

PENERAPAN *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE* PADA PERENCANAAN WAKTU INTERVAL *PREVENTIVE MAINTENANCE* UNIT *CONTAINER CRANE* DI TERMINAL PETI KEMAS PT PELINDO IV BITUNG

Jilvan Anthony, Tritiya A.R. Arungpadang, Charles S.C. Punuhsingon

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado

ABSTRAK

PT. Equiport Inti Indonesia site Bitung merupakan perusahaan yang bergerak dibidang maintenance di *Container Crane* Terminal Peti Kemas PT Pelindo IV Bitung. Permasalahan yang dihadapi perusahaan yaitu sering terjadinya kerusakan pada mesin CC 04. Perusahaan menerapkan kegiatan *preventive maintenance* dan *corrective maintenance* namun kegiatan *maintenance* ini tidak berjalan dengan optimal. Oleh karena itu, dilakukan pengembangan sistem pemeliharaan untuk meningkatkan keandalan mesin. Metode yang digunakan yaitu *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dengan tujuan menentukan interval waktu pemeliharaan yang efisien. RCM dilakukan dengan menganalisis kegagalan dengan analisis FMECA. Hasil dari analisis ini berupa nilai RPN komponen *trolley*, *spreader* dan *gantry* sebagai komponen kritis pada sistem. Kemudian ditentukan kebijakan maintenance dengan hasil RCM *decision worksheet* berupa *scheduled on condition*, *scheduled restoration* dan *scheduled discard task* pada ketiga komponen mesin dengan interval waktu *maintenance* sesuai dengan kategori *task*.

Kata kunci : *Container Crane*, *Preventive Maintenance*, FMECA, RCM

ABSTRACT

PT. Equiport Inti Indonesia site Bitung is a company engaged in maintenance at PT Pelindo IV Bitung *Container Crane Terminal*. The problem faced by the company is the frequent occurrence of damage to the CC 04 machine. The company implements *preventive maintenance* and *corrective maintenance* activities but these *maintenance* activities do not run optimally. Therefore, a *maintenance* system was developed to improve engine reliability. The method used is *Reliability Centered Maintenance* (RCM) with the aim of determining efficient *maintenance* time intervals. RCM is done by analyzing the failure with FMECA analysis. The results of this analysis are the RPN values of the *trolley*, *spreader* and *gantry* components as critical components of the system. Then the *maintenance* policy is determined with the results of the RCM *decision worksheet* in the form of *scheduled on condition*, *scheduled restoration* and *scheduled discard task* for the three engine components with *maintenance* time intervals according to the *task* category.

Keywords : *Container Crane*, *Preventive Maintenance*, FMECA, RCM

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Transportasi laut memegang peranan penting dalam sistem perdagangan dunia saat ini. Tanpa infrastruktur yang baik, ekspor dan impor dengan skala yang besar melalui laut seperti sekarang ini, tidak akan bisa terwujud. Di sinilah pelabuhan memegang peranan yang sangat penting dalam menyediakan fasilitas dan jasa pelayanan ekspor dan impor. Oleh karena itu terdapat berbagai macam peralatan yang digunakan untuk menunjang proses ini, salah satunya yaitu *Container Crane* (CC).

Pada kenyataannya dalam kegiatan operasionalnya unit *container crane* di PT. Equiport Inti Indonesia site Bitung mengalami beberapa kali breakdown yang menyebabkan menurunnya nilai performance availability sehingga tidak sesuai dengan standar yang diberlakukan oleh perusahaan. Maka dari itu dibutuhkan upaya menjaga fungsi mesin melalui kegiatan pemeliharaan (*maintenance*) (Alhilman dan Atmaji, 2017).

Salah satu metode untuk mengidentifikasi kerusakan mesin serta memperhitungkan interval waktu pemeliharaan yaitu menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Dalam manajemen pemeliharaan, RCM digunakan untuk menentukan strategi biaya pemeliharaan yang efektif berdasarkan keandalan komponen dalam sebuah sistem (Ebeling, 1997). *Reliability Centered Maintenance* adalah sebuah proses dimana waktu dan upaya yang dilakukan jika suatu sistem tidak berjalan normal dan otomatis untuk menentukan strategi pemeliharaan menggunakan data keandalan (Gabbar, dkk, 2003).

Penelitian ini menggunakan analisis *Failure Modes Effect and Criticality Analysis* (FMECA) dalam menentukan mode kegagalan yang terjadi pada sistem. FMECA bertujuan untuk mengambil tindakan guna menghilangkan atau mengurangi kegagalan, berdasarkan prioritas tertinggi yang dilakukan sesuai dengan hasil perhitungan *Risk Priority Number* (RPN).

1.2 Rumusan Masalah

1. Komponen-komponen kritis apa saja yang ada di unit *Container Crane*?
2. Berapa interval waktu pemeliharaan optimal pada komponen kritis mesin *Container Crane*?

1.3 Batasan Masalah

1. Penelitian ini dilaksanakan di PT Equiport Inti Indonesia Pelabuhan Peti Kemas Bitung
2. Objek penelitian yaitu unit (*Container Crane*) CC yang ada di dermaga Pelabuhan Peti Kemas Bitung.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Mengidentifikasi komponen dalam mesin yang termasuk ke dalam komponen kritis dengan interval waktu pemeliharaan peralatan sesuai dengan fungsi (*task*) masing-masing.
2. Menentukan waktu interval preventive maintenance

1.5 Manfaat Penelitian

1. Bagi pihak PT. Equiport Inti Indonesia Pelabuhan Peti Kemas Bitung memberikan wawasan kepada para karyawan mengenai penerapan metode RCM dalam melakukan kegiatan maintenance.
2. Bagi pihak Akademis Memberikan sumber sebagai bacaan ilmiah dan juga sebagai tambahan referensi untuk penelitian kedepannya.
3. Bagi Penulis Dapat menambah pengetahuan serta pengalaman penulis dan juga bisa membandingkan pengetahuan yang didapat saat kuliah dengan keadaan yang sebenarnya.

II. LANDASAN TEORI

2.1 Container Crane

Container crane adalah alat yang digunakan untuk membongkar atau memuat peti kemas dari dan ke dermaga ke kapal peti kemas atau memindahkan peti kemas dari satu tempat ketempat lain di dalam terminal peti kemas. Crane bergerak di atas rel, sehingga posisi *crane* hanya bisa bergerak menelusuri dermaga.

2.2 Maintenance

Kata pemeliharaan diambil dari Bahasa Yunani yaitu *terein* yang artinya menjaga, memelihara, dan merawat. Maintenance berasal dari kata “*to maintain*” yang memiliki arti “merawat”, dan memiliki padanan kata “*to repair*” yang berarti memperbaiki. Menurut (Dwi Atmaji, dkk, 2017) pemeliharaan didefinisikan sebagai kegiatan untuk mengembalikan fungsi sebuah mesin agar dapat bekerja sesuai standar. Tujuan dari pemeliharaan yaitu untuk meningkatkan *reability*, *maintainability*, dan *availability* guna mendapatkan

hasil operasi produksi yang optimum (Atmaji & Alhilman, 2018).

Preventive Maintenance

Preventive Maintenance adalah pemeliharaan yang dilakukan secara terjadwal, umumnya secara periodik, dimana sejumlah tugas pemeliharaan seperti inspeksi, perbaikan, penggantian, pembersihan, pelumasan dan penyesuaian dilaksanakan.

Kegiatan *preventive task* terbagi menjadi tiga kategori (Moubray, 1997) yaitu :

1. *Scheduled On-Condition Task*
2. *Scheduled Restoration Task*
3. *Scheduled Discard Task*

2.3 Failure Modes Effects and Criticality Analysis (FMECA)

FMECA adalah suatu metode yang digunakan untuk mengukur dan menganalisa keamanan dari suatu produk atau proses. Input dari FMECA adalah rencana, diagram, probabilitas, dan frekuensi data berdasarkan data historis. Sedangkan outputnya adalah daftar *most critical risk* dan beberapa target dari mitigasi resiko.

Pada sisi komersil dari spektrum terutama pada industri, penggunaan dibuat dari suatu metrik jumlah prioritas resiko atau *Risk Priority Number* (RPN), yang dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$RPN = Severity \times Occurrence \times Detection$$

Penentuan nilai dari *severity*, *occurance*, dan *detection* adalah sebagai berikut :

- a. Severity

Tabel 2. 1 Tingkatan Severity

<i>Duration of Service interruption</i>	Criterion of severity	Value
>8h	<i>Very catastrophic</i>	8
7h	<i>Catastrophic</i>	7
6h	<i>Very serious</i>	6
5h	<i>Serious</i>	5
4h	<i>Medium</i>	4
3h	<i>Significant</i>	3
2h	<i>Minor</i>	2
1h	<i>Very Minor</i>	1
30 min	<i>Small</i>	0.6
<30 min	<i>Very Small</i>	0.2

- b. Occurrence

Tabel 2.2 Tingkatan Occurrence

<i>Possible rate of occurrence</i>	Criterion of occurrence	Value
<i>Once every 12 years</i>	<i>Failure near zero or no</i>	1
<i>Once every 10 years</i>	<i>Very low, failure isolation</i>	2

Once every 8 years	Low, often fail	3
Once every 6 years	Average, occasional failure	4
Once every 4 years		5
Once every 2 years		6
Once every year		7
Once every 6 months	High, frequent failure	8
Once every month		9
Once every week	Very high, very high failure	10

c. Detection

Tabel 2.3 Tingkatan Detection

Level of detection	Criterion of detectability	Value
Not detectable	Impossible	10
Difficult to detect	Very difficult	9
	Very late	8
Detecting random (Unlikely)	Not sure	7
	Occasional	6
Possible detection	Low	5
	Late	4
Reliable detection	Easy	3
	Immediate	2
Detection at all times	Immediate corrective action	1

Tabel 2.1 merupakan pengkategorian *risk* dengan menggunakan *criticality analysis* (Yssaad & Abene, 2015).

Tabel 2.4 Kategori Criticality Analysis

No.	Criticality (C)		Risk or Hasard
	Degree of criticality	Value	
1.	Minor	0-30	Acceptable
2.	Medium	31-60	
3.	High	61-180	Tolerable
4.	Critical	181-324	
5.	Very critical	>324	Unacceptable

2.4 Anderson-Darling

Uji *Anderson-Darling* (Stephens, 1974) digunakan untuk menguji apakah suatu sampel data berasal dari suatu populasi dengan distribusi tertentu. Tes *Anderson-Darling* menggunakan distribusi spesifik dalam menghitung nilai kritis. Ini memiliki keuntungan memungkinkan pengujian yang lebih sensitif dan kerugian bahwa nilai kritis harus dihitung untuk setiap distribusi.

2.5 Reliability Centered Maintenance (RCM)

Pada tahun 1970 hingga sekarang, RCM menjadi tantangan utama di berbagai bidang

industri, dikarenakan terdapat beberapa perubahan pola pada *preventive maintenance* dari mengembalikan sistem secara “sempurna” menjadi melakukan pemeliharaan sehingga system dapat berfungsi dengan baik (Carretero et al., 2003). RCM merupakan *technologyoriented approach* yang bertujuan untuk mengidentifikasi persyaratan pemeliharaan dan menentukan jenis kebijakan pemeliharaan yang cocok bagi sebuah sistem atau peralatan berdasarkan tingkat keandalan dan konsekuensinya terhadap kegagalan pada sebuah operasi (Bae et al., 2009).

RCM II (*Decision Worksheet*)

Decision worksheet merupakan lembar kerja kedua dalam menjalankan implementasi RCM II. Dalam *worksheet* ini peneliti akan menentukan dampak/ konsekuensi yang ditimbulkan oleh kegagalan serta tindakan *proactive maintenance* untuk menghadapi kegagalan yang terjadi.

Decision Worksheet akan menganalisa konsekuensi dari adanya kegagalan apakah berpengaruh terhadap keselamatan (S), lingkungan (E), atau berpengaruh terhadap kerugian operasional (O).

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap yang sudah dilakukan dari bulan Februari 2023. Penelitian ini dilakukan PT. Equiport Inti Indonesia.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

1. Alat

Dalam melakukan penelitian ini menggunakan berbagai macam alat pendukung, yaitu alat tulis, laptop, *software* MiniTab 17, telepon genggam untuk pengambilan gambar yang ada dilapangan.

2. Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah data waktu kerusakan *Container Crane* (CC).

3.3 Teknik Pengumpulan Data

Pada penelitian ini peneliti menggunakan teknik pengumpulan data berupa:

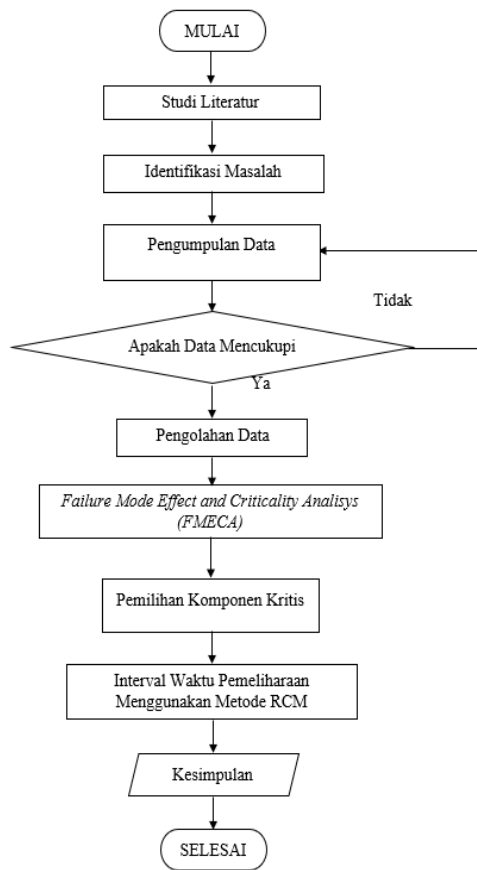
- a. Wawancara
- b. Observasi

3.4 Sumber Data

Berikut adalah beberapa sumber data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- 1. Data Primer
- 2. Data Sekunder

3.5 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penentuan Komponen Kritis

4.1.1. Pengumpulan Data

Data diperoleh melalui studi literatur dan studi lapangan. Berikut adalah data antar waktu kerusakan komponen pada unit CC 04 tahun 2022 yang terlihat pada tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Data antar waktu kerusakan komponen CC 04 tahun 2022

No.	Komponen	Waktu (Jam)
1.	Trolley	1.00;2.50;3.00;2.50;12.50;1.00;1.55;2.00;1.48;3.45
2.	Spreader	10.08;3.45;9.35;3.00;2.27;1.05;4.45;2.35;1.30;2.45;3.45;8.00;2.50;4.00
3.	Engine	9.45;11.00;1.30;3.00;2.00;1.0.30;1.10;3.00;2.50;8.30;2.00
4.	Boom	4.00;2.30;1.00;9.05;3.00;2.00;11.30;1.50
5.	Hoist	3.00;8.30;11.50;1.00;2.00;6.00;3.50;10.05

6.	Gantry	5.00;1.20;2.00;3.00;8.25;3.40;1.00
7.	Wheel turn	3.00;1.00;9.40;11.00;3.30;1.2.05;1.30;3.00;2.00

Tabel di bawah menunjukkan rekapitulasi frekuensi kerusakan komponen pada mesin CC 04 selama tahun 2022.

Tabel 4. 2 Data rekapitulasi kerusakan komponen CC 04 tahun 2022

No.	Komponen	Frekuensi Kerusakan	Presentase Kerusakan
1.	Trolley	10	15%
2.	Spreader	14	21%
3.	Engine	11	16%
4.	Boom	8	12%
5.	Hoist	8	12%
6.	Gantry	7	11%
7.	Wheel Turn	9	13%
Total		67	100%

Berdasarkan frekuensi kerusakan diatas, bahwa komponen spreader memiliki kerusakan tertinggi sebanyak 14 kali kerusakan dalam tahun 2022 dengan presentase kerusakan sebanyak 28%.

4.1.2. Penentuan Distribusi dan Nilai Mean

Down Time

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

Hasil penentuan distribusi dan perhitungan parameter ke 7 komponen tersebut terlihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Nilai MDT

No	Komponen	Distribusi	Parameter			MDT
			Simbol	Rumus	Hasil	
1.	Trolley	Normal	μ	$\frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}$	137.7	137.7
			σ	$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \mu)^2}{n}}$	11.7	
2.	Spreader	Normal	μ	$\frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}$	232.1	232.1
			σ	$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \mu)^2}{n}}$	15.1	
3.	Engine	Normal	μ	$\frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}$	150.5	150.5
			σ	$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \mu)^2}{n}}$	12.2	
4.	Boom	Normal	μ	$\frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}$	77.6	77.6
			σ	$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \mu)^2}{n}}$	8.7	
5.	Hoist	Normal	μ	$\frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}$	80.8	80.8
			σ	$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \mu)^2}{n}}$	8.9	
6.	Gantry	Normal	μ	$\frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}$	22.2	22.2
			σ	$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \mu)^2}{n}}$	4.7	
7.	Wheel Turn	Normal	μ	$\frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}$	104.5	104.5
			σ	$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \mu)^2}{n}}$	83.1	

Melalui hasil dari uji distribusi didapatkan 7 komponen berdistribusi normal. Dengan hasil penentuan parameter melalui perhitungan berupa parameter μ dan σ pada distribusi normal.

4.1.3. Analisis Failure Modes Effect and Criticality Analysis (FMECA)

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

Tabel 4. 4 FMECA Worksheet

No.	Equipment	Function	Function failure	RPN	Criticality	Risk Category	Maintenance plan
1.	Trolley	Membawa spreader dan peti kemas dari dermaga ke kapal atau sebaliknya.	Konstruksi Wheel, Motor Trolley tidak berfungsi.	240	Critical	Unacceptable	Repair control trolley
2.	Spreader	Mengangkat peti kemas dari truk ke kapal maupun sebaliknya.	Electric sering faul, lampu landed tidak menyala	252	Critical	Unacceptable	Melakukan pengecekan dan mengganti komponen yang tidak berfungsi
3.	Engine	Merubah energi panas menjadi energi mekanik.	Putaran engine tidak stabil/rpm tidak stabil	54	Medium	Tolerable	Melakukan perbersiha pada filter solar
4.	Boom	Menurunkan posisi boom-bream pada crane agar spreader bisa menjangkau kapal.	Emergency brake	126	High	Tolerable	Pemberian pelumas
5.	Hoist	Melakukan gerakan mengangkat dan menurunkan spreader	Terjadinya perbedaan antara posisi actual dan posisi yang di baca pada plc	100	High	Tolerable	Melakukan pengecekan berkala

No.	Equipment	Function	Function failure	RPN	Criticality	Risk Category	Maintenance plan
6.	Gantry	Mengerakkan seluruh struktur qcc kekiri atau kekanan	Brake motor gantry tidak berfungsi	192	Critical	Unacceptable	Melakukan pengecekan dan pemberian pelumas
7.	Wheel Turn	Penempatan posisi spreader agar tepat pada posisi container yang akan dipindahkan.	Kegagalan fungsi wheel	24	Minor	Acceptable	Mengganti komponen yang tidak berfungsi

Melalui hasil dari FMECA *Worksheet* didapatkan 3 komponen yang termasuk kategori kritis yaitu trolley dengan nilai RPN sebesar 240, spreader dengan nilai RPN 256 dan gantry dengan nilai RPN sebesar 192. Kemudian 3 komponen tersebut yang akan menjadi fokus penelitian ini.

4.2 Penentuan Maintenance Task dan Interval Preventive Maintenance

4.2.1. Penentuan Mean Time To Failure (MTTF) dan Mean Time To Repair (MTTR)

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

Hasil dari MTTF dan MTTR dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4. 5 Nilai MTTF dan MTTR

No.	Komponen	TTF		TTR	
		Distribusi	MT TF (Jam)	Distribusi	MT TR (Jam)
1.	Trolley	Weibull	175.7	Weibull	167.4

2.	Spreader	Weibull	337.0	Norma 1	142.2
3.	Gantry	Weibull	406.6	Weibull	87.1

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 mesin CC 04.

Hasil dari RCM *decision worksheet* berupa *scheduled on condition*, *scheduled restoration* dan *scheduled discard task* pada ketiga komponen mesin.

4.2.2. Penentuan Maintenance Task dan Interval Preventive Maintenance

Setelah melakukan analisis dengan menggunakan RCM *decision worksheet*, langkah selanjutnya adalah menentukan kebijakan pemeliharaan berdasarkan karakteristik dan mode kegagalan pada komponen tersebut. Tabel 4.8 mencantumkan kebijakan pemeliharaan yang diusulkan untuk setiap komponen kritis beserta dengan intervalnya.

Tabel 4. 6 Interval Maintenance Time

No.	Information Reference		Proposed Maintenance	Interval Maintenance Time (Jam)
	Equipment	Failure Modes		
1.	Trolley	Kontruksi wheel	Do the scheduled on-condition task and scheduled restoration task. Repair motor trolley	135.89
		Motor trolley		
2.	Spreader	Kelebihan arus	Do the scheduled restoration task and scheduled discard task.. Melakukan pengecekan dan mengganti komponen yang tidak betfungsi	168.5
		Gulungan tembaga terputus		
		Kabel putus		
		Kesalahan pengoperasian		
3.	Gantry	Perawatan tidak tepat	Do the scheduled restoration task and scheduled discard task Melakukan pengecekan dan pemberian pelumas	257.93

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. FMECA adalah suatu metode yang digunakan untuk mengukur dan menganalisa keamanan dari suatu produk atau proses. Pada penelitian ini FMECA digunakan untuk menentukan komponen kritis dari *Container Crane* berdasarkan prioritas tertinggi yang dilakukan sesuai dengan hasil perhitungan *Risk Priority Number* (RPN). Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan 3 komponen yang termasuk kategori kritis yaitu trolley dengan nilai RPN sebesar 240, spreader dengan nilai RPN 256 dan gantry dengan nilai RPN sebesar 192.
2. Metode RCM digunakan untuk menentukan interval beserta *task maintenance* yang sesuai untuk menjaga performansi sistem berdasarkan keandalan. Interval waktu pemeliharaan untuk komponen *trolley* yaitu dan 0,38 bulan sekali untuk *scheduled on-condition task* dan *scheduled restoration task*. Sedangkan untuk komponen *spreader* selama 0,47 bulan sekali untuk *scheduled restoration task* dan *scheduled discard task*. Dan untuk komponen *gantry* selama 0,72 bulan sekali untuk yakni *scheduled restoration task* dan *scheduled discard task*.

5.2 Saran

- a. Saran untuk perusahaan

Adapun saran – saran yang dapat diberikan sebagai masukan perusahaan dan penelitian selanjutnya sebagai berikut :

1. Berdasarkan dari hasil penelitian diatas bahwa peneliti menyarankan agar *Reliability Centered Maintenance* (RCM) ini dapat diterapkan sebagai pendekatan sistem perawatan mesin terkhusus dalam *preventive maintenance* di PT. Equiport Inti Indonesia site Bitung. Karena dengan adanya penerapan konsep *Reliability Centered Maintenance* (RCM) ini, perusahaan dapat mengetahui jenis tindakan perawatan yang optimal sehingga dapat meningkatkan keandalan mesin-mesin perusahaan.
2. Berdasarkan dari hasil penelitian diatas bahwa peneliti menyarankan agar lebih baik tentang pemeriksaan umur tiap komponen serta kondisi dari tiap komponen agar tidak terjadi *downtime* pada komponen mesin tersebut.
- b. Saran untuk peneliti selanjutnya
Adapun saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya yakni diperhitungkan untuk komponen lain selain komponen kritis yang didapatkan dalam penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

Atmaji, F. T. D.; Alhilman, J. (2018). A framework of wireless maintenance system monitoring: A case study of an automatic filling machine at SB company. 2018 6th

- International Conference on Information and Communication Technology, ICoICT 2018.*
- Denur, MM; Legisnal Hakim; Indra Hasan; Syahrul Rahmad. 2017. "Penerapan Reliability Centered Maintenance (Rcm) Pada Mesin Ripple Mill." *Jurnal Integrasi Sistem Industri* 4 (1): 27-34.
- Dwi, Atmaji; F. T., Noviyanti A. A.; Juliani, W. (2017). Implementation of Maintenance Scenario for Critical Subsystem In Aircraft Engine: Case Study NTP CT7 Engine. *International Journal of Innovation in Enterprise System.*
- Ebeling, C. E. (1997). *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering.*
- Fatwa, Anggayana Basanta; Judi Alhilman; Ahmad Musnansyah. 2017. "Application Design Of Rcm (Reliability Centered Maintenance) And Rcs (Reliability Centered Spares) Analysis For Determining And Spare Part Policy." *e-Proceeding of Engineering* 4 (2): 2867.
- Gabbar, H. A., Yamashita, H., Suzuki, K., & Shimada, Y. (2003). Computer-aided RCMbased plant maintenance management system. *Robotics and Computer Integrated Manufacturing.*
- Alhilman, J; Atmaji, F; N. A. (2017). Software Application for Maintenance System. *2017 Fifth International Conference on Information and Communication Technology (ICoICT), 0(RCM II).*
- Levitt, J. (2008). Lean Maintenance. In *Maintenance Management.*
- Norman, Iskandar; Sulardjaka, Altalarik Pradyta. 2021. "Studi dan Aplikasi Reliability Centered Maintenance pada Hoist Crane." *ROTASI* 23 (4): 50-57.
- Nurlaily, Mufarikhah; Triwilaswandio, Wuruk Pribadi; dan Soejitno. 2016. "Studi Implementasi RCM untuk Peningkatan Produktivitas Dok Apung (Studi Kasus: PT.Dok dan Perkapalan Surabaya)." *Jurnal Teknik ITS* 5 (2): G136-G141.
- Rumondor, Inzaghi; Arungpadang, Tritiya A.R; Mende, Jefferson. 2023. "Penerapan Metode Hirarc untuk Analisis Risiko Keselamatan Kerja Pada Container Crane di PT. Equiport Inti Indonesia Pelabuhan Peti Kemas Bitung". *Jurnal Poros Fakultas Teknik Sam Ratulangi.*
- Tomy, Hastomo Ardhi; Umi Marfuah. 2019. "Minimasi Downtime Pada Unit Shore To Ship Dengan Metode Reliability Centered." *Jurnal Integrasi Sistem Industri* 6 (2): 127-133.
- Wirda, Hamro Afiva; Fransiskus, Tatas Dwi Atmaji; Judi, Alhilman. 2019. "Penerapan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) pada Perencanaan Interval Preventive Maintenance dan Estimasi Biaya Pemeliharaan Menggunakan Analisis FMECA." *Jurnal PASTI (Penelitian dan Aplikasi Sistem dan Teknik Industri) XIII* (3): 298-310.