah tersebut, maka peneliti mencoba menerapkan perawatan dengan menggunakan metode RCM (Reliability Centered Maintenance) agar diharapkan dapat mengetahui secara pasti jenis perawatan yang tepat dan interval waktu pemeriksaan yang optimal pada peralatan ship unloader. RCM (Reliability Centered Maintenance) merupakan suatu teknik yang dipakai untuk mengembangkan preventive maintenance yang terjadwal. Hal ini didasarkan pada prinsip bahwa keandalan dari peralatan dan struktur dari kinerja yang akan dicapai adalah fungsi dari perancangan (design) dan kualitas pembentukan preventive maintenance yang efektif akan menjamin terlaksananya desain keandalan dari peralatan. (Ahmad Kholid Alghofari, Much. Djunaidi, Amin Fauzan : 2006)

## 2. Metodologi

### 2.1 Alat dan Bahan Penelitian

Pada penelitian ini dibutuhkan alat dan bahan sebagai berikut :

#### a. Sumber Data

Sumber data primer didapatkan dengan beberapa cara diantaranya adalah wawancara langsung dengan bagian operator ship unloader, rental dan teknisi pemeliharaan. Selain dari hasil wawancara, data primer juga didapat dari data kerusakan peralatan selama periode Januari 2017 sampai dengan Maret 2020. Untuk data sekunder didapatkan melalui beberapa kajian literatur diantaranya adalah jurnal teknik, penelitian sebelumnya, buku serta jurnal teknik mengenai ship unloader dan juga RCM untuk membantu memecahkan masalah dalam penelitian.

#### b. Alat Pengolahan Data

Dalam melakukan perhitungan dan pengolahan data dalam penelitian ini menggunakan Microsoft Excel.

### 2.2 Tahapan Penelitian

Pelaksanaan penelitian yang telah disusun maka dapat dijelaskan beberapa hal sebagai berikut:

#### a. Perumusan Masalah

Perumusan masalah dilakukan untuk memperjelas ruang lingkup pokok permasalahan yang diteliti dan memunculkan usulan perbaikan yang sesuai dengan tujuan yang hendak dicapai.

#### b. Tujuan dan Batasan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui komponen kritis ship unloader, mengetahui nilai Mean Time to Repair (MTTR) dan Mean Time to Failure (MTTF), mengetahui Failure Rate, menentukan interval pemeliharaan dan menentukan jenis perawatan yang sesuai dengan kondisi ship unloader saat ini. Batasan-batasan dalam penelitian ditetapkan agar pembahasan penelitian dapat fokus pada tujuan dan tidak melebar ke permasalahan lainnya.

#### c. Studi Literatur

Studi literatur bertujuan agar penelitian yang dilakukan dapat memperoleh gambaran yang jelas pada masalah yang akan dibahas. Informasi bisa didapatkan dari buku, data teknik peralatan, jurnal penelitian, dan sumber literatur lain yang dapat menunjang penelitian tentang ship unloader dan Reliability Centered Maintenance.

#### d. Studi Lapangan

Studi lapangan dilakukan dengan cara melakukan pengamatan langsung terhadap objek yang diteliti untuk memperoleh data dan informasi mengenai permasalahan yang terjadi di lapangan.

#### e. Pengumpulan Data

Tahap ini merupakan kegiatan pengumpulan data yang akan berhubungan dengan permasalahan



yang didapat. Suatu penelitian didukung oleh data yang akurat untuk menunjang agar dapat mencapai tujuan penelitian yang optimal. Berdasarkan cara untuk memperoleh data penelitian, data dibagi menjadi dua jenis yaitu :

1. Data primer adalah data yang didapat dari lapangan secara langsung dengan cara wawancara ke narasumber yaitu operator dan teknisi PLTU Tenayan.
2. Data sekunder adalah data pendukung dalam penelitian seperti buku-buku, jurnal teknik, artikel teknik serta penelitian-penelitian terdahulu mengenai RCM.

f. Pengolahan dan Analisa Data

Tahapan ini berisikan perhitungan-perhitungan dengan menggunakan metode Reliability Centered Maintenance. Berikut beberapa tahapan dalam pengolahan dan analisa data adalah sebagai berikut:

1. Menentukan Komponen Kritis Pada Peralatan Ship Unloader, penentuan komponen kritis ini diambil dari jumlah frekuensi kerusakan tertinggi dan downtime terlama selama periode 3 tahun berdasarkan data riwayat gangguan.
2. Menentukan Jenis Distribusi Kegagalan, terdapat 4 jenis distribusi yang digunakan untuk mengetahui pola data yang terbentuk yaitu distribusi normal, lognormal, eksponensial, dan weibull. Jenis distribusi yang dipilih untuk melakukan perhitungan Mean Time to Repair (MTTR) dan Mean Time to Failure (MTTF). Distribusi terpilih ditentukan dengan nilai index of fit terbesar dengan menggunakan rumus:

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n(\sum_{i=1}^n x_i^2) - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n(\sum_{i=1}^n y_i^2) - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}} \quad (1)$$

3. Menghitung MTTR dan MTTF, untuk menghitung nilai MTTR dan MTTF rumus yang digunakan setiap distribusi sama yaitu :
  - Distribusi Normal

$$MTTF = \mu \quad (2)$$

- Distribusi Lognormal

$$MTTF = t_{med} \cdot e^{\frac{s^2}{2}} \quad (3)$$

- Distribusi Weibull

$$MTTF = \theta \Gamma \left( 1 + \frac{1}{\beta} \right) \quad (4)$$

- Distribusi Eksponensial

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} \quad (5)$$

4. Menentukan Jenis Pemeliharaan, setelah mendapatkan nilai parameter pada distribusi kegagalan komponen kritis, maka di dapatkan nilai  $\beta$ . Selanjutnya nilai tersebut digunakan untuk menentukan jenis pemeliharaan yang sesuai.

**Tabel 1**  
Decrising Failure Rate (DFR) dan Eksponential Distribution (CFR)



Value	Bentuk Grafis	Jenis Maintenance
$\beta < 1$		Reactive, inspection dan preventive
$\beta = 1$		Reactive, inspection dan predictive
$\beta > 1$		Preventive dan time based

1. Menghitung Failure Rate, menghitung nilai laju kerusakan (failure rate). Nilai ini dihitung agar mendapatkan grafik laju kerusakan (failure rate) komponen kritis sehingga dapat mengetahui kondisi keandalan ship unloader.
2. Menghitung Interval Waktu Pemeliharaan, dalam menentukan interval waktu pemeliharaan yang ideal, terlebih dahulu menentukan nilai keandalan yang diinginkan agar kinerja peralatan optimal, berikut rumus dalam menentukan interval waktu pemeliharaan:

$$k = \frac{\text{jumlah kerusakan pada periode } n}{\text{waktu produktif periode } n} \quad (6)$$

$$\mu = \frac{t}{MTTR} \quad (7)$$

$$i = \frac{t}{t_i} \quad (8)$$

$$n = \sqrt{\frac{k \cdot i}{\mu}} \quad (9)$$

$$\text{interval waktu pemeriksaan} = \frac{1}{n} \times t \quad (10)$$

3. Tahap Kesimpulan dan Saran, tahap terakhir penelitian yaitu membuat kesimpulan yang menjawab tujuan dari penelitian ini berdasarkan hasil pengolahan dan analisa data serta saran yang disampaikan berdasarkan kendala selama penelitian.

No	Description	Komponen	Tanggal	Downtime(Jam)	Perbaikan (Jam)
1	Scrapper di dalam hooper across belt patah	Conveyor Sistem	25/01/2017 07:00	2.0	1.5
2	Primary clean SU 2 Retak & Patah	Conveyor Sistem	20/02/2017 08:10	0.7	0.5
3	Wire rope counter weight SU1 kendur	Shipmoving	24/04/2017 10:00	0.5	0.1
4	Wire rope counter weight SU1 kendur	Shipmoving	24/04/2017 10:30	0.3	0.3
5	Wire rope SU1 yang ngeking	Shipmoving	26/04/2017 10:00	3.0	2.1
6	Kebakaran gearbox motor traveling SU #2	Motor	17/03/2018 12:00	2.0	0.6
7	Chain bucket SU 1 upnormal noise	Chain bucket 1	15/10/2018 08:00	123.2	120.9
8	chain bucket SU#2 lepas dari sproket	Chain bucket 2	23/01/2019 11:12	168.0	18.9
9	PAM PEMASANGAN STOPPER WIRE ROPE SHIP MOVING 1	Shipmoving	02/02/2019 08:47	145.0	26.0
10	Sprocket sisi bawah SU 2 abnormal noise	Chain bucket 2	02/02/2019 08:47	145.0	11.6
11	PAM Pengecangan Wire Rope Ship Moving 2	Shipmoving	25/02/2019 08:44	120.3	24.8



12	Chain bucket SU 1 upnormal noise	Chain bucket 1	25/02/2019 08:44	120.3	118.1
13	Cover hooper chain bucket SU #2 sisi kiri bautnya udah lepas semua	Chain bucket 2	04/03/2019 07:00	75.5	2.7
14	PAM ADJUSTING WIRE ROPE SHIP MOVING 1	Shipmoving	08/07/2019 09:19	28.0	3.0
15	PAM ADJUSTING WIRE ROPE SHIP MOVING 2	Shipmoving	09/07/2019 09:21	15.0	7.9
16	Baut Couping Bucket Whell SU 2 patah	Chain bucket 2	12/08/2019 08:20	103.1	7.1
17	Chain bucket SU 1 upnormal noise	Chain bucket 1	16/09/2019 08:11	104.0	72.9
18	steering idler boom bucket su 2 aus	Conveyor Sistem	15/10/2019 13:00	2.8	2.0
19	primary cleaner belt startup su-1	Conveyor Sistem	17/10/2019 08:15	15.5	11.0
20	PENGGANTIAN STEERING IDLER CROSS BELT SU YANG HILANG #1 M2	Conveyor Sistem	21/10/2019 08:00	8.0	5.0
21	gearbox Bucket Boom SU 2 upnormal noise	Chain bucket 2	31/10/2019 22:02	24.0	3.3
22	PAM PENGGANTIAN RUBBER V-CLEANER, STEERING IDLER DAN RETURN IDLER SU #2	Conveyor Sistem	01/11/2019 08:00	8.0	7.1
23	chain bucket SU#2 lepas dari sproket	Chain bucket 2	08/11/2019 08:30	175.0	22.2
24	Penggantian Return spiral idler SU#2	Conveyor Sistem	16/11/2019 18:49	43.0	6.0
25	chain bucket SU#1 lepas dari sproket	Chain bucket 1	16/11/2019 18:49	43.0	27.1
26	PENGGANTIAN WIRE ROPE LIFTING MECHANISME #2	Shipmoving	20/11/2019 08:15	3.0	1.2
27	chain bucket SU#1 lepas dari sproket	Chain bucket 1	20/11/2019 08:15	3.0	2.2
28	PAM PENGGANTIAN STEERING IDLER BOOM ACROSS BELT CONVEYOR SU	Conveyor Sistem	20/11/2019 08:15	3.0	2.0
29	OH SHIP MOVING #2	Shipmoving	25/11/2019 08:05	151.7	148.8
30	OH SHIP MOVING #1	Shipmoving	25/11/2019 08:20	151.4	149.5
31	PENGGANTIAN IDLER ACROSS BELT CONVEYOR SU TIDAK BERPUTAR	Conveyor Sistem	23/12/2019 08:30	3.0	1.4
32	PAM PENGGANTIAN WIRE ROPE LIFTING MECHANISME #1	Shipmoving	06/01/2020 17:33	24.0	9.0
33	Abnormal Sprocket SU#2	Chain bucket 2	06/01/2020 17:33	24.0	4.3
34	PAM ADJUSTING WIRE ROPE SHIP MOVING 1 & 2	Shipmoving	03/02/2020 08:22	31.0	6.0
35	PENGGANTIAN STEERIN IDLER CONVEYOR SU 2	Conveyor Sistem	10/02/2020 17:30	47.8	7.0
36	PAM PERBAIKAN KEDUDUKAN GEARBOX CHAIN BUCKET SU 2	Chain bucket 2	10/02/2020 17:30	47.8	8.6
37	Penggantian return idler Conveyor SU #2	Conveyor Sistem	09/03/2020 11:35	28.0	7.3
38	gearbox motor traveling SU #2 upnormal sound	Motor	14/03/2020 14:43	16.5	15.0
39	shaft bucket su #2 overheat	Chain bucket 2	14/03/2020 14:43	16.5	10.4
40	gearbox motor traveling SU #1 upnormal sound	Motor	16/03/2020 10:25	3.1	2.0
41	Seling SU #2 kendur dan keluar jalur, bucket tidak bisa dinaikkan	Chain bucket 2	16/03/2020 10:25	3.1	3.0
42	PAM PENGGANTIAN CARYING IDLER , STEERING IDLER , RETURN IDLER SU#1	Conveyor Sistem	17/03/2020 08:00	4.0	2.8
43	PAM PENGGANTIAN RUBBER SKIRT , PENGELASAN CHUTE KROPOS BOOM ACROOS SU#1	Conveyor Sistem	17/03/2020 12:00	5.0	3.8
44	Abnormal sterring idler Boom SU 2	Conveyor Sistem	21/03/2020 08:05	5.2	4.0
45	Abnormal Sprocket SU#2	Chain bucket 2	21/03/2020 08:05	5.2	5.0
46	gearbox motor traveling SU #2 upnormal sound	Motor	27/03/2020 09:45	6.0	3.9

Data Kerusakan Ship Unloader

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Data Kerusakan Ship Unloader

Dalam penelitian ini data kerusakan peralatan Ship Unloader di PLTU Tenayan diambil dari selama lebih dari 3 tahun periode yaitu dari bulan Januari 2017 sampai Maret 2020. Data kerusakan pada peralatan Ship Unloader dapat dilihat pada tabel 2.

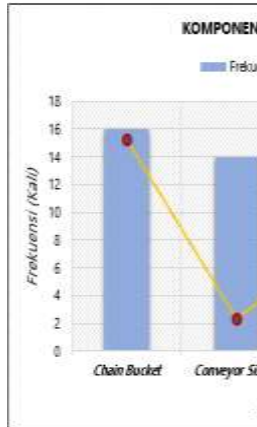
#### 3.2 Penentuan Komponen Kritis Ship Unloader

Komponen kritis pada ship unloader ditentukan berdasarkan jumlah frekuensi kerusakan komponen tertinggi dan downtime terlama. Berikut data rekapitulasi jumlah kerusakan pada ship unloader



**Tabel 3**  
 Nilai Downtime Komponen Pada Peralatan Ship Unloader

Komponen	Frekuensi	Downtime (jam)
Chain Bucket	16	1181
Conveyor Sistem	14	176
Shipmoving	12	673
Motor	4	28
<b>TOTAL</b>	<b>46</b>	<b>2057</b>



**Gambar 1**  
 Diagram Pareto menentukan komponen kritis pada Ship Unloader

Dari data diatas, diketahui komponen dengan frekuensi tertinggi dan downtime terlama yaitu komponen chain bucket sebanyak 16 kali dengan downtime selama 1181 jam. Peralatan Ship Unloader memiliki dua buah chain bucket, yaitu chain bucket 1 dan chain bucket 2. Berikut data rekapitulasi jumlah kerusakan chain bucket:

**Tabel 4**  
 Nilai Downtime pada Chain Bucket

Komponen	Frekuensi	Downtime (jam)
Chain Bucket 1	5	393
Komponen	Frekuensi	Downtime (jam)
Chain Bucket 1	5	393
Chain Bucket 2	11	787
<b>TOTAL</b>	<b>16</b>	<b>1181</b>

Dari tabel 4 diketahui komponen chain bucket 2 memiliki frekuensi tertinggi dan downtime terlama yaitu sebanyak 11 kali dan 787 jam sehingga komponen kritis pada Ship Unloader yaitu komponen **chain bucket 2**.

### 3.3 Waktu kerusakan dan Perbaikan

Penentuan waktu perbaikan time to repair (TTR) diambil dari waktu selesai perbaikan dikurangi dengan waktu mulai perbaikan (lamanya waktu perbaikan), sedangkan data time to failure (TTF) diambil dari waktu peralatan berhenti beroperasi sampai dengan waktu dimulainya perbaikan (downtime dikurangi dengan waktu perbaikan), maka didapatkan hasil sebagai berikut :

**Tabel 5**  
 Data TTR dan TTF Chain Bucket 2

No	Tanggal	Downtime (Jam)	TTR (jam)	TTF (jam)
1	23/01/2019 11:12	168,0	18,9	149,1
2	02/02/2019 08:47	145,0	11,6	133,4



3	04/03/2019 07:00	75,5	2,7	72,8
4	12/08/2019 08:20	103,1	7,1	96,0
5	31/10/2019 22:02	24,0	3,3	20,7
6	08/11/2019 08:30	175,0	22,2	152,8
7	06/01/2020 17:33	24,0	4,3	19,7
8	10/02/2020 17:30	47,8	8,6	39,2
9	14/03/2020 14:43	16,5	10,4	6,1
10	16/03/2020 10:25	3,1	3,0	0,1
11	21/03/2020 08:05	5,2	5,0	0,2
<b>Total</b>		<b>787,1</b>	<b>97,1</b>	<b>690,0</b>

3.4 Perhitungan Mean Time to Repair (MTTR)

a. Perhitungan Index Of Fit

Perhitungan ini untuk menentukan distribusi yang sesuai dengan data. Distribusi yang dipilih adalah distribusi yang memiliki index of fit terbesar, dengan rumus sebagai berikut:

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n(\sum_{i=1}^n x_i^2) - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n(\sum_{i=1}^n y_i^2) - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}} \quad (11)$$

Untuk distribusi Normal

$$r = \frac{11(56,23322) - (97)(0)}{\sqrt{[11(1,290) - (97^2)][11(8,46539) - (0^2)]}}$$

= 0,9295940

Untuk distribusi Lognormal

$$r = \frac{11(6,59213) - (21,29942)(0)}{\sqrt{[11(46,56214) - (21,29942^2)][11(8,46539) - (0^2)]}}$$

= 0,9641107

Untuk distribusi Eksponensial

$$r = \frac{11(144,90388) - (97)(10,25716)}{\sqrt{[11(1,290) - (97^2)][11(16,55312) - (10,25716^2)]}}$$

= 0,9881968

Untuk distribusi Weibull

$$r = \frac{11(-3,41965) - (21,29942)(-5,79289)}{\sqrt{[11(46,56214) - (21,29942^2)][11(15,68452) - (-5,79289^2)]}}$$

= 0,95109

Berdasarkan nilai index of fit dari setiap distribusi maka distribusi yang dipilih adalah distribusi Eksponensial karena memiliki nilai index of fit terbesar yaitu 0,9881968.

b. Perhitungan Parameter Distribusi Terpilih

Setelah distribusi perbaikan chain bucket 2 diketahui, maka langkah selanjutnya adalah menghitung parameter distribusi eksponensial, untuk mencari nilai MTTR terlebih dahulu menghitung nilai dari lambda ( $\lambda$ ). Berikut perhitungan parameter distribusi untuk chain bucket 2 :



$$\lambda = \frac{n}{T}$$

$$\lambda = \frac{11}{690} = 0,0159424$$

c. Nilai Mean Time to Repair (MTTR)

Berikut merupakan perhitungan nilai Mean Time To Repair (MTTR) untuk chain bucket 2 :

$$MTTR = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0,0159424} = 62,72576 \text{ jam}$$

### 3.5 Perhitungan Mean Time to Failure (MTTF)

a. Perhitungan Index Of Fit

Perhitungan ini untuk menentukan distribusi yang sesuai dengan data. Distribusi yang dipilih adalah distribusi yang memiliki index of fit terbesar, dengan rumus sebagai berikut:

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n(\sum_{i=1}^n x_i^2) - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n(\sum_{i=1}^n y_i^2) - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}} \quad (11)$$

Untuk distribusi Normal

$$r = \frac{11(528,05277) - (690)(0)}{\sqrt{[11(80276) - (690^2)][11(8,46539) - (0^2)]}}$$

$$= 0,94358$$

Untuk distribusi Lognormal

$$r = \frac{11(21,98822) - (30,87830)(0)}{\sqrt{[11(158,04399) - (30,87830^2)][11(8,46539) - (0^2)]}}$$

$$= 0,89459$$

Untuk distribusi Eksponensial

$$r = \frac{11(1122,25100) - (690)(10,25716)}{\sqrt{[11(80276) - (690^2)][11(16,55312) - (10,25716^2)]}}$$

$$= 0,94176$$

Untuk distribusi Weibull

$$r = \frac{11(12,09499) - (30,87830)(-5,79289)}{\sqrt{[11(158,04399) - (30,87830^2)][11(15,68452) - (-5,79289^2)]}}$$

$$= 0,94436$$

Berdasarkan nilai index of fit dari setiap distribusi maka distribusi yang dipilih adalah distribusi Weibull karena memiliki nilai index of fit terbesar yaitu 0,94436.

b. Perhitungan Parameter Distribusi Terpilih





Setelah distribusi kerusakan chain bucket 2 diketahui, maka langkah selanjutnya adalah menghitung parameter distribusi weibull yaitu a dan b. Berikut perhitungan parameter distribusi untuk chain bucket 2:

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}$$

$$= \frac{[11 \times (12,09499)] - [30,87830 \times (-5,79289)]}{[(11 \times 158,04399) - (30,87830)^2]}$$

$$= 0,39734$$

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} - \frac{b \sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

$$= \frac{-5,79289}{11} - \frac{0,39734 \times 30,87830}{11} = -1,64201$$

Setelah nilai a dan b diketahui, dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai  $\alpha$  (alpha/parameter skala) dengan satuan jam dan  $\beta$  (beta/parameter bentuk). Perhitungannya sebagai berikut :

$$\alpha = e^{\left(-\frac{a}{b}\right)} = e^{\left(-\frac{-1,64201}{0,39734}\right)} = 62,33293 \text{ jam}$$

$$\beta = b = 0,39734$$

#### c. Nilai Mean Time to Failure (MTTF)

Berikut merupakan perhitungan nilai Mean Time To Failure (MTTF) untuk chain bucket 2 :

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

$$= 62,33293 \times \Gamma\left(1 + \frac{1}{0,39734}\right)$$

$$= 62,33293 \times \Gamma(3,51673)$$

$$= 62,33293 \times 3,38538 = 211,02071 \text{ jam}$$

### 3.6 Jenis Pemeliharaan Chain bucket 2

Dalam menentukan jenis pemeliharaan chain bucket 2 sangat dipengaruhi oleh nilai  $\beta$  (parameter bentuk) pada distribusi kerusakan yang terjadi. Dari perhitungan MTTF didapatkan nilai  $\beta$  sebesar 0,39734. Sehingga berdasarkan tabel 1 jika nilai  $\beta < 1$ , maka jenis pemeliharaan yang sesuai adalah **Reactive, Inspection dan Preventive Maintenance**.

### 3.7 Laju Kerusakan (Failure Rate)

Laju kerusakan ( $\lambda$ ) adalah banyaknya kegagalan per satuan waktu. Laju kerusakan dapat dinyatakan sebagai perbandingan antara banyaknya kegagalan yang terjadi selama selang waktu tertentu dengan total waktu operasi komponen atau sistem. Untuk menghitung laju kerusakan/failure rate terlebih dahulu menghitung nilai probability density function, cumulative distribution function, dan reliability function dengan menggunakan Microsoft Excel.

Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Fungsi Kepadatan Probabilitas/ Probability Density Function [f(t)]  
=WEIBULL.DIST(x,alpha,beta,cummulativ)
- Fungsi Distribusi Kumulatif/ Cummulative Distribution Function [F(t)]  
=WEIBULL.DIST(x,alpha,beta,cummulativ)



Keterangan:

$x$  : merupakan nilai untuk mengevaluasi fungsi, diisi dengan nomor urutan kerusakan

alpha : merupakan nilai parameter skala, nilai  $\alpha=62,33293$

beta : merupakan nilai parameter bentuk, nilai  $\beta=0,39734$

cummulative : merupakan format evaluasi, pilih FALSE point a dan TRUE point b,

c. Fungsi Keandalan/ Reliability Function [R(t)]

$$R(t) = 1 - F(t)$$

Keterangan:

F(t) : merupakan nilai cummulative distribution function

d. Laju Kerusakan/ Failure Rate ( $\lambda$ )

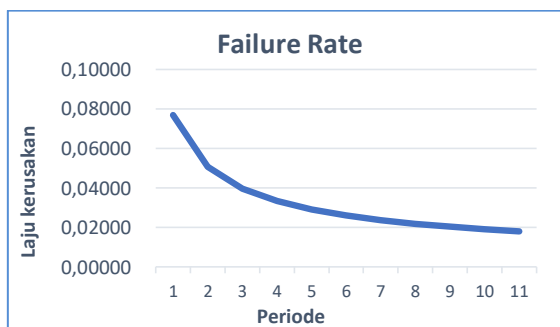
$$\lambda = f(t) - R(t)$$

Dengan menggunakan persamaan diatas pada Microsoft Excel, maka didapatkan hasil seperti tabel di bawah ini.

**Tabel 6**

Laju Kerusakan (Failure Rate) Chain Bucket 2

$i$	$f(t)$	$F(t)$	$R(t)$	Failure Rate
1	0,06338	0,17600	0,82400	0,07692
2	0,03926	0,22506	0,77494	0,05066
3	0,02940	0,25885	0,74115	0,03967
4	0,02384	0,28525	0,71475	0,03336
5	0,02020	0,30716	0,69284	0,02916
6	0,01761	0,32600	0,67400	0,02613
7	0,01565	0,34259	0,65741	0,02381
8	0,01412	0,35744	0,64256	0,02197
9	0,01287	0,37092	0,62908	0,02046
10	0,01184	0,38326	0,61674	0,01920
11	0,01098	0,39466	0,60534	0,01813



**Gambar 2**

Grafik Laju Kerusakan Chain Bucket 2

Dari gambar 2 grafik laju kerusakan menunjukkan setiap bertambahnya periode kerusakan (periode 1 hingga periode 11) maka laju kerusakan terus mengalami penurunan sehingga kurva yang terbentuk menurun atau disebut sebagai decreasing failure rate (DFR).

Laju kerusakan  $\lambda(t)$  menunjukkan gejala menurun diakibatkan oleh kegagalan dini. Kegagalan tersebut diakibatkan kerusakan dalam manufaktur, retak saat pengelasan, patah, adanya kontaminasi, dan rendahnya kualitas pengendalian. (Ebeling, 1997).

### 3.8 Interval Waktu Pemeliharaan Chain Bucket 2



Berikut ini adalah perhitungan interval waktu yang optimal untuk pemeliharaan chain bucket 2:

a. Jumlah waktu pemeriksaan (k)

1 bulan =30 hari, 1 hari =24 jam

t=30 hari/bulan ×24 jam/hari =720 jam/bulan

Jumlah kerusakan chain bucket 2 selama 39 bulan =11 kali

$$k = \frac{\text{jumlah kerusakan selama 39 bulan}}{39 \text{ bulan}}$$

$$= \frac{11}{39} = 0,28$$

b. Waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk perbaikan ( $\mu$ )

MTTR = 62,72 jam

$$t = 720 \frac{\text{jam}}{\text{bulan}}$$

$$\mu = \frac{t}{MTTR} = \frac{720}{62,72} = 11,48$$

c. Waktu Waktu rata-rata untuk melakukan pemeriksaan (i)

Waktu untuk melakukan pemeriksaan ( $t_i$ ) = 40 menit = 0,66 jam

t = 720 jam/bulan

$$i = \frac{t}{t_i} = \frac{720}{0,66} = 1080 \text{ jam}$$

d. Perhitungan frekuensi dan interval pemeriksaan (n)

$$n = \sqrt{\frac{k \cdot i}{\mu}}$$

$$= \sqrt{\frac{0,28 \times 1080}{11,48}} = 5,15148 \text{ pemeriksaan/bulan}$$

Interval waktu pemeriksaan

$$= \frac{t}{n} = \frac{720}{5,15148} = 139,76546 \text{ jam} \approx 6 \text{ hari}$$

### 3.9 Hasil RCM pada Chain Bucket 2

Berdasarkan hasil analisa kerusakan Ship Unloader PLTU Tenayan menggunakan metode Reliability Centered Maintenance (RCM) maka didapatkan hasil sebagai berikut :

**Tabel 7**  
Hasil RCM pada Chain bucket 2

Deskripsi	Nilai
Komponen kritis	Chain bucket 2



MTTF	211,02 jam
$\beta$	0,39734
Jenis pemeliharaan	<i>Reactive, Inspection, dan Preventive Maintenance</i>
MTTR	62,72 jam

**Tabel 8**

Tabel FMEA Chain Bucket 2

<i>Equipment</i>	<i>Failure Mode</i>	<i>Failure Effect</i>	<b>Penyebab kerusakan</b>	<b>Pemeliharaan yang dianjurkan</b>
1. <i>Chain / Rantai bucket</i>	<i>Chain atau rantai bucket rusak</i>	<i>Chain atau rantai lepas dari sprocket mengakibatkan sistem tidak dapat berputar</i>	Batubara <i>compact, bucket</i> mengenai dasar tongkang	Dilakukan <i>reactive maintenance</i> secara periodik maksimal setiap 6 hari sekali
2. <i>Sprocket</i>	<i>Sprocket atau gear rusak</i>	<i>Bearing upnormal noise</i>	<i>Bearing</i> tidak dilumasi	Dilakukan inspeksi dan <i>preventive maintenance</i> secara periodik maksimal setiap 6 hari sekali
3. <i>Gearbox</i>	<i>Gearbox tidak berputar maksimal</i>	<i>Geaxbox overheat</i>	<i>Oli gear box</i> kurang atau habis	Dilakukan <i>preventive maintenance</i> secara periodik maksimal setiap 6 hari sekali

Dari tabel 8 diatas diketahui bahwa setiap equitment memiliki tindakan pemeliharaan yang berbeda, tindakan pemeliharaan reactive, inspection, dan preventive maintenance dengan kegiatan meliputi pemeriksaan/inspeksi, pelumasan, penambahan oli serta penggantian komponen jika perlu dapat dilakukan secara bersamaan dalam jangka waktu maksimal 139,76 jam atau 6 hari, sebagai contoh pemeliharaan dilakukan pada 18 Juni 2020 maka pemeliharaan selanjutnya akan dilakukan maksimal 6 hari kedepan atau jika peralatan sudah beroperasi selama 139,76 jam maka pemeliharaan selanjutnya dilakukan pada 24 Juni 2020 dan begitu selanjutnya. Pemeliharaan ini diharapkan sebagai upaya pencegahan sebelum terjadinya kegagalan serta upaya dalam memperpanjang umur operasi dari komponen itu sendiri.

**4. Simpulan**

- Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :
- a. Berdasarkan hasil analisa yang didapat komponen kritis pada ship unloader adalah chain bucket 2. Pemilihan ini didasarkan pada jumlah frekuensi kerusakan tertinggi serta downtime terlama selama kurang lebih 3 tahun.



- 
- b. Dari hasil perhitungan nilai Mean Time to Failure (MTTF) chain bucket 2 adalah 211,02 jam yang artinya komponen chain bucket 2 akan mengalami kerusakan setelah beroperasi selama 211,02 jam. Sedangkan nilai Mean Time to Repair (MTTR) dari chain bucket 2 adalah 62,72 jam yang artinya rata-rata waktu untuk perbaikan komponen chain bucket selama 62,72 jam.
  - c. Dari hasil analisa didapat nilai  $\beta$  sebesar 0,39734. Dengan nilai tersebut maka jenis pemeliharaan yang sesuai pada komponen chain bucket adalah Reactive, Inpection dan Preventive Maintenance.
  - d. Untuk interval waktu pemeliharaan chain bucket optimal adalah 139,76 jam atau 6 hari.

#### Daftar Pustaka

- [1] Yatin Ngadiyono, M.Pd. 2010. Pemeliharaan Mekanik Industri. Kementerian Pendidikan Nasional Universitas Negeri Yogyakarta Program Studi Pendidikan Teknik Mesin : Yogyakarta.
- [2] Ebeling Charles, 1997 An Introduction To Reliability And Maintenance Engineering. New York, USA: Waveled Press Inc.
- [3] John Moubray, 1994. Reliabilty-Centered Maintenance II, Butterworth-Heinemann.
- [4] Muhammad Faizal. 2016. Implementasi Reliability Centered Maintenance Pada Proses Peleburan Polimer Keramik di PT. Ferro Indonesia. Surabaya : Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember. [5] ATR Training Centre, 2008, ATR training manual ATA 70 powerplant, Toulouse, Airbus company
- [5] Alan Laksono. 2016. Penerapan Reliability Centered Maintenance pada Conveyor System PLTU Tenayan Pekanbaru : Fakultas Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Riau [7] ATR Training Centre, 2008, ATR training manual ATA 61 propeller, Toulouse, Airbus compan
- [6] Muhammad Amirul Ariffin. 2015. Penerapan Perawatan Berbasis Keandalan (RCM) Pada Sistem Line Gas Mesin Wartsila. Pekanbaru : Fakultas Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Riau
- [7] Stamatis, D. H., 1995, Failure Mode and Effect Analysis (Milwaukee, WI: ASQC Quality Press).
- [8] SINTEF Technology and Society, 2009. Offshore Reliability Data (OREDA), 5th ed. Norway: Oreda Paticipants.
- [9] Wignjosoebroto, Sritomo, 2008. Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu. Guna Widya. Jakarta.
- [10] Operator Produksi D, 2019. Handbook Operator Coal Handling. PLTU Tenayan : Pekanbaru.
- [11] Auditia Yudha Jiwantoro<sup>1</sup>, M. Adha Ilhami<sup>2</sup>, Evi Febianti<sup>3</sup>, 2017 Usulan Strategi Perawatan dengan Mempertimbangkan Reliability Block Diagram Pada Mesin Crane Ship Unloader
- [12] Ahmad Kholid Alghofari, Much. Djunaidi, Amin Fauzan, 2006 Perencanaan Pemeliharaan Mesin Ballmill dengan Basis RCM (Reliability Centered Maintenance, Vol 5.
- [13] Yogiadrian, 2011 Metode Reliability Centered Maintenance (RCM)
- [14] Akbar Prastiko, 2017 Laju Kegagalan dan Distribusi Laju Kegagalan