

Bidang: Teknik dan Manajemen Industri Topik: Rekayasa dan Sistem Produksi/ Manufaktur

PENENTUAN INTERVAL WAKTU PERAWATAN MESIN ALAT ANGKUT CRANE DENGAN METODE *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE* (RCM) (STUDI KASUS : PT. XYZ)

Widya Hastuti Afris¹, Elisa Katili^{2*}, dan Nurvadillah³
Politeknik ATI Makassar
nurvadillahsyahrir@gmail.com³

ABSTRAK

PT. XYZ adalah perusahaan yang bergerak di bidang industri jasa. Perusahaan ini menangani kegiatan pelayanan petikemas dengan aktivitas bongkar muat barang dari kapal angkut yang menuju berbagai wilayah di Indonesia. Permasalahan yang timbul dari perusahaan tersebut yaitu sering terjadi kerusakan pada mesin alat angkut crane sehingga mengakibatkan tingginya *downtime*. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui interval waktu perawatan pada mesin alat angkut crane. Sehingga sebuah sistem perawatan *preventive* dengan menentukan interval waktu perawatan mesin yang optimal. Jenis penelitian yang digunakan yaitu deskriptif kuantitatif. Metode yang digunakan yaitu *Reliability Centered Maintenance* (RCM) yang diintegrasikan dengan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Maka didapatkan hasil mesin yang memiliki nilai *downtime* paling tinggi adalah mesin alat angkut CC-07 dengan total *downtime* 1800 menit atau 30 jam dan pada komponen *carbon brush* dilakukan pemeriksaan dan penggantian komponen dengan interval waktu perawatan yaitu 1344 jam atau 56 hari.

Kata kunci: *Preventive Maintenance*, RCM, FMEA

ABSTRACT

PT. xyz is false companies operating in the service industry. This company handles container service activities with activities loading and unloading goods from transport ships heading to various regions in Indonesia. Problems arising from this company often occur damage to the crane's transportation engine resulting in its height *downtime*. The aim of this research is to determine the time interval maintenance on crane transportation equipment. So it's a maintenance system preventive by determining optimal machine maintenance time intervals. The type of research used is quantitative descriptive. The method used is Reliability Centered Maintenance (RCM) which is integrated with the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) method. Then you get the results The machine that has the highest *downtime* value is the CC-07 conveyance machine with a total *downtime* of 1800 minutes or 30 hours and on carbon brush components Inspection and replacement of components are carried out at regular intervals Treatment is 1344 hours or 56 days.

Keywords: Preventive Maintenance, RCM, FMEA

PENDAHULUAN

Mesin yang digunakan dalam kegiatan produksi harus mampu beroperasi dengan optimal. Pengoperasian mesin dikatakan optimal apabila nilai *downtime*-nya minimum (Taringan, 2013) [2]. Pengoperasian mesin yang optimal diperlukan suatu sistem perawatan dan pemeliharaan mesin yang tepat. Sehingga kegiatan *preventive maintenance* bisa berjalan secara optimal jika perusahaan memiliki perencanaan perawatan yang baik, guna untuk menjamin fungsi dari unit selama waktu operasi (*uptime*) dan meminimalisasi waktu berhenti (*downtime*) yang diakibatkan oleh adanya kerusakan atau kegagalan. PT. XYZ adalah perusahaan yang bergerak di bidang industri jasa. Perusahaan ini menangani kegiatan pelayanan petikemas dengan aktivitas bongkar muat barang dari kapal angkut yang menuju berbagai wilayah di Indonesia. Hal ini membuat mesin alat angkut crane harus tetap dalam keadaan yang optimal agar bisa beroperasi dengan lancar sebagaimana mestinya. Dermaga perusahaan ini terdapat 7 alat angkut *container crane* yaitu CC-01, CC-02, CC-06, dan CC-07 merupakan alat angkut yang dimiliki oleh PT. XYZ, sedangkan CC-03, CC-04, dan CC-05 merupakan alat angkut milik perusahaan lain.

Alat angkut ini beroperasi selama 24 jam dimana dalam pengoperasiannya PT. XYZ menerapkan ketentuan rental/sewa kepada pemilik kontainer dengan hitungan secara per jam.

Mesin alat angkut petikemas atau container crane ini selalu mengalami kerusakan setiap bulan. Berdasarkan data breakdown report pada PT. XYZ salah satu kerusakan yang terjadi yaitu penuntun rantai patah yang disebabkan oleh pengangkatan beban berlebihan sehingga menjadi penyebab proses pengangkatan kontainer berhenti. Baik pada saat pengoperasian berlangsung maupun perbaikan alat angkut crane belum selesai sehingga harus menunggu/delay. Hal ini menjadi salah satu penyebab utama tingginya *downtime* yang mengakibatkan penyewaan alat angkut tidak beroperasi sehingga pendapatan perusahaan menjadi kurang optimal.

Berdasarkan permasalahan pada PT. XYZ dapat diantisipasi dengan menggunakan *Reliability Centered Maintenance* melalui penentuan jadwal perawatan dan pemeliharaan mesin alat angkut crane. Metode RCM ini diintegrasikan dengan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) sebagai analisis mode kegagalan yang terjadi dengan menghitung nilai RPN tertinggi pada mesin. Kemudian metode *Reability Centered Maintenance* (RCM) digunakan untuk mendapatkan hasil waktu penjadwalan perawatan dan pemeliharaan mesin alat angkut crane pada PT. Equiport Inti Indonesia.

Berdasarkan penelitian terdahulu yaitu Syakila (2020) [1], meneliti terkait dengan kerusakan mesin semen dengan melakukan pendekatan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan diintegrasikan dengan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) sebagai analisis mode kegagalan sehingga diperoleh hasil interval waktu penjadwalan perawatan pada mesin agar bisa beroperasi secara kontiniu dan dapat meminimumkan *downtime*. Mengacu pada penelitian terdahulu maka, penelitian ini perlu dilakukan karena pentingnya mengadakan penentuan jadwal pemeliharaan dan perawatan pada alat angkut crane agar efektivitas dalam proses produksi dapat berjalan dengan lancar sebagaimana mestinya. Sehingga dapat meminimumkan *downtime* dan dapat menanggulangi permasalahan yang sering terjadi. Dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) untuk meningkatkan efektivitas pada proses pengoperasian alat angkut container crane dan meminimumkan downtime serta delay pada PT. XYZ. Sehingga penulis memilih judul penelitian tentang "Penentuan Interval Waktu Perawatan dengan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) pada PT. XYZ".

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode RCM dalam penentuan interval waktu perawatan mesin crane pada PT. XYZ. Tahapan analisis data dari penelitian ini, yaitu mengidentifikasi masalah setelah itu menentukan nilai downtime tertinggi, kemudian menentukan komponen kritis dengan mencari nilai RPN tertinggi, selanjutnya melakukan tahap pengolahan data dengan metode RCM, menentukan interval waktu pemeliharaan komponen serta membuat usulan dan perbaikan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan Nilai *Downtime* Tertinggi

Nilai *downtime* pada masing-masing alat angkut crane ini didapatkan dari data *breakdown report* tujuh bulan terakhir 2020 pada PT. XYZ

Tabel 1. Data total *downtime* mesin crane

No	Unit	Total <i>Downtime</i> (menit)
1	CC-01	720
2	CC-02	840
3	CC-06	780
4	CC-07	1800

Pada tabel 1 di atas dapat kita ketahui bahwa nilai *downtime* tertinggi yaitu pada alat angkut CC-07 dengan total *downtime* 1800 menit atau 30 jam selama tujuh bulan terakhir 2020.

Penentuan Nilai *Risk Priority Number* Mesin Alat Angkut Crane

Tabel 2 menunjukkan bahwa dari penentuan nilai RPN didapatkan hasil bahwa komponen *carbon brush* merupakan komponen kritis dengan nilai RPN tertinggi yaitu 36. Maka komponen tersebut dilakukan tindakan perawatan menggunakan *Reliability centered Maintenance*.

Tabel 2. Penentuan nilai RPN

No	Komponen	Jenis kerusakan (Failure Mode)	Penyebab Kerusakan (Failure Causes)	Akibat Kerusakan (Failure Effect)	Severity (1-10)	Occurance (1-4)	Detection (1-5)	Risk Priority Number
1	Kabel feston	Kabel feston robek	Melewati batas waktu pemakaian	Mesin tidak dapat beroperasi	6	4	1	24
2	Baut	Baut torsi patah	Melewati batas waktu pemakaian	Tidak dapat menahan beban	1	4	1	4
3	Programmable Logic Controller (PLC)	Programmable Logic Controller (PLC) error	Human error	Mesin tidak dapat beroperasi	7	3	1	21
4	Rantai	Penuntun rantai patah	Beban angkat berlebihan	Crane tidak dapat bergerak	6	2	2	24
5	Motor hoist	Kabel penghantar putus	Karena terjadi getaran pada alat	Tidak dapat mengangkat beban	8	2	1	16
6	Pengunci kontainer	Tidak dapat mengunci kontainer	Relay pada Spreader terlepas	Mesin tidak dapat beroperasi	6	2	2	24
7	Carbon brush	Carbon brush aus	Melewati masa pemakaian	Tidak bisa trolley	6	2	3	36

Perhitungan Waktu Kerusakan (TTF) dan Waktu Perbaikan (TTR)

Waktu kerusakan diambil dari waktu *time to repair* (TTR) dan *time to failure* (TTF), dimana data *time to repair* (TTR) diambil dari lamanya waktu perbaikan hingga selesai perbaikan dan mesin dapat berfungsi kembali. Sedangkan data *time to failure* (TTF) diambil dari waktu kerusakan awal yang telah diperbaiki sehingga terjadi kerusakan berikutnya, dimana data diambil dari selisih waktu kerusakan dikurangi dengan waktu perbaikan, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

a. TTR = Selang waktu antara jam kerusakan dan jam selesai perbaikan

Tanggal 10 Juni 2022, interval antara kerusakan pada jam 10.00 sampai dengan selesai perbaikan pada jam 13.00 adalah 3 jam.

b. TTF = Selang waktu antara kerusakan komponen terjadi

Interval antara tanggal 10 Juni 2022 terjadi kerusakan pada jam 10.00 hingga 28 Agustus 2022 pada jam 18.00 adalah 79 hari atau 1.904 jam.

Tabel 3. Data TTF dan TTR komponen *carbon brush*

No	Komponen	Tanggal	Jam kerusakan	Jam selesai perbaikan	TTR (jam)	TTF (jam)
1	Carbon brush	10 juni 2022	10.00	13.00	3	-
2	Carbon brush	28 Agustus 2022	18.00	20.00	2	1.904
3	Carbon brush	11 September 2022	10.00	12.00	2	352
4	Carbon brush	2 Desember 2022	08.00	11.00	3	1.990

Perhitungan Mean Time To Repair (MTTR)

Perhitungan ini dilakukan dengan melalui tahap pengolahan data pendistribusian yaitu distribusi normal, lognormal, eksponensial, dan *waibull*.

Berdasarkan tabel 4 menunjukkan bahwa distribusi lognormal merupakan distribusi terbesar dengan nilai index of fit 0,011. Sehingga rumus parameter yang digunakan untuk melakukan perhitungan MTTR yaitu distribusi lognormal. Berikut perhitungan penentuan nilai r dengan menggunakan distribusi lognormal.

Tabel 4. Data nilai *index of fit* TTR

Distribusi	Index of fit (r)
Normal	0,0069
Lognormal	0,011
Eksponensial	-0,225
Weibull	-0,238

Tabel 5. Perhitungan index of fit distribusi lognormal

i	ti (jam)	xi = ln ti	F (ti)	yi	xi*yi	Xi^2	Yi^2
1	3	1,10	0,16	-0,96	-1,05	1,21	0,92
2	2	0,69	0,39	-0,26	-0,18	0,48	0,07
3	2	0,69	0,61	0,28	0,19	0,48	0,08
4	3	1,10	0,84	1,00	1,10	1,21	1,00
Total	10	3,58	2,0	0,06	0,06	3,37	2,07

Index of Fit **0,011**

Distribusi Lognormal

TTR = Selang waktu perbaikan

i = Data ke-i

n = Jumlah data

Zi = Menggunakan tabel standardizerd normal probabilities

$Xi = \ln ti$

$$f(ti) = \frac{i - 0.3}{n + 0.4} = \frac{1 - 0.3}{4 + 0.4} = 0,16$$

$$yi = zi = \Phi[F(ti)] = \Phi[F(0,16)] = -0,96$$

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n xiyi - (\sum_{i=1}^n xi)(\sum_{i=1}^n yi)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n xi^2 - (\sum_{i=1}^n xi)^2]} \sqrt{[n \sum_{i=1}^n yi^2 - (\sum_{i=1}^n yi)^2]}}$$

$$= \frac{4(0,06) - (3,58)(0,06)}{[(4 \cdot 3,37 - (12,82)][4 \cdot 2,07 - (0,0036)]} = \frac{0,0252}{2,33} = 0,011$$

Perhitungan Parameter Terpilih

Setelah distribusi perbaikan komponen carbon brush diketahui, maka selanjutnya dilakukan perhitungan parameter dengan distribusi lognormal yaitu :

Diketahui (a) intersep, (b) gradient, (s) parameter bentuk, (tmed) parameter lokasi.

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n xiyi - (\sum_{i=1}^n xi)(\sum_{i=1}^n yi)}{n \sum_{i=1}^n xi^2 - (\sum_{i=1}^n xi)^2}$$

$$= \frac{4(0,06) - (3,58)(0,06)}{4(3,37) - (12,81)} = \frac{63}{1675} = 0,0376119$$

(Nilai xi dan yi dapat dilihat pada Tabel 5)

$$a = \bar{y} - b\bar{x} = 0,06 - (0,037)(0,895) = 0,026885$$

$$s = \frac{1}{b} = \frac{1}{0,0376119} = 26,58733$$

$$t_{med} = e^{-sa} = e^{-(26,58733)(0,026885)} = 0,495335$$

Nilai Mean Time TO Repair (MTTR)

Perhitungan waktu rata-rata pada perbaikan komponen carbon brush dengan menggunakan distribusi lognormal. Berikut perhitungan nilai Mean Time To Repair (MTTR) pada komponen carbon brush pada alat angkut crane.

$$\begin{aligned} \text{MTTR} &= t_{med} \cdot e^{\frac{s^2}{2}} \\ &= 0,495335 \times e^{\frac{(26,58733)^2}{2}} = 0,495 \text{ jam.} \end{aligned}$$

Perhitungan Mean Time To Failure (MTTF)

Perhitungan ini dilakukan dengan melalui tahap pengolahan data pendistribusian yaitu distribusi normal, lognormal, eksponensial, dan weibull.

Tabel 6. Data nilai *index of fit* TTF

Distribusi	Index of fit (r)
Normal	0,050
Lognormal	0,024
Eksponensial	-0,228
Weibull	-0,225

Berdasarkan tabel diatas menunjukkan bahwa distirbusi normal merupakan ditribusi terbesar dengan nilai index of fit 0,050. Sehingga rumus parameter yang digunakan untuk melakukan perhitungan MTTF yaitu distirbusi normal. Berikut perhitungan penentuan nilai r dengan menggunakan distribusi normal.

Tabel 7. Perhitungan *Index of Fit* distribusi normal

i	ti (jam)	xi = ti	F (ti)	yi	xi*yi	xi^2	yi^2
1	1.904	1.904	0,21	-0,80	-1523,20	3625216,00	0,64
2	352	352	0,50	0,00	0,00	123904,00	0,00
3	1.990	1.990	0,79	0,81	1611,90	3960100,00	0,66
Total	4246	4246	2	0,01	88,70	7709220,00	1,30
Index of Fit					0,050		

TTF = Selang waktu kerusakan

i = Data ke-i

n = Jumlah data

Zi = Menggunakan tabel standardizerd normal probabilities

$Xi = ti$

$$F(ti) = \frac{i - 0,3}{n + 0,4} = \frac{1 - 0,3}{3 + 0,4} = 0,21$$

$$yi = zi = \Phi[F(ti)] = \Phi[F(0,21)] = -0,80$$

$$\begin{aligned} r &= \frac{n \sum_{i=1}^n xi yi - (\sum_{i=1}^n xi)(\sum_{i=1}^n yi)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n xi^2 - (\sum_{i=1}^n xi)^2]} \sqrt{[n \sum_{i=1}^n yi^2 - (\sum_{i=1}^n yi)^2]}} \\ &= \frac{3(88,70) - 4246(0,01)}{[(3 \cdot 7709220,00 - (18028516))][3 \cdot 1,30 - (0,0001)]} \\ &= \frac{223,64}{4448,49} = 0,050 \end{aligned}$$

Perhitungan Parameter Terpilih

Setelah distribusi perbaikan komponen carbon brush diketahui, maka selanjutnya dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus parameter dengan distribusi normal yaitu :

Diketahui :

(a) intersep, (b) gradient, parameter (σ) dan parameter μ

$$\begin{aligned} \text{Gradien } b &= \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \\ &= \frac{3(88,70) - (4246)(0,01)}{3(7709220,00) - (18028516)} = \frac{5591}{127479699} = 0,00004 \\ &\text{(Nilai } x_i \text{ dan } y_i \text{ dapat dilihat pada Tabel 7)} \end{aligned}$$

$$\text{Intersep } a = \bar{y} - b\bar{x} = 0,001 - (-0,00004)(1415,33) = 0,0576132$$

$$\text{Parameter } \sigma = \frac{1}{b} = \frac{1}{0,00004} = 25000$$

$$\text{Parameter } \mu = \left(\frac{a}{b}\right) = \frac{0,0576132}{0,00004} = 1440,33$$

Nilai Mean Time TO Failure (MTTF)

Perhitungan waktu rata-rata pada perbaikan komponen carbon brush menggunakan distribusi normal. Berikut perhitungan nilai Mean Time To Failure (MTTF) untuk carbon brush.

MTTF = μ

$$= 1440,33 \text{ jam} = 60,01 \sim 60 \text{ hari}$$

Penentuan Interval Waktu Pemeliharaan Carbon Brush

Berikut ini adalah perhitungan interval waktu yang optimal untuk pemeliharaan carbon brush.

a. Jumlah waktu pemeriksaan (k)

1 bulan = 30 hari, 1 hari = 24 jam

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

Jumlah kerusakan crane selama 7 bulan terakhir tahun 2022 = 4 kali

$$k = \frac{\text{Jumlah kerusakan selama 7 bulan}}{7 \text{ bulan}} = \frac{4}{7} = 0,57$$

b. Waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk perbaikan (μ)

MTTR=0,495jam

$$\begin{aligned} t &= 720 \frac{\text{jam}}{\text{bulan}} \\ \mu &= \frac{t}{MTTR} = \frac{720}{0,495} = 1454,54 \end{aligned}$$

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

Waktu untuk melakukan pemeriksaan (ti) = 60 menit = 1 jam

t=720jam/bulan

$$i = \frac{t}{ti} = \frac{720}{1} = 720 \text{ jam}$$

d. Perhitungan frekuensi dan interval pemeriksaan (n)

$$n = \sqrt{\frac{ki}{\mu}} = \sqrt{\frac{0,57 \times 720}{1454,54}} = 0,531179$$

Interval waktu pemeriksaan

$$= \frac{t}{n} = \frac{720}{0,531179} = 1355,475 \text{ jam} \approx 56 \text{ hari}$$

Hasil *Reliability Centered Maintenance* pada *Carbon Brush*

Berdasarkan hasil analisa kerusakan komponen carbon brush pada alat angkut kontainer menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) maka didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 8. Hasil RCM pada *carbon brush*

Deskripsi	Nilai
Komponen kritis	Carbon brush
MTTR	0,495 jam
MTTF	1440,33 jam
Jenis Pemeliharaan	Preventive maintenance
Interval waktu pemeliharaan	56 hari

Setelah dilakukan analisa pada metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) maka dilakukan analisa pada tahap metode *Failure Mode Effect and Analysis* (FMEA) pada Tabel dibawah.

Tabel 9. FMEA Setelah Dilakukan RCM

Komponen	Jenis Kerusakan (<i>Failure Mode</i>)	Penyebab Kerusakan (<i>Failure Causes</i>)	Akibat kerusakan (<i>Failure Effect</i>)	Usulan Perbaikan
<i>Carbon brush</i>	<i>Carbon brush aus</i>	Melewati masa pemakaian	Tidak bisa trolley	Pemeriksaan dan penggantian komponen

Berdasarkan hasil analisa pada tahap metode *Failure Mode Effect and Analysis* (FMEA) untuk komponen *carbon brush* dilakukan pemeriksaan dan penggantian komponen pada usulan dan perbaikan.

KESIMPULAN

Dari hasil pengolahan data dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) pada mesin alat angkut CC-07 yaitu penanganan yang dilakukan pada komponen carbon brush yaitu pemeriksaan dan penggantian komponen dengan interval waktu perawatan yaitu 56 hari atau 1344 jam.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Syakilah. 2020. Penentuan Interval Waktu Perawatan Mesin Packing Semen Dengan Metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*) pada PT Semen Tonasa. Makassar
- [2] Tarigan P, Ginting E, Siregar I. 2013. Perawatan Mesin Secara Preventive Maintenance Dengan Modularity Design Pada PT. RXZ. *Jurnal Teknik Industri USU*. Vol. 3(3), 219447.