

Perencanaan *Maintenance* Pada *Overhead Crane* Menggunakan Metode FMEA dan RCM II

Muhammad Haris Zarkasyi^{1*}, Mohamad Hakam², dan Priyo Agus Setiawan³

¹Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

²Program Studi Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

³Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*E-mail: hariszarkasyi08@student.ppns.ac.id

Abstrak

Overhead crane adalah jenis *crane* dengan jembatan bergerak yang membawa *hoist* dan berjalan di atas kepala pada landasan pacu yang tetap. Berdasarkan data perbaikan perusahaan, *overhead crane* merupakan mesin yang sering mengalami kerusakan selama 3 tahun. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan rencana *maintenance* pada *overhead crane* guna mengantisipasi *breakdown* mesin. Metode yang digunakan adalah *Failure Mode Effect and analysis* (FMEA) untuk penentuan mode kegagalan dan *Reliability Centered Maintenance II* untuk menentukan waktu antar kerusakan dan waktu antar perbaikan. Metode *Reliability Centered Maintenance II* (RCM II) merupakan metode kuantitatif dan kualitatif dengan menggunakan data modus dan efek kegagalan. Hasil penelitian ini didapatkan 32 *failure mode* dari 19 komponen *overhead crane* yang dapat menyebabkan *functional failure*. Hasil pada penentuan *maintenance* didapatkan kegiatan *maintenance* yang didapatkan terdiri dari 2 kegiatan, yaitu, *schedule restoration task* dan *scheduled discard task*. Komponen yang termasuk *scheduled restoration task* yaitu *longtravel motor* dan *pendant*, sedangkan yang termasuk *scheduled discard task* yaitu *disk brake hoist*, *longtravel brake*, *trolley brake*, *wire rope*, dan *gearbox hoist*.

Kata Kunci: FMEA, *Overhead crane*, *preventive maintenance*, RCM II

Abstract

An *overhead crane* is a type of *crane* with a movable bridge that carries a *hoist* and runs overhead on a fixed runway. Based on the company's repair data, *overhead cranes* are machines that often damaged for 3 years. This study aims to determine the *maintenance plan* on the *overhead crane* in order to anticipate engine *breakdown*. The method used is *Failure Mode Effect and analysis* (FMEA) to determine the failure mode and *Reliability Centered Maintenance II* (RCM II) to determine the time between damage and the time between repairs. The *Reliability Centered Maintenance II* method is a quantitative and qualitative method using failure mode and effect data. The results of this study obtained 32 failure modes from 19 *overhead crane* components that can cause *functional failure*. The results of the determination of *maintenance* obtained that the *maintenance activities* obtained consist of 2 activities, namely, the *scheduled restoration task* and the *scheduled discard task*. The components included in the *scheduled restoration task* are *longtravel motor* and *pendant*, while those included in the *scheduled discard task* are *disk brake hoist*, *longtravel brake*, *trolley brake*, *wire rope*, and *gearbox hoist*.

Keywords: FMEA, *Overhead crane*, *preventive maintenance*, RCM II

1. PENDAHULUAN

Menurut Novita dan Nawawiwetu (2018), *overhead crane* atau OHC adalah salah satu jenis *crane* yang banyak digunakan dalam kegiatan manufaktur maupun konstruksi dan lainnya, *crane* ini berupa jembatan melintang di atas kepala yang pada umumnya konstruksi rangka dari plat baja. *Overhead crane* memiliki peran yang penting dalam kelangsungan proses produksi. Kelancaran proses produksi dipengaruhi oleh beberapa faktor salah satunya adalah kinerja mesin serta alat pendukung lainnya. Selain itu, harus dipastikan pula supaya seluruh mesin dan alat penunjang tersebut harus dalam kondisi siap pakai. Agar suatu sistem proses produksi dapat terus berjalan, maka dibutuhkan suatu kegiatan pemeliharaan atau *maintenance* terhadap peralatan dan mesin-mesin

produksi tersebut (Bangun dkk., n.d).

Berdasarkan data kerusakan dan perbaikan perusahaan selama tiga tahun terakhir memperlihatkan bahwa overhead crane merupakan mesin yang paling sering mengalami kerusakan. Kecelakaan overhead crane pernah terjadi pada perusahaan beton ini pada tanggal 12 Oktober 2020 yang disebabkan karena clamp wire rope lepas. Berdasarkan permasalahan tersebut, maka perlu dilakukannya upaya perawatan yang tepat, utamanya yaitu upaya preventive maintenance dengan memperhatikan faktor keandalan dari masing-masing komponen dan sesuai dengan prioritas masing-masing komponen.

Failure Mode Effect and Analysis (FMEA) digunakan untuk menganalisis kerusakan dan dampaknya serta untuk menentukan komponen kritis, menyelesaikan suatu masalah yang muncul pada malfungsi sistem peralatan (Setiawan, 2014). *Reliability Centered Maintenance II* (RCM II) merupakan serangkaian proses untuk menentukan apa yang harus dilakukan dalam rangka memastikan bahwa aset-aset fisik dapat berjalan dengan baik dalam menjalankan fungsi yang dikehendaki oleh pemakainya (perusahaan) dengan menambahkan *Safety and Environment consequence* pada decision diagramnya. (Moubray, 1997).

2. METODOLOGI

Langkah awal penelitian ini adalah menentukan *function block diagram* yang digunakan untuk mengetahui komponen-komponen yang terdapat dalam sistem dan bagaimana komponen tersebut bekerja dengan fungsinya. Selanjutnya menggunakan metode sebagai berikut:

a. Failure Mode Effect and Analysis

Metode failure mode effect and analysis (FMEA) digunakan untuk mengidentifikasi bahaya dan penilaian risiko. Pengisian FMEA dilakukan dengan cara *brainstroming* dan diskusi dengan pihak departemen *maintenance*, departemen HSE, dan departemen *operation* perusahaan terkait. Langkah pokok pengerjaan FMEA, antara lain, mendeskripsikan komponen yang ada pada *overhead crane*, mengidentifikasi mode kegagalan atau failure mode, menganalisa dampak kegagalan, dan menentukan nilai *severity class*.

b. Reliability Cantered Maintenance II (RCM II)

Langkah awal untuk menentukan RCM II :

1. Memasukkan data kegagalan komponen pada *software* weibull 6.0++
2. Menghitung fungsi pada distribusi probabilitas keandalan

Fungsi padat peluang (Probability Density Function) untuk distribusi weibull adalah (Novitasari dan Nani, 2009):

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t - \gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \exp \left[- \left(\frac{t - \gamma}{\eta} \right)^{\beta} \right]$$

Jika ditribusi data waktu antar kegagalan suatu komponen, subsistem atau sistem mengikuti ditribusi weibull maka (Novitasari dan Nani, 2009):

- a) Fungsi keandalan distribusi weibull adalah :

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{t - \gamma}{\eta} \right)^{\beta} \right]$$

- b) Laju kegagalan distribusi weibull adalah:

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t - \gamma}{\eta} \right)^{\beta-1}$$

3. Menghitung nilai *reliability* yang meliputi MTTF dan MTTR

Mean Time To Failure (MTTF) merupakan nilai rata-rata waktu kegagalan yang akan terjadi dari suatu sistem atau komponen. Mean Time To Repair (MTTR) merupakan nilai rata-rata waktu untuk dilakukan perbaikan. Dalam perhitungan nilai MTTF dan MTTR digunakan rumus yang sama seperti berikut (Kurniawati dkk, 2016):

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

4. Mengisi *proposed task* pada RCM II *decision worksheet*
5. Menghitung biaya konsekuensi operasional
6. Menentukan interval waktu perawatan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Failure Mode Effect and Analysis (FMEA)

Hasil dari FMEA pada penelitian ini yaitu diperoleh *potential failure mode*, *failure mechanism*, *failure effects*, *detection method*, serta *compensating provision*. Penentuan data-data tersebut akan dirangkum dalam tabel-tabel FMEA atau yang disebut worksheet FMEA.

Penelitian ini mengidentifikasi 19 komponen pada *overhead crane* diantaranya yaitu *pendant*, *pendant cable*, *wire rope*, *drum hoist*, *hoist motor*, *gearbox hoist*, *disk brake*, *runaway rail*, *bridge rail*, *longtravel motor*, *gearbox longtravel*, *longtravel wheel*, *longtravel brake*, *hook*, *trolley motor*, *trolley brake*, *trolley wheel*, *trolley end track*, dan *limitswitch*.

Tabel 1. Worksheet FMEA

<i>Failure Mode Effect and Analysis (FMEA)</i>							
<i>System : U-ditch production system</i>						<i>Date : April 2021</i>	
<i>Part Name : Overhead crane</i>						<i>Sheet : 1</i>	
<i>Mission : Mengangkut u-ditch pada proses produksi</i>						<i>Complied by : M. Haris</i>	
No.	Item	Function	Potential Failure Modes	Failure Mechanism	Failure Effect		
					Local Effect	Next Higher Failure	End Effect
1	Wire Rope	Tali baja pengangkut	Wire rope rantas (K1)	Kondisi wire rope yang kurang pelumas akan menyebabkan cepat rantas dan lama-kelamaan wire rope akan putus	Kekuatan wire rope untuk mengangkat beban berkurang	Wire rope putus dan beban jatuh menimpa yang ada di bawahnya	Proses mobilisasi terhambat
			Wire rope clamp rusak (K2)	Ketika beban yang diangkut tidak sesuai kapasitas, maka wire rope clamps akan rusak dan wire rope akan terjatuh	Wire rope lepas dan terjatuh	Wire rope dan beban menimpa yang ada di bawahnya	Produksi terganggu dan menghambat proses pengangkatan

Penyajian *worksheet FMEA* pada **Tabel 1.** merupakan contoh komponen yang teridentifikasi. Berdasarkan komponen *overhead crane* yang telah dianalisa, didapatkan 32 mode kegagalan yang dapat menimbulkan terjadinya kerusakan atau kegagalan pada kinerja *overhead crane*.

b. Reliability Centered Maintenance II

1. Decision Worksheet

Pengisian *decision worksheet* merupakan salah satu tahap dari proses pengerjaan RCM II setelah identifikasi kegagalan dengan metode FMEA. *Decision worksheet* ditujukan untuk merekam kegiatan perawatan pada komponen yang telah ditentukan sebelumnya.

Tabel 2. Decision Worksheet RCM II

RCM II DECISION DIAGRAM				<i>System : u-ditch</i>							<i>Date : July 2021</i>					
				<i>Sub System : overhead crane</i>							<i>Sheet : 1</i>					
				<i>Sub System Function : mobilisasi produk u-ditch</i>							<i>Complied by : M. Haris</i>					
Information References				Consequence Evaluation				Default Action			Proposed Task	Initial Interval (hours)	Can Be Done By			
Equipment	F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3				H4	H5	S4
								N1	N2	N3						
Wire Rope	1	2	3	Y	Y	N	Y	N	N	Y				*Melakukan penggantian clamps	5759,8546	Maint. Depart.

Note:

1 = Kawat baja sebagai pengangkut
2 = Tidak dapat mengangkut beban

3 = *wire rope clamps* rusak
**Scheduled discard task*

Penyajian *decision worksheet* RCM II pada **Tabel 2.** merupakan contoh *failure mode* pada komponen *wire rope*.

2. Penentuan Distribusi Data

Data kuantitatif yang digunakan untuk penentuan distribusi data yaitu berupa data downtime kegagalan komponen pada periode 2018, 2019, 2020. Data kuantitatif tersebut diuji dan diolah menggunakan software Weibull 6.0++ untuk mengetahui jenis distribusi data kegagalan tersebut.

Tabel 3. Worksheet Penentuan Distribusi Data

No.	Equipment	Failure Mode	decs.	distrubtion	Parameter				
					β	η	γ	μ	σ
1	<i>Wire rope</i>	<i>Clamps rusak</i>	TTF	Weibull 2	12,7993	10603	-	-	-
			TTR	Weibull 3	0,95	0,1784	2,7119	-	-

Penyajian tabel diatas merupakan penentuan distribusi data dimana Beta adalah parameter bentuk, eta adalah parameter skala, dan gamma adalah parameter lokasi . Selanjutnya parameter distribusi yang telah diperoleh akan digunakan dalam penentuan MTTF dan MTTR..

3. Perhitungan MTTF dan MTTR

Nilai parameter pada Tabel 3. digunakan untuk menghitung nilai MTTF dan MTTR pada seluruh komponen yang memiliki distribusi pada kegagalan sistem. MTTF adalah masa kerja suatu komponen saat pertama kali digunakan atau dinyalakan sampai unit tersebut akan rusak kembali atau perlu diperiksa kembali. Sedangkan Mean Time To Repair (MTTR) merupakan nilai rata-rata waktu untuk dilakukan perbaikan.

Tabel 4. Hasil Pengujian MTTF dan MTTR

No.	Equipment	Failure Mode	Distribution	MTTF (hours)	MTTR (hours)
1	<i>Longtravel motor</i>	Terbakar	Weibull 2	3806,8717	-
			Weibull 2	-	1,4439
2	<i>Disk Brake hoist</i>	Kampas aus	Normal	2844,4909	-
			Weibull 3	-	1,3576
3	<i>Longtravel Brake</i>	Kampas aus	Weibull 2	3460,8066	-
			Weibull 3	-	1,4157
4	<i>Trolley Brake</i>	Kampas aus	Weibull 2	3323,2362	-
			Weibull 3	-	1,7369
5	<i>Pendant</i>	Rusak	Normal	2695,4632	-
			Weibull 3	-	1,0612
6	<i>Wire Rope</i>	Clamps rusak	Weibull 2	10176,0172	-
			Weibull 3	-	2,8943
7	<i>Gearbox hoist</i>	Gear aus	Weibull 2	6603,9690	-
			Weibull 2	-	2,8386

Penyajian data MTTF dan MTTR diatas merupakan hasil yang didapatkan dari penentuan distribusi data dengan aplikasi weibull sebelumnya. Semakin besar nilai MTTF maka komponen tersebut memiliki rentang waktu kerusakan lebih lama. Semakin besar nilai MTTR maka komponen tersebut membutuhkan waktu perbaikan yang lama

4. Perhitungan Biaya

Perhitungan anggaran biaya meliputi, biaya maintenance dan biaya perbaikan. Biaya perbaikan terdiri dari biaya penggantian komponen (CF), man hours (CW), serta biaya konsekuensi operasional akibat mesin tidak beroperasi (CO).

Tabel 5. Rincian Biaya Perbaikan

No.	Equipment	CW	CO	CF	CR	MTTR
-----	-----------	----	----	----	----	------

1	Longtravel motor	Rp134.375	Rp6.000.000	Rp1.500.000	Rp10.357.371	1,4439
2	Disk brake hoist	Rp134.375	Rp6.000.000	Rp1.000.000	Rp9.327.911	1,3576
3	Longtravel brake	Rp134.375	Rp6.000.000	Rp400.000	Rp9.084.344	1,4157
4	Trolley break	Rp134.375	Rp6.000.000	Rp400.000	Rp11.055.234	1,7369
5	Pendant	Rp134.375	Rp6.000.000	0	Rp6.509.714	1,0612
6	Wire rope	Rp134.375	Rp6.000.000	Rp75.000	Rp17.829.457	2,8943
7	Gearbox hoist	Rp134.375	Rp6.000.000	Rp1.000.000	Rp18.412.890	2,8386

Penyajian rincian biaya perbaikan pada **Tabel 5**, merupakan hasil perhitungan biaya pada komponen yang memiliki distribusi tinggi pada kegagalan sistem. CR adalah biaya perbaikan yang terdiri dari CW (biaya tenaga kerja) CO (biaya konsekuensi akibat OHC tidak beroperasi) CF (biaya pergantian komponen).

5. Perhitungan Interval Perawatan Optimal

Berdasarkan perhitungan terhadap biaya *maintenance* (CM) dan biaya perbaikan (CR) pada komponen *overhead crane*, selanjutnya yaitu melakukan perhitungan interval perawatan optimal (TM) terhadap komponen-komponen *overhead crane* yang mengalami *scheduled discard task* dan *scheduled restoration task*.

Tabel 6. Hasil Perhitungan TM Komponen Overhead Crane

No.	Equipment	Failure Mode	Jenis Perawatan	TM (hours)	MTTF (hours)
1	Longtravel motor	Terbakar	Scheduled restoration task	826,3258	3806,8717
2	Disk brake hoist	Kampas rem aus	Scheduled discard task	854,8783	2844,4909
3	Longtravel brake	Kampas rem aus	Scheduled discard task	1333,5462	3460,8066
4	Trolley break	Kampas rem aus	Scheduled discard task	737,5938	3323,2362
5	Pendant	Rusak	Scheduled restoration task	550,5745	2695,4632
6	Wire rope	Wire rope clamps	Scheduled discard task	5769,4695	10176,0172
7	Gearbox hoist	Gear aus	Scheduled discard task	832,9241	6603,9690

Penyajian **Tabel 6**, merupakan hasil perhitungan TM (waktu interval perawatan) dan MTTF. Nilai TM pada masing-masing komponen lebih rendah daripada MTTF dengan tujuan agar perbaikan/perawatan komponen dilakukan sebelum komponen tersebut mengalami kerusakan (MTTF).

5. KESIMPULAN

- Hasil analisa dengan metode FMEA dalam mengidentifikasi kegagalan komponen yang terjadi pada overhead crane menunjukkan bahwa terdapat 19 komponen dengan 32 failure mode atau bentuk kegagalan serta diperoleh penyebab dan dampak dari masing-masing mode kegagalan tersebut.
- Komponen yang memiliki nilai distribusi kegagalan terbesar kemudian dilakukan kegiatan perawatan berdasarkan RCM II *worksheet* untuk masing-masing *failure mode*, dimana terdiri dari 2 kegiatan, yaitu:
 - Scheduled restoration task pada komponen longtravel motor dengan nilai TM sebesar 826,3258 jam dan komponen pendant dengan nilai TM sebesar 550,5745 jam
 - Scheduled discard task pada komponen disk brake hoist dengan nilai TM sebesar 854,8783 jam, longtravel brake dengan nilai TM sebesar 1333,5462 jam, trolley brake dengan nilai TM sebesar 737,5938 jam, wire rope dengan nilai TM sebesar 5769,4695 jam, dan gearbox hoist dengan nilai TM sebesar 832,9241 jam.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti ingin mengucapkan banyak terimakasih kepada Allah SWT dan juga kedua orang tua. Terimakasih kepada *expert judgement* yang telah memberikan data dan informasi sehingga terselesaikannya penelitian ini. Tidak lupa terimakasih terhadap Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya yang memberikan kesempatan dan tempat menimba ilmu, serta kepada dosen pembimbing Pak Hakam dan Pak Priyo atas waktu dan ilmu dalam membantu proses pengerjaan penelitian ini.

7. DAFTAR PUSTAKA

- Bangun, A. Rahman, and Z. Darmawan, "PERENCANAAN PEMELIHARAAN MESIN PRODUKSI DENGAN MENGGUNAKAN METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) II

PADA MESIN BLOWING OM PRODUCTION MACHINE MAINTENANCE WITH
RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) II IN BLOWING OM MACHINE (A Case
Study in PT Industri Sandang Nusantara Unit Patal Lawang),” pp. 997–1008.

- Moubray, J. (1997). *Reliability Centered Maintenance 2nd edition*. New York: Press Inc.
- Novita, L., & Nawawiwetu, E. D. (2018). Risk Assesment Of Overhead Crane (OHC) Double Girder Operation In The Kapal Niaga Division In PT PAL Indonesia (PERSERO). *Journal of Vocational Health Studies*.
- Pancholi, N., & Bhatt, M. (2017). Quality Enhancement In Maintenance Planning Through Non-Identical Fmeca Approaches. *International Journal For Quality Research*, 603- 625.
- Setiawan, I. (2014). *FMEA Sebagai Alat Analisa Risiko Moda Kegagalan Pada Magnetic Force Welding Machine ME-27.1*. Serpong: Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir.