

# Identifikasi Bahaya dan Penentuan Kegiatan Perawatan Pada *Tower Crane* 50T Menggunakan Metode RCM II (Studi Kasus Perusahaan Manufaktur Kapal)

Anggita Hardiastuty<sup>1\*</sup>, Galih Anindita<sup>2</sup>, Mades D. Khairansyah<sup>3</sup>

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

Email: anggita439@gmail.com

## Abstrak

Perusahaan Manufaktur Kapal merupakan perusahaan yang bergerak dibidang perbaikan dan perancangan kapal dengan kegiatan utama pembangunan kapal. Dalam kegiatannya banyak plat yang digunakan dengan berat lebih dari 1000 kg dengan pengangkatan plat menggunakan *tower crane*. Dalam satu jam *tower crane* dapat mengangkat plat sebanyak 6 plat. Untuk menentukan kegiatan perawatan yang tepat, penelitian ini menggunakan *failure modes and effect analysis* (FMEA). Untuk uji distribusi terhadap waktu antar kerusakan (TTF) dan waktu antar Perbaikan (TTR) dengan menggunakan *software weibull ++6* yang kemudian datanya akan digunakan untuk menentukan interval perawatan dalam RCM II *Decision Worksheet*. Untuk pemulihan jadwal perawatan yang optimal menggunakan (RCM II). Berdasarkan hasil penelitian dari 16 *equipment* terdapat 35 *failure mode* yang dapat menyebabkan terjadinya *functional failure* pada *tower crane*. Pada penentuan kegiatan perawatan dengan RCM II didapatkan bahwa terdapat 5 *failure mode* yang dapat dicegah menggunakan *scheduled restoration task* dan 30 *failure mode* dapat dicegah menggunakan *scheduled discard task*.

**Keywords:** *Failure mode*, FMEA, interval perawatan, RCM II, *Tower crane*, weibull 6

## PENDAHULUAN

Perusahaan Manufaktur Kapal ini merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang perbaikan dan perancangan kapal dengan *tower crane* sebagai alat yang sangat dibutuhkan untuk proses pengangkatan material seperti plat kapal. Namun perawatan yang dilakukan tidak sebanding dengan penggunaannya. Di perusahaan ini proses perawatan dilakukan apabila salah satu komponen sudah mengalami kegagalan fungsi atau kerusakan selama bertahun-tahun dan dilakukan berdasarkan kebijakan perusahaan. Hal ini dapat menimbulkan efek negatif yang berkepanjangan karena pada saat mesin mengalami kegagalan akan mengakibatkan target operasioanal tidak tercapai, terhentinya proses pengangkatan material, dan masih banyak kerugian lain yang didapat akibat kegagalan tersebut. Oleh karena itu diperlukan kegiatan perawatan yang tepat untuk menjaga keandalan mesin (*reliability*).

Kecelakaan *tower crane* juga sering terjadi, pada tahun 2000-2009 tercatat 872 kecelakaan *tower crane* yang mengakibatkan 668 meninggal dunia dan 42% kecelakaan *tower crane* terjadi ketika proses pemasangan, pembongkaran dan penambahan *section* (McGettigen, 2009). Selain sebab tersebut tercatat 27% kecelakaan *tower crane* disebabkan oleh kegagalan fungsi elektrik maupun mekanik sebagai penyebab utama. *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). Metode ini dapat digunakan untuk menganalisis fungsi komponen, jenis kerusakan yang terjadi, efek yang ditimbulkan akibat kerusakan dan tindakan yang harus dilakukan untuk mengatasi kerusakan tersebut.

**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 and Effect Analysis (FMEA)**

Menentukan *failure mode and effect analysis*, merupakan analisis berupa mode kegagalan pada setiap *equipment tower crane* tentang kegagalan fungsi, modus kegagalan dan efek kegagalan dari tiap-tiap komponen ditentukan. Pengisian FMEA dilakukan dengan cara *brainstroming* dan diskusi dengan pihak departemen maintenance perusahaan terkait. Didalam RCM II, *failure mode and effect analysis* dinamakan *RCM information worksheet*.

**b. Reliability Centered Maintenance II (RCM II)**

Langkah awal untuk menentukan RCM II :

1. Menentukan RCM II *decision worksheet*, digunakan untuk menganalisa konsekuensi dari masing – masing penyebab kegagalan (*Failure Modes*), dan juga untuk mencari jenis kegiatan perawatan (*proposed task*) yang optimal dan menentukan *initial interval* untuk kegiatan perawatan tersebut serta memberi keterangan siapa yang bertanggung jawab dalam melaksanakan *proposed task* tersebut pada kolom *can be done by*.
2. Perhitungan nilai MTTF dan MTTR menggunakan rumus:

$$Weibull2 = \eta \Gamma \left( 1 + \frac{1}{\beta} \right) \tag{1}$$

$$LogNormal = \exp \left( \mu + \frac{\sigma^2}{2} \right) \tag{2}$$

$$Weibull3 = \gamma + \eta \Gamma \left( 1 + \frac{1}{\beta} \right) \tag{3}$$

$$Normal = \mu \tag{4}$$

3. Penentuan biaya *maintenance* (CM). Biaya tenaga kerja yang melakukan tindakan *preventive maintenance* serta biaya material yang digunakan untuk perawatan. Dimana CM = biaya tenaga kerja + biaya material. Selanjutnya, menghitung biaya perbaikan (CR) adalah biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan karena adanya komponen *tower crane* yang mengalami suatu kerusakan dimana perlu dilakukan suatu kegiatan perbaikan dan penggantian komponen.
4. Perhitungan interval perawatan optimal (TM). Setelah dilakukan perhitungan terhadap biaya *maintenance* (CM) dan biaya perbaikan (CR) pada *tower crane*, maka selanjutnya dapat dilakukan perhitungan interval perawatan optimal (TM). Perhitungan interval perawatan tiap komponen bergantung pada nilai parameter distribusi dan biaya-biaya yang berhubungan dengan perawatan seperti biaya perawatan (CM) dan biaya perbaikan (CR) untuk masing-masing komponen.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

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

FMEA merupakan analisis berupa mode kegagalan pada setiap *equipment tower crane* tentang kegagalan fungsi, modus kegagalan dan efek kegagalan dari tiap-tiap komponen ditentukan. Penentuan data-data tersebut akan dirangkum dalam tabel-tabel FMEA atau yang disebut RCM II *information worksheet* sesuai tabel.

**Tabel 5.** RCM II *Information Worksheet* Panel Listrik

RCM II <i>Information Worksheet</i>		SYSTEM : Panel Listrik				
		SUB-SYSTEM				
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE	FAILURE EFFECT	
1	Sebagai sumber arus listrik untuk penggerak motor	A	Panel tidak dapat bekerja atau rusak	1	Korsleting listrik	Tidak ada suplai arus listrik ke motor tower crane
				2	Komponen Terbakar	Tidak ada tegangan yang masuk sehingga alat tidak dapat bekerja

**Tabel 6.** RCM II *Information Worksheet* Kontaktor

RCM II <i>Information Worksheet</i>		SYSTEM : Kontaktor				
		SUB-SYSTEM				
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE	FAILURE EFFECT	
1	Sebagai pemutus dan penghubung arus listrik ke motor	A	Kontaktor tidak dapat menghubungkan arus listrik ke motor	1	Kontaktor terbakar	Arus listrik terputus
				2	Kontaktor renggang	Timbulnya percikan api dan panas pada kontaktor
				3	Kontaktor aus	Program tidak dapat berjalan

**Tabel 7.** RCM II *Information Worksheet* Motor Hoist

RCM II <i>Information Worksheet</i>		SYSTEM : Motor Hoist				
		SUB-SYSTEM				
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE	FAILURE EFFECT	
1	Sebagai penggerak gear box	A	Motor tidak dapat berputar	1	<i>Motor hoist</i> terbakar	<i>Hoist</i> langsung berhenti dan tidak ada proses pengangkutan material
				2	Bearing rusak	Motor <i>hoist</i> tidak dapat berputar
				3	As rotor patah	Tidak dapat menggerakkan gear box hoist. Hoist tidak dapat berjalan

**b. Reliability Centered Maintenance II (RCM II)**

**1. RCM II *Decision Worksheet***

Pada RCM II *Decision Worksheet* ini digunakan untuk menganalisa konsekuensi dari masing – masing penyebab kegagalan (*Failure Modes*), dan juga untuk mencari jenis kegiatan perawatan (*proposed task*) yang optimal dan menentukan *initial interval* untuk kegiatan perawatan tersebut serta memberi keterangan siapa yang bertanggung jawab dalam melaksanakan *proposed task* tersebut pada kolom *can be done by*.

**Tabel 8. RCM II Decision Worksheet**

RCM II DECISION WORKSHEET				System			System N2			Facilitator			Date	Sheet N2			
				Sub-System			Sub-System N2			Auditor			Date	Of:			
Information Reference				Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task	Initial Interval	Can Be Done By	
Equipment	F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4				
								O1	O2	O3							
Panel Listrik	1	A	1	Y	Y			N	Y					Scheduled Restoration Task : pengecekan sambungan kabel sebelum pengoperasian, pengecekan ampere listrik		Mekanik	
			2	Y	Y			N	N	Y						Scheduled Discard Task : pengecekan rutin, penggantian komponen	
Kontaktor	1	A	1	Y	Y			N	N	Y				Scheduled Discard Task : pengecekan rutin, pergantian kontaktor		Mekanik	
			2	Y	Y			N	Y					Scheduled Restoration Task : cek kontaktor, perbaikan kontaktor, pengecekan rutin		Mekanik	
			3	Y	Y			N	N	Y					Scheduled Discard Task : penggantian kontaktor, pengecekan rutin		Mekanik
Motor Hoist	1	A	1	Y	Y			N	Y					Scheduled Restoration Task : cek motor hoist, perbaikan motor hoist, pengecekan rutin, cek blower pendingin		Mekanik	
			2	Y	N	N	Y	N	N	Y					Scheduled Discard Task : lepas electric, penggantian bearing		Mekanik
			3	Y	N	N	Y	N	N	Y					Scheduled Discard Task : penggantian as rotor baru, pengecekan secara rutin		Mekanik

**2. Perhitungan Biaya Perbaikan**

Biaya perbaikan adalah biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan karena adanya komponen *tower crane* yang mengalami suatu kerusakan dimana perlu dilakukan suatu kegiatan perbaikan dan penggantian komponen. Biaya perbaikan terdiri dari biaya man hours (CW), biaya penggantian komponen (CF), dan biaya konsekuensi operasional (CO).

**Tabel 9. Biaya Pergantian Komponen**

No	Equipment	Komponen	CF (Rp)	CW (Rp)	CO (Rp)	MTTR (Jam)	(CW + CO) x MTTR	CR (Rp)
1	Panel Listrik	Konsleting listrik		Rp 105.417	Rp 80.325.000	1,271	102228325,2	Rp 102.228.325
		Komponen terbakar	Rp 167.000	Rp 105.417	Rp 80.325.000	3,390	272663452,0	Rp 272.830.452
2	Kontaktor	Kontaktor Terbakar	Rp 1.777.500	Rp 105.417	Rp 80.325.000	1,629	130991396,5	Rp 132.768.897
		Kontaktor renggang		Rp 105.417	Rp 80.325.000	1,877	151002537,3	Rp 151.002.537
		Kontaktor aus	Rp 1.777.500	Rp 105.417	Rp 80.325.000	1,221	98190679,6	Rp 99.968.180
3	Motor Hoist	Motor hoist terbakar		Rp 105.417	Rp 80.325.000	57,741	4644166233,0	Rp 4.644.166.233
		Bearing rusak	Rp 520.000	Rp 105.417	Rp 80.325.000	1,330	106952347,0	Rp 107.472.347
		As rotor patah	Rp 1.360.000	Rp 105.417	Rp 80.325.000	17,704	1423944928,4	Rp 1.425.304.928

**3. Perhitungan Interval Perawatan Optimal (TM)**

Setelah dilakukan perhitungan terhadap biaya *maintenance* (CM) dan biaya perbaikan (CR) pada *tower crane*, maka selanjutnya dapat dilakukan perhitungan interval perawatan optimal (TM) terhadap komponen-komponen pada *tower crane* yang mengalami *scheduled restoration task* dan *scheduled discard task*. Perhitungan interval perawatan tiap komponen bergantung pada nilai parameter distribusi yang telah diperoleh sebelumnya dan biaya-biaya yang berhubungan dengan perawatan seperti biaya perawatan (CM) dan biaya perbaikan (CR) untuk masing-masing komponen.

**Tabel 10.** Hasil Perhitungan TM

No	Equipment	Komponen	TM (jam)	MTTF
1	Panel Listrik	Konsleting listrik	5312,7725	8342,6584
		Komponen terbakar	3547,0005	7999,6260
2	Kontaktor	Kontaktor Terbakar	5873,3926	9030,0056
		Kontaktor renggang	3478,6851	8559,1617
		Kontaktor aus	4851,1895	8693,4709
3	Motor Hoist	Motor hoist terbakar	3978,7507	8259,3840
		Bearing rusak	3334,1842	7928,6726
		As rotor patah	2385,4391	8815,8330

**KESIMPULAN**

1. Masing-masing *failure mode* yang direncanakan pada RCM II dihitung juga interval perawatannya berdasarkan kegiatan perawatan yang dilakukan. Hal ini bertujuan agar kegagalan fungsi dari setiap *failure mode* dapat dicegah sebelum terjadi kerusakan atau tidak memperparah kerusakan yang telah terjadi.
2. Berdasarkan hasil perhitungan interval perawatan optimal (*scheduled discard & Scheduled restoration*) dengan mempertimbangkan biaya penggantian komponen, biaya kegagalan, biaya tenaga kerja, diketahui bahwa nilai yang diperoleh dalam menurunkan kegagalan yang dialami *equipment tower crane* jauh berada dibawah nilai MTTFnya. Hal ini menunjukkan bahwa interval perawatan optimal akan berusaha untuk menghindari terjadinya kegagalan sebelum waktu kerusakan terjadi.

**DAFTAR NOTASI**

- CF = biaya penggantian komponen jika perlu diganti
- CO = biaya yang ditanggung perusahaan akibat terjadi *down time*
- CW = biaya pekerja yang melakukan *repair*
- $\eta$  = eta = *scale parameter*
- B = beta = *shape parameter*

**DAFTAR PUSTAKA**

Blanchard, B.J, et.al. (1995). *Maintainability : A key to effective service ability & Maintenance Management*. Jhon Willey & Sons, New-York.

Ebeling, Charles, E. 1997. *An Introduction to Reliability and Maintainability*, Mcgraw – Hill Companies, Inc, Singapore.

McGettigen, T. (2009, September). *World Wide Tower Crane Accident Statistics*. Retrieved January 5, 2017, from <http://towercranesupport.com/>.

Moubray, Jhon. (1997). *Reliability Centered Maintenance 2nd Edition*. Industrial Press Inc. Madison Avenue- New York.

Rostiyanti, S. F. (2008). *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi Edisi Kedua*. Jakarta: Rineka Cipta.

Undang-Undang No.1 tahun 1970 tentang keselamatan kerja dan Undang-Undang No. 23 tahun 1992 tentang Kesehatan kerja.