

Perencanaan *Preventive Maintenance* Mesin Crane Dengan Pendekatan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM)

Aufansyah Nurroif, Dini Retnowati

Program Studi Teknik Industri, Universitas Maarif Hasyim Latif, Sidoarjo, Jawa Timur

Penulis Korespondensi: dini_retnowati@dosen.umaha.ac.id

Abstract

Tingginya waktu downtime mesin crane di salah satu perusahaan manufaktur produsen baja billet menyebabkan terganggunya kelancaran proses produksi. Untuk mengatasi hal ini serta untuk mencapai kestabilan performa crane, maka perlu adanya tindakan perawatan yang intensif pada setiap komponen crane. Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM), digunakan untuk mengetahui interval waktu perawatan dan untuk mengetahui dampak positif dilakukannya perawatan terencana. Dari hasil penelitian diketahui bahwa ada 4 komponen kritis pada mesin Crane Abus yang perlu memperoleh prioritas tindakan perawatan dengan periode waktu interval perawatan untuk masing-masing komponen sebesar 44,5 jam untuk motor 3 phase, 13,6 jam untuk komponen brake, 149,16 jam untuk komponen MCB 1 Phase dan 101,69 jam untuk komponen. Dengan adanya tindakan perawatan terencana juga dapat memberikan penghematan biaya perawatan sebesar $\pm 88\%$.

Kata kunci: *Reliability Centered Maintenance*, FMEA, perawatan terencana

1. PENDAHULUAN

Crane adalah salah satu alat berat yang digunakan untuk mengangkat atau memindah barang dan bahan yang tidak mampu diangkat oleh tangan kosong manusia. Dalam bidang industri, crane bekerja sebagai pengangkat material bahan baku, peralatan berat, bahkan mesin produksi. Crane mampu mengangkat barang secara vertikal kemudian memindahkan secara horizontal, selanjutnya menempatkan barang pada tempat yang diinginkan sesuai dengan jangkauan crane tersebut. Seiring dengan padatnya kebutuhan perusahaan untuk memindahkan muatan, performa crane harus tetap terjaga agar tidak mengganggu proses produksi yang salah satunya diakibatkan dari rusaknya crane. Perusahaan akan berusaha terus berkembang untuk mencapai target sasaran atau tujuan yang telah ditentukan. Keberhasilan dalam mencapai tujuan sebuah perusahaan harus sejalan dengan lancarnya mesin dan juga peralatan penunjang produksi.

Salah satu perusahaan manufaktur di daerah Jawa Timur yang bergerak dalam bidang pembuatan baja billet dengan salah satu produk utama berupa lembaran baja dengan berat lebih dari satu ton membutuhkan crane sebagai alat utama untuk membantu pekerjaan manusia. Saat ini, total waktu *downtime* crane dalam kurun satu tahun mencapai 311 jam. Untuk sistem perawatan mesin yang diterapkan di perusahaan selama ini masih berupa tindakan *corrective maintenance*, mesin baru diperbaiki apabila benar-benar mengalami kerusakan [1]. Mengingat tingginya waktu *downtime* mesin maka banyak timbul kerugian pada perusahaan. Lamanya *downtime* crane pun bervariasi tergantung keparahan kerusakan mesin dan lamanya perbaikan. Sehingga, untuk mengantisipasi semakin bertambahnya kerugian yang dialami perusahaan serta untuk mencapai kestabilan performa crane diperlukan tindakan *preventive maintenance* untuk mesin crane. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah *reliability centered maintenance* [2] Melalui metode ini dapat diperoleh rancangan waktu penjadwalan pemeliharaan yang tepat agar dapat meningkatkan kehandalan mesin [3] [4] dan juga dapat mengetahui total biaya perawatan yang dibutuhkan [5] Berdasarkan pada permasalahan ini, akan dilakukan penelitian terkait manajemen perawatan mesin crane dengan menggunakan metode *reliability centered maintenance* (RCM).

2. METODE PENELITIAN

Data-data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data yang diperoleh dari departemen *maintenance* produsen baja billet selama kurun waktu tahun 2021. Data yang dikumpulkan berupa data jenis mesin crane, data jumlah kerusakan mesin Crane, lama waktu perbaikan, lama waktu *downtime*, biaya perbaikan dan harga komponen pengganti. Data-data yang telah dikumpulkan akan diolah dan dianalisis lebih

lanjut dengan menggunakan pendekatan metode *reliability centered maintenance* (RCM) dengan tahapan sebagai berikut:

a. Penentuan Komponen Kritis

Tahapan ini untuk menentukan mesin kritis (mesin yang sering mengalami kerusakan). Mesin ini yang nantinya akan dianalisis lebih lanjut melalui tahapan berikutnya.

b. Definisi Batas Sistem

Pada tahap ini menjelaskan cara kerja sistem serta penggunaan instrumen yang ada dalam sistem. Pada tahap ini juga dapat diketahui apa saja yang menjadi input dan output dari tiap subsistem.

c. Deskripsi Sistem dan Block Diagram

Pada tahap ini dilakukan pendeskripsian sistem agar teridentifikasi desain sistem yang kritis, hubungan antar komponen dan pengaruhnya terhadap kinerja sistem. Informasi dan data yang diketahui kemudian dipakai untuk menyusun functional block diagram untuk mengidentifikasi sistem dengan detail.

d. Penentuan Fungsi Sistem dan Kegagalan Fungsional

Pada tahapan ini dilakukan analisa terhadap kegagalan fungsional yang terjadi pada sistem yang diteliti, penjelasan mengenai penyebab kegagalan, komponen yang berhubungan dengan komponen lain pada sistem tersebut.

e. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Tahap FMEA merupakan proses identifikasi kegagalan dari suatu komponen yang dapat menyebabkan kegagalan fungsi dari sistem kerja Crane yang mungkin terjadi serta untuk mengetahui komponen yang menjadi prioritas untuk dianalisis lebih lanjut.

f. Penentuan interval waktu perawatan

Pada tahap ini akan ditentukan interval waktu perawatan yang paling optimal untuk setiap komponen yang dianalisis.

g. Penentuan total cost

Tahap ini dilakukan untuk mengetahui besaran biaya perawatan yang dikeluarkan baik sebelum maupun sesudah diterapkannya tindakan perawatan terencana.

3. HASIL DAN ANALISA

Pada tahapan RCM yang pertama, perlu dianalisis mengenai mesin mana yang mengalami kerusakan paling sering atau bisa dikatakan sebagai mesin kritis. Berdasarkan data kerusakan mesin crane selama kurun waktu tahun 2021, yang diperoleh dari bagian maintenance seperti yang ditunjukkan pada tabel 1 dibawah ini, diperoleh informasi bahwa mesin crane abus, merupakan mesin crane yang paling sering mengalami kerusakan. Mesin crane ini adalah bagian dari proses supporting produksi yang vital, dimana mesin ini digunakan sebagai alat untuk proses pemindahan billet panas dari colling bed menuju ke truk pengangkut untuk dibawa ke area Billet inspection. Dalam sekali proses pemindahan, ada 4 batang billet yang dipindahkan oleh mesin crane abus dengan jumlah bobot ± 6 ton. Frekuensi kerusakan setiap mesin crane dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Frekuensi kerusakan mesin crane

Jenis Mesin Crane	Jumlah Breakdown	Prosentase	Prosentase Kumulatif
Crane Abus	42	25%	25%
Crane 60 Ton	26	16%	41%
Crane 5 Ton Bi	15	9%	50%
Crane Demag	14	8%	59%
Crane 3Ton GBJ	14	8%	67%
Crane 5 ton GBJ	13	8%	75%
Crane 30Ton EAF	12	7%	82%
Crane 60Ton CCM	11	7%	89%
Crane 3 Ton BI	10	6%	95%
Crane 60Ton VD	8	5%	100%

Adapun sistem kerja dari mesin Crane Abus bila ditinjau dari sistem elektrikal dan mekaniknya adalah sebagai berikut :

a. Elektrikal

Merupakan satu kesatuan dari beberapa rangkaian elektrikal sebagai sumber utama power supply dan komponen pengontrol seperti Handle, inverter, overload, kontaktor dan sebagainya. Panel electrical ini berfungsi sebagai pengendali crane.

b. Mekanikal

Sistem naik/turun hoist crane diatur menggunakan kontrol elektrik yang selaras dengan fungsi mekanik. Melalui motor dan gearbox hoist crane bisa naik turun dan crane bisa berpindah ke tempat yang diinginkan sesuai jalur rel yang disediakan

Selanjutnya dari sistem elektrikal dan mekanikal pada mesin crane abus, akan dipetakan terkait dengan fungsi sistem dan kegagalan fungsionalnya. Hasil dari tahapan ini, selanjutnya akan dianalisa lebih lanjut melalui tools FMEA. Fungsi sistem dan kegagalan fungsi dari mesin crane abus dapat dilihat pada tabel 2 berikut.

Tabel 2. Fungsi Sistem dan Kegagalan Fungsional

Sistem	Komponen	Fungsi	Kegagalan Fungsional
Elektrikal	<i>Breaker</i>	Sebagai pengaman utama arus listrik power utama Crane	Trip sebelum mencapai Arus beban maksimal
	MCCB	Sebagai pengaman sekunder pada panel crane	Trip sebelum mencapai arus beban maksimal
	MCB 1 phase	Sebagai pengaman power control elektrik	Trip sebelum tercapai arus beban maksimal
	Kontaktor	Kontak magnetic penghubung power listrik terhadap motor listrik	Kontak tembaga dalam kontaktor cacat dan sulit menghantarkan arus listrik
	Inveter	Menstabilkan tegangan dari keluaran arus listrik yang dihasilkan	Display error over current
	Kabel	Jalur penghantar listrik	Kabel cacat , isolator tembaga mengelupas
	Motor 3 phase	Mengubah tenaga listrik menjadi gerak putaran roda crane	Motor terbakar
	<i>Pushbutton Emergency</i>	Tombol <i>safety Off</i> crane	<i>Pushbutton</i> kontak cacat
	Timer	Komponen jeda waktu perantian putaran roda	Sistem timer error
	<i>Overload</i>	Pengaman arus berlebih apabila terdapat beban muat berlebih	Trip sebelum tercapai batas maksimal Ampere pada nameplate
	Busbar	Jalur penghantar tegangan listrik	Busbar bengkok tidak sesuai jalur sepatu busbar
	Sepatu busbar	Kontak penghubung busbar dengan power crane	Tembaga aus
Mekanikal	<i>Gearbox</i>	Peredam rpm motor sesuai rasio gearbox dan penguat tenaga roda crane	Gearbox bocor
	<i>Brake</i>	Rem Crane	Kampas brake aus
	<i>Hoist</i>	Catut pengangkat muatan	Bearing aus sling macet
	Roda Crane	Media gerak crane	Bearing macet
	Sling	Tali baja penarik <i>Hoist</i> crane	Sling rantas

Tools FMEA selanjutnya digunakan untuk menggambarkan tingkat keseringan kerusakan, keparahan dan tingkat deteksi kerusakan yang terjadi pada sistem elektrikal dan mekanikal crane abus, yang dinyatakan dengan nilai RPN (*Risk Priority Number*). Data dari hasil pengolahan FMEA ini nantinya akan menentukan komponen kritis mana dari crane abus yang akan dianalisa lebih lanjut. Ada beberapa uraian yang muncul dalam tabel FMEA dengan rincian penjelasan sebagai berikut:

1. *Function* berfungsi untuk mendeskripsikan fungsi komponen yang dianalisis.
2. *Fungsional failure* berfungsi untuk menentukan kegagalan yang terjadi pada komponen.

3. *Failure modes* berfungsi untuk mengidentifikasi penyebab kegagalan yang terjadi pada komponen yang sedang dianalisis.
4. *Failure effect* berfungsi untuk mengidentifikasi dampak yang ditimbulkan oleh kegagalan fungsi komponen.
5. *Saverity* digunakan untuk menentukan rating dari dampak yang ditimbulkan oleh kegagalan fungsi komponen yang dianalisis.
6. *Occurrence* digunakan untuk menentukan rating frekuensi kerusakan komponen yang sedang dianalisis.
7. *Detection* digunakan untuk menentukan rating kemungkinan sebuah komponen dapat terjadi kegagalan fungsi.
8. *Risk priority number* digunakan untuk menentukan angka prioritas resiko kegagalan fungsi yang didapatkan dari perkalian *severity*, *occurrence*, dan *detection*.

Data FMEA untuk mesin crane abus yang didapatkan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. FMEA untuk mesin crane abus

Major Subsystem	No.	Komponen	Fungsi	Jenis Kegagalan		Penyebab		Efek yang ditimbulkan	S _e	O _c	D _t	RPN	Rank	
		Equipment	Functional	Failure Mode	Failure Causes	Failure Effect								
Elektrikal	1	Breaker	1	Pengaman arus berlebih	A	Trip	1	Konsleting	Crane gagal beroperasi power listrik off	9	2	1	18	17
	2	MCCB	1	Pemutus aliran	A	Rusak	1	Usia komponen	MCCB tidak bisa start	8	2	2	32	14
							2	Tegangan tidak stabil						
	3	Overload	1	Pengaman beban berlebih	A	Trip	1	Usia komponen	Motor crane tidak dapat berfungsi	7	6	3	126	4
					B	Short								
	4	Kontaktor	1	Kontak pemacu power motor	A	Kasar	1	Usia komponen	Power motor tidak stabil	4	3	7	84	8
							2	Konsleting						
	5	Inverter	1	Menstabilkan tegangan dari kebuaran arus	A	Parameter Error	1	Over current	Inverter auto stop	7	2	7	98	6
	6	Kabel	1	Penghantar tenaga	A	Cacat	1	Terkena gerak	Konstatine dan power tidak bilane	10	7	5	100	5
	9	Timer	1	Jeda waktu untuk pergantian putaran roda	A	Error	1	Usia komponen	Crane tidak normal saat pergantian putaran	6	2	4	48	11
	10	MCB 1 phase	1	Pemngaman arus control elektrik	A	Rusak	1	Konsleting	Control crane off	9	5	3	135	3
	11	Busbar	1	Jalur penghantar tegangan listrik	A	Cacat	1	ngefont	Tegangan antar phase tidak seimbang, motor tidak bergerak	9	2	3	54	10
12	Sepatu busbar	1	Kontak penghubung busbar degan kabel power	A	Aus	1	Catu daya renggang	Tegangan antar phase tidak seimbang, motor tidak dapat bergerak	8	4	3	96	7	
						2	Kapasitas penggunaan							
Mekamikal	13	Sling	1	Tali penampang hoist crane	A	Rantas	1	Beban berlebih	Hoist tidak lancar saat mengangkat dan menurunkan beban	5	3	2	30	15
	14	Gearbox	1	Penguat putaran roda crane dan peredam RPM motor sesuai Rasio gearbox	A	oli bocor	1	Seal cacat	Putaran roda crane tidak lancar	6	5	2	60	9
					B	Kasar	2	Usia komponen						
	15	Brake	1	Sebagai rem motor roda penggerak crane	A	Aus	1	Kapasitas produksi	Rem motor roda crane tidak pakem	6	8	5	240	2
	16	Hoist	1	Sebagai catut beban crane	A	Rusak	1	Beban berlebih	Roller hoist macet tidak bisa mengangkat beban.	5	2	2	20	16
17	Roda	1	Media pergerakan crane	A	Aus	1	Gigi roda aus	Crane tidak berjalan dengam normal	6	3	2	36	13	

Dari metode ABC yang digunakan maka diperoleh 4 komponen grade A dengan presentase kumulatif sebesar 43% yang dianggap sebagai komponen kritis dari keseluruhan total jumlah RPN komponen mesin. Adapun empat komponen tersebut antara lain Motor 3 Phase, Brake, MCB 1 phase, dan Overload. Selanjutnya akan dianalisis data terkait waktu kerusakan dan perbaikan untuk keempat komponen ini.

Data kerusakan berupa tanggal dan jam terjadinya kerusakan dan perbaikan digunakan untuk menentukan parameter distribusi waktu *time to repair* (TTR) dan *time to failure* (TTF). Perhitungan *time to repair* memperhitungkan komponen yang selesai diperbaiki dan jumlah waktu ketika komponen rusak kembali. Perhitungan *time to failure* menghitung jumlah waktu ketika komponen selesai diperbaiki hingga komponen rusak kembali. Waktu perbaikan untuk komponen motor 3 phase dapat dilihat pada Tabel 4 dibawah ini.

Tabel 4. Waktu perbaikan untuk komponen motor 3 phase

Komponen	Tanggal	Waktu Kerusakan		Downtime		TTR
		Mulai	Selesai	Menit	Jam	Jam
Motor 3 phase	9-Jan	14:00	14:10	10	0,17	0
	17-Mar	0:30	0:40	10	0,17	1594,3
	10-Jul	9:30	10:20	50	0,83	2768,8
	12-Nov	13:30	18:00	270	4,5	3003,2
	18-Nov	23:00	23:30	30	0,5	149
	27-Nov	22:00	22:30	30	0,5	214,5
	2-Dec	0:00	0:30	30	0,5	97,5
	2-Dec	7:30	8:00	30	0,5	7
	3-Dec	7:00	8:00	60	1	23
	3-Dec	15:00	16:00	60	1	7
	3-Dec	22:00	22:15	15	0,25	6
	4-Dec	10:30	12:30	120	2	12,25
	6-Dec	3:00	3:30	30	0,5	38,5
6-Dec	22:00	23:50	110	1,83	18,5	
7-Dec	13:00	13:35	35	0,58	13,16	

Dari tabel 4 diperoleh data *downtime* tertinggi terjadi pada tanggal 12 november 2021 selama 270 menit dengan TTR 4,5 jam dan TTF 3003,2 jam, sedangkan pada tanggal 17 maret 2021 komponen water cable memiliki downtime terendah selama 10 menit dengan TTR 0,17 jam dan TTF 1594,3 jam.

Waktu perbaikan pada komponen brake dapat dilihat pada Tabel 5 dibawah ini

Tabel 5. Waktu perbaikan komponen brake

Komponen	Tanggal	Waktu Kerusakan		Down time	TTR	TTF
		Mulai	Selesai	Menit	Jam	Jam
Brake	14-May	5:30	15:47	617	10,28	0
	10-Jul	14:10	14:45	35	0,58	1366,4
	18-Jul	17:30	20:30	180	3,00	194,75
	10-Oct	10:00	11:20	80	1,33	2005,5
	14-Oct	10:10	13:10	180	3,00	94,8
	18-Nov	5:00	5:30	30	0,50	831,8
	19-Nov	7:30	8:00	30	0,50	26
	28-Nov	17:00	17:40	40	0,67	225
	28-Nov	19:00	20:30	90	1,50	1,3
	28-Nov	23:20	23:30	10	0,17	2,8
	13-Dec	7:00	15:00	480	8,00	343,5
	15-Dec	8:00	8:30	30	0,50	41

Dari tabel 5 diperoleh data waktu *downtime* tertinggi terjadi pada tanggal 14 mei 2021 selama 617 menit dengan TTR 10,28 jam dan TTF 0 jam, sedangkan pada tanggal 28 november 2021 komponen Brake memiliki downtime terendah selama 10 menit dengan TTR 0,17 jam dan TTF 2,8 jam.

Waktu perbaikan pada komponen MCB 1 phase dapat dilihat pada Tabel 6 dibawah ini

Tabel 6. Waktu perbaikan komponen MCB 1 phase

Komponen	Tanggal	Waktu Kerusakan		Down time	TTR	TTF
		Mulai	Selesai	Menit	Jam	Jam
MCB 1 Phase	13-Aug	7:00	7:30	30	0,5	0
	10-Sep	13:10	14:00	50	0,83	677,67
	28-Sep	10:00	10:30	30	0,5	428
	7-Oct	8:00	9:00	60	1	213,5
	29-Oct	15:00	15:30	30	0,5	534
	25-Nov	5:45	7:30	105	1,75	838,25
	15-Dec	8:00	8:30	30	0,5	480,5

Dari tabel 6 diperoleh data waktu *downtime* tertinggi pada tanggal 25 november 2019 selama 105 menit dengan TTR 1,75 jam dan TTF 638,25 jam.

Waktu perbaikan pada komponen overload dapat dilihat pada Tabel 7 dibawah ini
Tabel 7. Waktu perbaikan komponen overload

Komponen	Tanggal	Waktu Kerusakan		Down time	TTR	TTF
		Mulai	Selesai	Menit	Jam	Jam
Overload	18-Jul	22:50	23:30	40	0,67	0
	12-Aug	6:15	6:30	15	0,25	582,75
	28-Aug	11:10	11:30	20	0,33	388,67
	20-Sep	7:30	9:00	90	1,5	548
	27-Sep	9:00	9:30	30	0,5	168
	28-Oct	14:00	16:20	140	2,33	748,5
	4-Dec	8:40	9:50	70	1,17	880,3

Dari tabel 7 diperoleh data *downtime* tertinggi pada tanggal 28 oktober 2021 selama 140 menit dengan TTR 2,33 jam dan TTF 748,5 jam, sedangkan pada tanggal 12 agustus 2021 komponen temperatur memiliki downtime terendah selama 15 menit dengan TTR 0,25 jam dan TTF 582,75 jam. Dari data TTF dan TTR untuk keempat komponen yang telah diperoleh, kemudian akan dilakukan uji *goodness of fit* untuk mengetahui jenis distribusi dari data tersebut menggunakan software EasyFit dan juga untuk mengetahui nilai MTTR masing-masing komponen.

Tabel 8 menunjukkan hasil pengujian distribusi waktu lamanya perbaikan TTR dan tabel 9 menunjukkan hasil pengujian distribusi waktu antar kerusakan

Tabel 8. Hasil pengujian distribusi waktu lamanya perbaikan TTR

No	Komponen	Distribusi	Parameter	
			b (Shape)	η (Scale)
1	Motor 3 Phase	Weibul	1,09477	1,0293
2	Brake	Weibul	0,848683	2,27001
3	Mcb 1 phase	Weibul	2,00525	0,907476
4	Overload	Weibul	1,44943	1,07028

Tabel 9. Hasil pengujian distribusi waktu antar kerusakan TTF

No	Komponen	Distribusi	Parameter	
			b (Shape)	η (Scale)
1	Motor 3 Phase	Weibul	1,09477	1,0293
2	Brake	Weibul	0,848683	2,27001
3	Mcb 1 phase	Weibul	2,00525	0,907476
4	Overload	Weibul	1,44943	1,07028

Langkah berikutnya adalah melakukan perhitungan biaya perawatan dan kerusakan mesin. Hasil dari perhitungan ini akan dipergunakan untuk mencari waktu optimal interval perawatan yang sebaiknya dilakukan. Biaya untuk perawatan adalah biaya yang timbul karena adanya perawatan. Biaya untuk perawatan meliputi biaya untuk tenaga kerja, biaya downtime (biaya downtime ditetapkan oleh perusahaan sebesar 5% dari biaya kerugian produksi) dan biaya sparepart. Biaya perawatan dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$CM = (\text{Biaya tenaga kerja} \times \text{MTTR}) + \text{biaya material}$$

Biaya perawatan pada setiap komponen dapat dilihat pada Tabel 10 dibawah ini

Tabel 10. Biaya perawatan

No	Nama Komponen	Harga (Rupiah)	MTTR (Jam)	Biaya Tenaga Kerja (Rupiah)	CM (Rupiah)
1	Motor 3 Phase	Rp6.800.000	0,994756	Rp48.480	Rp6.848.226
2	Brake	Rp1.100.000	2,47207	Rp48.480	Rp1.219.846
3	MCB 1 Phase	Rp75.000	0,804192	Rp48.480	Rp113.987
4	Overload	Rp245.000	0,970499	Rp48.480	Rp292.050

Tabel 10 diatas menunjukkan bahwa perawatan Motor 3 Phase memiliki biaya tertinggi sebesar Rp6.848.226 karena harga komponen yang cukup mahal dengan nilai MTTR sebesar 0,994756. Sedangkan MCB 1 phase memiliki biaya perawatan terendah sebesar Rp113.987 dengan nilai MTTR sebesar 0,804192.

Biaya perbaikan adalah biaya yang timbul akibat adanya kerusakan komponen. Biaya ini didapatkan meliputi biaya kerugian produksi, biaya tenaga kerja dan biaya material. Hasil rekap perhitungan biaya perbaikan akibat kerusakan dapat dilihat pada tabel di bawah ini dengan rumus :

$$C_F = (\text{Biaya Tenaga Kerja} + \text{Biaya Downtime (jam)}) \times \text{MTTR (jam)}$$

Contoh perhitungan biaya penggantian karena kerusakan pada komponen Motor 3 Phase :
 $CF = [(Rp96.960 + Rp92.725.263) \times 0,994756]$
 $= Rp99.039.012$

Hasil perhitungan biaya perbaikan akibat kerusakan komponen untuk setiap siklus perawatan ditunjukkan pada tabel 11.

Tabel 11. Biaya perbaikan akibat kerusakan komponen untuk setiap siklus perawatan

No	Nama Komponen	Harga (Rupiah)	MTTR (Jam)	Biaya Tenaga Kerja (Rupiah)	Biaya Kerugian (Rupiah)	CF (Rupiah)
1	Motor 3 Phase	Rp6.800.000	0,994756	Rp96.960	Rp92.725.263	Rp99.039.012
2	Brake	Rp1.100.000	2,47207	Rp96.960	Rp92.725.263	Rp230.323.341
3	Mcb 1 phase	Rp75.000	0,804192	Rp96.960	Rp92.725.263	Rp74.643.915
4	Overload	Rp245.000	0,970499	Rp96.960	Rp92.725.263	Rp90.234.775

Setelah diperoleh perhitungan mengenai parameter distribusi, besaran biaya perawatan (CM) dan biaya perbaikan (Cf) maka selanjutnya akan dilakukan analisis mengenai waktu interval perawatan untuk komponen mesin crane abus dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$TM = \theta = \left(\frac{Cm}{(Cf - Cm)} \cdot \frac{1}{(\beta - 1)} \right)^{\frac{1}{\beta}}$$

Berikut contoh perhitungan untuk komponen motor 3 phase adalah sebagai berikut :

$$= 207,331 \left(\frac{Rp6.848.226}{Rp99.039.012 - Rp6.848.226} \cdot \frac{1}{1,44877 - 1} \right)^{\frac{1}{1,44877}}$$

$$= 44,5077 \text{ jam}$$

Waktu interval perawatan optimal pada setiap komponen dapat dilihat pada Tabel 12 dibawah ini

Tabel 12. Waktu Interval perawatan optimal

No	Nama Komponen	β (Shape)	η (Scale)	CM (Rupiah)	Cf (Rupiah)	TM (Jam)
1	Motor 3 Phase	1,44877	207,331	Rp6.848.226	Rp99.039.012	44,5
2	Brake	1,55736	296,496	Rp1.219.846	Rp230.323.341	13,6
3	Mcb 1 phase	3,92746	548,609	Rp113.987	Rp74.643.915	149,16
4	Overload	2,6299	622,072	Rp292.050	Rp90.234.775	101,7

Tabel 12 Menunjukkan komponen Brake memiliki waktu interval perawatan paling singkat yaitu 13,6 jam dan komponen MCB 1 Phase dengan interval perawatan paling lama dengan 149,16 jam. Untuk mengetahui total biaya perawatan sebelum dan sesudah adanya program perawatan terencana dalam 1 periode, dalam hal ini selama kurun waktu 1 tahun melalui perhitungan sebagai berikut.

Total waktu untuk 1 Periode = (8 jam x 6 hari) + (5 jam x 1 hari) x 52 minggu = 2756 jam

$$\text{Banyaknya kerusakan} = N = \frac{t}{MTTF} = \frac{2756}{517.054} = 5,33$$

Total biaya sebelum adanya perawatan
 = Biaya Kerusakan (C_F) x Banyaknya Kerusakan
 = Rp99.039.012 x 5,33
 = Rp. 527.897.506

Perhitungan biaya sebelum adanya perawatan terencana pada setiap komponen dapat dilihat pada Tabel 13 dibawah ini

Tabel 13. Perhitungan biaya sebelum adanya perawatan terencana (TP)

No	Nama Komponen	MTTF (Jam)	Cf (Rupiah)	Biaya Sebelum Adanya Perawatan (TP)
1	Motor 3 Phase	517,054	Rp99.039.012	Rp527.897.505
2	Brake	494,65	Rp230.323.341	Rp1.283.273.279
3	Mcb 1 phase	496,745	Rp74.643.915	Rp414.133.265
4	Overload	552,723	Rp90.234.775	Rp449.930.689

Perhitungan biaya sebelum adanya perawatan terencana ditunjukkan pada tabel 13. Untuk mengetahui berapa besar biaya perawatan yang dapat dihemat oleh perusahaan apabila menerapkan perawatan mesin crane secara terencana maka perlu dilakukan perhitungan besarnya biaya setelah adanya perawatan terencana. Biaya total perawatan dihitung berdasarkan pada biaya penggantian komponen karena perawatan (C_M), biaya penggantian komponen karena kerusakan (C_F) dan interval perawatan (TM). Untuk data yang berdistribusi Weibull, maka biaya total perawatan per jamnya dapat dihitung melalui rumus dibawah ini dengan hasil total cost per jam untuk masing-masing komponen mesin crane abus seperti yang ditunjukkan pada tabel 14:

$$T_C = \frac{C_F}{\eta^\beta} T M^{\beta-1} + \frac{C_M}{T M}$$

Tabel 14. Perhitungan Total Cost Perjam

No	Nama Komponen	β (Shape)	η (Scale)	CM (Rupiah)	Cf (Rupiah)	TM (Jam)	Total Cost/Jam
1	Motor 3 Phase	1,44877	207,331	Rp6.848.226	Rp99.039.012	44,5	Rp393.341
2	Brake	1,557362	296,496	Rp1.219.846	Rp230.323.341	13,66	Rp229.052
3	Mcb 1 phase	3,92746	548,609	Rp113.987	Rp39.043.163	149,16	Rp3.770
4	Overload	2,6299	622,072	Rp292.050	Rp101.596.494	101,69	Rp10.449

Interval waktu perawatan untuk MCB 1 phase adalah selama 149,16 jam atau setara dengan 6,2 hari maka untuk kurun waktu selama 1 tahun, akan ada 57,9 kali perawatan MCB 1 phase sehingga diperoleh hasil total cost perawatan MCB 1 phase selama 1 tahun sebesar Rp3.770 x 57,9 = Rp218.369,-. Perhitungan total cost per tahun dapat dilihat pada tabel 15.

Tabel 15. Total cost per tahun

No	Nama Komponen	TM (Jam)	Total Cost/Tahun
1	Motor 3 Phase	44,50771809	Rp76.356.874
2	Brake	13,66370212	Rp144.837.180
3	Mcb 1 phase	149,1643803	Rp218.369
4	Overload	101,6909407	Rp887.813

Apabila dibandingkan antara biaya yang dikeluarkan sebelum dan sesudah dilakukannya perawatan terencana, maka perusahaan dapat menghemat biaya perawatan sebesar 85%-99% apabila perusahaan menerapkan tindakan perawatan yang terencana. Hal ini menunjukkan bahwa perawatan terencana sangat penting untuk dilakukan karena dapat menekan biaya pengeluaran perusahaan dan tentu saja akan berdampak positif bagi peningkatan keuntungan perusahaan. Dari hasil perhitungan yang dilakukan akumulasi biaya sebelum dan sesudah perawatan terencana dapat dilihat pada tabel 16.

Tabel 16. Akumulasi biaya sebelum dan sesudah perawatan terencana

Nama Komponen	Total Biaya Penggantian Per Periode		
	Sebelum adanya program penggantian	Setelah adanya program penggantian	Presentase penghematan
Motor 3 Phase	Rp527.897.505	Rp 76.356.874	85,50%
Brake	Rp1.283.273.279	Rp 144.837.180	88,70%
Mcb 1 phase	Rp414.133.265	Rp 218.369	99,90%
Overload	Rp449.930.689	Rp 887.813	99,80%

4. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang diperoleh dari hasil pembahasan adalah sebagai berikut :

- a. Dari 17 komponen yang terdapat pada mesin crane abus, ada 4 komponen yang perlu memperoleh prioritas utama untuk dianalisis lebih lanjut yaitu Motor 3 Phase, Brake, MCB 1 phase dan Overload.
- b. Berdasarkan hasil analisis diperoleh interval waktu perawatan untuk keempat komponen tersebut adalah sebagai berikut: Motor 3 phase dilakukan perawatan setiap 44,5 jam, Brake dilakukan perawatan setiap 13,6 jam, MCB 1 Phase dilakukan perawatan setiap 149,16 jam, Overload dilakukan perawatan setiap 101,69 jam.
- c. Apabila tindakan perawatan terencana diberlakukan oleh perusahaan, maka berdasarkan hasil analisis diperoleh penghematan biaya perawatan sebesar 85,5 % untuk motor 3 phase, 88,7 % untuk komponen Brake, 99,9 % untuk komponen MCB 1 phase dan 99,8 % untuk komponen Overload.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Kapale and I. Colak, "RELIABILITY AND COST FIGURES COMPARISON OF MODULAR MULTILEVEL CONVERTER BASED ON PREVENTIVE AND CORRECTIVE MAINTENANCE," in *The 10th International Conference on Power Electronics, Machines and Drives (PEMD 2020)*, 2020, vol. 2020, pp. 1030–1034.
- [2] Ratna Bhakti P S and Sudiyono Kromodihardjo, "Perancangan Sistem Pemeliharaan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Pada Pulverizer (Studi Kasus: PLTU Paiton Unit 3)," *JURNAL TEKNIK ITS*, vol. 6, no. 1, pp. 155–160, 2015.
- [3] Dwi Prasetya and Ika Widya Ardhyani, "PERENCANAAN PEMELIHARAAN MESIN PRODUKSI DENGAN MENGGUNAKAN METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) (Studi Kasus: PT. S)," *JISO: Journal Of Industrial And Systems Optimization*, vol. 1, no. 1, pp. 7–14, Dec. 2018.
- [4] M. Burhannudin and M. Ansori, "IMPLEMENTASI RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE PADA EXCAVATOR PC-800," *JISO: Journal of Industrial and Systems Optimization*, vol. 5, no. 2, pp. 143–150, 2022.
- [5] M. Khoirul Rizani, "ANALISIS PREVENTIVE MAINTENANCE MESIN EXTRUSION DENGAN METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE II (RCM II)," *JISO: Journal Of Industrial And Systems Optimization*, vol. 4, no. 1, pp. 20–29, Jun. 2021.