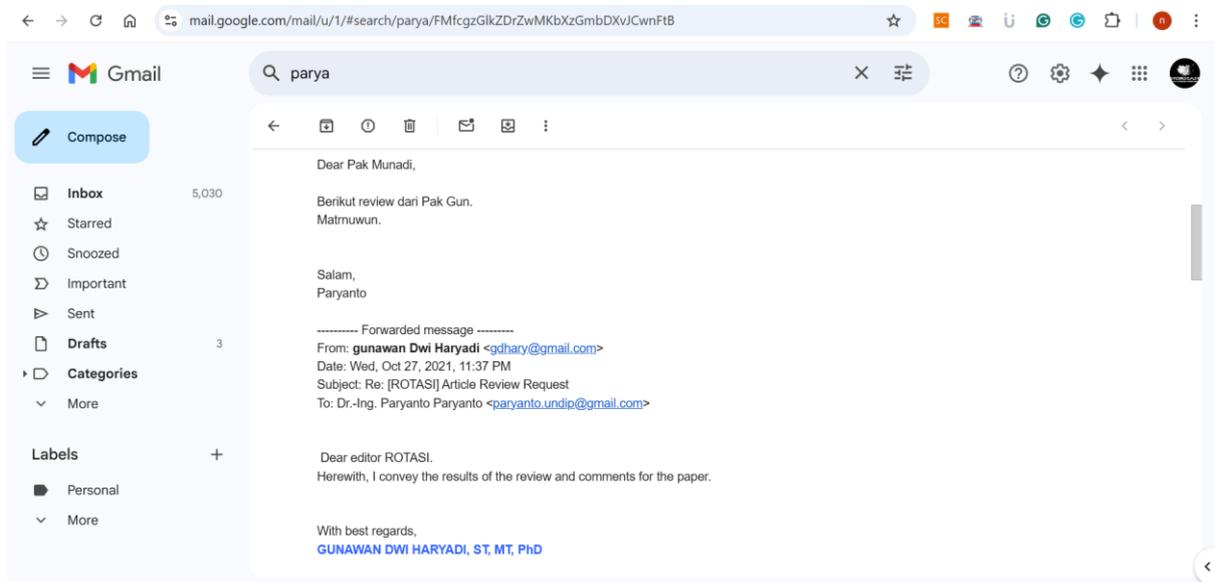
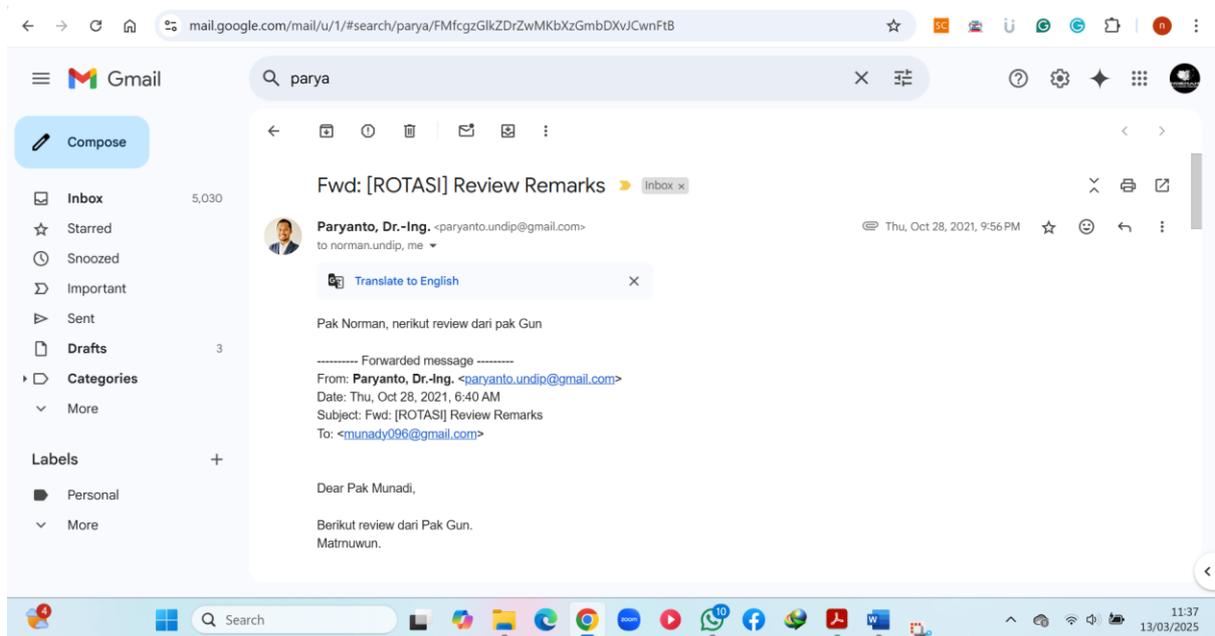


Bukti Korespondensi

Berikut adalah **bukti email** korespondensi untuk perbaikan jurnal. Email hanya untuk pemberitahuan sedangkan proses perbaikan langsung didalam sistem yang berjalan dalam Jurnal. Didalam jurnal ada bagian yang berisi proses perjalanan jurnal yaitu pada bagian **Summary, Review dan Editing**. Masukan reviewer berada pada bagian review dan artikel terakhir yang siap untuk publish setelah perbaikan ada pada bagian Editing.



mail.google.com/mail/u/1/#search/parya/FMfcgzGkZDrZwMKbXzGmbDXvJcwnfTB

Gmail

Compose

Inbox 5,030

Starred

Snoozed

Important

Sent

Drafts 3

Categories

More

Labels

Personal

More

Search: parya

With best regards,
GUNAWAN DWI HARYADI, ST, MT, PhD

LABORATORY:
ELECTRICAL ANALYSIS and ENGINEERING MEASUREMENT RELIABILITY ANALYSIS LABORATORY
CORES-DU, UPT. LABORATORIUM TERPADU, DIPONEGORO UNIVERSITY.

Mechanical Engineering Department, Diponegoro University Indonesia.
<http://undip.ac.id> email: gunawan_dh@undip.ac.id

In associate member with:
Strength of Material & Reliability Evaluation Lab.
Department of Mechanical Design Engineering
Pukyong National University, Busan, South Korea

On Wed, Oct 27, 2021 at 8:03 AM Dr.-Ing. Paryanto Paryanto <paryanto.undip@gmail.com> wrote:
Dr. Gunawan Dwi Haryadi:

I believe that you would serve as an excellent reviewer of the manuscript, "Studi dan Aplikasi Reliability Centered Maintenance pada Hoist Crane," which has been submitted to ROTASI. The submission's abstract is inserted below, and I hope that you will consider undertaking this important task for us.

Please log into the journal web site by 03-11-2021 to indicate whether you will undertake the review or not, as well as to access the submission and to

mail.google.com/mail/u/1/#search/parya/FMfcgzGkZDrZwMKbXzGmbDXvJcwnfTB

Gmail

Compose

Inbox 5,030

Starred

Snoozed

Important

Sent

Drafts 3

Categories

More

Labels

Personal

More

Search: parya

Please log into the journal web site by 03-11-2021 to indicate whether you will undertake the review or not, as well as to access the submission and to record your review and recommendation. The web site is <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/rotasi>

The review itself is due 24-11-2021.

If you do not have your username and password for the journal's web site, you can use this link to reset your password (which will then be emailed to you along with your username). https://ejournal.undip.ac.id/index.php/rotasi/login/resetPassword/gunawan_mesin?confirm=e54195b4fe066e9c707a7b73ed930f80f37efa307629d180716aa82fe20677bb%3A1635303770

Submission URL: <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/rotasi/reviewer/submission/21184>

Thank you for considering this request.

Dr.-Ing. Paryanto Paryanto
Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
paryanto.undip@gmail.com

"Studi dan Aplikasi Reliability Centered Maintenance pada Hoist Crane"

Abstract

mail.google.com/mail/u/1/#search/parya/FMfcgzGkZDrZwMKbXzGmbDXvJcwnfTB

Gmail

Compose

Inbox 5,030

Starred

Snoozed

Important

Sent

Drafts 3

Categories

More

Labels

Personal

More

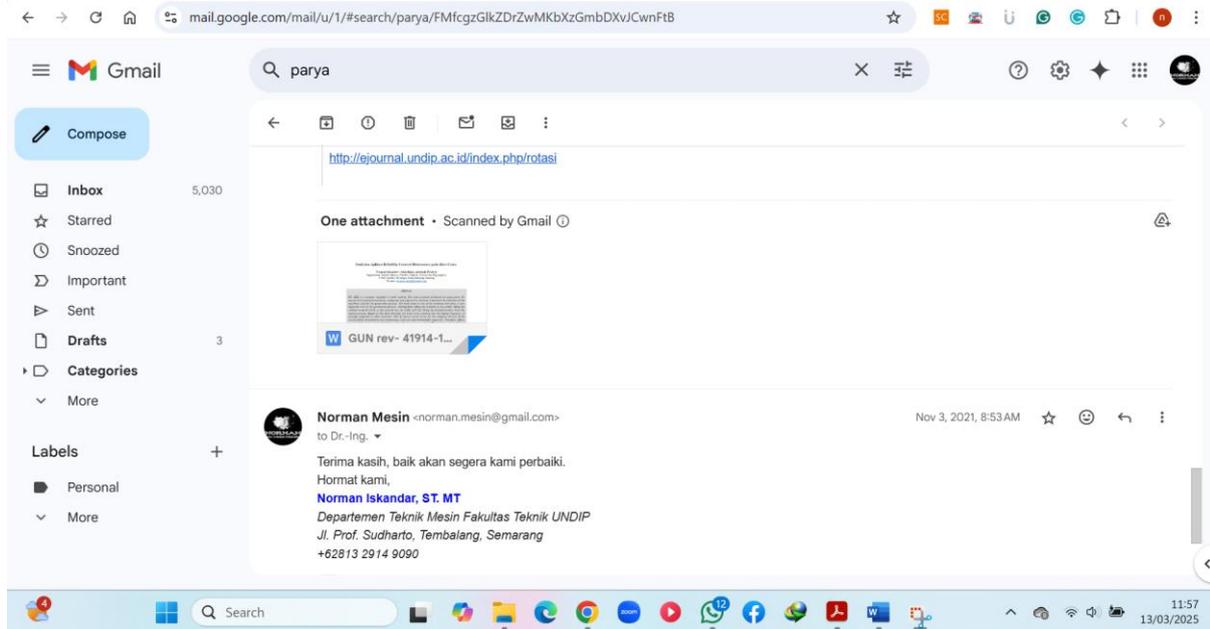
Search: parya

Abstract

PT. XYZ adalah perusahaan yang bergerak dalam bidang pengecoran logam. Produk utama yang dihasilkan adalah sambungan pipa. Untuk memastikan produksi terus berjalan, perusahaan dituntut untuk terus menjaga kondisi dari mesin yang digunakan untuk proses produksi. Hoist crane adalah salah satu mesin yang berperan sangat penting untuk proses produksi, mulai dari pengangkatan material yang akan dilebur, pengangkatan hasil peleburan material yang selanjutnya dituangkan dalam cetakan, dan juga pengangkatan hasil jadi dari proses pengecoran tersebut. Berdasarkan data yang diperoleh, mesin hoist crane memiliki frekuensi kerusakan yang paling banyak dibandingkan dengan mesin-mesin lainnya. Hal ini tentunya menyebabkan kerugian bagi perusahaan karena terjadinya penumpukan material dan biaya perawatan juga semakin mahal. Oleh karena itu diperlukan upaya untuk menurunkan tingkat kerusakan dari mesin hoist crane. Penelitian ini menggunakan metode Reliability Centered Maintenance (RCM). Metode ini digunakan karena dapat menentukan prioritas penanganan komponen serta jenis perawatan yang tepat terhadap komponen mesin. Pertama yang dilakukan adalah memahami hubungan fungsi antar komponen dengan membuat Functional Block Diagram (FBD). Selanjutnya mengidentifikasi masalah terkait dengan kegagalan komponen dengan menggunakan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). Dilanjutkan dengan pembuatan Logic Tree Analysis (LTA) yang bertujuan untuk mengklasifikasikan failure mode ke dalam beberapa kategori sehingga nantinya dapat ditentukan tingkat prioritas dalam penanganan masing-masing failure mode. Hasil analisa menunjukkan bahwa nilai Risk Priority Number (RPN) tertinggi terdapat pada kabel pendant dengan penyebab kegagalan sambungan kabel terputus karena posisi kabel yang tergantung sehingga ada kemungkinan kabel tertarik. Pada tabel Logic Tree Analysis dapat disimpulkan terdapat 4 kategori dari total 6 jenis failure mode, yaitu kategori A sebesar 0%, kategori B sebesar 83%, kategori C sebesar 17%, dan kategori D sebesar 0%.

ROTASI
<http://ejournal.undip.ac.id/index.php/rotasi>

One attachment • Scanned by Gmail



Bagian pertama Summary

Available Online at <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/rotasi>

p-ISSN : 1411-027X
e-ISSN : 2406-9620

Journal Teknik Mesin
IR
Universitas Diponegoro

ROTASI
MEDIA KOMUNIKASI ILMU DAN PROFESI BIDANG TEKNIK MESIN

Home About People Submissions Issue Announcements

Search contents

Mr Norman Iskandar

User

You are logged in as...
normaniskandar

- My Journals
- My Profile
- Log Out

Journal Content

Search

Search Scope
All

Search

Browse

- By Issue
- By Author
- By Title
- Other Journals
- Categories

Notifications

- View (4 new)
- Manage

Home / User / Author / Submissions / #41914 / Summary

#41914 Summary

Summary Review Editing

Submission

Authors	Norman Iskandar, Altalarik Pradiya, Sulardjaka Sulardjaka
Title	Studi dan Aplikasi Reliability Centered Maintenance pada Hoist Crane
Original file	41914-129023-1-SM.docx 08-10-2021
Supp. files	None
Submitter	Mr Norman Iskandar
Date submitted	October 8, 2021 - 03:58 AM
Section	Articles research
Editor	Paryanto Paryanto
Reviewers suggestion	Dr. Gunawan Hariyadi
Abstract Views	0

Status

Status	##mpgundip.submissions.published## Vol 23, No 4 (2021): VOLUME 23, NOMOR 4, OKTOBER 2021
Initiated	28-11-2021
Last modified	19-01-2022

Submission Metadata

Authors

Name	Norman Iskandar
Affiliation	Teknik Mesin Undip
Country	Indonesia

Bio Statement -

Principal contact for editorial correspondence.

Name	Altalarik Pradiya
Affiliation	Teknik Mesin Undip
Country	Indonesia

Bio Statement -

Name	Sulardjaka Sulardjaka
Affiliation	Teknik Mesin Undip
Country	Indonesia

Bio Statement -

Title and Abstract

Title	Studi dan Aplikasi Reliability Centered Maintenance pada Hoist Crane
Abstract	<p>PT. XYZ adalah perusahaan yang bergerak dalam bidang pengecoran logam. Produk utama yang dihasilkan adalah sambungan pipa. Untuk memastikan produksi terus berjalan, perusahaan dituntut untuk terus menjaga kondisi dari mesin yang digunakan untuk proses produksi. Hoist crane adalah salah satu mesin yang berperan sangat penting untuk proses produksi, mulai dari pengangkatan material yang akan dilebur, pengangkatan hasil peleburan material yang selanjutnya dituangkan dalam cetakan, dan juga pengangkatan hasil jadi dari proses pengecoran tersebut. Berdasarkan data yang diperoleh, mesin hoist crane memiliki frekuensi kerusakan yang paling banyak dibandingkan dengan mesin-mesin lainnya. Hal ini tentunya menyebabkan kerugian bagi perusahaan karena terjadinya penumpukan material dan biaya perawatan juga semakin mahal. Oleh karena itu diperlukan upaya untuk menurunkan tingkat kerusakan dari mesin hoist crane. Penelitian ini menggunakan metode Reliability Centered Maintenance (RCM). Metode ini digunakan karena dapat menentukan prioritas penanganan komponen serta jenis perawatan yang tepat terhadap komponen mesin. Pertama yang dilakukan adalah memahami hubungan fungsi antar komponen dengan membuat Functional Block Diagram (FBD). Selanjutnya mengidentifikasi masalah terkait dengan kegagalan komponen dengan menggunakan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). Dilanjutkan dengan pembuatan Logic Tree Analysis (LTA) yang bertujuan untuk mengklasifikasikan failure mode ke dalam beberapa kategori sehingga nantinya dapat ditentukan tingkat prioritas dalam penanganan masing-masing failure mode. Hasil analisa menunjukkan bahwa nilai Risk Priority Number (RPN) tertinggi terdapat pada kabel pendang dengan penyebab kegagalan sambungan kabel terputus karena posisi kabel yang tergantung sehingga ada kemungkinan kabel tertarik. Pada tabel Logic Tree Analysis dapat disimpulkan terdapat 4 kategori dari total 6 jenis failure mode, yaitu kategori A sebesar 0%, kategori B sebesar 83%, kategori C sebesar 17%, dan kategori D sebesar 0%.</p>
Notice	-
Original DOI	-
Indexing	
Keywords	FMEA, LTA, hoist crane, RCM
Language	id
Supporting Agencies / Funders	
Agencies/Funders	-
Agencies/Funders Doi	-

Penerbit: Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Alamat Redaksi: Gedung Administrasi Lantai II Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Undip Telp.(024)7460059, Facsimile: (024)7460059 ext.102 Email: rotasi@live.undip.ac.id

<http://ejournal.undip.ac.id/index.php/rotasi> licensed under a [Creative Commons Attribution NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/). View statistics: [DOI:10.24127/rotasi.v4i1.12345](#)



Undip Electronic Journal System (UEJS) - Copyright ©2025 Universitas Diponegoro. Powered by Public Knowledge Project DIS and Mason Publishing OJS theme.

Bagian kedua Review

The screenshot displays the submission review interface for article #41914. The page is titled "#41914 Review" and includes sections for Submission, Peer Review, and Editor Decision. The submission details are as follows:

Field	Value
Authors	Norman Iskandar, Altalirik Pradiya, Sulardjaka Sulardjaka
Title	Studi dan Aplikasi Reliability Centered Maintenance pada Hoist Crane
Section	Articles research
Editor	Paryanto Paryanto

The Peer Review section shows Round 1 with the following details:

Field	Value
Review Version	41914-129024-1-RV.docx 08-10-2021
Initiated	27-10-2021
Last modified	27-10-2021
Uploaded file	None

The Editor Decision section shows:

Field	Value
Decision	Accept Submission 19-11-2021
Notify Editor	<input type="checkbox"/> Editor/Author Email Record <input type="checkbox"/> No Comments
Editor Version	None
Author Version	41914-130666-1-ED.docx 03-11-2021

Below the Author Version, there is an "Upload Author Version" section with a "Choose File" button (no file chosen) and an "Upload" button. A red box highlights the Author Version row and the Upload Author Version section.

Pada artikel ini terdapat beberapa hal yang diminta direvisi. Contoh tampilan artikel awal, artikel dengan catatan untuk revisi dan Jawaban revisi disajikan berikut ini:

Versi awal submit:

41914-130666-1-ED • Saved

File Home Insert Draw Design Layout References Mailings Review View Help Grammarly Acrobat

Clipboard Font Paragraph Styles

Abstrak

Perusahaan yang bergerak dalam bidang pengecoran logam dengan produk utama yang dihasilkan adalah sambungan pipa. Untuk memastikan produksi terus berjalan, perusahaan menuntut untuk terus menjaga kondisi dari mesin yang digunakan untuk proses produksi. *Hoist crane* adalah salah satu mesin yang berperan sangat penting untuk proses produksi, mulai dari pengangkatan material yang akan dilebur, pengangkatan hasil peleburan material yang selanjutnya dituangkan dalam cetakan, dan juga pengangkatan hasil jadi dari proses pengecoran tersebut. Berdasarkan data yang diperoleh, mesin *hoist crane* memiliki frekuensi kerusakan yang paling banyak dibandingkan dengan mesin-mesin lainnya. Hal ini tentunya menyebabkan kerugian bagi perusahaan karena terjadinya penumpukan material dan biaya perawatan juga semakin mahal. Oleh karena itu diperlukan upaya untuk menurunkan tingkat kerusakan dari mesin *hoist crane*. Penelitian ini menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Metode ini digunakan karena dapat menentukan prioritas penanganan komponen serta jenis perawatan yang tepat terhadap komponen mesin. Pertama yang dilakukan adalah memahami hubungan fungsi antar komponen dengan membuat *Functional Block Diagram* (FBD). Selanjutnya mengidentifikasi masalah terkait dengan kegagalan komponen dengan menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Dilanjutkan dengan pembuatan *Logic Tree Analysis* (LTA) yang bertujuan untuk mengklasifikasikan *failure mode* ke dalam beberapa kategori sehingga nantinya dapat ditentukan tingkat prioritas dalam penanganan masing-masing *failure mode*. Hasil analisa menunjukkan bahwa nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi terdapat pada kabel *pendant* dengan penyebab kegagalan sambungan kabel terputus karena posisi kabel yang tergantung sehingga ada kemungkinan kabel tertarik. Pada tabel *Logic Tree Analysis* dapat disimpulkan terdapat 4 kategori dari total 6 jenis *failure mode*, yaitu kategori A sebesar 0%, kategori B sebesar 83%, kategori C sebesar 17%, dan kategori D sebesar 0%.

Kata kunci: FMEA, LTA, *hoist crane*, RCM, *Risk Priority Number*

Page 1 of 8 4003 words Indonesian Accessibility: Investigate

22:49 08/03/2025

41914-130666-1-ED • Saved

File Home Insert Draw Design Layout References Mailings Review View Help Grammarly Acrobat

Clipboard Font Paragraph Styles

Intermedate Flange Dan Kepling

Gambar 1. Hoist Crane [4]

Dari rekam data yang ada di PT. XYZ, mesin *hoist crane* memiliki frekuensi kerusakan komponen yang lebih banyak dibandingkan dengan mesin produksi lainnya. Hal ini menjadi sangat mengganggu dan merugikan secara waktu dan keuangan. Oleh karena itu diperlukan upaya untuk melakukan analisis kepada mesin *hoist crane* untuk mengetahui permasalahan yang menyebabkan kerusakan komponen yang nantinya bisa segera dilakukan pencegahan dengan memberikan perawatan yang terbaik agar frekuensi kerusakan bisa berkurang.

Perawatan dilakukan pada mesin/peralatan dimaksudkan agar tujuan komersil perusahaan dapat tercapai, dengan cara kegiatan *maintenance* dilakukan adalah untuk mencegah hal-hal yang berakibat buruk terhadap kinerja mesin atau alat seperti kerusakan. Kerusakan muncul bisa terjadi karena aus pemakaian, umur sudah terlalu tua, pengoperasian yang salah atau faktor lain menyebabkan alat atau mesin rusak lebih cepat dari seharusnya. Perawatan sebagai kegiatan pendukung bagi tujuan komersil, maka dalam penerapannya harus efektif, efisien dan berbiaya rendah [5,6]. Pemeliharaan juga mempengaruhi keandalan dan dengan demikian dapat memiliki konsekuensi lingkungan dan keselamatan [6].

Perawatan dapat dikategorikan dalam dua kelompok yaitu perawatan terencana (*planned maintenance*) dan perawatan tidak terencana (*unplanned maintenance*). Salah satu metode analisis dan implementasi untuk perawatan adalah *Reliability Centered Maintenance* (RCM). RCM termasuk bagian dari pemeliharaan atau perawatan terencana. Penerapan RCM focus terhadap hal-hal yang mempengaruhi kehandalan sistem pada sumber daya pemeliharaan, sehingga membuat biaya program pemeliharaan dapat efektif dalam waktu jangka panjang [6].

Page 1 of 8 4003 words Indonesian Accessibility: Investigate

22:50 08/03/2025

Gunawan Dwi Haryadi
Risk Priority Number can added keyword.

Norman Iskandar
Keywords: FMEA, LTA, hoist crane, RCM, Risk Priority Number

Reply

Gunawan Dwi Haryadi
Diberi keterangan di narasi, karena tidak ada penjelasan di narasi. Jenis crane dalam gambar tersebut.

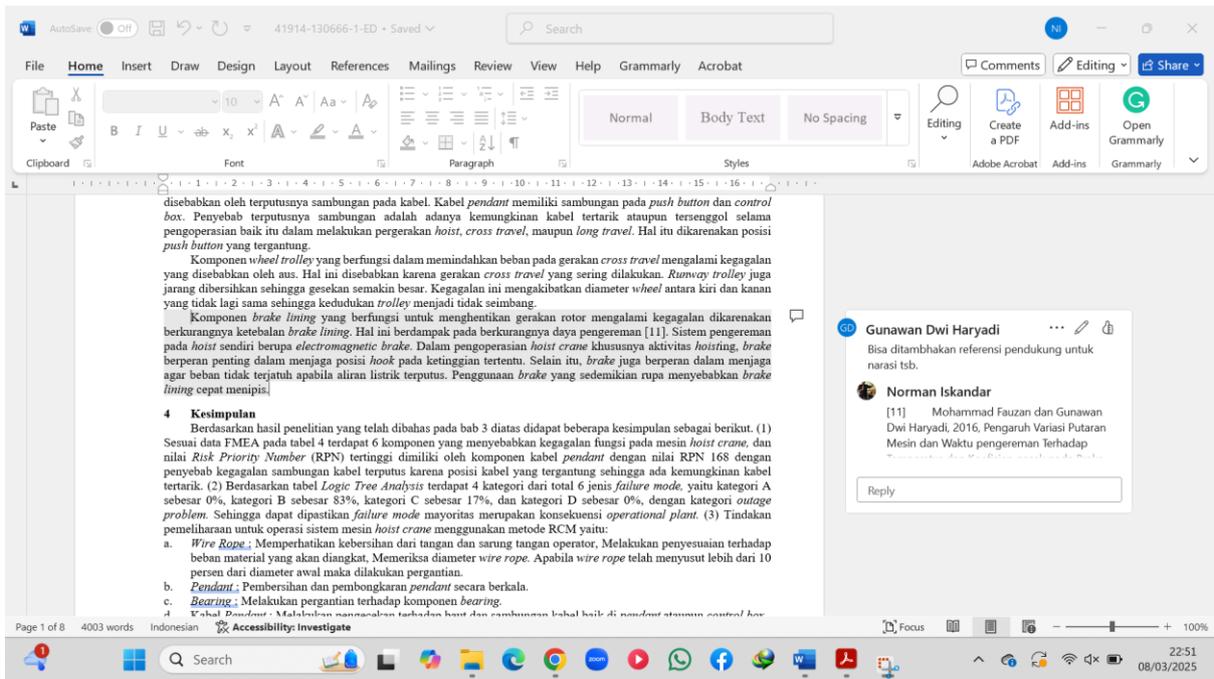
Norman Iskandar
Salah satu tipe hoist crane yang digunakan seperti terlihat pada Gambar 1.

Reply

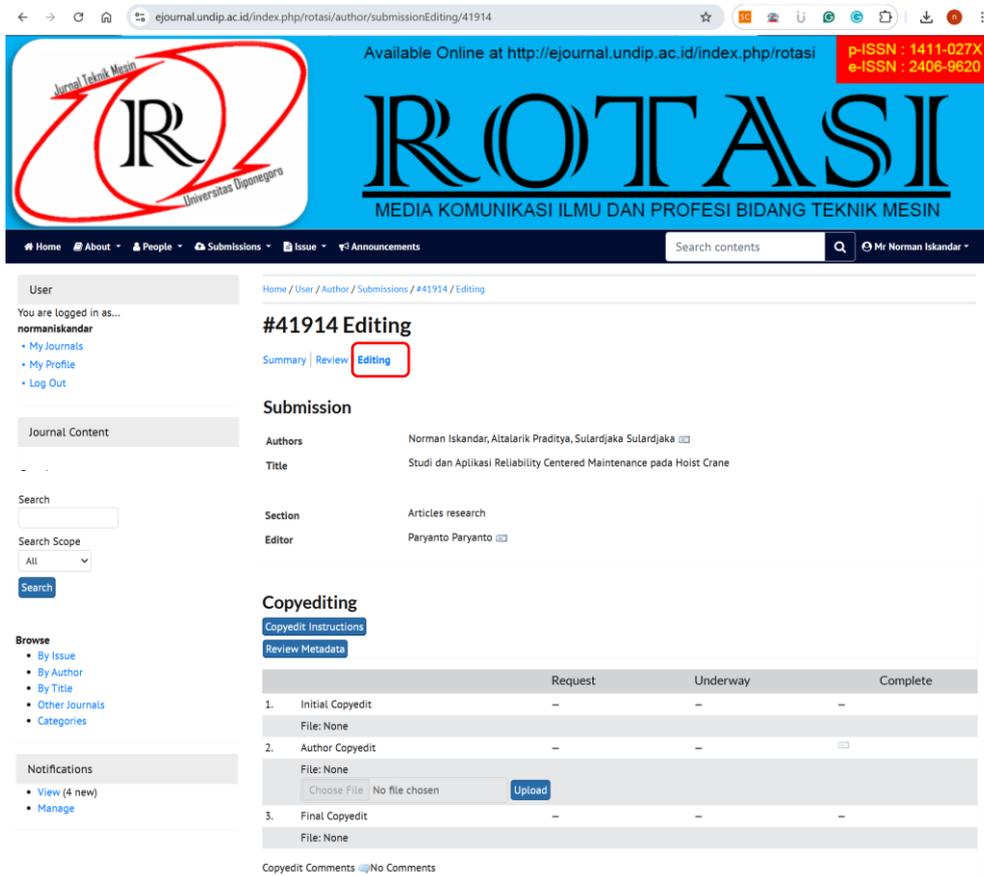
Gunawan Dwi Haryadi
Perawatan...

Norman Iskandar
Perawatan

Reply



Bagian terakhir yaitu Editing. Perubahan file sebelum revisi dan setelah revisi secara utuh dapat dilihat Ketika dua file tersebut didownload. File dengan kode PB dibelakang berarti file sudah siap untuk dipublikasikan.



Layout

Galley Format	File
1. PDF View Proof	41914-132580-1-PB.pdf 28-11-2021 0

Supplementary Files File

None

Layout Comments [No Comments](#)

Proofreading

[Review Metadata](#)

	Request	Underway	Complete
1. Author	-	-	<input type="checkbox"/>
2. Proofreader	-	-	-
3. Layout Editor	-	-	-

Proofreading Corrections [No Comments](#) [Proofing Instructions](#)

Penerbit: Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Alamat Redaksi: Gedung Administrasi Lantai II Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Undip Telp.(024)7460059, Facsimile: (024)7460059 ext.102 Email: rotasi@tme.undip.ac.id

<http://ejournal.undip.ac.id/index.php/rotasi> licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License](#). View statistics: **00459444**

UJedip Electronic Journal System (UJES) - Copyright ©2025. [Indonesian Dissemation](#). Download by [Public Knowledge Direct OJS](#) and [Mason Publication OJS theme](#).

22:37 08/03/2025

Berikut akan kami lampirkan:

1. File Awal Asli (41914-129024-1-RV)
2. File yang ada catatan revisi dan jawaban revisi (41914-130666-1-ED)
3. File terakhir hasil perbaikan siap untuk publish (41914-132580-1-PB)

Studi dan Aplikasi *Reliability Centered Maintenance* pada *Hoist Crane*

Norman Iskandar*, Sulardjaka, Altalarik Pradyta

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang

*E-mail: norman.undip@gmail.com

Abstract

PT. XYZ is a company engaged in metal casting. The main products produced are pipe joints. To ensure that production continues, companies are required to continue to maintain the condition of the machines used for the production process. The hoist crane is one of the machines that plays a very important role in the production process, starting from lifting the material to be melted, lifting the smelted material which is then poured into the mold, and also lifting the finished product from the casting process. Based on the data obtained, the hoist crane machine has the highest frequency of damage compared to other machines. This of course causes losses for the company because of the accumulation of materials and maintenance costs are also increasingly expensive. Therefore, efforts are needed to reduce the level of damage from the hoist crane machine. This study uses the method of Reliability Centered Maintenance (RCM). This method is used because it can determine the priority of component handling and the right type of maintenance for machine components. The first thing to do is to understand the functional relationship between components by making a Functional Block Diagram (FBD). Next, identify problems related to component failure using Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). Followed by making Logic Tree Analysis (LTA) which aims to classify failure modes into several categories so that later the priority level can be determined in handling each failure mode. The results of the analysis show that the highest Risk Priority Number (RPN) is found in pendant cables with the cause of the failure of the cable connection being disconnected due to the position of the hanging cable so there is a possibility that the cable is pulled. In the Logic Tree Analysis table, it can be concluded that there are 4 categories out of a total of 6 types of failure modes, namely category A at 0%, category B at 83%, category C at 17%, and category D at 0%.

Kata kunci: *FMEA, LTA, hoist crane, RCM*

Abstrak

PT. XYZ adalah perusahaan yang bergerak dalam bidang pengecoran logam. Produk utama yang dihasilkan adalah sambungan pipa. Untuk memastikan produksi terus berjalan, perusahaan dituntut untuk terus menjaga kondisi dari mesin yang digunakan untuk proses produksi. *Hoist crane* adalah salah satu mesin yang berperan sangat penting untuk proses produksi, mulai dari pengangkatan material yang akan dilebur, pengangkatan hasil peleburan material yang selanjutnya dituangkan dalam cetakan, dan juga pengangkatan hasil jadi dari proses pengecoran tersebut. Berdasarkan data yang diperoleh, mesin *hoist crane* memiliki frekuensi kerusakan yang paling banyak dibandingkan dengan mesin-mesin lainnya. Hal ini tentunya menyebabkan kerugian bagi perusahaan karena terjadinya penumpukan material dan biaya perawatan juga semakin mahal. Oleh karena itu diperlukan upaya untuk menurunkan tingkat kerusakan dari mesin *hoist crane*. Penelitian ini menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Metode ini digunakan karena dapat menentukan prioritas penanganan komponen serta jenis perawatan yang tepat terhadap komponen mesin. Pertama yang dilakukan adalah memahami hubungan fungsi antar komponen dengan membuat *Functional Block Diagram* (FBD). Selanjutnya mengidentifikasi masalah terkait dengan kegagalan komponen dengan menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Dilanjutkan dengan pembuatan *Logic Tree Analysis* (LTA) yang bertujuan untuk mengklasifikasikan *failure mode* ke dalam beberapa kategori sehingga nantinya dapat ditentukan tingkat prioritas dalam penanganan masing-masing *failure mode*. Hasil analisa menunjukkan bahwa nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi terdapat pada kabel *pendant* dengan penyebab kegagalan sambungan kabel terputus karena posisi kabel yang tergantung sehingga ada kemungkinan kabel tertarik. Pada tabel *Logic Tree Analysis* dapat disimpulkan terdapat 4 kategori dari total 6 jenis *failure mode*, yaitu kategori A sebesar 0%, kategori B sebesar 83%, kategori C sebesar 17%, dan kategori D sebesar 0%.

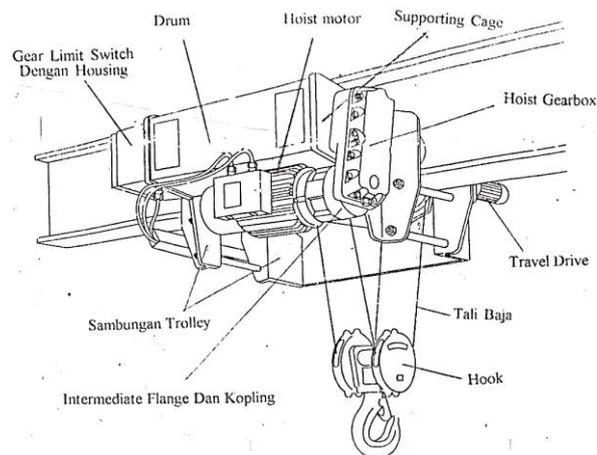
Kata kunci: *FMEA, LTA, hoist crane, RCM*

1. Pendahuluan

Peran dari produk logam dalam perkembangan teknologi dan peradaban manusia sangatlah besar, mulai dari peralatan rumah tangga sampai dengan bahan mesin berat sekalipun. Dalam teknik pengolahan logam sendiri terdiri dari banyak cara dan salah satunya adalah teknik pengecoran logam. Teknik pengecoran (*casting*) sendiri adalah dimana logam dicairkan dalam tungku peleburan kemudian dituangkan kedalam rongga cetakan yang serupa dengan bentuk asli dari produk cor yang akan dibuat. [1]

PT XYZ adalah salah satu perusahaan yang bergerak pada bidang pengecoran logam berfokus pada pembuatan sambungan pipa. Dengan kebutuhan produksi yang bisa dibilang cukup besar maka status mesin harus selalu dalam keadaan yang prima, oleh sebab itu kegiatan perawatan memiliki peran yang sangat penting untuk mendukung berjalannya suatu sistem sesuai dengan yang diinginkan. Selain itu, kegiatan perawatan juga bisa meminimalkan biaya yang ditimbulkan oleh kerusakan mesin. Suatu mesin terdiri dari beberapa komponen penting yang mendukung kelancaran operasi sistem mesin tersebut, sehingga apabila terdapat satu komponen dari mesin yang mengalami kerusakan maka akan mengakibatkan kerugian bagi perusahaan karena berhentinya proses produksi. Oleh karena itu sangat diperlukan perencanaan kegiatan perawatan bagi setiap komponen mesin produksi agar sumber daya yang ada bisa dimanfaatkan dengan maksimal. [2]

Salah satu alat penting yang banyak beroperasi selama proses produksi di PT. XYZ adalah *Hoist Crane*. *Hoist Crane*, merupakan alat berat pengangkut dan pembawa barang yang berfungsi untuk memindahkan barang dari satu tempat ke tempat lain dengan jarak yang sudah diatur dan ditentukan. Kapasitas angkat dan angkut *hoist crane* bisa mencapai berton-ton tergantung dari spesifikasi *Hoist Crane* sendiri. Beberapa jenis *Hoist Crane* diantaranya *Overhead Crane Single Girder*, *Overhead Crane Double Girder*, *Semi Gantry Crane*, *Gantry Crane*, *Suspension Crane* dan *Jib Crane* [3]. Dengan aktifitas jam operasi yang tinggi maka dapat berakibat potensi kerusakan akan lebih tinggi dibanding mesin produksi yang lain. Hal ini menjadi bahan pertimbangan bagaimana membuat jadwal perawatan yang baik sehingga alat akan selalu tersedia dan beroperasi dengan performa sesuai kebutuhan.



Gambar 1. *Hoist Crane* [4]

Dari rekam data yang ada di PT. XYZ, mesin *hoist crane* memiliki frekuensi kerusakan komponen yang lebih banyak dibandingkan dengan mesin produksi lainnya. Hal ini menjadi sangat mengganggu dan merugikan secara waktu dan keuangan. Oleh karena itu diperlukan upaya untuk melakukan analisis kepada mesin *hoist crane* untuk mengetahui permasalahan yang menyebabkan kerusakan komponen yang nantinya bisa segera dilakukan pencegahan dengan memberikan perawatan yang terbaik agar frekuensi kerusakan bisa berkurang.

Perawatan dilakukan pada mesin/peralatan dimaksudkan agar tujuan komersil perusahaan dapat tercapai, dengan cara kegiatan maintenance dilakukan adalah untuk mencegah hal-hal yang berakibat buruk terhadap kinerja mesin atau alat seperti kerusakan. Kerusakan muncul bisa terjadi karena aus pemakaian, umur sudah terlalu tua, pengoperasian yang salah atau faktor lain menyebabkan alat atau mesin rusak lebih cepat dari seharusnya. Perawatan sebagai kegiatan pendukung bagi tujuan komersial, maka dalam penerapannya harus efektif, efisien dan berbiaya rendah [5,6]. Pemeliharaan juga mempengaruhi keandalan dan dengan demikian dapat memiliki konsekuensi lingkungan dan keselamatan [6].

Perawatan dapat dikategorikan dalam dua kelompok yaitu perawatan terencana (*planned maintenance*) dan perawatan tidak terencana (*unplanned maintenance*). Salah satu metode analisis dan implementasi untuk perawatan adalah *Reliability Centered Maintenance* (RCM). RCM termasuk bagian dari pemeliharaan atau perawatan terencana. Penerapan RCM fokus terhadap hal-hal yang mempengaruhi kehandalan sistem pada sumber daya pemeliharaan, sehingga membuat biaya program pemeliharaan dapat efektif dalam waktu jangka panjang [6].

Dari komponen yang ada pada mesin *hoist crane* seperti terlihat pada Gambar 1, akan dianalisis komponen apa saja yang memiliki status komponen kritis yang berkontribusi menyebabkan frekuensi kerusakan tinggi. Setelah diketahui komponen mana yang berkontribusi kepada kerusakan, selanjutnya akan dianalisis konsep tindakan perawatan yang tepat untuk komponen mesin *hoist crane* tersebut. Penelitian ini sekaligus juga untuk memetakan kondisi mesin *hoist crane*, apakah dalam kondisi baik atau tidak, lalu mengetahui penyebab kegagalan yang sering terjadi pada mesin *hoist crane*, dan mengetahui jenis mode kegagalan pada mesin *hoist crane* serta kategori-kategori dari mode kegagalan mesin *hoist crane*.

2. Metode Penelitian

Metodologi yang digunakan pada penelitian kali ini adalah analisis menggunakan *reliability centered maintenance* untuk bisa mengetahui kerusakan yang dialami oleh komponen mesin dan selanjutnya diberikan tindakan perawatan kepada komponen *hoist crane* tersebut.

2.1 Tahapan Dalam *Reliability Centered Maintenance*

Berikut adalah tahapan-tahapan yang ada dalam analisis menggunakan metode *reliability centered maintenance*.

a. Pemilihan Sistem dan Pengumpulan Data

Pemilihan sistem dapat didasarkan pada beberapa aspek kriteria yaitu [7]:

1. Sistem yang mendapat perhatian yang tinggi karena berkaitan dengan masalah keselamatan (*safety*) dan lingkungan.
2. Sistem yang memiliki *preventive maintenance* dan atau biaya *preventive maintenance* yang tinggi.
3. Sistem yang memiliki tindakan *corrective maintenance* dan atau biaya *corrective maintenance* yang tinggi.

b. Definisi Batasan Sistem (*System Boundary Definition*)

Defenisi Batasan Sistem ini berfungsi untuk mendefinisikan batasan-batasan suatu sistem yang akan dianalisis dengan *Reliability Centered Maintenance* (RCM), berisikan apa yang harus dimasukkan dan yang tidak dimasukkan ke dalam sistem sehingga semua fungsi dapat diketahui dengan jelas [7].

c. Deskripsi Sistem dan Diagram Blok Fungsional

Deskripsi sistem dan diagram blok merupakan representasi dari fungsi-fungsi utama sistem yang berupa blok-blok yang berisi fungsi-fungsi dari setiap subsistem yang menyusun sistem tersebut [7].

d. *System Function and Functional Failure*

Fungsi merupakan kinerja yang diharapkan oleh suatu sistem untuk dapat beroperasi. *Functional failure* (FF) merupakan ketidakmampuan suatu komponen atau sistem dalam memenuhi standar prestasi (*performance standard*) yang diharapkan [7].

e. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Failure Modes and Effect Analysis (FMEA) disusun berdasarkan fungsi komponen dan laporan maintenance yang kemudian dapat ditentukan berbagai penyebab kegagalan yang menimbulkan kegagalan fungsi serta dampak yang diakibatkan dari kegagalan fungsi tersebut. Penilaian severity, occurrence, dan detection. Rumus perhitungan *risk priority number* (RPN) dapat dilihat pada Persamaan 1. sebagai berikut [8]:

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

Dimana nilai S adalah *severity*, O menunjukkan nilai *occurrence*, dan nilai D adalah *detection*. Nilai S atau *severity* merupakan sebuah penilaian pada tingkat keseriusan suatu efek atau akibat dari potensi kegagalan pada proses yang dianalisis. (McDermott dkk., 2009). Dampak dari rating tersebut mulai skala 1 sampai 10, dimana skala 1 merupakan dampak paling ringan sedangkan 10 merupakan dampak terburuk dan penentuan terhadap rating. *Occurrence* merupakan rating yang mengacu pada beberapa frekuensi terjadinya cacat pada produk isolator. Nilai frekuensi kegagalan menunjukkan adanya keseringan suatu masalah yang terjadi akibat *potential cause*. *Detection* adalah sebuah kontrol proses yang akan mendeteksi secara spesifik akar penyebab dari kegagalan. *Detection* adalah sebuah pengukuran untuk mengendalikan kegagalan yang dapat terjadi.

f. *Logic Tree Analysis*

Penyusunan *Logic Tree Analysis* (LTA) merupakan proses kualitatif yang digunakan untuk mengetahui konsekuensi yang ditimbulkan oleh masing-masing *failure mode*. Tujuan *Logic Tree Analysis* (LTA) adalah mengklasifikasikan *failure mode* ke dalam beberapa kategori sehingga nantinya dapat ditentukan tingkat prioritas dalam penanganan masing-masing *failure mode* berdasarkan kategorinya [9]. Berdasarkan LTA tersebut *failure mode* dapat digolongkan dalam empat kategori yaitu [10] :

1. Kategori A (*Safety Problem*), jika *failure mode* mempunyai konsekuensi dapat melukai atau mengancam jiwa seseorang.
2. Kategori B (*Outage Problem*), jika *failure mode* mempunyai konsekuensi terhadap *operasional plant* (mempengaruhi kuantitas ataupun kualitas output) yang dapat menyebabkan kerugian ekonomi secara signifikan atau dapat mematikan sistem.

3. Kategori C (*Minor to Investigation Economic Problem*), jika *failure mode* tidak berdampak pada *safety* maupun *operasional plant*. Dampaknya hanya menyebabkan kerugian ekonomi yang relatif kecil dan dapat diabaikan.
4. Kategori D (*Hidden Failure*), jika *failure mode* tergolong sebagai *hidden failure*, yang kemudian digolongkan lagi ke dalam kategori D/A, kategori D/B, dan kategori D/C.

2.2 Pemilihan Tindakan

Pemilihan tindakan merupakan tahap terakhir dari proses analisa RCM. Dari tiap mode kerusakan dibuat daftar tindakan yang mungkin untuk dilakukan dan selanjutnya memilih tindakan yang paling efektif. Dalam pelaksanaannya pemilihan tindakan dapat dilakukan dengan empat cara yaitu [6] :

- a. *Time Directed* (TD) Suatu tindakan yang bertujuan melakukan pencegahan langsung terhadap sumber kerusakan peralatan yang didasarkan pada waktu atau umur komponen.
- b. *Condition Directed* (CD) Suatu tindakan yang bertujuan untuk mendeteksi kerusakan dengan cara memeriksa alat. Apabila dalam pemeriksaan ditemukan gejala-gejala kerusakan.
- c. *Failure Finding* (FF) Suatu tindakan yang bertujuan untuk menemukan kerusakan peralatan yang tersembunyi dengan pemeriksaan berkala.
- d. *Run to Failure* (RTF) Suatu tindakan yang menggunakan peralatan sampai rusak, karena tidak ada tindakan yang ekonomis dapat dilakukan untuk pencegahan kerusakan.

3 Hasil dan Pembahasan

3.1 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) disusun untuk mengetahui dan menganalisis terjadinya kegagalan tertinggi pada komponen kritis sehingga dapat ditentukan strategi perawatan yang tepat dan dapat menyelesaikan permasalahan. FMEA didasari atas tiga faktor yaitu *severity*, *occurrence*, dan *detection*. Dengan adanya FMEA, permasalahan dapat diselesaikan dengan lebih fokus dan terarah.

a. Perhitungan Nilai Severity

Severity merupakan langkah yang digunakan untuk mengetahui seberapa besar dampak suatu kejadian terhadap sistem maupun *output* proses. Nilai *severity* diperoleh melalui diskusi dengan pihak perusahaan dalam hal ini bagian *maintenance*. Nilai *severity* komponen mesin *hoist crane* disajikan pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Nilai Severity

No	Komponen	Efek	Rank
1	Wire Rope	Tinggi	7
2	Pendant	Tinggi	7
3	Bearing	Tinggi	7
4	Kabel Pendant	Tinggi	7
5	Wheel Trolley	Tinggi	7
6	Brake Lining	Tinggi	7

Dari tabel 1 diketahui bahwa keenam komponen memiliki nilai *severity* yang sama yaitu 7. Keenam komponen tersebut dapat digolongkan kedalam rank 7 karena keenam komponen tersebut apabila mengalami suatu kerusakan maka sistem masih beroperasi tetapi tidak bisa dijalankan secara penuh.

b. Perhitungan nilai Occurrence

Nilai *occurrence* ditentukan berdasarkan berapa banyak frekuensi *failure* terjadi dalam satu tahun. Nilai *occurrence* didapat dari data kegagalan masing-masing komponen. Nilai *occurrence* masing-masing komponen dapat dilihat pada Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Nilai Occurrence

No	Komponen	Tingkat Kegagalan	Level	Rank
1	Wire Rope	Kegagalan setiap 4 bulan	Sedang	5
2	Pendant	Kegagalan setiap 3 bulan	Sedang	6
3	Bearing	Kegagalan setiap 6 bulan	Rendah	3
4	Kabel Pendant	Kegagalan setiap 1,3 bulan	Tinggi	8
5	Wheel Trolley	Kegagalan setiap 1 tahun	Rendah	2
6	Brake Lining	Kegagalan setiap 1 tahun	Rendah	2

Dari data tabel 2 diketahui bahwa nilai *occurrence* tertinggi dimiliki oleh komponen kabel *pendant*. Komponen kabel *pendant* memiliki level *occurrence* tinggi dikarenakan berdasarkan data historis komponen tersebut mengalami 9 kali kegagalan selama satu tahun. Itu artinya kegagalan terjadi hampir setiap bulan. Komponen *wire rope* dan *pendant* memiliki level *occurrence* sedang karena kedua komponen ini mengalami kegagalan sebanyak tiga dan empat kali selama

selama satu tahun. Komponen *bearing*, *wheel trolley* dan *brake lining* berada di level rendah karena komponen ini mengalami kerusakan hanya satu dan dua kali selama satu tahun.

c. Perhitungan Nilai *Detection*

Nilai *detection* ditentukan berdasarkan kemungkinan metode deteksi saat ini dapat mendeteksi *potential failure mode*. Nilai *detection* didapat dari wawancara dengan bagian *maintenance*. Nilai *detection* masing-masing komponen dapat dilihat pada Tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Nilai *Detection*

No	Komponen	Deteksi	Rank
1	<i>Wire Rope</i>	Tinggi	3
2	<i>Pendant</i>	Tinggi	3
3	<i>Bearing</i>	Tinggi	3
4	Kabel <i>Pendant</i>	Tinggi	3
5	<i>Wheel Trolley</i>	Sedang	5
6	<i>Brake Lining</i>	Sedang	5

Berdasarkan tabel 3 diketahui bahwa komponen *wheel trolley* dan *brake lining* sama-sama memiliki kemungkinan deteksi sedang dan memiliki nilai 5. Nilai 5 berarti komponen-komponen tersebut sedang untuk dideteksi keagalannya. Komponen lainnya yaitu *wire rope*, *pendant*, *bearing*, dan kabel *pendant* memiliki kemungkinan yang tinggi untuk dideteksi dan bernilai 3. Nilai 3 yang berarti tingkat untuk mendeteksi kegagalan pada komponen ini tinggi.

d. Perhitungan Nilai RPN

Pada *subbab* ini dilakukan perhitungan nilai *risk priority number* (RPN). Perhitungan nilai RPN berguna untuk mempertimbangkan tindakan dalam rangka mengurangi kekritisan dan meningkatkan proses. Nilai RPN didapat dengan mengalikan nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection* yang telah didapat sebelumnya. Pada Tabel 4 disajikan tabel *Reliability Centered Maintenance* (RCM) *Information Worksheet* yang memuat FMEA dan nilai RPN dari masing-masing komponen.

Tabel 4. RCM *Information Worksheet*

RCM INFORMATION WORKSHEET		System	Facilitator:							
		Subsystem	Auditor:							
Equipment	Function	FUNCTIONAL FAILUR	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT	S	O	D	RPN	% RPN	
<i>Wire Rope</i>	Media dalam pengangkatan material yang menghubungkan <i>drum</i> dan <i>hook</i>	Hubungan antara <i>drum</i> dan <i>hook</i> terputus atau slip sehingga tidak terjadi aktifitas mesin <i>hoist</i>	1a Berkurangnya diameter wire rope disebabkan overload dan korosi	Aktifitas hoist gagal seperti material yang diangkat tersangkut atau jatuh	7	5	3	105	17,5	
<i>Pendant</i>	Papan berisi tombol-tombol pengarah gerakan mesin <i>hoist crane</i>	Tombol untuk mengoperasikan mesin tidak berfungsi	1b Bagian dalam remot kotor karena debu dan pegas dalam remot melemah	Tombol lengket dan perintah yang diberikan tidak bisa dijalankan oleh mesin	7	6	3	126	20,9	
<i>Bearing</i>	Menstabilkan putaran dan menahan pergerakan <i>shaft</i>	Putaran <i>shaft</i> tidak stabil dan terjadi getaran yang berlebih hingga menyebabkan <i>bearing</i> pecah	1c Pelumasan yang kurang, pembersihan jarang dilakukan, serta pelumas yang tercampur	Gaya gesek terhadap permukaan <i>bearing</i> bertambah sehingga menimbulkan panas dan keausan dini	7	3	3	63	10,5	

Kabel <i>Pendant</i>	Mengontrol gerakan <i>crane</i> baik gerakan <i>hoist</i> , <i>cross travel</i> , dan <i>long travel</i>	Fungsi <i>hoist</i> , <i>cross travel</i> dan <i>long travel</i> tidak bisa berjalan dengan baik	ld	Sambungan kabel terputus karena posisi kabel yang tergantung sehingga ada kemungkinan kabel tertarik	Perintah dari operator tidak diteruskan kepada mesin sehingga mesin tidak bergerak	7	8	3	168	27,9
<i>Wheel Trolley</i>	Bergerak pada runway untuk memindahkan beban pada gerakan <i>cross travel</i>	Aktifitas <i>cross travel</i> terganggu	le	Aus yang disebabkan tingkat pemakaian yang tinggi dan runway jarang dibersihkan	Diameter antar roda tidak sama yang menyebabkan kedudukan trolley tidak seimbang sehingga membahayakan aktifitas <i>cross travel</i>	7	2	5	70	11,6
<i>Brake Lining</i>	Menghentikan gerakan rotor dengan menggunakan <i>brake lining</i> pada <i>base plate</i>	Rotor tidak langsung berhenti	lf	Brak lining menipis	rotor tidak langsung berhenti sehingga memungkinkan terjadinya slip	7	2	5	70	11,6

e. *Logic Tree Analysis*

Berikut adalah tahapan setelah melakukan perhitungan FMEA yaitu LTA dapat dilihat pada tabel 5 dibawah ini.

Tabel 5. *Logic Tree Analysis*

No	Komponen	<i>Failure Mode</i>	<i>Failure Effect</i>			<i>Category</i>
			<i>Evident</i>	<i>Safety</i>	<i>Outage</i>	
1	<i>Wire Rope</i>	Berkurangnya diameter <i>wire rope</i> disebabkan <i>overload</i> dan korosi	Y	Y	Y	B
2	<i>Pendant</i>	Bagian dalam remot kotor karena debu dan pegas dalam remot melemah	Y	N	Y	C
3	<i>Bearing</i>	Pelumasan yang kurang, pembersihan jarang dilakukan, serta pelumas yang tercampur	Y	N	Y	B
4	Kabel <i>Pendant</i>	Sambungan kabel terputus karena posisi kabel yang tergantung sehingga ada kemungkinan kabel tertarik	Y	Y	Y	B
5	<i>Wheel Trolley</i>	Aus yang disebabkan tingkat pemakaian yang tinggi dan runway jarang dibersihkan	Y	N	Y	B
6	<i>Brake Lining</i>	<i>Brake lining</i> menipis	Y	N	Y	B

Menurut data pada Tabel 5, tabel tersebut menganalisis mengenai keseluruhan bagian dari *hoist crane*. Dari tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa *failure mode* dengan kategori A sebesar 0% kategori B sebesar 83%, kategori C sebesar

17%, kategori D sebesar 0%. Sehingga dapat dipastikan *failure mode* mayoritas merupakan konsekuensi *operational plant*.

3.2 Analisis Pembahasan *Failure Mode and Effect Analysis*

Tabel *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dapat dilihat pada tabel 5.7. terapat 6 komponen yang dibahas dalam FMEA pada penelitian ini yaitu *wire rope*, *pendant*, *bearing*, kabel *pendant*, *wheel trolley*, *brake lining*. Komponen *pendant* yang berfungsi untuk mengarahkan gerakan *hoist crane* mengalami kegagalan dikarenakan kotornya bagian dalam dari *pendant* ini sendiri yang mengakibatkan penumpukan kotoran pada tempat yang akhirnya bisa membuat tombol *pendant* tidak berfungsi.

Komponen *wire rope* yang berfungsi sebagai media pengangkatan material mengalami penyusutan pada diameternya. Penyusutan diameter ini disebabkan oleh beban material yang berlebihan (*overload*) dan adanya korosi. *Overload* disebabkan operator tidak dapat memperkirakan beban material yang akan diangkat. *Overload* menyebabkan serat-serat baja yang menyusun *wire rope* terputus sehingga diameternya menyusut. Korosi disebabkan adanya kontaminasi kotoran yang terbawa pada sarung tangan operator maupun tangan operator, dan juga ketidak hati-hatian operator dalam mengoperasikan mesin *hoist* bisa menyebabkan *wire rope* selip di dalam *drum*.

Komponen *bearing* yang berfungsi menstabilkan putaran dan getaran pada shaft mengalami kegagalan yang disebabkan komponen *bearing* yang aus. Kegagalan tersebut disebabkan masalah pelumasan dan kontaminasi. *Bearing* yang digunakan merupakan *bearing* tanpa *seal* sehingga diperlukan pelumasan yang berkala. Dan biasanya dalam melakukan pelumasan, komponen *bearing* tidak dibersihkan terlebih dahulu sehingga pelumas yang lama tercampur dengan pelumas yang baru. Hal ini dapat mempengaruhi kekentalan dari pelumas yang dapat berakibat pada gaya gesek bertambah. Kotoran yang tidak dibersihkan juga dapat menyebabkan pengendapan pada *track* sehingga menyebabkan gesekan yang berlebihan antara *ball* pada *bearing* dengan kotoran yang mengendap. Gesekan yang berlebihan ini dapat menghasilkan panas yang berlebih dan keausan dini.

Komponen kabel *pendant* yang berfungsi untuk mengontrol pergerakan *crane* mengalami kegagalan yang disebabkan oleh terputusnya sambungan pada kabel. Kabel *pendant* memiliki sambungan pada *push button* dan *control box*. Penyebab terputusnya sambungan adalah adanya kemungkinan kabel tertarik ataupun tersenggol selama pengoperasian baik itu dalam melakukan pergerakan *hoist*, *cross travel*, maupun *long travel*. Hal itu dikarenakan posisi *push button* yang tergantung.

Komponen *wheel trolley* yang berfungsi dalam memindahkan beban pada gerakan *cross travel* mengalami kegagalan yang disebabkan oleh aus. Hal ini disebabkan karena gerakan *cross travel* yang sering dilakukan. *Runway trolley* juga jarang dibersihkan sehingga gesekan semakin besar. Kegagalan ini mengakibatkan diameter *wheel* antara kiri dan kanan yang tidak lagi sama sehingga kedudukan *trolley* menjadi tidak seimbang.

Komponen *brake lining* yang berfungsi untuk menghentikan gerakan rotor mengalami kegagalan dikarenakan berkurangnya ketebalan *brake lining*. Hal ini berdampak pada berkurangnya daya pengereman. Sistem pengereman pada *hoist* sendiri berupa *electromagnetic brake*. Dalam pengoperasian *hoist crane* khususnya aktivitas *hoisting*, *brake* berperan penting dalam menjaga posisi *hook* pada ketinggian tertentu. Selain itu, *brake* juga berperan dalam menjaga agar beban tidak terjatuh apabila aliran listrik terputus. Penggunaan *brake* yang sedemikian rupa menyebabkan *brake lining* cepat menipis.

4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dibahas pada bab 3 diatas didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut. (1) Sesuai data FMEA pada tabel 4 terdapat 6 komponen yang menyebabkan kegagalan fungsi pada mesin *hoist crane*, dan nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi dimiliki oleh komponen kabel *pendant* dengan nilai RPN 168 dengan penyebab kegagalan sambungan kabel terputus karena posisi kabel yang tergantung sehingga ada kemungkinan kabel tertarik. (2) Berdasarkan tabel *Logic Tree Analysis* terdapat 4 kategori dari total 6 jenis *failure mode*, yaitu kategori A sebesar 0%, kategori B sebesar 83%, kategori C sebesar 17%, dan kategori D sebesar 0%, dengan kategori *outage problem*. Sehingga dapat dipastikan *failure mode* mayoritas merupakan konsekuensi *operational plant*. (3) Tindakan pemeliharaan untuk operasi sistem mesin *hoist crane* menggunakan metode RCM yaitu:

- a. *Wire Rope* : Memperhatikan kebersihan dari tangan dan sarung tangan operator, Melakukan penyesuaian terhadap beban material yang akan diangkat, Memeriksa diameter *wire rope*. Apabila *wire rope* telah menyusut lebih dari 10 persen dari diameter awal maka dilakukan pergantian.
- b. *Pendant* : Pembersihan dan pembongkaran *pendant* secara berkala.
- c. *Bearing* : Melakukan pergantian terhadap komponen *bearing*.
- d. Kabel *Pendant* : Melakukan pengecekan terhadap baut dan sambungan kabel baik di *pendant* ataupun *control box*.
- e. *Wheel Trolley* : Memeriksa diameter *wheel trolley*. Apabila terdapat perbedaan diameter 8% antara *wheel* kiri dan kanan maka dilakukan pergantian, Memeriksa abrasi dan membersihkan permukaan *wheel* dan *runway* dari kotoran.
- f. *Brake Lining* : Melakukan pengecekan terhadap ketebalan *brake lining*. Apabila sudah terlalu tipis maka dilakukan pergantian, Melakukan penyesuaian *air gap* pada *brake lining*.

Daftar Pustaka

- [1] Puspitasari, Poppy., 2014, “Analisis Hasil Pengecoran Logam AL-SI Menggunakan Lumpur Lapindo Sebagai Pengikat Pasir Cetak”, Jurnal Teknik Mesin, Malang.
- [2] Asisco, Hendro., Amar, Kifayah., Perdana, Y.R., 2012, “Usulan Perancangan Perawatan Mesin Dengan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) di PT. Perkebunan Nusantara VII (Persero) Unit Usaha Sungai Niru Kab.Muara Enim, Kaunia, Vol VIII No.2 : 78-98.
- [3] <http://kmmi.co.id/learning-paa/jenis-dan-prinsip-kerja-hoist-crane/> akses 8 September 2021 pukul 8.52 WIB
- [4] Alim Saadi, 2011, Buku Panduan Pemeriksaan Alat Angkat dan Angkut, Inspektur Pesawat Angkat Migas (IPA MIGAS), Biro Klasifikasi Indonesia.
- [5] Andy Hardianto, Pratikto, Lilis Yuliati. 2015. Perawatan Hoist Crane dengan Metode Maintainability dan Costing untuk mengurangi Breakdown. Jemis Vol.3 No.2 : 127-132. ISSN 2338-3925.
- [6] A.J. Mokashi, J. Wang,*, A.K. Vermar. 2002. A study of reliability-centred maintenance in maritime operations. Marine Policy 26 : 325–335
- [7] Moubray, John., 1997, *Reliability Centered Maintenance*, New York : Industrial Press Inc.
- [8] McDermott, R.E., Mikulak, R.J dan Beauregard, M.R., 2009, The Basic of Fmea, 2nd Ed, New York, Taylor and Francis Group.
- [9] Bahrami, Hadizadeh Bazzaz and Sajjadi, 2012. Innovation and Improvements In Project Implementation and Management; Using FMEA Technique. Procedia - Social and Behavioral Sciences 41:418–425. DOI:10.1016/j.sbspro.2012.04.050
- [10] Aziz, M.T., dan Suprawhardana, M.S., 2010, Penerapan Metode *Reliability Centered Maintenance* Berbasis Web pada Sistem Pendingin Primer di Reaktor Serba Guna GA, Siwabessy, *JFN* 4(1) : 81-98.

Studi dan Aplikasi *Reliability Centered Maintenance* pada *Hoist Crane*

Norman Iskandar*, Sulardjaka, Altalarik Pradyta
Departemen Teknik Menisn, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang
*E-mail: norman.undip@gmail.com

Abstract

The foundry company worked on this research is engaged in metal casting with the main products produced are pipe joints. To ensure that production continues, companies are required to continue to maintain the condition of the machines used for the production process. The hoist crane is one of the machines that plays a very important role in the production process, starting from lifting the material to be melted, lifting the smelted material which is then poured into the mold, and also lifting the finished product from the casting process. Based on the data obtained, the hoist crane machine has the highest frequency of damage compared to other machines. This of course causes losses for the company because of the accumulation of materials and maintenance costs are also increasingly expensive. Therefore, efforts are needed to reduce the level of damage from the hoist crane machine. This study uses the method of *Reliability Centered Maintenance (RCM)*. This method is used because it can determine the priority of component handling and the right type of maintenance for machine components. The first thing to do is to understand the functional relationship between components by making a *Functional Block Diagram (FBD)*. Next, identify problems related to component failure using *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*. Followed by making *Logic Tree Analysis (LTA)* which aims to classify failure modes into several categories so that later the priority level can be determined in handling each failure mode. The results of the analysis show that the highest *Risk Priority Number (RPN)* is found in pendant cables with the cause of the failure of the cable connection being disconnected due to the position of the hanging cable so there is a possibility that the cable is pulled. In the *Logic Tree Analysis* table, it can be concluded that there are 4 categories out of a total of 6 types of failure modes, namely category A at 0%, category B at 83%, category C at 17%, and category D at 0%.

Keywords: FMEA, LTA, hoist crane, RCM, Risk Priority Number

Abstrak

Perusahaan yang bergerak dalam bidang pengecoran logam dengan produk utama yang dihasilkan adalah sambungan pipa. Untuk memastikan produksi terus berjalan, perusahaan dituntut untuk terus menjaga kondisi dari mesin yang digunakan untuk proses produksi. *Hoist crane* adalah salah satu mesin yang berperan sangat penting untuk proses produksi, mulai dari pengangkatan material yang akan dilebur, pengangkatan hasil peleburan material yang selanjutnya dituangkan dalam cetakan, dan juga pengangkatan hasil jadi dari proses pengecoran tersebut. Berdasarkan data yang diperoleh, mesin *hoist crane* memiliki frekuensi kerusakan yang paling banyak dibandingkan dengan mesin-mesin lainnya. Hal ini tentunya menyebabkan kerugian bagi perusahaan karena terjadinya penumpukan material dan biaya perawatan juga semakin mahal. Oleh karena itu diperlukan upaya untuk menurunkan tingkat kerusakan dari mesin *hoist crane*. Penelitian ini menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)*. Metode ini digunakan karena dapat menentukan prioritas penanganan komponen serta jenis perawatan yang tepat terhadap komponen mesin. Pertama yang dilakukan adalah memahami hubungan fungsi antar komponen dengan membuat *Functional Block Diagram (FBD)*. Selanjutnya mengidentifikasi masalah terkait dengan kegagalan komponen dengan menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*. Dilanjutkan dengan pembuatan *Logic Tree Analysis (LTA)* yang bertujuan untuk mengklasifikasikan *failure mode* ke dalam beberapa kategori sehingga nantinya dapat ditentukan tingkat prioritas dalam penanganan masing-masing *failure mode*. Hasil analisa menunjukkan bahwa nilai *Risk Priority Number (RPN)* tertinggi terdapat pada kabel *pendant* dengan penyebab kegagalan sambungan kabel terputus karena posisi kabel yang tergantung sehingga ada kemungkinan kabel tertarik. Pada tabel *Logic Tree Analysis* dapat disimpulkan terdapat 4 kategori dari total 6 jenis *failure mode*, yaitu kategori A sebesar 0%, kategori B sebesar 83%, kategori C sebesar 17%, dan kategori D sebesar 0%.

Kata kunci: FMEA, LTA, hoist crane, RCM, Risk Priority Number

Commented [GDH1]:

the foundry company worked on in this research is engaged in metal casting.

Commented [NI2R1]: The foundry company worked on this research is engaged in metal casting and the main products produced are pipe joints

Commented [NI3R1]:

Commented [GDH4]: Risk Priority Number can added keyword..

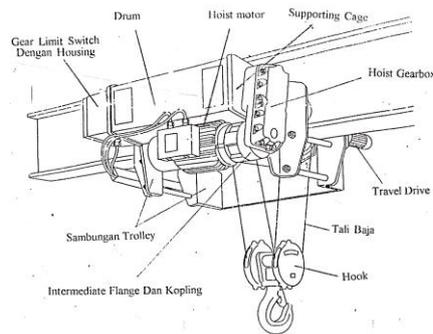
Commented [NI5R4]: Keywords: FMEA, LTA, hoist crane, RCM, Risk Priority Number

1. Pendahuluan

Peran dari produk logam dalam perkembangan teknologi dan peradaban manusia sangatlah besar, mulai dari peralatan rumah tangga sampai dengan bahan mesin berat sekalipun. Dalam teknik pengolahan logam sendiri terdiri dari banyak cara dan salah satunya adalah teknik pengecoran logam. Teknik pengecoran (*casting*) sendiri adalah dimana logam dicairkan dalam tungku peleburan kemudian dituangkan kedalam rongga cetakan yang serupa dengan bentuk asli dari produk cor yang akan dibuat. [1]

Perusahaan yang bergerak pada bidang pengecoran logam berfokus pada pembuatan sambungan pipa dijadikan mitra dalam penelitian ini. Dengan kebutuhan produksi yang bisa dibilang cukup besar maka status mesin harus selalu dalam keadaan yang prima, oleh sebab itu kegiatan perawatan memiliki peran yang sangat penting untuk mendukung berjalannya suatu sistem sesuai dengan yang diinginkan. Selain itu, kegiatan perawatan juga bisa meminimalkan biaya yang ditimbulkan oleh kerusakan mesin. Suatu mesin terdiri dari beberapa komponen penting yang mendukung kelancaran operasi sistem mesin tersebut, sehingga apabila terdapat satu komponen dari mesin yang mengalami kerusakan maka akan mengakibatkan kerugian bagi perusahaan karena berhentinya proses produksi. Oleh karena itu sangat diperlukan perencanaan kegiatan perawatan bagi setiap komponen mesin produksi agar sumber daya yang ada bisa dimanfaatkan dengan maksimal. [2]

Salah satu alat penting yang banyak beroperasi selama proses produksi di perusahaan pengecoran adalah *Hoist Crane*. *Hoist Crane*, merupakan alat berat pengangkut dan pembawa barang yang berfungsi untuk memindahkan barang dari satu tempat ke tempat lain dengan jarak yang sudah diatur dan ditentukan. Kapasitas angkat dan angkut *hoist crane* bisa mencapai berton-ton tergantung dari spesifikasi *Hoist Crane* sendiri. Beberapa jenis *Hoist Crane* diantaranya *Overhead Crane Single Girder*, *Overhead Crane Double Girder*, *Semi Gantry Crane*, *Gantry Crane*, *Suspension Crane* dan *Jib Crane* [3]. Salah satu tipe *hoist crane* yang digunakan seperti terlihat pada Gambar 1. Dengan aktifitas jam operasi yang tinggi maka dapat berakibat potensi kerusakan akan lebih tinggi dibanding mesin produksi yang lain. Hal ini menjadi bahan pertimbangan bagaimana membuat jadwal perawatan yang baik sehingga alat akan selalu tersedia dan beroperasi dengan performa sesuai kebutuhan.



Gambar 1. Hoist Crane [4]

Dari rekam data yang ada di PT. XYZ, mesin *hoist crane* memiliki frekuensi kerusakan komponen yang lebih banyak dibandingkan dengan mesin produksi lainnya. Hal ini menjadi sangat mengganggu dan merugikan secara waktu dan keuangan. Oleh karena itu diperlukan upaya untuk melakukan analisis kepada mesin *hoist crane* untuk mengetahui permasalahan yang menyebabkan kerusakan komponen yang nantinya bisa segera dilakukan pencegahan dengan memberikan perawatan yang terbaik agar frekuensi kerusakan bisa berkurang.

Perawatan dilakukan pada mesin/peralatan dimaksudkan agar tujuan komersial perusahaan dapat tercapai, dengan cara kegiatan maintenance dilakukan adalah untuk mencegah hal-hal yang berakibat buruk terhadap kinerja mesin atau alat seperti kerusakan. Kerusakan muncul bisa terjadi karena aus pemakaian, umur sudah terlalu tua, pengoperasian yang salah atau faktor lain menyebabkan alat atau mesin rusak lebih cepat dari seharusnya. Perawatan sebagai kegiatan pendukung bagi tujuan komersial, maka dalam penerapannya harus efektif, efisien dan berbiaya rendah [5,6]. Pemeliharaan juga mempengaruhi keandalan dan dengan demikian dapat memiliki konsekuensi lingkungan dan keselamatan [6].

Perawatan dapat dikategorikan dalam dua kelompok yaitu perawatan terencana (*planned maintenance*) dan perawatan tidak terencana (*unplanned maintenance*). Salah satu metode analisis dan implementasi untuk perawatan adalah *Reliability Centered Maintenance* (RCM). RCM termasuk bagian dari pemeliharaan atau perawatan terencana. Penerapan RCM focus terhadap hal-hal yang mempengaruhi kehandalan sistem pada sumber daya pemeliharaan, sehingga membuat biaya program pemeliharaan dapat efektif dalam waktu jangka panjang [6].

Commented [GDH6]: Diberi keterangan di narasi, karena tidak ada penjelasan di narasi. Jenis crane dalam gambar tersebut.

Commented [NI7R6]: Salah satu tipe hoist crane yang digunakan seperti terlihat pada Gambar 1.

Commented [GDH8]: Perawatan...

Commented [NI9R8]: Perawatan

Dari komponen yang ada pada mesin *hoist crane* seperti terlihat pada Gambar 1, akan dianalisis komponen apa saja yang memiliki status komponen kritis yang berkontribusi menyebabkan frekuensi kerusakan tinggi. Setelah diketahui komponen mana yang berkontribusi kepada kerusakan, selanjutnya akan dianalisis konsep tindakan perawatan yang tepat untuk komponen mesin *hoist crane* tersebut. Penelitian ini sekaligus juga untuk memetakan kondisi mesin *hoist crane*, apakah dalam kondisi baik atau tidak, lalu mengetahui penyebab kegagalan yang sering terjadi pada mesin *hoist crane*, dan mengetahui jenis mode kegagalan pada mesin *hoist crane* serta kategori-kategori dari mode kegagalan mesin *hoist crane*.

2. Metode Penelitian

Metodologi yang digunakan pada penelitian kali ini adalah analisis menggunakan *reliability centered maintenance* untuk bisa mengetahui kerusakan yang dialami oleh komponen mesin dan selanjutnya diberikan tindakan perawatan kepada komponen *hoist crane* tersebut.

2.1 Tahapan Dalam *Reliability Centered Maintenance*

Berikut adalah tahapan-tahapan yang ada dalam analisis menggunakan metode *reliability centered maintenance*.

a. Pemilihan Sistem dan Pengumpulan Data

Pemilihan sistem dapat didasarkan pada beberapa aspek kriteria yaitu [7]:

1. Sistem yang mendapat perhatian yang tinggi karena berkaitan dengan masalah keselamatan (*safety*) dan lingkungan.
2. Sistem yang memiliki *preventive maintenance* dan atau biaya *preventive maintenance* yang tinggi.
3. Sistem yang memiliki tindakan *corrective maintenance* dan atau biaya *corrective maintenance* yang tinggi.

b. Definisi Batasan Sistem (*System Boundary Definition*)

Definisi Batasan Sistem ini berfungsi untuk mendefinisikan batasan-batasan suatu sistem yang akan dianalisis dengan *Reliability Centered Maintenance* (RCM), berisikan apa yang harus dimasukkan dan yang tidak dimasukkan ke dalam sistem sehingga semua fungsi dapat diketahui dengan jelas [7].

c. Deskripsi Sistem dan Diagram Blok Fungsional

Deskripsi sistem dan diagram blok merupakan representasi dari fungsi-fungsi utama sistem yang berupa blok-blok yang berisi fungsi-fungsi dari setiap subsistem yang menyusun sistem tersebut [7].

d. *System Function and Functional Failure*

Fungsi merupakan kinerja yang diharapkan oleh suatu sistem untuk dapat beroperasi. *Functional failure* (FF) merupakan ketidakmampuan suatu komponen atau sistem dalam memenuhi standar prestasi (*performance standard*) yang diharapkan [7].

e. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Failure Modes and Effect Analysis (FMEA) disusun berdasarkan fungsi komponen dan laporan maintenance yang kemudian dapat ditentukan berbagai penyebab kegagalan yang menimbulkan kegagalan fungsi serta dampak yang diakibatkan dari kegagalan fungsi tersebut. Penilaian severity, occurrence, dan detection. Rumus perhitungan *risk priority number* (RPN) dapat dilihat pada Persamaan 1. sebagai berikut [8]:

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

Dimana nilai S adalah *severity*, O menunjukkan nilai *occurrence*, dan nilai D adalah *detection*. Nilai S atau *severity* merupakan sebuah penilaian pada tingkat keseriusan suatu efek atau akibat dari potensi kegagalan pada proses yang dianalisis. (McDermott dkk., 2009). Dampak dari rating tersebut mulai skala 1 sampai 10, dimana skala 1 merupakan dampak paling ringan sedangkan 10 merupakan dampak terburuk dan penentuan terhadap rating. *Occurrence* merupakan rating yang mengacu pada beberapa frekuensi terjadinya cacat pada produk isolator. Nilai frekuensi kegagalan menunjukkan adanya keseringan suatu masalah yang terjadi akibat *potential cause*. *Detection* adalah sebuah kontrol proses yang akan mendeteksi secara spesifik akar penyebab dari kegagalan. *Detection* adalah sebuah pengukuran untuk mengendalikan kegagalan yang dapat terjadi.

f. *Logic Tree Analysis*

Penyusunan *Logic Tree Analysis* (LTA) merupakan proses kualitatif yang digunakan untuk mengetahui konsekuensi yang ditimbulkan oleh masing-masing *failure mode*. Tujuan *Logic Tree Analysis* (LTA) adalah mengklasifikasikan *failure mode* ke dalam beberapa kategori sehingga nantinya dapat ditentukan tingkat prioritas dalam penanganan masing-masing *failure mode* berdasarkan kategorinya [9]. Berdasarkan LTA tersebut *failure mode* dapat digolongkan dalam empat kategori yaitu [10] :

1. Kategori A (*Safety Problem*), jika *failure mode* mempunyai konsekuensi dapat melukai atau mengancam jiwa seseorang.
2. Kategori B (*Outage Problem*), jika *failure mode* mempunyai konsekuensi terhadap *operasional plant* (mempengaruhi kuantitas ataupun kualitas output) yang dapat menyebabkan kerugian ekonomi secara signifikan atau dapat mematikan sistem.

3. Kategori C (*Minor to Investigation Economic Problem*), jika *failure mode* tidak berdampak pada *safety* maupun *operasional plant*. Dampaknya hanya menyebabkan kerugian ekonomi yang relatif kecil dan dapat diabaikan.
4. Kategori D (*Hidden Failure*), jika *failure mode* tergolong sebagai *hidden failure*, yang kemudian digolongkan lagi ke dalam kategori D/A, kategori D/B, dan kategori D/C.

2.2 Pemilihan Tindakan

Pemilihan tindakan merupakan tahap terakhir dari proses analisa RCM. Dari tiap mode kerusakan dibuat daftar tindakan yang mungkin untuk dilakukan dan selanjutnya memilih tindakan yang paling efektif. Dalam pelaksanaannya pemilihan tindakan dapat dilakukan dengan empat cara yaitu [6] :

- a. *Time Directed* (TD) Suatu tindakan yang bertujuan melakukan pencegahan langsung terhadap sumber kerusakan peralatan yang didasarkan pada waktu atau umur komponen.
- b. *Condition Directed* (CD) Suatu tindakan yang bertujuan untuk mendeteksi kerusakan dengan cara memeriksa alat. Apabila dalam pemeriksaan ditemukan gejala-gejala kerusakan.
- c. *Failure Finding* (FF) Suatu tindakan yang bertujuan untuk menemukan kerusakan peralatan yang tersembunyi dengan pemeriksaan berkala.
- d. *Run to Failure* (RTF) Suatu tindakan yang menggunakan peralatan sampai rusak, karena tidak ada tindakan yang ekonomis dapat dilakukan untuk pencegahan kerusakan.

3 Hasil dan Pembahasan

3.1 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) disusun untuk mengetahui dan menganalisis terjadinya kegagalan tertinggi pada komponen kritis sehingga dapat ditentukan strategi perawatan yang tepat dan dapat menyelesaikan permasalahan. FMEA didasari atas tiga faktor yaitu *severity*, *occurrence*, dan *detection*. Dengan adanya FMEA, permasalahan dapat diselesaikan dengan lebih fokus dan terarah.

a. Perhitungan Nilai Severity

Severity merupakan langkah yang digunakan untuk mengetahui seberapa besar dampak suatu kejadian terhadap sistem maupun *output* proses. Nilai *severity* diperoleh melalui diskusi dengan pihak perusahaan dalam hal ini bagian *maintenance*. Nilai *severity* komponen mesin *hoist crane* disajikan pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Nilai Severity

No	Komponen	Efek	Rank
1	Wire Rope	Tinggi	7
2	Pendant	Tinggi	7
3	Bearing	Tinggi	7
4	Kabel Pendant	Tinggi	7
5	Wheel Trolley	Tinggi	7
6	Brake Lining	Tinggi	7

Dari tabel 1 diketahui bahwa keenam komponen memiliki nilai *severity* yang sama yaitu 7. Keenam komponen tersebut dapat digolongkan kedalam rank 7 karena keenam komponen tersebut apabila mengalami suatu kerusakan maka sistem masih beroperasi tetapi tidak bisa dijalankan secara penuh.

b. Perhitungan nilai Occurrence

Nilai *occurrence* ditentukan berdasarkan berapa banyak frekuensi *failure* terjadi dalam satu tahun. Nilai *occurrence* didapat dari data kegagalan masing-masing komponen. Nilai *occurrence* masing-masing komponen dapat dilihat pada Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Nilai Occurrence

No	Komponen	Tingkat Kegagalan	Level	Rank
1	Wire Rope	Kegagalan setiap 4 bulan	Sedang	5
2	Pendant	Kegagalan setiap 3 bulan	Sedang	6
3	Bearing	Kegagalan setiap 6 bulan	Rendah	3
4	Kabel Pendant	Kegagalan setiap 1,3 bulan	Tinggi	8
5	Wheel Trolley	Kegagalan setiap 1 tahun	Rendah	2
6	Brake Lining	Kegagalan setiap 1 tahun	Rendah	2

Dari data Tabel 2 diketahui bahwa nilai *occurrence* tertinggi dimiliki oleh komponen kabel *pendant*. Komponen kabel *pendant* memiliki level *occurrence* tinggi dikarenakan berdasarkan data historis komponen tersebut mengalami 9 kali kegagalan selama satu tahun. Itu artinya kegagalan terjadi hampir setiap bulan. Komponen *wire rope* dan *pendant* memiliki level *occurrence* sedang karena kedua komponen ini mengalami kegagalan sebanyak tiga dan empat kali selama

Commented [GDH10]: Tabel 2....huruf T besar...

Commented [NI11R10]: Tabel 2

selama satu tahun. Komponen *bearing*, *wheel trolley* dan *brake lining* berada di level rendah karena komponen ini mengalami kerusakan hanya satu dan dua kali selama satu tahun.

c. Perhitungan Nilai *Detection*

Nilai *detection* ditentukan berdasarkan kemungkinan metode deteksi saat ini dapat mendeteksi *potential failure mode*. Nilai *detection* didapat dari wawancara dengan bagian *maintenance*. Nilai *detection* masing-masing komponen dapat dilihat pada Tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Nilai *Detection*

No	Komponen	Deteksi	Rank
1	Wire Rope	Tinggi	3
2	Pendant	Tinggi	3
3	Bearing	Tinggi	3
4	Kabel Pendant	Tinggi	3
5	Wheel Trolley	Sedang	5
6	Brake Lining	Sedang	5

Berdasarkan Tabel 3 diketahui bahwa komponen *wheel trolley* dan *brake lining* sama-sama memiliki kemungkinan deteksi sedang dan memiliki nilai 5. Nilai 5 berarti komponen-komponen tersebut sedang untuk dideteksi keagalannya. Komponen lainnya yaitu *wire rope*, *pendant*, *bearing*, dan kabel *pendant* memiliki kemungkinan yang tinggi untuk dideteksi dan bernilai 3. Nilai 3 yang berarti tingkat untuk mendeteksi keagalan pada komponen ini tinggi.

d. Perhitungan Nilai RPN

Pada subbab ini dilakukan perhitungan nilai *risk priority number* (RPN). Perhitungan nilai RPN berguna untuk mempertimbangkan tindakan dalam rangka mengurangi kekritisan dan meningkatkan proses. Nilai RPN didapat dengan mengalikan nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection* yang telah didapat sebelumnya. Pada Tabel 4 disajikan tabel *Reliability Centered Maintenance* (RCM) *Information Worksheet* yang memuat FMEA dan nilai RPN dari masing-masing komponen.

Tabel 4. RCM *Information Worksheet*

RCM INFORMATION WORKSHEET		System	Facilitator:							
		Subsystem	Auditor:							
Equipment	Function	FUNCTIONAL FAILUR	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT	S	O	D	RPN	% RPN	
Wire Rope	Media dalam pengangkatan material yang menghubungkan <i>drum</i> dan <i>hook</i>	Hubungan antara <i>drum</i> dan <i>hook</i> terputus atau slip sehingga tidak terjadi aktifitas mesin <i>hoist</i>	1a	Berkurangnya diameter wire rope disebabkan overload dan korosi	Aktifitas hoist gagal seperti material yang diangkat tersangkut atau jatuh	7	5	3	105	17,5
Pendant	Papan berisi tombol-tombol pengarah gerakan mesin <i>hoist crane</i>	Tombol untuk mengoperasikan mesin tidak berfungsi	1b	Bagian dalam remot kotor karena debu dan pegas dalam remot melemah	Tombol lengket dan perintah yang diberikan tidak bisa dijalankan oleh mesin	7	6	3	126	20,9
Bearing	Menstabilkan putaran dan menahan pergerakan <i>shaft</i>	Putaran <i>shaft</i> tidak stabil dan terjadi getaran yang berlebih hingga menyebabkan <i>bearing</i> pecah	1c	Pelumasn yang kurang, pembersihan jarang dilakukan, serta pelumas yang tercampur	Gaya gesek terhadap permukaan bearing bertambah sehingga menimbulkan panas dan keausan dini	7	3	3	63	10,5

Commented [GDH12]: Tabel huruf T besar...

Commented [NI13R12]: Tabel 3

Kabel Pendant	Mengontrol gerakan crane baik gerakan hoist, cross travel, dan long travel	Fungsi hoist, cross travel dan long travel tidak bisa berjalan dengan baik	Id	Sambungan kabel terputus karena posisi kabel yang tergantung sehingga ada kemungkinan kabel tertarik	Perintah dari operator tidak diteruskan kepada mesin sehingga mesin tidak bergerak	7	8	3	168	27,9
Wheel Trolley	Bergerak pada runway untuk memindahkan beban pada gerakan cross travel	Aktifitas cross travel terganggu	Ie	Aus yang disebabkan tingkat pemakaian yang tinggi dan runway jarang dibersihkan	Diameter antar roda tidak sama yang menyebabkan kedudukan trolley tidak seimbang sehingga membahayakan aktifitas cross travel	7	2	5	70	11,6
Brake Lining	Menghentikan gerakan rotor dengan menggunakan brake lining pada base plate	Rotor tidak langsung berhenti	If	Brak lining menipis	rotor tidak langsung berhenti sehingga memungkinkan terjadinya slip	7	2	5	70	11,6

e. Logic Tree Analysis

Berikut adalah tahapan setelah melakukan perhitungan FMEA yaitu LTA dapat dilihat pada tabel 5 dibawah ini.

Tabel 5. Logic Tree Analysis

No	Komponen	Failure Mode	Failure Effect			Category
			Evident	Safety	Outage	
1	Wire Rope	Berkurangnya diameter wire rope disebabkan overload dan korosi	Y	Y	Y	B
2	Pendant	Bagian dalam remot kotor karena debu dan pegas dalam remot melemah	Y	N	Y	C
3	Bearing	Pelumasan yang kurang, pembersihan jarang dilakukan, serta pelumas yang tercampur	Y	N	Y	B
4	Kabel Pendant	Sambungan kabel terputus karena posisi kabel yang tergantung sehingga ada kemungkinan kabel tertarik	Y	Y	Y	B
5	Wheel Trolley	Aus yang disebabkan tingkat pemakaian yang tinggi dan runway jarang dibersihkan	Y	N	Y	B
6	Brake Lining	Brake lining menipis	Y	N	Y	B

Menurut data pada Tabel 5, tabel tersebut menganalisis mengenai keseluruhan bagian dari hoist crane. Dari tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa failure mode dengan kategori A sebesar 0% kategori B sebesar 83%, kategori C sebesar

17%, kategori D sebesar 0%. Sehingga dapat dipastikan *failure mode* mayoritas merupakan konsekuensi *operational plant*.

3.2 Analisis Pembahasan Failure Mode and Effect Analysis

Tabel Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dapat dilihat pada Tabel 5 dimana terdapat 6 komponen yang dibahas dalam FMEA pada penelitian ini yaitu *wire rope*, *pendant*, *bearing*, kabel *pendant*, *wheel trolley*, *brake lining*. Komponen *pendant* yang berfungsi untuk mengarahkan gerakan *hoist crane* mengalami kegagalan dikarenakan kotornya bagian dalam dari *pendant* ini sendiri yang mengakibatkan penumpukan kotoran yang akhirnya bisa membuat tombol *pendant* tidak berfungsi. Hal ini dibuktikan setelah dilakukan pembersihan dapat berjalan baik kembali.

Komponen *wire rope* yang berfungsi sebagai media pengangkatan material mengalami penyusutan pada diameternya. Penyusutan diameter ini disebabkan oleh beban material yang berlebihan (*overload*) dan adanya korosi. *Overload* disebabkan operator tidak dapat memperkirakan beban material yang akan diangkat. *Overload* menyebabkan serat-serat baja yang menyusun *wire rope* terputus sehingga diameternya menyusut. Korosi disebabkan adanya kontaminasi kotoran yang terbawa pada sarung tangan operator maupun tangan operator, dan juga ketidak hati-hatian operator dalam mengoperasikan mesin *hoist* bisa menyebabkan *wire rope* selip di dalam *drum*.

Komponen *bearing* yang berfungsi menstabilkan putaran dan getaran pada shaft mengalami kegagalan yang disebabkan komponen *bearing* yang aus. Kegagalan tersebut disebabkan masalah pelumasan dan kontaminasi. *Bearing* yang digunakan merupakan *bearing* tanpa *seal* sehingga diperlukan pelumasan yang berkala. Dan biasanya dalam melakukan pelumasan, komponen *bearing* tidak dibersihkan terlebih dahulu sehingga pelumas yang lama tercampur dengan pelumas yang baru. Hal ini dapat mempengaruhi kekentalan dari pelumas yang dapat berakibat pada gaya gesek bertambah. Kotoran yang tidak dibersihkan juga dapat menyebabkan pengendapan pada *track* sehingga menyebabkan gesekan yang berlebihan antara *ball* pada *bearing* dengan kotoran yang mengendap. Gesekan yang berlebihan ini dapat menghasilkan panas yang berlebih dan keausan dini.

Komponen kabel *pendant* yang berfungsi untuk mengontrol pergerakan *crane* mengalami kegagalan yang disebabkan oleh terputusnya sambungan pada kabel. Kabel *pendant* memiliki sambungan pada *push button* dan *control box*. Penyebab terputusnya sambungan adalah adanya kemungkinan kabel tertarik ataupun tersenggol selama pengoperasian baik itu dalam melakukan pergerakan *hoist*, *cross travel*, maupun *long travel*. Hal itu dikarenakan posisi *push button* yang tergantung.

Komponen *wheel trolley* yang berfungsi dalam memindahkan beban pada gerakan *cross travel* mengalami kegagalan yang disebabkan oleh aus. Hal ini disebabkan karena gerakan *cross travel* yang sering dilakukan. *Runway trolley* juga jarang dibersihkan sehingga gesekan semakin besar. Kegagalan ini mengakibatkan diameter *wheel* antara kiri dan kanan yang tidak lagi sama sehingga kedudukan *trolley* menjadi tidak seimbang.

Komponen *brake lining* yang berfungsi untuk menghentikan gerakan rotor mengalami kegagalan dikarenakan berkurangnya ketebalan *brake lining*. Hal ini berdampak pada berkurangnya daya pengereman [11]. Sistem pengereman pada *hoist* sendiri berupa *electromagnetic brake*. Dalam pengoperasian *hoist crane* khususnya aktivitas *hoisting*, *brake* berperan penting dalam menjaga posisi *hook* pada ketinggian tertentu. Selain itu, *brake* juga berperan dalam menjaga agar beban tidak terjatuh apabila aliran listrik terputus. Penggunaan *brake* yang sedemikian rupa menyebabkan *brake lining* cepat menipis.

4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dibahas pada bab 3 diatas didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut. (1) Sesuai data FMEA pada tabel 4 terdapat 6 komponen yang menyebabkan kegagalan fungsi pada mesin *hoist crane*, dan nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi dimiliki oleh komponen kabel *pendant* dengan nilai RPN 168 dengan penyebab kegagalan sambungan kabel terputus karena posisi kabel yang tergantung sehingga ada kemungkinan kabel tertarik. (2) Berdasarkan tabel *Logic Tree Analysis* terdapat 4 kategori dari total 6 jenis *failure mode*, yaitu kategori A sebesar 0%, kategori B sebesar 83%, kategori C sebesar 17%, dan kategori D sebesar 0%, dengan kategori *outage problem*. Sehingga dapat dipastikan *failure mode* mayoritas merupakan konsekuensi *operational plant*. (3) Tindakan pemeliharaan untuk operasi sistem mesin *hoist crane* menggunakan metode RCM yaitu:

- Wire Rope* : Memperhatikan kebersihan dari tangan dan sarung tangan operator, Melakukan penyesuaian terhadap beban material yang akan diangkat, Memeriksa diameter *wire rope*. Apabila *wire rope* telah menyusut lebih dari 10 persen dari diameter awal maka dilakukan pergantian.
- Pendant* : Pembersihan dan pembongkaran *pendant* secara berkala.
- Bearing* : Melakukan pergantian terhadap komponen *bearing*.
- Kabel *Pendant* : Melakukan pengecekan terhadap baut dan sambungan kabel baik di *pendant* ataupun *control box*.
- Wheel Trolley* : Memeriksa diameter *wheel trolley*. Apabila terdapat perbedaan diameter 8% antara *wheel* kiri dan kanan maka dilakukan pergantian, Memeriksa abrasi dan membersihkan permukaan *wheel* dan *runway* dari kotoran.
- Brake Lining* : Melakukan pengecekan terhadap ketebalan *brake lining*. Apabila sudah terlalu tipis maka dilakukan pergantian, Melakukan penyesuaian *air gap* pada *brake lining*.

Commented [GDH14]: Jika perlu diberi pendukung referensi

Commented [NI15R14]: Emprik dilapangan

Commented [GDH16]: Bisa ditambahkan referensi pendukung untuk narasi tsb.

Commented [NI17R16]: [11] Mohammad Fauzan dan Gunawan Dwi Haryadi, 2016, Pengaruh Variasi Putaran Mesin dan Waktu pengereman Terhadap Temperatur dan Koefisien gesek pada Brake Pads dengan Alat uji berbasis Remote Monitoring System, Jurnal Teknik Mesin S-1, Vol. 4, No. .

Daftar Pustaka

- [1] Puspitasari, Poppy., 2014, "Analisis Hasil Pengecoran Logam AL-SI Menggunakan Lumpur Lapindo Sebagai Pengikat Pasir Cetak", Jurnal Teknik Mesin, Malang.
- [2] Asisco, Hendro., Amar, Kifayah., Perdana, Y.R., 2012, "Usulan Perancangan Perawatan Mesin Dengan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) di PT. Perkebunan Nusantara VII (Persero) Unit Usaha Sungai Niru Kab.Muara Enim, Kaunia, Vol VIII No.2 : 78-98.
- [3] <http://kmmi.co.id/learning-paa/jenis-dan-prinsip-kerja-hoist-crane/> akses 8 September 2021 pukul 8.52 WIB
- [4] Alim Saadi, 2011, Buku Panduan Pemeriksaan Alat Angkat dan Angkut, Inspektur Pesawat Angkat Migas (IPA MIGAS), Biro Klasifikasi Indonesia.
- [5] Andy Hardianto, Pratikto, Lilis Yulianti. 2015. Perawatan Hoist Crane dengan Metode Maintainability dan Costing untuk mengurangi Breakdown. Jemis Vol.3 No.2 : 127-132. ISSN 2338-3925.
- [6] A.J. Mokashi, J. Wang,*, A.K. Vermar. 2002. A study of reliability-centred maintenance in maritime operations. Marine Policy 26 : 325–335
- [7] Moubray, John., 1997, *Reliability Centered Maintenance*, New York : Industrial Press Inc.
- [8] McDermott, R.E., Mikulak, R.J dan Beauregard, M.R., 2009, *The Basic of Fmea*, 2nd Ed, New York, Taylor and Francis Group.
- [9] Bahrami, Hadizadeh Bazzaz and Sajjadi. 2012. Innovation and Improvements In Project Implementation and Management; Using FMEA Technique. Procedia - Social and Behavioral Sciences 41:418–425. DOI:10.1016/j.sbspro.2012.04.050
- [10] Aziz, M.T., dan Suprawhardana, M.S., 2010, Penerapan Metode *Reliability Centered Maintenance* Berbasis Web pada Sistem Pendingin Primer di Reaktor Serba Guna GA, Siwabessy, *JFN* 4(1) : 81-98.
- [11] Mohammad Fauzan dan Gunawan Dwi Haryadi, 2016, Pengaruh Variasi Putaran Mesin dan Waktu pengereman Terhadap Temperatur dan Koefisien gesek pada Brake Pads dengan Alat uji berbasis Remote Monitoring System, Jurnal Teknik Mesin S-1, Vol. 4, No. .

Studi dan Aplikasi *Reliability Centered Maintenance* pada *Hoist Crane*

Norman Iskandar*, Sulardjaka, Altalarik Pradyta

Departemen Teknik Menisn, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang

*E-mail: norman.undip@gmail.com

Abstract

PT. XYZ is a company engaged in metal casting. The main products produced are pipe joints. To ensure that production continues, companies are required to continue to maintain the condition of the machines used for the production process. The hoist crane is one of the machines that plays a very important role in the production process, starting from lifting the material to be melted, lifting the smelted material which is then poured into the mold, and also lifting the finished product from the casting process. Based on the data obtained, the hoist crane machine has the highest frequency of damage compared to other machines. This of course causes losses for the company because of the accumulation of materials and maintenance costs are also increasingly expensive. Therefore, efforts are needed to reduce the level of damage from the hoist crane machine. This study uses the method of Reliability Centered Maintenance (RCM). This method is used because it can determine the priority of component handling and the right type of maintenance for machine components. The first thing to do is to understand the functional relationship between components by making a Functional Block Diagram (FBD). Next, identify problems related to component failure using Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). Followed by making Logic Tree Analysis (LTA) which aims to classify failure modes into several categories so that later the priority level can be determined in handling each failure mode. The results of the analysis show that the highest Risk Priority Number (RPN) is found in pendant cables with the cause of the failure of the cable connection being disconnected due to the position of the hanging cable so there is a possibility that the cable is pulled. In the Logic Tree Analysis table, it can be concluded that there are 4 categories out of a total of 6 types of failure modes, namely category A at 0%, category B at 83%, category C at 17%, and category D at 0%.

Kata kunci: *FMEA, LTA, hoist crane, RCM*

Abstrak

PT. XYZ adalah perusahaan yang bergerak dalam bidang pengecoran logam. Produk utama yang dihasilkan adalah sambungan pipa. Untuk memastikan produksi terus berjalan, perusahaan dituntut untuk terus menjaga kondisi dari mesin yang digunakan untuk proses produksi. *Hoist crane* adalah salah satu mesin yang berperan sangat penting untuk proses produksi, mulai dari pengangkatan material yang akan dilebur, pengangkatan hasil peleburan material yang selanjutnya dituangkan dalam cetakan, dan juga pengangkatan hasil jadi dari proses pengecoran tersebut. Berdasarkan data yang diperoleh, mesin *hoist crane* memiliki frekuensi kerusakan yang paling banyak dibandingkan dengan mesin-mesin lainnya. Hal ini tentunya menyebabkan kerugian bagi perusahaan karena terjadinya penumpukan material dan biaya perawatan juga semakin mahal. Oleh karena itu diperlukan upaya untuk menurunkan tingkat kerusakan dari mesin *hoist crane*. Penelitian ini menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Metode ini digunakan karena dapat menentukan prioritas penanganan komponen serta jenis perawatan yang tepat terhadap komponen mesin. Pertama yang dilakukan adalah memahami hubungan fungsi antar komponen dengan membuat *Functional Block Diagram* (FBD). Selanjutnya mengidentifikasi masalah terkait dengan kegagalan komponen dengan menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Dilanjutkan dengan pembuatan *Logic Tree Analysis* (LTA) yang bertujuan untuk mengklasifikasikan *failure mode* ke dalam beberapa kategori sehingga nantinya dapat ditentukan tingkat prioritas dalam penanganan masing-masing *failure mode*. Hasil analisa menunjukkan bahwa nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi terdapat pada kabel *pendant* dengan penyebab kegagalan sambungan kabel terputus karena posisi kabel yang tergantung sehingga ada kemungkinan kabel tertarik. Pada tabel *Logic Tree Analysis* dapat disimpulkan terdapat 4 kategori dari total 6 jenis *failure mode*, yaitu kategori A sebesar 0%, kategori B sebesar 83%, kategori C sebesar 17%, dan kategori D sebesar 0%.

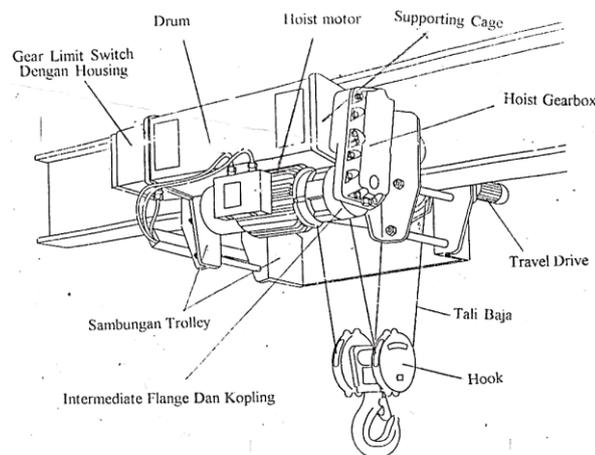
Kata kunci: *FMEA, LTA, hoist crane, RCM*

1. Pendahuluan

Peran dari produk logam dalam perkembangan teknologi dan peradaban manusia sangatlah besar, mulai dari peralatan rumah tangga sampai dengan bahan mesin berat sekalipun. Dalam teknik pengolahan logam sendiri terdiri dari banyak cara dan salah satunya adalah teknik pengecoran logam. Teknik pengecoran (*casting*) sendiri adalah dimana logam dicairkan dalam tungku peleburan kemudian dituangkan kedalam rongga cetakan yang serupa dengan bentuk asli dari produk cor yang akan dibuat. [1]

PT XYZ adalah salah satu perusahaan yang bergerak pada bidang pengecoran logam berfokus pada pembuatan sambungan pipa. Dengan kebutuhan produksi yang bisa dibbilang cukup besar maka status mesin harus selalu dalam keadaan yang prima, oleh sebab itu kegiatan perawatan memiliki peran yang sangat penting untuk mendukung berjalannya suatu sistem sesuai dengan yang diinginkan. Selain itu, kegiatan perawatan juga bisa meminimalkan biaya yang ditimbulkan oleh kerusakan mesin. Suatu mesin terdiri dari beberapa komponen penting yang mendukung kelancaran operasi sistem mesin tersebut, sehingga apabila terdapat satu komponen dari mesin yang mengalami kerusakan maka akan mengakibatkan kerugian bagi perusahaan karena berhentinya proses produksi. Oleh karena itu sangat diperlukan perencanaan kegiatan perawatan bagi setiap komponen mesin produksi agar sumber daya yang ada bisa dimanfaatkan dengan maksimal. [2]

Salah satu alat penting yang banyak beroperasi selama proses produksi di PT. XYZ adalah *Hoist Crane*. *Hoist Crane*, merupakan alat berat pengangkut dan pembawa barang yang berfungsi untuk memindahkan barang dari satu tempat ke tempat lain dengan jarak yang sudah diatur dan ditentukan. Kapasitas angkat dan angkut *hoist crane* bisa mencapai berton-ton tergantung dari spesifikasi *Hoist Crane* sendiri. Beberapa jenis *Hoist Crane* diantaranya *Overhead Crane Single Girder*, *Overhead Crane Double Girder*, *Semi Gantry Crane*, *Gantry Crane*, *Suspension Crane* dan *Jib Crane* [3]. Dengan aktifitas jam operasi yang tinggi maka dapat berakibat potensi kerusakan akan lebih tinggi dibanding mesin produksi yang lain. Hal ini menjadi bahan pertimbangan bagaimana membuat jadwal perawatan yang baik sehingga alat akan selalu tersedia dan beroperasi dengan performa sesuai kebutuhan.



Gambar 1. *Hoist Crane* [4]

Dari rekam data yang ada di PT. XYZ, mesin *hoist crane* memiliki frekuensi kerusakan komponen yang lebih banyak dibandingkan dengan mesin produksi lainnya. Hal ini menjadi sangat mengganggu dan merugikan secara waktu dan keuangan. Oleh karena itu diperlukan upaya untuk melakukan analisis kepada mesin *hoist crane* untuk mengetahui permasalahan yang menyebabkan kerusakan komponen yang nantinya bisa segera dilakukan pencegahan dengan memberikan perawatan yang terbaik agar frekuensi kerusakan bisa berkurang.

Perawatan dilakukan pada mesin/peralatan dimaksudkan agar tujuan komersil perusahaan dapat tercapai, dengan cara kegiatan maintenance dilakukan adalah untuk mencegah hal-hal yang berakibat buruk terhadap kinerja mesin atau alat seperti kerusakan. Kerusakan muncul bisa terjadi karena aus pemakaian, umur sudah terlalu tua, pengoperasian yang salah atau faktor lain menyebabkan alat atau mesin rusak lebih cepat dari seharusnya. Perawatan sebagai kegiatan pendukung bagi tujuan komersial, maka dalam penerapannya harus efektif, efisien dan berbiaya rendah [5,6]. Pemeliharaan juga mempengaruhi keandalan dan dengan demikian dapat memiliki konsekuensi lingkungan dan keselamatan [6].

Perawatan dapat dikategorikan dalam dua kelompok yaitu perawatan terencana (*planned maintenance*) dan perawatan tidak terencana (*unplanned maintenance*). Salah satu metode analisis dan implementasi untuk perawatan adalah *Reliability Centered Maintenance* (RCM). RCM termasuk bagian dari pemeliharaan atau perawatan terencana. Penerapan RCM fokus terhadap hal-hal yang mempengaruhi kehandalan sistem pada sumber daya pemeliharaan, sehingga membuat biaya program pemeliharaan dapat efektif dalam waktu jangka panjang [6].

Dari komponen yang ada pada mesin *hoist crane* seperti terlihat pada Gambar 1, akan dianalisis komponen apa saja yang memiliki status komponen kritis yang berkontribusi menyebabkan frekuensi kerusakan tinggi. Setelah diketahui komponen mana yang berkontribusi kepada kerusakan, selanjutnya akan dianalisis konsep tindakan perawatan yang tepat untuk komponen mesin *hoist crane* tersebut. Penelitian ini sekaligus juga untuk memetakan kondisi mesin *hoist crane*, apakah dalam kondisi baik atau tidak, lalu mengetahui penyebab kegagalan yang sering terjadi pada mesin *hoist crane*, dan mengetahui jenis mode kegagalan pada mesin *hoist crane* serta kategori-kategori dari mode kegagalan mesin *hoist crane*.

2. Metode Penelitian

Metodologi yang digunakan pada penelitian kali ini adalah analisis menggunakan *reliability centered maintenance* untuk bisa mengetahui kerusakan yang dialami oleh komponen mesin dan selanjutnya diberikan tindakan perawatan kepada komponen *hoist crane* tersebut.

2.1 Tahapan Dalam Reliability Centered Maintenance

Berikut adalah tahapan-tahapan yang ada dalam analisis menggunakan metode *reliability centered maintenance*.

a. Pemilihan Sistem dan Pengumpulan Data

Pemilihan sistem dapat didasarkan pada beberapa aspek kriteria yaitu [7]:

- Sistem yang mendapat perhatian yang tinggi karena berkaitan dengan masalah keselamatan (*safety*) dan lingkungan.
- Sistem yang memiliki *preventive maintenance* dan atau biaya *preventive maintenance* yang tinggi
- Sistem yang memiliki tindakan *corrective maintenance* dan atau biaya *corrective maintenance* yang tinggi.

b. Definisi Batasan Sistem (*System Boundary Definition*)

Definisi Batasan Sistem ini berfungsi untuk mendefinisikan batasan-batasan suatu sistem yang akan dianalisis dengan *Reliability Centered Maintenance* (RCM), berisikan apa yang harus dimasukkan dan yang tidak dimasukkan ke dalam sistem sehingga semua fungsi dapat diketahui dengan jelas [7].

c. Deskripsi Sistem dan Diagram Blok Fungsional

Deskripsi sistem dan diagram blok merupakan representasi dari fungsi-fungsi utama sistem yang berupa blok-blok yang berisi fungsi-fungsi dari setiap subsistem yang menyusun sistem tersebut [7].

d. *System Function and Functional Failure*

Fungsi merupakan kinerja yang diharapkan oleh suatu sistem untuk dapat beroperasi. *Functional failure* (FF) merupakan ketidakmampuan suatu komponen atau sistem dalam memenuhi standar prestasi (*performance standard*) yang diharapkan [7].

e. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Failure Modes and Effect Analysis (FMEA) disusun berdasarkan fungsi komponen dan laporan maintenance yang kemudian dapat ditentukan berbagai penyebab kegagalan yang menimbulkan kegagalan fungsi serta dampak yang diakibatkan dari kegagalan fungsi tersebut. Penilaian *severity*, *occurrence*, dan *detection*. Rumus perhitungan *risk priority number* (RPN) dapat dilihat pada Persamaan 1. sebagai berikut [8]:

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

Dimana nilai S adalah *severity*, O menunjukkan nilai *occurrence*, dan nilai D adalah *detection*. Nilai S atau *severity* merupakan sebuah penilaian pada tingkat keseriusan suatu efek atau akibat dari potensi kegagalan pada proses yang dianalisis. (McDermott dkk., 2009). Dampak dari rating tersebut mulai skala 1 sampai 10, dimana skala 1 merupakan dampak paling ringan sedangkan 10 merupakan dampak terburuk dan penentuan terhadap rating. *Occurrence* merupakan rating yang mengacu pada beberapa frekuensi terjadinya cacat pada produk isolator. Nilai frekuensi kegagalan menunjukkan adanya keseringan suatu masalah yang terjadi akibat *potential cause*. *Detection* adalah sebuah kontrol proses yang akan mendeteksi secara spesifik akar penyebab dari kegagalan. *Detection* adalah sebuah pengukuran untuk mengendalikan kegagalan yang dapat terjadi.

f. *Logic Tree Analysis*

Penyusunan *Logic Tree Analysis* (LTA) merupakan proses kualitatif yang digunakan untuk mengetahui konsekuensi yang ditimbulkan oleh masing-masing *failure mode*. Tujuan *Logic Tree Analysis* (LTA) adalah mengklasifikasikan *failure mode* ke dalam beberapa kategori sehingga nantinya dapat ditentukan tingkat prioritas dalam penanganan masing-masing *failure mode* berdasarkan kategorinya [9]. Berdasarkan LTA tersebut *failure mode* dapat digolongkan dalam empat kategori yaitu [10]:

- Kategori A (*Safety Problem*), jika *failure mode* mempunyai konsekuensi dapat melukai atau mengancam jiwa seseorang.
- Kategori B (*Outage Problem*), jika *failure mode* mempunyai konsekuensi terhadap *operasional plant* (mempengaruhi kuantitas ataupun kualitas output) yang dapat menyebabkan kerugian ekonomi secara signifikan atau dapat mematikan sistem.
- Kategori C (*Minor to Investigation Economic Problem*), jika *failure mode* tidak berdampak pada *safety* maupun *operasional plant*. Dampaknya hanya menyebabkan kerugian ekonomi yang relatif kecil dan dapat diabaikan.

- Kategori D (*Hidden Failure*), jika *failure mode* tergolong sebagai *hidden failure*, yang kemudian digolongkan lagi ke dalam kategori D/A, kategori D/B, dan kategori D/C.

2.2 Pemilihan Tindakan

Pemilihan tindakan merupakan tahap terakhir dari proses analisa RCM. Dari tiap mode kerusakan dibuat daftar tindakan yang mungkin untuk dilakukan dan selanjutnya memilih tindakan yang paling efektif. Dalam pelaksanaannya pemilihan tindakan dapat dilakukan dengan empat cara yaitu [6] :

- Time Directed* (TD) Suatu tindakan yang bertujuan melakukan pencegahan langsung terhadap sumber kerusakan peralatan yang didasarkan pada waktu atau umur komponen.
- Condition Directed* (CD) Suatu tindakan yang bertujuan untuk mendeteksi kerusakan dengan cara memeriksa alat. Apabila dalam pemeriksaan ditemukan gejala-gejala kerusakan.
- Failure Finding* (FF) Suatu tindakan yang bertujuan untuk menemukan kerusakan peralatan yang tersembunyi dengan pemeriksaan berkala.
- Run to Failure* (RTF) Suatu tindakan yang menggunakan peralatan sampai rusak, karena tidak ada tindakan yang ekonomis dapat dilakukan untuk pencegahan kerusakan.

3 Hasil dan Pembahasan

3.1 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) disusun untuk mengetahui dan menganalisis terjadinya kegagalan tertinggi pada komponen kritis sehingga dapat ditentukan strategi perawatan yang tepat dan dapat menyelesaikan permasalahan. FMEA didasari atas tiga faktor yaitu *severity*, *occurrence*, dan *detection*. Dengan adanya FMEA, permasalahan dapat diselesaikan dengan lebih fokus dan terarah.

a. Perhitungan Nilai Severity

Severity merupakan langkah yang digunakan untuk mengetahui seberapa besar dampak suatu kejadian terhadap sistem maupun *output* proses. Nilai *severity* diperoleh melalui diskusi dengan pihak perusahaan dalam hal ini bagian *maintenance*. Nilai *severity* komponen mesin *hoist crane* disajikan pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Nilai Severity

No	Komponen	Efek	Rank
1	Wire Rope	Tinggi	7
2	Pendant	Tinggi	7
3	Bearing	Tinggi	7
4	Kabel Pendant	Tinggi	7
5	Wheel Trolley	Tinggi	7
6	Brake Lining	Tinggi	7

Dari tabel 1 diketahui bahwa keenam komponen memiliki nilai *severity* yang sama yaitu 7. Keenam komponen tersebut dapat digolongkan kedalam rank 7 karena keenam komponen tersebut apabila mengalami suatu kerusakan maka sistem masih beroperasi tetapi tidak bisa dijalankan secara penuh.

b. Perhitungan nilai Occurrence

Nilai *occurrence* ditentukan berdasarkan berapa banyak frekuensi *failure* terjadi dalam satu tahun. Nilai *occurrence* didapat dari data kegagalan masing-masing komponen. Nilai *occurrence* masing-masing komponen dapat dilihat pada Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Nilai Occurrence

No	Komponen	Tingkat Kegagalan	Level	Rank
1	Wire Rope	Kegagalan setiap 4 bulan	Sedang	5
2	Pendant	Kegagalan setiap 3 bulan	Sedang	6
3	Bearing	Kegagalan setiap 6 bulan	Rendah	3
4	Kabel Pendant	Kegagalan setiap 1,3 bulan	Tinggi	8
5	Wheel Trolley	Kegagalan setiap 1 tahun	Rendah	2
6	Brake Lining	Kegagalan setiap 1 tahun	Rendah	2

Dari data tabel 2 diketahui bahwa nilai *occurrence* tertinggi dimiliki oleh komponen kabel *pendant*. Komponen kabel *pendant* memiliki level *occurrence* tinggi dikarenakan berdasarkan data historis komponen tersebut mengalami 9 kali kegagalan selama satu tahun. Itu artinya kegagalan terjadi hampir setiap bulan. Komponen *wire rope* dan *pendant* memiliki level *occurrence* sedang karena kedua komponen ini mengalami kegagalan sebanyak tiga dan empat kali selama

selama satu tahun. Komponen *bearing*, *wheel trolley* dan *brake lining* berada di level rendah karena komponen ini mengalami kerusakan hanya satu dan dua kali selama satu tahun.

c. Perhitungan Nilai *Detection*

Nilai *detection* ditentukan berdasarkan kemungkinan metode deteksi saat ini dapat mendeteksi *potential failure mode*. Nilai *detection* didapat dari wawancara dengan bagian *maintenance*. Nilai *detection* masing-masing komponen dapat dilihat pada Tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Nilai *Detection*

No	Komponen	Deteksi	Rank
1	<i>Wire Rope</i>	Tinggi	3
2	<i>Pendant</i>	Tinggi	3
3	<i>Bearing</i>	Tinggi	3
4	Kabel <i>Pendant</i>	Tinggi	3
5	<i>Wheel Trolley</i>	Sedang	5
6	<i>Brake Lining</i>	Sedang	5

Berdasarkan tabel 3 diketahui bahwa komponen *wheel trolley* dan *brake lining* sama-sama memiliki kemungkinan deteksi sedang dan memiliki nilai 5. Nilai 5 berarti komponen-komponen tersebut sedang untuk dideteksi kegagalannya. Komponen lainnya yaitu *wire rope*, *pendant*, *bearing*, dan kabel *pendant* memiliki kemungkinan yang tinggi untuk dideteksi dan bernilai 3. Nilai 3 yang berarti tingkat untuk mendeteksi kegagalan pada komponen ini tinggi.

d. Perhitungan Nilai RPN

Pada *subbab* ini dilakukan perhitungan nilai *risk priority number* (RPN). Perhitungan nilai RPN berguna untuk mempertimbangkan tindakan dalam rangka mengurangi kekritisan dan meningkatkan proses. Nilai RPN didapat dengan mengalikan nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection* yang telah didapat sebelumnya. Pada Tabel 4 disajikan tabel *Reliability Centered Maintenance* (RCM) *Information Worksheet* yang memuat FMEA dan nilai RPN dari masing-masing komponen.

Tabel 4. RCM *Information Worksheet*

RCM INFORMATION WORKSHEET		System	Facilitator:						
		Subsystem	Auditor:						
Equipment	Function	FUNCTIONAL FAILUR	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT	S	O	D	RPN	% RPN
<i>Wire Rope</i>	Media dalam pengangkatan material yang menghubungkan <i>drum</i> dan <i>hook</i>	Hubungan antara <i>drum</i> dan <i>hook</i> terputus atau slip sehingga tidak terjadi aktifitas mesin <i>hoist</i>	1a Berkurangnya diameter wire rope disebabkan overload dan korosi	Aktifitas hoist gagal seperti material yang diangkat tersangkut atau jatuh	7	5	3	105	17,5
<i>Pendant</i>	Papan berisi tombol-tombol pengarah gerakan mesin <i>hoist crane</i>	Tombol untuk mengoperasikan mesin tidak berfungsi	1b Bagian dalam remot kotor karena debu dan pegas dalam remot melemah	Tombol lengket dan perintah yang diberikan tidak bisa dijalankan oleh mesin	7	6	3	126	20,9
<i>Bearing</i>	Menstabilkan putaran dan menahan pergerakan <i>shaft</i>	Putaran <i>shaft</i> tidak stabil dan terjadi getaran yang berlebih hingga menyebabkan <i>bearing</i> pecah	1c Pelumasan yang kurang, pembersihan jarang dilakukan, serta pelumas yang tercampur	Gaya gesek terhadap permukaan bearing bertambah sehingga menimbulkan panas dan keausan dini	7	3	3	63	10,5

Kabel Pendant	Mengontrol gerakan crane baik gerakan hoist, cross travel, dan long travel	Fungsi hoist, cross travel dan long travel tidak bisa berjalan dengan baiuk	1d	Sambungan kabel terputus karena posisi kabel yang tergantung sehingga ada kemungkinan kabel tertarik	Perintah dari operator tidak diteruskan kepada mesin sehingga mesin tidak bergerak	7	8	3	168	27,9
Wheel Trolley	Bergerak pada runway untuk memindahkan beban pada gerakan cross travel	Aktifitas cross travel terganggu	1e	Aus yang disebabkan tingkat pemakaian yang tinggi dan runway jarang dibersihkan	Diameter antar roda tidak sama yang menyebabkan kedudukan trolley tidak seimbang sehingga membahayakan aktifitas cross travel	7	2	5	70	11,6
Brake Lining	Menghentikan gerakan rotor dengan menggunakan brake lining pada base plate	Rotor tidak langsung berhenti	1f	Brak lining menipis	rotor tidak langsung berhenti sehingga memungkinkan terjadinya slip	7	2	5	70	11,6

e. Logic Tree Analysis

Berikut adalah tahapan setelah melakukan perhitungan FMEA yaitu LTA dapat dilihat pada tabel 5 dibawah ini.

Tabel 5. Logic Tree Analysis

No	Komponen	Failure Mode	Failure Effect			
			Evident	Safety	Outage	Category
1	Wire Rope	Berkurangnya diameter wire rope disebabkan overload dan korosi	Y	Y	Y	B
2	Pendant	Bagian dalam remot kotor karena debu dan pegas dalam remot melemah	Y	N	Y	C
3	Bearing	Pelumasan yang kurang, pembersihan jarang dilakukan, serta pelumas yang tercampur	Y	N	Y	B
4	Kabel Pendant	Sambungan kabel terputus karena posisi kabel yang tergantung sehingga ada kemungkinan kabel tertarik	Y	Y	Y	B
5	Wheel Trolley	Aus yang disebabkan tingkat pemakaian yang tinggi dan runway jarang dibersihkan	Y	N	Y	B
6	Brake Lining	Brake lining menipis	Y	N	Y	B

Menurut data pada Tabel 5, tabel tersebut menganalisis mengenai keseluruhan bagian dari hoist crane. Dari tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa failure mode dengan kategori A sebesar 0% kategori B sebesar 83%, kategori C sebesar 17%, kategori D sebesar 0%. Sehingga dapat dipastikan failure mode mayoritas merupakan konsekuensi operational plant.

3.2 Analisis Pembahasan *Failure Mode and Effect Analysis*

Tabel *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dapat dilihat pada tabel 5.7. terdapat 6 komponen yang dibahas dalam FMEA pada penelitian ini yaitu *wire rope*, *pendant*, *bearing*, kabel *pendant*, *wheel trolley*, *brake lining*. Komponen *pendant* yang berfungsi untuk mengarahkan gerakan *hoist crane* mengalami kegagalan dikarenakan kotorannya bagian dalam dari *pendant* ini sendiri yang mengakibatkan penumpukan kotoran pada tempat yang akhirnya bisa membuat tombol *pendant* tidak berfungsi.

Komponen *wire rope* yang berfungsi sebagai media pengangkatan material mengalami penyusutan pada diameternya. Penyusutan diameter ini disebabkan oleh beban material yang berlebihan (*overload*) dan adanya korosi. *Overload* disebabkan operator tidak dapat memperkirakan beban material yang akan diangkat. *Overload* menyebabkan serat-serat baja yang menyusun *wire rope* terputus sehingga diameternya menyusut. Korosi disebabkan adanya kontaminasi kotoran yang terbawa pada sarung tangan operator maupun tangan operator, dan juga ketidak hati-hatian operator dalam mengoperasikan mesin *hoist* bisa menyebabkan *wire rope* selip di dalam *drum*.

Komponen *bearing* yang berfungsi menstabilkan putaran dan getaran pada shaft mengalami kegagalan yang disebabkan komponen *bearing* yang aus. Kegagalan tersebut disebabkan masalah pelumasan dan kontaminasi. *Bearing* yang digunakan merupakan *bearing* tanpa *seal* sehingga diperlukan pelumasan yang berkala. Dan biasanya dalam melakukan pelumasan, komponen *bearing* tidak dibersihkan terlebih dahulu sehingga pelumas yang lama tercampur dengan pelumas yang baru. Hal ini dapat mempengaruhi kekentalan dari pelumas yang dapat berakibat pada gaya gesek bertambah. Kotoran yang tidak dibersihkan juga dapat menyebabkan pengendapan pada *track* sehingga menyebabkan gesekan yang berlebihan antara *ball* pada *bearing* dengan kotoran yang mengendap. Gesekan yang berlebihan ini dapat menghasilkan panas yang berlebih dan keausan dini.

Komponen kabel *pendant* yang berfungsi untuk mengontrol pergerakan *crane* mengalami kegagalan yang disebabkan oleh terputusnya sambungan pada kabel. Kabel *pendant* memiliki sambungan pada *push button* dan *control box*. Penyebab terputusnya sambungan adalah adanya kemungkinan kabel tertarik ataupun tersenggol selama pengoperasian baik itu dalam melakukan pergerakan *hoist*, *cross travel*, maupun *long travel*. Hal itu dikarenakan posisi *push button* yang tergantung.

Komponen *wheel trolley* yang berfungsi dalam memindahkan beban pada gerakan *cross travel* mengalami kegagalan yang disebabkan oleh aus. Hal ini disebabkan karena gerakan *cross travel* yang sering dilakukan. *Runway trolley* juga jarang dibersihkan sehingga gesekan semakin besar. Kegagalan ini mengakibatkan diameter *wheel* antara kiri dan kanan yang tidak lagi sama sehingga kedudukan *trolley* menjadi tidak seimbang.

Komponen *brake lining* yang berfungsi untuk menghentikan gerakan rotor mengalami kegagalan dikarenakan berkurangnya ketebalan *brake lining*. Hal ini berdampak pada berkurangnya daya pengereman. Sistem pengereman pada *hoist* sendiri berupa *electromagnetic brake*. Dalam pengoperasian *hoist crane* khususnya aktivitas *hoisting*, *brake* berperan penting dalam menjaga posisi *hook* pada ketinggian tertentu. Selain itu, *brake* juga berperan dalam menjaga agar beban tidak terjatuh apabila aliran listrik terputus. Penggunaan *brake* yang sedemikian rupa menyebabkan *brake lining* cepat menipis.

4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dibahas pada bab 3 di atas didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut. (1) Sesuai data FMEA pada tabel 4 terdapat 6 komponen yang menyebabkan kegagalan fungsi pada mesin *hoist crane*, dan nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi dimiliki oleh komponen kabel *pendant* dengan nilai RPN 168 dengan penyebab kegagalan sambungan kabel terputus karena posisi kabel yang tergantung sehingga ada kemungkinan kabel tertarik. (2) Berdasarkan tabel *Logic Tree Analysis* terdapat 4 kategori dari total 6 jenis *failure mode*, yaitu kategori A sebesar 0%, kategori B sebesar 83%, kategori C sebesar 17%, dan kategori D sebesar 0%, dengan kategori *outage problem*. Sehingga dapat dipastikan *failure mode* mayoritas merupakan konsekuensi *operational plant*. (3) Tindakan pemeliharaan untuk operasi sistem mesin *hoist crane* menggunakan metode RCM yaitu:

- *Wire Rope* : Memperhatikan kebersihan dari tangan dan sarung tangan operator, elakukan penyesuaian terhadap beban material yang akan diangkat, Memeriksa diameter *wire rope*. Apabila *wire rope* telah menyusut lebih dari 10 persen dari diameter awal maka dilakukan pergantian.
- *Pendant* : Pembersihan dan pembongkaran *pendant* secara berkala.
- *Bearing* : Melakukan pergantian terhadap komponen *bearing*.
- Kabel *Pendant* : Melakukan pengecekan terhadap baut dan sambungan kabel baik di *pendant* ataupun *control box*.
- *Wheel Trolley* : Memeriksa diameter *wheel trolley*. Apabila terdapat perbedaan diameter 8% antara *wheel* kiri dan kanan maka dilakukan pergantian, Memeriksa abrasi dan membersihkan permukaan *wheel* dan *runway* dari kotoran.
- *Brake Lining* : Melakukan pengecekan terhadap ketebalan *brake lining*. Apabila sudah terlalu tipis maka dilakukan pergantian, Melakukan penyesuaian *air gap* pada *brake lining*.

Daftar Pustaka

- [1] Puspitasari, P., Khafiddin, A., 2014, “*Analisis Hasil Pengecoran Logam AL-SI Menggunakan Lumpur Lapindo Sebagai Pengikat Pasir Cetak*”, Jurnal Teknik Mesin, 22(2).
- [2] Asisco, H., Amar, K., Perdana, Y.R., 2012, “*Usulan Perencanaan Perawatan Mesin Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Di PT. Perkebunan Nusantara VII (Persero) Unit Usaha Sungai Niru Kab. Muara Enim*”, Jurnal Kaunia, 7(2): 78–79.
- [3] <http://kmmi.co.id/learning-paa/jenis-dan-prinsip-kerja-hoist-crane/> akses 8 September 2021 pukul 8.52 WIB
- [4] Saadi, A., 2011, “*Buku Panduan Pemeriksaan Alat Angkat dan Angkut, Inspektur Pesawat Angkat Migas (IPA MIGAS)*”, Biro Klasifikasi Indonesia.
- [5] Hardianto, A., Pratikto, P., Yuliati, L., 2015, “*Perawatan Hoist Crane Dengan Metode Maintainability dan Costing Untuk Mengurangi Breakdown*”, Journal of Engineering and Management in Industrial System, 3(2).
- [6] Mokashi, A.J., Wang, J., Vermar, A.K., 2002, “*A study of reliability-centred maintenance in maritime operations. Marine Policy*”, 26: 325–335
- [7] Moubray, John., 1997, “*Reliability Centered Maintenance*”, New York: Industrial Press Inc.
- [8] McDermott, R.E., Mikulak, R.J dan Beauregard, M.R., 2009, “*The Basic of Fmea, 2nd Ed*”, New York, Taylor and Francis Group.
- [9] Bahrami, Bazzaz, H., Sajjadi, 2012, “*Innovation and Improvements In Project Implementation and Management; Using FMEA Technique*”, Procedia - Social and Behavioral Sciences, 41: 418–425.
- [10] Aziz, M.T., Suprawhardana, M.S., 2010, “*Penerapan Metode Reliability Centered Maintenance Berbasis Web pada Sistem Pendingin Primer di Reaktor Serba Guna GA, Siwabessy*”, JFN 4(1) : 81-98.