

PREVENTIVE MAINTENANCE MENGGUNAKAN METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE II PADA FASILITAS PRODUKSI KRITIS PERUSAHAAN BAJA

**Sherin Ramadhania^{1*}, Achmad Samudra Dewantara², Nia Sastra Permata³, Muhammad Suryo
Panotogomo Abi Suroso⁴**

^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sumatera
Jl. Terusan Ryacudu No.2, Way Huwi, Kec. Jati Agung, Kabupaten Lampung Selatan, Lampung 35365
*email: sherin.ramadhania@ti.itera.ac.id

Abstract

One of the largest steel industries in Indonesia produces cold-rolled sheet steel, with production handled by the Cold Rolling Mill Factory. This study focuses on the Continuous Pickling Line and Continuous Tandem Cold Mill units, which have the highest *downtime* of 230 hours, resulting in a delay cost of 6 billion Rupiah. The objective is to identify the functions, failures, causes, and impacts on critical components, and to propose appropriate maintenance activities and intervals. Failure information is gathered using failure mode and effect analysis (FMEA), while the appropriate maintenance activities are determined using a reliability-centered maintenance II decision worksheet. The study identifies four critical components in the CPL unit and five in the CTCM unit. Five failure modes are addressed by on-condition scheduling, seven by restoration scheduling, and seven by failure interval. Proposed maintenance intervals for on-condition scheduling include 9,413 minutes for stand #5, 8,371 minutes for stand #4, 12,383 minutes for stand #3, 12,996 minutes for stand #2, and 7,123 minutes for stand #1. Restoration scheduling intervals are 34,000 minutes for the saddle breaker, 21,000 minutes for the wiper, and between 12,000–23,000 minutes for other components. Failure interval maintenance for the welder, pickling tank, and stands ranges from 2,409 to 6,540 minutes.

Keywords: Maintenance, Preventive Maintenance, Reliability Centered Maintenance II

1. Pendahuluan

Usaha untuk menjaga kontinuitas produksi di industri baja, diperlukan perencanaan pemeliharaan yang efektif guna mendukung keandalan mesin. Keandalan mesin menjadi faktor krusial yang mempengaruhi kelancaran proses produksi dan kualitas produk. Dalam kondisi industri baja saat ini, kegiatan menjaga keandalan mesin sangat penting untuk mengurangi *downtime* dan memastikan target produksi tercapai. Keandalan ini memungkinkan perusahaan memprediksi performa komponen mesin dalam jangka waktu tertentu, yang berperan dalam menjaga stabilitas produksi di tengah persaingan pasar dan fluktuasi permintaan.

Dalam industri baja saat ini, pemborosan dalam aspek pemeliharaan seringkali disebabkan oleh pengelolaan preventive maintenance yang kurang efisien, keterampilan teknis karyawan yang rendah, dan kesulitan dalam menentukan prioritas pekerjaan. Situasi ini menyebabkan banyak kerusakan mesin yang tidak terjadwal, yang berdampak pada menurunnya keandalan mesin (Sodikin, I. *et al.*, 2024). Akibatnya, biaya pemeliharaan meningkat dan perusahaan mengalami biaya kehilangan peluang (*opportunity cost*) dalam proses produksinya.

Salah satu perusahaan baja terbesar di Indonesia memproduksi baja lembaran dingin

yang digunakan dalam berbagai penerapan, seperti pembuatan komponen otomotif, peralatan rumah tangga, konstruksi, kaleng dan kemasan, serta furnitur logam. Pabrik *Cold Rolling Mill* (CRM) bertanggung jawab atas produksi jenis baja lembaran dingin ini. Perusahaan baja ini mengadopsi strategi bisnis *make to order*, di mana CRM memproduksi baja sesuai dengan spesifikasi pelanggan, dengan batas minimum pemesanan sebesar lima ton (PT.XYZ, 2024).

Unit produksi *Continuous Pickling Line* (CPL) di pabrik CRM berfungsi untuk membersihkan permukaan baja dari lapisan oksida atau karat menggunakan larutan asam klorida, dengan kapasitas produksi mencapai 945.500 ton per tahun. Setelah dibersihkan, baja dipindahkan ke unit *Continuous Tandem Cold Mill* (CTCM) untuk pengurangan ketebalan hingga 92% dari ketebalan awal, dengan kapasitas produksi 907.346 ton per tahun. Proses produksi di pabrik CRM berjalan selama 24 jam penuh dengan tiga *shift* delapan jam, namun unit CPL dan CTCM mengalami *downtime* lebih tinggi dibandingkan unit lainnya, mencapai lebih dari 20% atau sekitar 230 jam per tahun. Tingginya *downtime* ini berdampak pada penurunan efisiensi produksi dan peningkatan biaya operasional (PT.XYZ, 2024).

Perusahaan menetapkan target pemeliharaan kerusakan tahunan sebesar 20%, namun pada tahun 2023, waktu produksi yang hilang akibat pemeliharaan tidak terjadwal mencapai 25,84% atau setara dengan 256 jam, mengakibatkan kerugian biaya keterlambatan sebesar 6,75 miliar rupiah. Hal ini menunjukkan kelemahan dalam perencanaan dan pelaksanaan pemeliharaan yang perlu diperbaiki untuk meningkatkan efisiensi operasional. Salah satu solusi yang dapat diterapkan adalah *Reliability Centered Maintenance II* (RCM II), yaitu metode pemeliharaan yang fokus pada keandalan komponen kritis dengan menganalisis potensi kegagalan dan dampaknya terhadap operasi mesin. RCM II membantu menentukan tindakan pemeliharaan yang optimal dan interval yang tepat, sehingga mengurangi risiko kerusakan mendadak dan meningkatkan kinerja operasional (Widyoadi, M. A. *et al.*, 2017).

Berdasarkan permasalahan yang terjadi dan penelitian sebelumnya yang relevan. Peneliti melakukan penelitian mengenai usulan *preventive maintenance* dengan menerapkan *Reliability Centered Maintenance II*. Dengan menerapkan RCM II, perusahaan diharapkan dapat mengurangi frekuensi pemeliharaan saat terjadi kerusakan, meningkatkan keandalan mesin, dan memastikan kelancaran operasional. Penelitian ini bertujuan untuk menemukan langkah-langkah preventif yang efektif dalam mengurangi *downtime*, sehingga kualitas *output* dari unit produksi dapat ditingkatkan. Selain itu, penerapan RCM II diharapkan memberikan dampak positif terhadap produktivitas dan efisiensi proses di unit produksi berikutnya, mendukung perusahaan dalam mencapai target produksinya secara konsisten.

2. Landasan Teori

2.1. Pemeliharaan

Pemeliharaan yang efektif sangat penting untuk memperpanjang umur peralatan, meningkatkan ketersediaannya, dan menjaga mesin dalam kondisi optimal. Sebaliknya, peralatan yang tidak dirawat dengan baik dapat menyebabkan kegagalan lebih sering, pemanfaatan yang tidak efisien, dan keterlambatan produksi (Khasanah, R. *et al.*, 2021). Pemeliharaan yang baik tidak hanya menjaga peralatan tetap optimal, tetapi juga meningkatkan kinerja operasional perusahaan dengan meminimalkan risiko kerusakan yang dapat menghambat produksi. Hal ini mencegah kerugian finansial akibat biaya perbaikan, hilangnya waktu produksi, dan kehilangan pendapatan karena keterlambatan pesanan. Selain itu, pemeliharaan yang efisien juga memperpanjang umur mesin, meningkatkan

keandalan, dan mendukung produktivitas perusahaan.

2.2. Preventive Maintenance

Kebijakan perencanaan yang efektif harus mencakup jadwal pemeliharaan preventif yang tepat dan sesuai dengan kebutuhan peralatan. Pemilihan kegiatan pemeliharaan yang optimal sangat penting untuk mencegah kerusakan pada komponen mesin. Pendekatan ini bertujuan untuk mengurangi *downtime*, yaitu waktu henti produksi akibat kegagalan mesin, yang dapat mengganggu efisiensi operasional. Dengan perencanaan pemeliharaan yang terstruktur dan rutin, perusahaan dapat mengurangi risiko kerusakan tak terduga, meningkatkan keandalan mesin, serta menjaga kestabilan operasional. Selain itu, pendekatan ini juga membantu mengurangi biaya perbaikan darurat dan kerugian akibat penghentian produksi yang tidak terjadwal (Sidiq *et al.*, 2020).

2.3. Reliability Centered Maintenance

Reliability Centered Maintenance (RCM) telah menjadi fokus utama dalam berbagai industri sejak tahun 1970-an, seiring dengan perubahan pendekatan dalam pemeliharaan preventif. Sebelumnya, pemeliharaan berfokus pada mengembalikan sistem ke kondisi "sempurna," namun seiring berjalannya waktu, fokus ini bergeser menjadi memastikan sistem tetap berfungsi dengan baik tanpa harus kembali ke kondisi ideal (Carretero *et al.*, 2003). RCM adalah pendekatan berbasis teknologi yang bertujuan untuk mengidentifikasi kebutuhan pemeliharaan suatu sistem atau peralatan, serta menentukan kebijakan pemeliharaan yang paling tepat berdasarkan keandalan sistem dan dampak kegagalan terhadap operasi (Bae *et al.*, 2009).

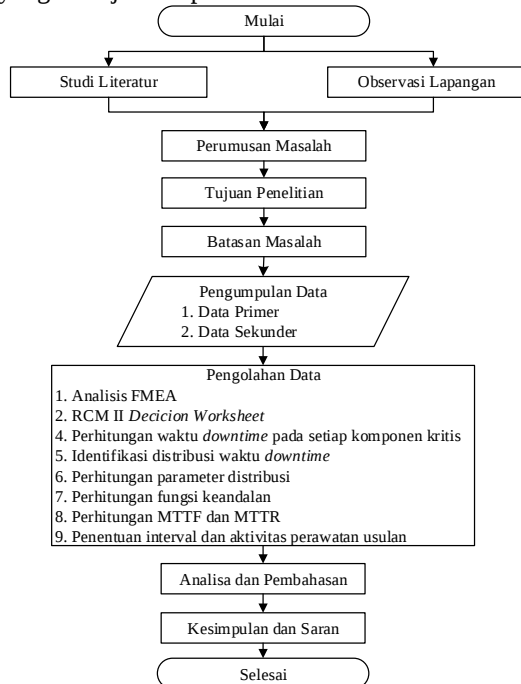
2.4. Reliability Centered Maintenance II

RCM II merupakan pengembangan dari konsep RCM yang awal, dengan fokus pada penerapan pemeliharaan yang lebih praktis dan efisien, sambil mempertahankan keandalan sistem. Pendekatan RCM II bersifat holistik, yang tidak hanya memperhatikan aspek teknis pemeliharaan, tetapi juga faktor manusia, organisasi, dan ketersediaan sumber daya. Tujuan utamanya adalah mengoptimalkan pemeliharaan agar dilakukan tepat waktu dan sesuai kebutuhan, dengan mengintegrasikan berbagai aspek teknologi dan manajerial dalam proses perawatan yang berkelanjutan (Kusuma, T. Y. T. *et al.*, 2021).

3. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance II* (RCM II), yang bertujuan untuk menentukan langkah-

langkah pemeliharaan yang diperlukan agar semua aset fisik tetap berfungsi sesuai kebutuhan pengguna dalam kondisi operasional saat ini. Berdasarkan hasil dari RCM II *Decision Worksheet*, tindakan yang perlu dilakukan meliputi *schedule restoration task*, yaitu pemeliharaan dan perbaikan untuk mengatasi hambatan yang mengganggu operasi mesin, serta *schedule discard task* yang mencakup penggantian komponen yang rusak (Dhamayanti et al., 2016). Proses pemecahan masalah disusun dalam beberapa tahapan terstruktur dan divisualisasikan dalam bentuk *flow chart* untuk mempermudah peneliti dalam menyelesaikan masalah secara sistematis dan terarah, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Flow Chart Pemecahan Masalah

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 RCM II Information Worksheet

RCM II Information Worksheet merangkum hasil analisis Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) untuk peralatan di unit CPL dan CTCM. Analisis ini disesuaikan dengan kondisi operasional masing-masing sistem, mengidentifikasi fungsi peralatan, penyebab dan mode kegagalan, serta dampaknya terhadap operasi. Informasi ini penting untuk memahami penyebab kerusakan peralatan dan dampaknya terhadap produksi, sehingga langkah-langkah pemeliharaan yang efektif dapat direncanakan untuk mencegah kegagalan. Contoh hasil FMEA pada Komponen Welder CPL dan Komponen Stand #1 CTCM dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. RCM II Information Worksheet FMEA dari Komponen Welder CPL

RCM II INFORMATION WORKSHEET		FMEA Member : Peneliti	
System: Unit Produksi CPL		Coaching: SPV SCI	
1 Komponen Sistem: Welder			
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT
Menghubungkan bagian head-end and tail-end menggunakan proses pengelasan flash but	Proses pengelasan pada mesin pengelasan tidak berjalan sebagaimana mestinya. Kegagalan ini disebut sebagai kegagalan fungsi total (total failure) pada fungsi utama mesin las (welder). Hal ini berarti mesin las sama sekali tidak dapat melakukan tugas utamanya, yaitu menghasilkan pengelasan yang diperlukan untuk mengelas, sehingga mesin tidak berfungsi secara keseluruhan	Ignition system power supply pada welder	Kegagalan pasokan daya sistem pengelasan pada mesin las di unit produksi CPL termasuk gangguan proses produksi, pengikatan waktu henti mesin, kerugian finansial akibat penurunan produktivitas, serta risiko keselamatan bagi operator yang bekerja dengan peralatan tersebut

Tabel 2. RCM II Information Worksheet FMEA dari Komponen Stand #1 CTCM

RCM II INFORMATION WORKSHEET		FMEA Member : Peneliti	
System: Unit Produksi CTCM		Coaching: SPV SCI	
9 Komponen sistem: Stand #1 Driving reducer			
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT
A	Motor penggerak pada stand mill #1 menghasilkan daya kurang dari 5700 kW atau bahkan tidak menghasilkan daya sama sekali, yang mengakibatkan mesin tidak berfungsi (mati) akibat kehilangan daya.	1	Dampak dari listrik motor drive mengalami tripped adalah trafo stand mill mati. Akibatnya proses produksi terhenti. Untuk menjalankan proses produksi kembali dilakukan penanganan pada trafo listrik dan penyesuaian kembali beban rolling di masing-masing stand.
		2	Motor penggerak terbakar akibat overheating. Overheating pada motor penggerak terjadi karena kondisi overload yang berlangsung secara terus-menerus.
		2	Terbakarnya motor penggerak disebabkan oleh suhu yang tinggi akibat kurangnya pelumasan, yang juga mengakibatkan proses penghentinya untuk mengganti motor penggerak yang terbakar.
B	Proses kerja Work roll terhambat, yang mencerminkan terjadinya kegagalan fungsi total pada fungsi utama work roll. Kegagalan ini terjadi karena work roll tidak dapat beroperasi secara efektif ketika komponen transmisi mengalami kerusakan	1	Spindle berfungsi untuk mentransmisikan daya dari motor ke work roll, yang bekerja sama untuk mengurangi ketebalan strip baja. Kegagalan penjarangan antara lubang head spindle dan head work roll menyebabkan work roll terhambat. Pengaturan level adjustment yang tidak tepat merupakan mode kegagalan dari falling capacity, yang mengakibatkan bending loading pada setiap putarannya. berpotensi menyebabkan high cycle fatigue failure. Akibat dari kegagalan alignment ini adalah kerusakan pada komponen spindle dan work roll, yang dapat mengakibatkan terhentinya proses produksi.

Tabel 1 menggambarkan fungsi, kegagalan, penyebab kegagalan, dan dampaknya pada komponen Welder di unit CPL, yang digunakan untuk menentukan tindakan preventif melalui metode RCM II guna mencegah kerusakan dan menjaga kelancaran produksi. Tabel 2 memaparkan analisis RCM II untuk komponen stand di unit CTCM, yang menunjukkan bahwa kegagalan pasokan daya motor atau proses kerja roll stand dapat menyebabkan gangguan produksi dan menghambat pengurangan ketebalan baja sesuai spesifikasi.

4.2 RCM II Decision Worksheet

RCM II Decision Worksheet adalah ringkasan evaluasi terhadap berbagai mode kegagalan dengan mempertimbangkan aspek-aspek seperti kondisi tersembunyi, keselamatan, dampak lingkungan, dan operasional. Evaluasi ini

bertujuan untuk menentukan prioritas penanganan kegagalan berdasarkan risiko keselamatan, dampak lingkungan, dan gangguan operasional. Contoh RCM II *Decision Worksheet* untuk CPL welder dapat dilihat pada Tabel 3, dan untuk Komponen Stand #1 CTCM pada Tabel 4.

Tabel 3. RCM II *Decision Worksheet* dari CPL Komponen Welder

Information Reference	Consequence Evaluation							Default Action			Proposed Task	Can be done by
								H	H	H		
								1	2	3		
								S	S	S		
F	F	F	M	H	S	E	O	1	2	3	Melakukan tugas Finding Failure memeriksa kondisi thyristor secara berkala untuk mencegah breakdown akibat kerusakan pada saluran listrik.	Electric (EL)
								O	O	O		
								1	2	3		
								N	N	N		
W	1	A	1	Y	N	N	Y	N	N	N	Y	

Tabel 4. RCM II *Decision Worksheet* dari CTCM Komponen Stand #1

Komponen Roda 1													Proposed Task	Can be done by			
Information Reference	Consequence Evaluation							Default Action									
								H	H	H							
								1	2	3							
Item	F	F	F	M	H	S	E	O	1	2	3	4	5	4			
									S	S	S						
									1	2	3						
									O	O	O						
S	1	A	1	N	N	N	Y	N	N	N	Y						
															1	2	3
															N	N	N
															1	2	3
#	1																
															1	2	3
															N	N	N
															1	2	3
D	1	A	2	Y	N	N	Y	Y	N	N							
															1	2	3
															N	N	N
															1	2	3
r	1	B	1	N	N	N	Y	N	Y	N							
															1	2	3
															N	N	N
															1	2	3

Tabel 3 mengusulkan tindakan preventif untuk komponen Welder berdasarkan analisis RCM II, yaitu dengan melakukan inspeksi berkala untuk mencegah kegagalan yang dapat mengganggu produksi. Tabel 4 memaparkan tugas pemeliharaan yang diusulkan untuk komponen Stand & Driving Reducer, termasuk inspeksi berkala, perbaikan terjadwal, dan penggantian terjadwal, yang dilakukan oleh teknisi listrik dan mekanik sesuai kebutuhan untuk mencegah kegagalan fungsi.

4.3 Perhitungan Downtime Komponen Unit Produksi CPL dan CTCM

Waktu kerusakan mesin, yang umumnya dikenal sebagai *downtime*, dihitung untuk unit CPL dan CTCM periode Januari hingga November 2023.

Tabel 5. Data Downtime Unit Produksi CPL

No	Nama Komponen	Downtime (menit)	% Downtime	% Downtime kumulatif
1	Uncoiler	112	3,15	3,15
2	Pinch Roll	159	4,47	7,62
3	Strip Flattener	117	3,29	10,91
4	Welder	782	21,99	32,90
5	Saddle Breaker	450	12,65	45,56

No	Nama Komponen	Downtime (menit)	% Downtime	% Downtime kumulatif
6	Looper Car	308	8,66	54,22
7	Pickling Tank	412	11,59	65,80
8	Wiper	396	11,14	76,94
9	Dryer	100	2,81	79,75
10	Side Trimmer	296	8,32	88,08
11	Electrostatic Oiler	194	5,46	93,53
12	Recoiler	230	6,47	100,00
Total		3.556	100	

Tabel 6. Data Downtime Unit Produksi CTCM

No	Nama Komponen	Downtime (menit)	% Downtime	% Downtime kumulatif
1	Uncoiler	423	4,12	4,12
2	Pinch Roll	225	2,19	6,32
3	strip Flattener	260	2,54	8,85
4	Shear Back Pinch Roll	335	3,27	12,12
5	Crop Shear	103	1,00	13,12
6	Rotary Shear	123	1,20	14,32
7	Welder	263	2,56	16,89
8	Trimmer	423	4,12	21,01
9	Bridle Roll 1	249	2,43	23,44
10	Looper	243	2,37	25,81
11	Bridle Roll 2	263	2,56	28,37
12	Stand #1	1065	10,38	38,76
13	Stand #2	1142	11,13	49,89
14	Stand #3	1176	11,47	61,36
15	Stand #4	1496	14,59	75,95
16	Stand #5	1544	15,05	91,00
17	Tensiometer Roll	207	2,02	93,02
18	Flying Shear	136	1,33	94,34
19	Recoiler	580	5,66	100,00
Total		10.256	100	

Tabel 5 menunjukkan total *downtime* sebesar 3.556 menit, dengan Welder menyumbang 21,99% dan Saddle Breaker 12,65%, yang menunjukkan prioritas utama dalam pengurangan *downtime* untuk efisiensi operasional. Tabel 6 memperlihatkan total *downtime* sebesar 10.256 menit dari 19 komponen produksi, dengan Stand #1 hingga Stand #4 menyumbang 47,69%, yang menekankan pentingnya pemeliharaan pada komponen-komponen tersebut untuk mengurangi dampak pada efisiensi produksi.

4.4 Perhitungan Waktu Kerusakan Unit Produksi CPL dan CTCM

Time to Failure (TTF) adalah waktu yang dihitung sejak suatu komponen diperbaiki hingga mengalami kerusakan lagi. Berikut disajikan perhitungan TTF, *Time Between Failures* (TBF), dan *Time to Repair* (TTR) pada komponen welder di unit CPL dan komponen stand#5 di unit CTCM.

Tabel 7. Perhitungan Waktu Komponen Welder Unit Produksi CPL

Delay Start		Delay Finish		TTF (Menit)	TTR (Menit)	TBF (Menit)
2/22/2023	07:05	2/22/2023	07:15		10	
3/1/2023	00:05	3/1/2023	00:20	9.650	15	9.660
3/3/2023	09:20	3/3/2023	09:30	3.420	10	3.435
3/11/2023	10:50	3/11/2023	11:00	11.600	10	11.610
3/20/2023	00:10	3/20/2023	00:45	12.310	35	12.320
3/29/2023	07:50	3/29/2023	08:30	13.385	40	13.420
3/30/2023	09:55	3/30/2023	10:04	1.525	9	1.565
4/11/2023	01:05	4/11/2023	01:30	16.741	25	16.750
4/18/2023	10:00	4/18/2023	11:15	10.590	75	10.615
4/28/2023	16:43	4/28/2023	16:53	14.728	10	14.803
5/2/2023	18:10	5/2/2023	19:20	5.837	70	5.847
5/10/2023	14:40	5/10/2023	15:25	11.240	45	11.310
5/19/2023	10:30	5/19/2023	12:15	12.665	105	12.710
6/5/2023	06:08	6/5/2023	06:28	24.113	20	24.218
6/12/2023	21:30	6/12/2023	22:00	10.982	30	11.002
6/23/2023	16:25	6/23/2023	16:42	15.505	17	15.535
6/25/2023	18:14	6/25/2023	19:05	2.972	51	2.989
8/17/2023	14:00	8/17/2023	15:15	57.600	75	57.651
8/19/2023	03:35	8/19/2023	04:25	2.180	50	2.255
8/25/2023	09:42	8/25/2023	10:32	8.957	50	9.007
9/13/2023	09:38	9/13/2023	10:15	27.306	37	27.356
9/17/2023	04:35	9/17/2023	06:00	5.420	85	5.457
9/26/2023	13:04	9/26/2023	13:41	13.384	37	13.469
10/7/2023	06:00	10/7/2023	08:00	15.379	120	15.416

Delay Start	Delay Finish	TTF (Menit)	TTR (Menit)	TBF (Menit)
10/10/2023 04:00	10/10/2023 04:15	4.080	15	4.200
10/19/2023 20:50	10/19/2023 21:05	13.955	15	13.970
02/11/2023 06:00	11/2/2023 06:15	19.255	15	19.270
06/11/2023 02:59	11/6/2023 03:12	5.564	13	5.579
15/11/2023 19:45	11/15/2023 20:30	13.953	45	13.966

Tabel 8. Perhitungan Waktu Komponen *Stand#5* Unit Produksi CTCM

Delay Start	Delay Finish	TTF (Menit)	TTR (Menit)	TBF (Menit)
1/2/2023 01:43	1/2/2023 01:57	14		
1/4/2023 06:30	1/4/2023 06:45	3.153	15	3.167
1/7/2023 14:45	1/7/2023 15:52	4.800	67	4.815
1/13/2023 17:15	1/13/2023 17:20	8.723	5	8.790
1/14/2023 21:10	1/14/2023 21:25	1.670	15	1.675
1/17/2023 11:00	1/17/2023 11:20	3.695	20	3.710
1/27/2023 23:30	1/27/2023 23:52	15.130	22	15.150
1/30/2023 00:40	1/30/2023 01:20	2.928	40	2.950
2/4/2023 05:10	2/4/2023 05:55	7.430	45	7.470
2/11/2023 12:50	2/11/2023 13:53	10.495	45	10.540
2/20/2023 16:14	2/20/2023 17:00	13.101	46	13.146
3/2/2023 09:40	3/2/2023 10:30	13.960	50	14.006
3/12/2023 20:48	3/12/2023 20:58	15.018	10	15.068
3/23/2023 19:50	3/23/2023 20:10	15.772	20	15.782
4/4/2023 06:55	4/4/2023 10:45	16.485	230	16.505
4/16/2023 17:50	4/16/2023 18:00	17.705	10	17.935
4/27/2023 16:00	4/27/2023 16:12	15.720	12	15.730
5/9/2023 14:17	5/9/2023 14:32	17.165	15	17.177
5/21/2023 22:00	5/21/2023 22:28	77.760	28	77.775
6/3/2023 12:48	6/3/2023 13:05	18.140	17	18.168
6/18/2023 14:12	6/18/2023 14:35	21.667	23	21.684
6/24/2023 22:00	6/24/2023 22:30	9.085	30	9.108
8/8/2023 16:30	8/8/2023 17:15	64.800	45	64.830
8/11/2023 07:37	8/11/2023 07:52	3.742	15	3.787
8/15/2023 04:55	8/15/2023 05:45	5.583	50	5.598
8/20/2023 22:20	8/20/2023 22:35	8.195	15	8.245
8/26/2023 18:15	8/26/2023 18:25	8.380	10	8.395
9/3/2023 08:28	9/3/2023 09:27	10.923	59	10.933
9/11/2023 00:24	9/11/2023 01:24	10.977	60	11.036
9/23/2023 08:27	9/23/2023 08:40	17.703	13	17.763
10/7/2023 10:28	10/7/2023 11:28	20.268	60	20.281
10/23/2023 07:32	10/23/2023 12:52	22.804	320	22.864
11/8/2023 12:28	11/8/2023 12:53	23.016	25	23.336
11/26/2023 18:30	11/26/2023 20:03	26.257	93	26.282

Tabel 7 menunjukkan hasil perhitungan waktu kerusakan dan perbaikan mesin, termasuk TTF, TTR, dan TBF, yang digunakan untuk menganalisis pola kerusakan dan efektivitas perbaikan guna meningkatkan keandalan operasional pada unit produksi CPL. Tabel 8 menyajikan data serupa sepanjang tahun 2023 untuk menganalisis keandalan dan efisiensi proses perbaikan dalam mendukung peningkatan operasional mesin pada unit produksi CTCM.

4.5 Identifikasi Distribusi Waktu Kerusakan pada Unit Produksi CPL dan CTCM

Berdasarkan uji *goodness of fit*, ditentukan distribusi yang paling sesuai untuk setiap komponen di unit CPL dan CTCM. Berikut disajikan keputusan mengenai distribusi waktu kerusakan untuk komponen-komponen tersebut.

Tabel 9. Keputusan Distribusi TTF untuk Komponen Pada Unit CPL

No	Komponen	Distribusi Awal	Hasil	Distribusi selanjutnya	Hasil	Keputusan
1	Welder	Ekspensial	Ditolak	Weibull	Diterima	Weibull
2	Saddle Breaker	Ekspensial	Ditolak	Weibull	Diterima	Weibull
3	Pickling Tank	Ekspensial	Ditolak	Weibull	Diterima	Weibull
4	Wiper	Weibull	Diterima	-	-	Weibull

Tabel 10. Keputusan Distribusi TTF untuk Komponen Pada Unit CTCM

No	Komponen	Distribusi Awal	Hasil	Distribusi selanjutnya	Hasil	Keputusan
1	Stand #5	Weibull	Diterima	-	-	Weibull
2	Stand #4	Ekspensial	Ditolak	Weibull	-	Weibull
3	Stand #3	Ekspensial	Ditolak	Weibull	-	Weibull
4	Stand #2	Ekspensial	Ditolak	Weibull	-	Weibull
5	Stand #1	Weibull	Diterima	-	-	Weibull

Tabel 9 menampilkan analisis distribusi waktu kegagalan komponen (TTF), di mana distribusi awal diuji menggunakan metode statistik untuk menentukan distribusi yang paling sesuai, seperti Exponential atau Weibull. Hasil akhir untuk komponen (Welder, Saddle Breaker, Pickling Tank, Wiper) menunjukkan pola distribusi yang relevan untuk keandalan masing-masing komponen. Tabel 10 menyajikan analisis distribusi waktu kegagalan (TTF) untuk komponen Stand #5 hingga Stand #1, yang diuji dengan distribusi Exponential atau Weibull, dan akhirnya ditentukan menggunakan distribusi Weibull untuk memodelkan keandalan dan perencanaan pemeliharaan komponen tersebut.

Tabel 11. Keputusan Distribusi TTR untuk Komponen Pada Unit CPL

No	Komponen	Distribusi Awal	Hasil	Distribusi selanjutnya	Hasil	Keputusan
1	Welder	Ekspensial	Ditolak	Weibull	Diterima	Weibull
2	Saddle Breaker	Ekspensial	Diterima	-	-	Ekspensial
3	Pickling Tank	Ekspensial	Diterima	-	-	Ekspensial
4	Wiper	Normal	Diterima	-	-	Normal

Tabel 12. Keputusan Distribusi TTR untuk Komponen Pada Unit CTCM

No	Komponen	Distribusi Awal	Hasil	Distribusi selanjutnya	Hasil	Keputusan
1	Stand #5	Weibull	Diterima	-	-	Weibull
2	Stand #4	Ekspensial	Ditolak	Weibull	Diterima	Weibull
3	Stand #3	Weibull	Diterima	-	-	Weibull
4	Stand #2	Ekspensial	Diterima	-	-	Ekspensial
5	Stand #1	Ekspensial	Diterima	-	-	Ekspensial

Tabel 11 menampilkan analisis distribusi TTR, di mana Welder mengikuti distribusi Weibull, Saddle Breaker dan Pickling Tank mengikuti distribusi Ekspensial, dan Dryer mengikuti distribusi Normal, yang digunakan untuk menentukan model keandalan dan strategi pemeliharaan. Tabel 12 menunjukkan analisis distribusi TTR komponen Stand #5 hingga Stand #1, di mana Stand #5 dan Stand #4 mengikuti distribusi Weibull, sementara Stand #3, Stand #2, dan Stand #1 mengikuti distribusi Ekspensial, untuk menentukan strategi pemeliharaan berdasarkan pola keandalannya.

4.6 Perhitungan Parameter Distribusi

Berikut ini disajikan hasil rekapitulasi perhitungan parameter distribusi yang telah dipilih, berdasarkan data *time to failure* (TTF) dan *time to repair* (TTR) untuk komponen-komponen kritis pada unit CPL dan CTCM.

Tabel 13. Rekapitulasi Parameter Distribusi TTF Unit Produksi CPL

No	Komponen	Distribusi	Parameter	
			β	θ
1	Welder	Weibull	1,91238	19.984,54453
2	Saddle Breaker	Weibull	1,20473	34.279,36464
3	Pickling Tank	Weibull	0,83868	29.739,0461
4	Wiper	Weibull	1,84728	21.393,48342

Tabel 14. Rekapitulasi Parameter Distribusi TTR Unit Produksi CPL

No	Komponen	Distribusi	Parameter				
			λ	β	θ	σ	μ
1	Welder	Weibull	-	1,503	43,493	-	-
2	Saddle Breaker	Ekspensial	0,02364	-	-	-	-
3	Pickling Tank	Ekspensial	0,05279	-	-	-	-
4	Wiper	Normal	-	-	-	21,674	34,18

Tabel 13 menunjukkan analisis distribusi Weibull untuk TTF unit CPL, dengan parameter β (shape) dan θ (scale) yang dihitung untuk Welder, Saddle Breaker, Pickling Tank, dan Wiper, memberikan informasi tentang keandalan dan pola kegagalan komponen untuk perencanaan pemeliharaan. Tabel 14 menunjukkan parameter distribusi keandalan untuk TTR unit CPL, di mana Welder mengikuti distribusi Weibull, Saddle Breaker dan Pickling Tank mengikuti distribusi Eksponensial, serta Wiper mengikuti distribusi Normal, yang digunakan untuk menganalisis pola kegagalan dan mendukung keputusan pemeliharaan.

Tabel 15. Rekapitulasi Parameter Distribusi TTF Unit Produksi CTCM

No	Komponen	Distribusi	Parameter	
			β	θ
1	Stand #5	Weibull	1,411107496	17.235,3151
2	Stand #4	Weibull	1,509104047	15.466,2004
3	Stand #3	Weibull	1,586248586	23.001,0535
4	Stand #2	Weibull	1,249940338	23.255,4483
5	Stand #1	Weibull	1,287366174	12.828,0772

Tabel 16. Rekapitulasi Parameter Distribusi TTR Unit Produksi CTCM

No	Komponen	Distribusi	Parameter		
			λ	β	θ
1	Stand #5	Weibull	-	1,236204	44,43139
2	Stand #4	Weibull	-	1,332713	50,98741
3	Stand #3	Weibull	-	1,145302	52,13743
4	Stand #2	Eksponensial	0,016267	-	-
5	Stand #1	Eksponensial	0,018495	-	-

Tabel 15 menunjukkan parameter distribusi Weibull untuk TTF unit CTCM, Stand #5 hingga Stand #1, dengan parameter β (shape) yang menggambarkan pola kegagalan dan θ (scale) yang menunjukkan durasi keandalan, untuk merancang strategi pemeliharaan yang optimal. Tabel 16 menampilkan parameter distribusi untuk TTR unit CTCM, di mana Stand #5, Stand #4, dan Stand #3 mengikuti distribusi Weibull, sedangkan Stand #2 dan Stand #1 mengikuti distribusi Eksponensial, yang digunakan untuk menganalisis keandalan dan perencanaan pemeliharaan setiap komponen.

4.7 Perhitungan Fungsi Keandalan dan Laju Kerusakan

Berikut ini disajikan tabel 17 yang menunjukkan hasil perhitungan fungsi keandalan serta tingkat kerusakan pada komponen welder di unit produksi CPL.

Tabel 17. Perhitungan Reliability dan Laju Kerusakan Komponen Welder Unit Produksi CPL

No	t_i	β	θ	$R(t)$	$\lambda(t)$	$F(t)$
1	5.155	1,912386	19984,54	0,927	2,77954E-05	2,5789E-05
2	7.183			0,868	3,76208E-05	3,26633E-05
3	7.765			0,848	4,03923E-05	3,42824E-05
4	8.455			0,824	4,36548E-05	3,59924E-05
5	10.300			0,754	5,2269E-05	3,94442E-05
6	10.930			0,729	5,51783E-05	4,02538E-05
7	10.975			0,727	5,53856E-05	4,03046E-05
8	11.370			0,711	5,72015E-05	4,07107E-05
9	13.141			0,638	6,5278E-05	4,16831E-05
10	14.168			0,595	6,99172E-05	4,16511E-05
11	17.345			0,466	8,40914E-05	3,92209E-05
12	18.555			0,419	8,94277E-05	3,75531E-05

13	20.175	1,912386	19984,54	0,361	9,6525E-05	3,48655E-05
14	22.930			0,272	0,000108482	2,95433E-05
15	23.065			0,268	0,000109065	2,92689E-05
16	24.880			0,218	0,000116869	2,55489E-05
17	25.585			0,201	0,000119887	2,41101E-05
18	29.245			0,126	0,000135441	1,70699E-05
19	57.600			0,0005	0,00025138	1,2945E-07

4.8 Perhitungan Mean Time to Failure (MTTF) dan Mean Time to Repair (MTTR)

Nilai parameter yang diperoleh digunakan untuk menghitung Mean Time to Failure (MTTF) dan Mean Time to Repair (MTTR) pada setiap komponen unit CPL dan CTCM. Berikut disajikan perhitungan MTTF dan MTTR pada Tabel 18 dan Tabel 19 untuk beberapa komponen yang mengikuti distribusi Weibull, eksponensial, dan normal.

Tabel 18. MTTF Komponen Unit Produksi CPL

No	Komponen	Distribusi	MTTF (menit)
1	Welder	Weibull	17.730
2	Saddle Breaker	Weibull	32.213
3	Pickling Tank	Weibull	32676
4	Wiper	Weibull	19.003

Tabel 19. MTTF Komponen Unit Produksi CTCM

No	Komponen	Distribusi	MTTF (menit)
1	Stand #5	Weibull	15.689
2	Stand #4	Weibull	13.952
3	Stand #3	Weibull	20.639
4	Stand #2	Weibull	21.660
5	Stand #1	Weibull	11.871

Tabel 18 menunjukkan analisis Mean Time to Failure (MTTF) untuk unit CPL, di mana Welder, Saddle Breaker, Pickling Tank, dan Wiper mengikuti distribusi Weibull. MTTF tertinggi tercatat pada Pickling Tank (32.676 menit) dan terendah pada Welder (17.730 menit), yang digunakan untuk merencanakan interval pemeliharaan. Tabel 19 menampilkan MTTF untuk unit CTCM, di mana Stand #5 hingga Stand #1 mengikuti distribusi Weibull, dengan MTTF tertinggi pada Stand #2 (21.660 menit) dan terendah pada Stand #1 (11.871 menit), yang menjadi dasar perencanaan interval pemeliharaan untuk meningkatkan keandalan operasional.

Tabel 20. MTTR Komponen Unit Produksi CPL

No	Komponen	Distribusi	Nilai MTTR (menit)
1	Welder	Weibull	39
2	Saddle Breaker	Eksponensial	42
3	Pickling Tank	Eksponensial	19
4	Wiper	Normal	34

Tabel 21. MTTR Komponen Unit Produksi CTCM

No	Komponen	Distribusi	MTTR (menit)
1	Stand #5	Weibull	41
2	Stand #4	Weibull	47
3	Stand #3	Weibull	50
4	Stand #2	Eksponensial	61
5	Stand #1	Eksponensial	54

Tabel 20 menampilkan nilai Mean Time to Repair (MTTR) untuk komponen Welder, Saddle Breaker, Pickling Tank, dan Wiper, dengan distribusi berbeda (Weibull, Eksponensial, dan Normal). Saddle Breaker memiliki waktu perbaikan tertinggi (42 menit), sementara

Pickling Tank terendah (19 menit), yang digunakan untuk menilai efisiensi proses perbaikan. Tabel 21 menunjukkan MTTR untuk komponen Stand #5 hingga Stand #1, dengan distribusi Weibull untuk Stand #5, Stand #4, dan Stand #3, serta Eksponensial untuk Stand #2 dan Stand #1. Stand #2 memiliki waktu perbaikan tertinggi (61 menit), dan Stand #5 terendah (41 menit), yang digunakan untuk mengevaluasi efisiensi perbaikan tiap komponen.

4.9 Hasil Distribusi, Parameter, dan Characterized Pada Komponen Kritis

Berikut ini disajikan tabel yang menggambarkan hasil distribusi, parameter, dan karakterisasi pada komponen-komponen kritis.

Tabel 22. Hasil Distribusi, Parameter dan Characterized Pada Komponen Kritis CPL

Komp.	Dist.	Parameter		Characterized	Caused by	Propose Task	Can be done by
		β	θ				
Welder	Weibull	1,912	19.984,5	IFR	Cyclical Loading	Melaksanakan tugas <i>Finding Failure</i> dengan cara memeriksa kondisi thyristor secara berkala guna mencegah terjadinya kerusakan pada saluran listrik yang dapat menyebabkan gangguan sistem.	Electric (EL)
						Melaksanakan tugas <i>scheduled restoration</i> dengan memberikan pelumas (greasing) pada komponen saddle sebagai upaya pencegahan terhadap terjadinya keausan pada komponen tersebut.	Mechanic (ME)
Saddle breaker	Weibull	1,204	34.279,4	IFR	Friction	Melaksanakan tugas <i>Finding Failure</i> dengan melakukan pengecekan terhadap potensi kerusakan saluran listrik yang disebabkan oleh malfungsi. Malfungsi tersebut berisiko menyebabkan gangguan atau kerusakan pada unit produksi CPL, akibat pemutusan daya listrik (tripped) yang mengalir ke unit tersebut.	Electric (EL)
Pickling Tank	Weibull	0,838	29.739	DFR	Random Load	Melaksanakan tugas <i>scheduled restoration</i> dengan memberikan pelumas (greasing) pada komponen saddle sebagai upaya pencegahan terhadap terjadinya keausan pada komponen tersebut.	Mechanic (ME)
Wiper	Weibull	1,847	21.393,4	IFR	Aging	Melaksanakan tugas <i>Finding Failure</i> dengan melakukan pemeriksaan kondisi terhadap fungsi komponen listrik serta mengatur ulang parameter-parameter yang diperlukan selama proses rolling berlangsung.	Electric (EL)

Tabel 22 menjelaskan analisis keandalan untuk komponen *Welder*, *Saddle Breaker*,

Pickling Tank, dan *Wiper*, dengan distribusi Weibull berdasarkan parameter β dan θ , serta penyebab kegagalan utama (seperti *Overload* atau *Friction*), yang diikuti dengan tugas pemeliharaan yang diusulkan seperti inspeksi rutin atau penyesuaian komponen, untuk meningkatkan keandalan dan mencegah kerusakan lebih lanjut.

Tabel 23. Hasil Distribusi, Parameter dan Characterized Pada Komponen Kritis CTCM

Komp.	Dist.	Parameter		Characterized	Caused by	Propose Task	Can be done by
		β	θ				
Stand #5	Weibull	1,411	17.235,3	IFR	Fatigue & Friction	Melaksanakan <i>Finding Failure Task</i> dengan melakukan pemeriksaan secara berkala terhadap fungsi komponen listrik serta mengatur ulang parameter-parameter yang diperlukan selama proses rolling berlangsung.	Electric (EL)
						Melaksanakan <i>Scheduled on Condition Task</i> dengan melakukan pemeriksaan kondisi yang terjadwal melalui pemantauan indikator suhu pada motor. Pemeriksaan suhu ini dapat dilakukan menggunakan sensor atau perangkat khusus untuk mendeteksi suhu motor. Hasil dari deteksi suhu tersebut kemudian digunakan sebagai dasar untuk mengambil tindakan pendinginan (<i>cooling down</i>) pada motor.	Processor (PC)
Stand #4	Weibull	1,509	15.466,2	IFR	Fatigue & Friction	Melaksanakan <i>Scheduled on Restoration Task</i> dengan melakukan pemeriksaan keselarasan (<i>alignment</i>) secara berkala dan menyesuaikan posisi antara <i>spindle</i> dan <i>work roll</i> guna mencegah terjadinya kelelahan material yang disebabkan oleh kegagalan pada <i>alignment</i> .	Mechanic (ME)
						Melaksanakan <i>Finding Failure Task</i> dengan melakukan pemeriksaan secara berkala terhadap fungsi komponen listrik serta mengatur ulang parameter-parameter yang diperlukan selama proses rolling berlangsung.	Electric (EL)
Stand #3	Weibull	1,586	23001,0	IFR	Fatigue & Friction	Melaksanakan <i>Scheduled on Condition Task</i> dengan melakukan pemeriksaan kondisi yang terjadwal melalui pemantauan indikator suhu pada motor. Pemeriksaan suhu ini dapat dilakukan menggunakan sensor atau perangkat khusus untuk mendeteksi suhu motor. Hasil dari deteksi suhu tersebut kemudian digunakan sebagai dasar untuk mengambil tindakan pendinginan (<i>cooling down</i>) pada motor.	Processor (PC)
						Melaksanakan <i>Scheduled on Restoration Task</i> dengan melakukan pemeriksaan keselarasan (<i>alignment</i>) secara berkala dan menyesuaikan posisi antara <i>spindle</i> dan <i>work roll</i> guna mencegah terjadinya kelelahan material yang disebabkan oleh kegagalan pada <i>alignment</i> .	Mechanic (ME)

Komp.	Dist.	Parameter		Characterized	Caused by	Propose Task	Can be done by
		β	θ				
Stand #2	Weibull	1,249	23255,4	IFR	Fatigue & Friction	Melaksanakan <i>Finding Failure Task</i> dengan melakukan pemeriksaan secara berkala terhadap fungsi komponen listrik serta mengatur ulang parameter-parameter yang diperlukan selama proses <i>rolling</i> berlangsung.	Electric (EL)
						Melaksanakan <i>Scheduled on Condition Task</i> dengan melakukan pemeriksaan kondisi yang terjadwal melalui pemantauan indikator suhu pada motor. Pemeriksaan suhu ini dapat dilakukan menggunakan sensor atau perangkat khusus untuk mendeteksi suhu motor. Hasil dari deteksi suhu tersebut kemudian digunakan sebagai dasar untuk mengambil tindakan pendinginan (<i>cooling down</i>) pada motor.	Processor (PC)
						Melaksanakan <i>Scheduled on Restoration Task</i> dengan melakukan pemeriksaan keselarasan (<i>alignment</i>) secara berkala dan menyesuaikan posisi antara <i>spindle</i> dan <i>work roll</i> guna mencegah terjadinya kelelahan material yang disebabkan oleh kegagalan pada <i>alignment</i> .	Mechanic (ME)
						Melaksanakan <i>Finding Failure Task</i> dengan melakukan pemeriksaan secara berkala terhadap fungsi komponen listrik serta mengatur ulang parameter-parameter yang diperlukan selama proses <i>rolling</i> berlangsung.	Electric (EL)
Stand #1	Weibull	1,287	12828,0	IFR	Fatigue & Friction	Melaksanakan <i>Scheduled on Condition Task</i> dengan melakukan pemeriksaan kondisi yang terjadwal melalui pemantauan indikator suhu pada motor. Pemeriksaan suhu ini dapat dilakukan menggunakan sensor atau perangkat khusus untuk mendeteksi suhu motor. Hasil dari deteksi suhu tersebut kemudian digunakan sebagai dasar untuk mengambil tindakan pendinginan (<i>cooling down</i>) pada motor.	Processor (PC)
						Melaksanakan <i>Scheduled on Restoration Task</i> dengan melakukan pemeriksaan keselarasan (<i>alignment</i>) secara berkala dan menyesuaikan posisi antara <i>spindle</i> dan <i>work roll</i> guna mencegah terjadinya kelelahan material yang disebabkan oleh kegagalan pada <i>alignment</i> .	Mechanic (ME)

Tabel 23 memaparkan analisis keandalan untuk komponen Stand #5 hingga Stand #1 pada unit CTCM, yang menggunakan distribusi Weibull dengan parameter β dan θ , menunjukkan penyebab kegagalan utama seperti Fatigue dan Friction, serta mengusulkan tugas pemeliharaan seperti inspeksi rutin dan penyesuaian komponen untuk mencegah kegagalan berulang dan meningkatkan keandalan operasional.

4.10 Penentuan Interval dan Aktivitas Perawatan Usulan (*Proposed Maintenance Task*)

Scheduled on-condition task adalah pemeliharaan proaktif untuk mendeteksi potensi kegagalan pada mesin atau peralatan. Interval pelaksanaannya ditentukan setengah dari Interval P-F, yaitu waktu antara potensi kegagalan dan kegagalan fungsi, yang dihitung berdasarkan evaluasi dampak dengan metode RCM II. Berdasarkan penelitian dan kesepakatan perusahaan, setengah dari Interval P-F setara dengan 60% dari *Mean Time to Failure* (MTTF) komponen. Tabel 24 menunjukkan daftar komponen di unit CPL dan CTCM yang

memerlukan pemeliharaan melalui *scheduled on-condition task*.

Tabel 24. Usulan Interval Perawatan *Scheduled On-Condition Task*

Unit Produksi	Komponen	Distribusi	MTTF	Usulan Perawatan (Menit)	Usulan Perawatan (Jam)
CTCM	Stand #5	Weibull	15.689	9.413	157
	Stand #4	Weibull	13.952	8.371	140
	Stand #3	Weibull	20.639	12.383	206
	Stand #2	Weibull	21.660	12.996	217
	Stand #1	Weibull	11.871	7.123	119

Scheduled Restoration Task adalah pemeliharaan proaktif untuk mencegah kegagalan komponen dengan merekondisi atau memperbaiki komponen ke kondisi semula, berdasarkan evaluasi dampak menggunakan metode RCM II. Tabel 25 menunjukkan daftar komponen di unit CPL dan CTCM yang memerlukan pemeliharaan melalui *Scheduled Restoration Task*.

Tabel 25. Komponen dengan Perawatan *Schedule Restoration*

No	Unit Produksi	Komponen
1	CPL	Saddle Breaker
2		Wiper
3	CTCM	Stand #1
4		Stand #2
5		Stand #3
6		Stand #4
7		Stand #5

Failure Finding Interval adalah pemeliharaan standar untuk memeriksa kondisi dan fungsi komponen, terutama untuk mendeteksi tanda-tanda kegagalan pada komponen tersembunyi. Interval tindakan ini ditentukan berdasarkan analisis dampak menggunakan metode RCM II. Tabel 26 menunjukkan daftar komponen sub-sistem yang memerlukan pemeliharaan dengan pendekatan *Failure Finding Interval* (FFI).

Tabel 26. *Interval Failure Finding* Komponen CPL dan CTCM

No	Komponen	MTTR (Menit)	MTTF (Menit)	Availability	FFI (Menit)
1	Welder	39	17.730	0,9978	79
2	Pickling Tank	19	32.676	0,9994	38
3	Stand #1	41	15.689	0,9974	83
4	Stand #2	47	13.952	0,9967	94
5	Stand #3	50	20.639	0,9976	100
6	Stand #4	61	21.660	0,9972	123
7	Stand #5	54	11.987	0,9955	108

Berdasarkan perhitungan FFI, interval pengecekan kegagalan komponen sangat singkat, yang dapat menghabiskan waktu dan tenaga. Untuk itu, dilakukan penyesuaian dengan memperhatikan target ketersediaan Unit Produksi CPL dan CTCM sebesar 90%. Hasil penyesuaian FFI dapat dilihat pada tabel 27.

Tabel 27. *Interval Failure Finding* Komponen CPL dan CTCM untuk Ketersediaan 90%

No	Komponen	Availability (FFI Menit)
1	Welder	90%
2	Pickling Tank	90%
3	Stand #1	90%
4	Stand #2	90%
5	Stand #3	90%
6	Stand #4	90%
7	Stand #5	90%

Berikut ini disajikan rekapitulasi hasil perhitungan interval perawatan pada Tabel 28 untuk setiap komponen pada unit produksi CPL dan CTCM, yang didasarkan pada perhitungan untuk *scheduled on-condition task*, *scheduled restoration task*, dan *failure finding task*.

Tabel 28. Hasil Perhitungan Interval

Aktivitas	Unit Produksi	Komponen	Can be done by	Waktu Perawatan (Menit)
Scheduled On-Condition Task	CTCM	Stand #5	Precursor (PC)	9.413
		Stand #4	Precursor (PC)	8.371
		Stand #3	Precursor (PC)	12.383
		Stand #2	Precursor (PC)	12.996
		Stand #1	Precursor (PC)	7.123
Scheduled Restoration Task	CPL	Saddle Breaker	Mechanic (ME)	34.000
		Wiper	Mechanic (ME)	21.000
	CTCM	Stand #5	Mechanic (ME)	17.000
		Stand #4	Mechanic (ME)	15.000
		Stand #3	Mechanic (ME)	23.000
		Stand #2	Mechanic (ME)	23.000
Scheduled Finding Failure Interval	CPL	Welder	Electric (EL)	3.554
		Pickling Tank	Electric (EL)	6.540
	CTCM	Stand #5	Electric (EL)	3.147
		Stand #4	Electric (EL)	2.800
		Stand #3	Electric (EL)	4.138
		Stand #2	Electric (EL)	4.345
		Stand #1	Electric (EL)	2.409

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis FMEA dan *downtime* pada unit CPL dan CTCM, ditemukan 9 komponen kritis yang menjadi objek penelitian, yaitu welder, saddle breaker, pickling tank, wiper, dan stand #1 hingga stand #5, dengan 19 kegagalan fungsi yang dianalisis untuk keandalan dan penentuan interval perawatan. Analisis menggunakan RCM II *Decision Worksheet* mengidentifikasi 5 *mode* kegagalan yang dapat ditangani dengan *Schedule On-Condition*, 7 *mode* dengan *Schedule Restoration*, dan 7 *mode* yang memerlukan *Failure Finding Interval*. Usulan interval optimal perawatan untuk komponen-komponen kritis adalah: *Schedule On-Condition* untuk stand #5 hingga stand #1 dengan interval antara 7.123 hingga 12.996 menit, *Schedule Restoration* untuk saddle breaker, wiper, dan stand dengan interval antara 2.100 hingga 34.000 menit, dan *Failure Finding Interval* untuk welder, pickling tank, dan stand dengan interval antara 2.409 hingga 41.138 menit.

6. Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah memperhitungkan biaya perawatan, seperti biaya tenaga kerja dan kehilangan produksi, saat menerapkan model RCM II, serta membandingkan hasilnya dengan metode perawatan yang ada saat ini. Penelitian selanjutnya juga dapat melibatkan penjadwalan perawatan menggunakan *Reliability Block Diagram* dengan mempertimbangkan batas keandalan komponen. Selain itu, perusahaan disarankan untuk mengevaluasi kebijakan

perawatan yang ada, dan penelitian selanjutnya dapat fokus pada analisis biaya untuk mengukur manfaat ekonomis dari usulan interval perawatan.

Daftar Referensi

Buku

Ebeling, C. E. (1997). *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. New York: The McGraw.

Jardine, A.K.S. Tsang, A.H.C. (2013). *Maintenance, Replacement and Reliability Theory and Application Second Edition*. Florida : CRC Press.

Moubray, J. (1992). *Reliability-centered Maintenance*. Oxford: Butterworth Heinemann.

Jurnal Penelitian

Bae, C., Koo, T., Son, Y., Park, K., Jung, J., Han, S., & Suh, M. (2009). A Study On Reliability Centered Maintenance Planning Of A Standard Electric Motor Unit Subsystem Using Computational Techniques. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 23(4), 1157-1168. <https://doi.org/10.1007/s12206-009-0305-8>

Carretero, J., Pérez, J. M., García-Carballeira, F., Calderón, A., Fernández, J., García, J., Lozano, A., Cardona, L., Cotaina, N., & Prete, P. (2003). Applying RCM in Large Scale Systems: A Case Study With Railway Networks. *Reliability Engineering & System Safety*, 82(3), 257-273. [https://doi.org/10.1016/S0951-8320\(03\)00167-4](https://doi.org/10.1016/S0951-8320(03)00167-4)

Khasanah, R., Sodikin, I., Penirewod, A. P., Rachmad, B., & Pratama, N. A. (2021). The Reliability-Centered Maintenance (RCM) effect on plant availability and *downtime* loss in the process industry. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1072/1/012054>

Kusuma, T. Y. T., Assagaf, M. K., & Amijaya, F. D. T. (2021). Planning Activities and Maintenance Time Intervals of Induction Machines Using The Reliability Centered Maintenance (RCM) II and Age Replacement Method (Case Study : CV. Sumber Baja Perkasa). *International Conference on Science and Engineering (ICSE-UIN-SUKA 2021)*, 211. <https://doi.org/10.2991/aer.k.211222.030>

- Ramadhania, S., Setyo Rini, A., Mislan, M., Rahmatulloh, A., & Mustofa, M. (2024). Perencanaan Perawatan Mesin Genset Pendekatan Metode Reliability Centered Maintenance Dan Maintenance Value Stream Mapping (Studi Kasus : PT Taco Anugrah Corporindo). *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 4(4), 4004–4017.
<https://doi.org/10.31004/innovative.v4i4.12959>
- Ramadhania, S. ., Iqballulah, I., & Mislan, M. (2024). Analisis Produktivitas Electrolytic Tinning Line dengan Metode Overall Equipment Effectiveness dan Penentuan Kebutuhan Sparepart Komponen Mekanikal Kritis dengan Pendekatan ABC. *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi (JUTIN)*, 7(3), 1660–1672.
<https://doi.org/10.31004/jutin.v7i3.30897>
- Sarashvati, M. S., Alhilman, J., & Nopendri. (2018). Optimasi Kebijakan Perawatan Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan Perencanaan Pengelolaan Suku Cadang Menggunakan *Reliability Centered Spares* (RCS) pada *Continuous Casting Machine #3 Slab Steel Plant* di PT Krakatau Steel, Tbk. *Journal Industrial Servicess*, 3(2), 144-150.
<https://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jiss/article/view/3221>
- Sari, W. Y., & Prasetyawan, Y. (2012). Perancangan Kebijakan Perawatan dan Penentuan Persediaan *Spare Part* di Sub Sistem Evaporasi Pabrik Urea Kaltim-3 PT Pupuk Kalimantan Timur. *Jurnak Teknik ITS*, 1(1), 141-146.
<https://ejurnal.its.ac.id/index.php/teknik/article/view/1781/460>
- Sidiq, E. P., Praptono, B., & Alhilman, J. (2020). Preventive Maintenance Pada Usaha Rental Mobil “Flega” Di Kota Samarinda Menggunakan Metode Risk Based Maintenance (RBM). *e-Proceeding of Engineering*, 7(2), 6310-6317.
https://repository.telkomuniversity.ac.id/pustaka/files/161968/jurnal_eproc/preventive-maintenance-pada-usaha-rental-mobil-flega-di-kota-samarinda-menggunakan-metode-risk-based-maintenance-rbm-.pdf
- Sodikin, I., Parwati, C. I., Fayzi, F. ., & Indrayana, M. (2024). Penjadwalan Perawatan Mesin Dengan Metode Preventive Maintenance & Predictive Maintenance (Studi Kasus Di PLTD Kota Masohi). *Jurnal Tekstil: Jurnal Keilmuan Dan Aplikasi Bidang Tekstil Dan Manajemen Industri*, 7(1), 37–46.
<https://doi.org/10.59432/jute.v7i1.88>
- Taiyeb, I., Rosmiati. (2019). Maintenance Of Decision Engineering Programs In The Distribution Of Sea Water Pump In PT. KMI With The RCM-II Approach. *International Journal Of Engineering, Information Science And Applied Sciences (IJEIS-AS)*, 2(1), 1-10.
<https://journal.stkipsingkawang.ac.id/index.php/ijeis-as/article/view/907>
- Widyoadi, M. A., Saptadi, S., & Purwaningsih, R. (2017). Perencanaan Sistem Pemeliharaan Mesin Roller Head Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance II (RCM II) (Studi Kasus di departmen maintenance PT. Bando Indonesia). *Industrial Engineering Online Journal*, 6(2).
<https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/ieoj/article/view/16488>