



Usulan Preventive Maintenance Mesin Press 500 Ton Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance II di PT. DHI

Maria Ulfah^{1*}, Ade Irman Saeful Mutaqin^{2*}, Azwar Affandi Saputra^{3*}

^{1,2,3}Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa,
Jalan Jenderal Sudirman KM 3 Cilegon - 42434 Indonesia

*Corresponding author: email maria67_ulfah@yahoo.com

ARTICLE INFO

Received: 2021-03-01
Revision: 2021-03-09
Accepted: 2021-03-27

Keywords:

Komponen Kritis
Preventive Maintenance
Reliability

ABSTRAK

PT. DHI merupakan perusahaan yang bergerak dibidang konstruksi pembuatan vessel, silo dan sejenisnya. Perusahaan ini memiliki mesin utama diantaranya mesin Rolling, Banding, Bubut, Borring, Las, Press 500 Ton. Dari enam mesin tersebut Mesin Press 500 Ton menjadi prioritas karena mesin ini hanya ada satu dan sangat dibutuhkan untuk membuat produk bagian Head. Mesin Press 500 Ton sering mengalami gangguan dalam proses produksinya. Berdasarkan data yang diperoleh telah terjadi 71 kerusakan dengan total *downtime* sebesar 3.985 menit yang berakibat produktifitas perusahaan menurun. Tujuan penelitian ini adalah menentukan komponen kritis, mengetahui nilai *reliability* setiap komponen kritis, mengetahui factor-faktor kegagalan, menentukan upaya aktivitas perawatan yang tepat, dan menentukan usulan interval waktu aktivitas perawatan yang tepat pada komponen kritis mesin Press 500 Ton. Informasi kerusakan pada masing-masing komponen kritis diidentifikasi menggunakan analisis *failure mode and effect analysis (FMEA)* sedangkan upaya aktivitas perawatan yang tepat menggunakan *reliability centered maintenance II decision worksheet* dan selanjutnya ditentukan usulan jadwal *preventive maintenance* pada masing-masing komponen berdasarkan aktivitas perawatannya. Hasil penelitian ini terdapat enam komponen kritis pada mesin Press 500 Ton. Mode kegagalan pada komponen hidraulic dan fanbelt ditangani oleh *schedule on-condition task*, mode kegagalan komponen coupling dan panel control ditangani oleh *schedule restoration task*, mode kegagalan pada grease dan motor ditangani oleh *finding failure task*. Diusulkan interval waktu aktivitas perawatan komponen dengan *schedule on-condition hidraulic* 1.055 jam, fanbelt 2.927 jam. Aktivitas perawatan komponen dengan *schedule restoration task coupling* 593 jam, panel control 902 jam. Aktivitas perawatan komponen dengan *finding failure grease* 283 jam, dan motor 649 jam.

1. PENDAHULUAN

PT. DHI merupakan perusahaan patungan asing atau penanaman modal asing (PMA) yang memproduksi peralatan kimia dan petrokimia serta jasa perbaikan dan perawatan produk yang dihasilkan. Produk yang dihasilkan PT. DHI yaitu heat exchanger, pressure vessel, tower & column, reactor, storage tank, boiler dan lain-lain. Aktivitas produksi PT DHI sangat erat kaitannya dengan mesin yang digunakan dalam melakukan proses produksinya.

PT. DHI memiliki mesin utama diantaranya mesin rolling, banding, bubut, borring, las dan Press 500 Ton.

Aktivitas produksi akan terus berjalan dengan baik dan lancar sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan, apabila didukung dengan keadaan mesin-mesin yang berada dalam kondisi yang handal. Namun sejalan lamanya mesin dioperasikan maka akan menyebabkan kemampuan mesin menurun bahkan mengalami kerusakan, oleh karena itu dibutuhkan suatu perawatan yang terencana agar dapat memprediksi kerusakan yang akan terjadi dan dapat menentukan kapan waktu yang tepat untuk dilakukan perbaikan. *Maintenance* merupakan salah satu cara efektif untuk meningkatkan keandalan suatu system [1].

Pemeliharaan pencegahan merupakan tindakan pemeliharaan yang bertujuan mencegah terjadinya kerusakan yang kecenderungan kerusakannya telah diketahui atau dapat diperkirakan sebelumnya [2]. Perawatan atau *maintenance* adalah sebagai bentuk kegiatan yang dilakukan untuk mencapai hasil yang mengembalikan item atau mempertahankannya pada kondisi yang selalu dapat berfungsi [3]

Mesin Press 500 Ton sering mengalami gangguan dalam proses produksinya. Berdasarkan data yang diperoleh dari Divisi *Maintenance* PT. DHI telah terjadi 71 kerusakan dengan total *downtime* sebesar 3.985 menit yang berakibat pada penurunan produktivitas dari PT. DHI.

Tujuan penelitian yang dilakukan yaitu menentukan usulan interval waktu *preventive maintenance* untuk menurunkan *downtime* pada Mesin Press 500 Ton dengan metode RCM II. Pada penelitian ini, peneliti menggunakan tabel *Failure Modes and Effect Analyze* (FMEA) untuk menentukan komponen kritis dari Mesin Press 500 Ton. Setelah didapat komponen kritis Mesin Press 500 Ton langkah selanjutnya adalah membuat RCM II *decision worksheet* yang digunakan untuk menentukan tindakan yang perlu dilakukan untuk setiap komponen yang sering mengalami kerusakan, selanjutnya data waktu *breakdown* pada setiap komponen kritis digunakan untuk mencari pola distribusi yang sesuai dengan pola kerusakan masing-masing komponen yang digunakan untuk menentukan interval perawatan yang optimal.

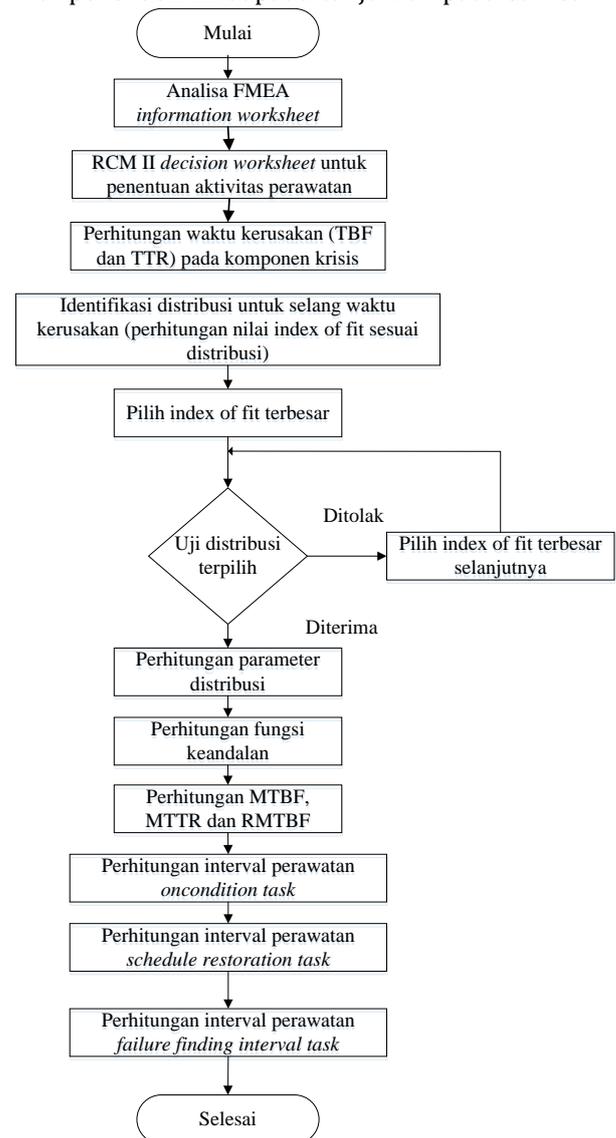
Penelitian sebelumnya mengenai *preventive maintenance* antara lain dari Meilani D,dkk [4] yaitu Analisa *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan *Reliability Centered Spares* (RCS) pada Unit *Rawmil* Pabrik Indarung IV PT. Semen Padang. Penelitian lain dari Sri Susilawati Islam,dkk [5] yaitu Analisis *Preventive Maintenance* Pada Mesin Produksi dengan Metode Fuzzy FMEA. Peneliti lain Syahrudin [6] yang menganalisis Sistem Perawatan Mesin Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) Sebagai Dasar Kebijakan Perawatan yang Optimal di PLTD "X". Wilbert, dkk [7] yang meneliti Penerapan *Preventive Maintenance* Dengan Menggunakan Metode *Realibility Centered Maintenance* Dengan Mengaplikasikan Grey FMEA pada PT.WXY. Pada penelitian ini menggunakan metode yang RCM tetapi yang membedakan pada penelitian ini dilakukan menggunakan metode RCM II.

2. METODE PENELITIAN

Langkah awal yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu memahami permasalahan yang terjadi dengan melakukan peninjauan langsung untuk memperoleh data yang sesuai dengan masalah yang dijadikan objek penelitian. Setelah itu mengumpulkan informasi tentang Mesin Press 500 Ton mulai dari komponen-komponen, fungsi tiap-tiap komponen, dan waktu kerusakan yang terjadi selama satu tahun. Selanjutnya membuat *information worksheet* untuk mengetahui penyebab kerusakan pada komponen tersebut, langkah selanjutnya membuat *decision worksheet* RCM II untuk mendapatkan aktivitas perawatan yang tepat, kemudian

melakukan perhitungan waktu untuk mengetahui jadwal perawatan yang tepat.

Alur penelitian ini dapat ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Metode penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil

Langkah yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu pengumpulan data. Data yang digunakan yaitu data kerusakan komponen Mesin Press 500 Ton selama satu tahun.

Hasil analisis kegagalan fungsi, dilakukan identifikasi mode kegagalan dan atau potensi mode kegagalan dari kegagalan fungsi tersebut. Informasi mode kegagalan diperoleh dari data historis kerusakan-kerusakan yang pernah terjadi, sedangkan potensi mode kegagalan diperoleh dari hasil analisis bersama dengan pengguna unit produksi. Tabel 1 adalah contoh analisis FMEA dari salah satu komponen Mesin Press 500 Ton, dari hasil analisis FMEA didapatkan fungsi, kegagalan fungsi, mode kegagalan, dan dampak kegagalan dari komponen *hidraulic*. Hasil analisis FMEA ini akan dievaluasi kembali RCM II *Decision Worksheet* untuk menentukan aktivitas pemeliharaan yang tepat untuk setiap mode kegagalan.

Tabel 1. RCM II information worksheet FMEA komponen hidraulic

RCM II INFORMATION WORKSHEET		MESIN PRESS 500 TON		FMEA Member : Azwar	
	1	KOMPONEN HIDRAULIC		Coaching: Amsyah	
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE	FAILURE EFFECT
Sebagai pemindah daya dan pengendalian gerakan gerakan dengan fluida sebagai perantaranya	A	Daya tekan pengepresan kurang optimal	1	Oli hidrolik utama mengalami kebocoran	Membuat oli habis sehingga mengakibatkan mesin macet

Tabel 2. RCM II decision worskheet komponen hidraulic

Item	Information Reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task	Can be done by
	F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	H3	H4	H5	S4		
								O1	O2	O3					
Hidraulic	1	A	1	Y	N	N	Y	Y	N	N				Melakukan schedule on condition task berupa pengurangan daya tekan	Mechanic

Reliability Centered Maintenance II Decision Worksheet seperti yang ditunjukkan pada tabel 2 adalah rangkuman hasil evaluasi masing-masing mode kegagalan yang ditinjau dari aspek konsekuensi kondisi tersembunyi (*hidden*), keselamatan (*safety*), lingkungan (*environment*) dan operasional (*operational*). Hasil evaluasi tersebut akan menentukan aktivitas perawatan yang tepat untuk menangani mode kegagalan tertentu. Aktivitas pemeliharaan yang dapat dilakukan adalah *Scheduled on Condition Task*, *Scheduled Restoration Task*, *Scheduled Discard Task* dan *Failure Finding Task*.

Mesin Press 500 Ton memiliki komponen-komponen yang memiliki berbagai macam fungsi. Setiap fungsi memiliki potensi kegagalan dan mode kegagalan yang berbeda. Dari hasil analisis RCM II *Decision Worksheet*, mesin Press 500 Ton membutuhkan aktivitas pemeliharaan *Scheduled on Condition Task*, *Scheduled Restoration Task*, *Scheduled Discard Task* dan *Failure Finding Task* untuk mencegah dampak mode kegagalan. Berikut ini adalah salah satu contoh RCM II *Decision Worksheet* dari komponen *hydraulic* seperti ditunjukkan pada Tabel 3. Tabel 3 adalah contoh analisis RCM II *Decision Worksheet* dari salah satu komponen mesin Press 500 Ton, dari hasil analisis RCM II *Decision Worksheet* mode kegagalan komponen hidraulic ditangani dengan aktivitas *schedule on-condition task*.

Hasil akhir dari analisis RCM II *Decision Worksheet* adalah aktivitas-aktivitas perawatan yang tepat untuk mencegah mode kegagalan dari peralatan berdasarkan evaluasi konsekuensi. Aktivitas perawatan yang

diusulkan tidak terbatas pada mode kegagalan yang sudah terjadi namun juga untuk mencegah potensi mode kegagalan yang dapat/akan terjadi.

Selanjutnya untuk mendapatkan nilai keandalan suatu mesin/ alat/ komponen diperlukan data rata-rata waktu antar kerusakan (*Mean Time Between Failure*) yang pernah dialami oleh mesin/alat/komponen tersebut [8], kemudian menentukan jenis distribusi data untuk *time between failure* dan *time to failure*. Pada tahap ini dilakukan identifikasi distribusi dari data waktu kerusakan komponen kritis untuk dapat menentukan distribusi yang sesuai untuk data dan waktu kerusakan, maka dilakukan perhitungan *Index of Fit* dan parameter dari tiap distribusi tersebut. Pemilihan distribusi didasarkan pada nilai terbesar dari *Index of Fit* bagi masing-masing komponen. Pengidentifikasi distribusi meliputi distribusi *Normal*, *Lognormal*, *Eksponensial* dan *Weibull*. Langkah-langkah dalam pemilihan distribusi adalah *Least-Square Curve Fitting* dan uji *Goodness Of Fit*.

1. *Least-Square Curve Fitting Time Between Failure Komponen Hidraulic*

Pada tahap ini dilakukan perhitungan *Index of Fit* estimasi awal mengenai parameter dari masing-masing distribusi. Berikut ini adalah salah satu contoh perhitungan *least-square curve fitting time between failure* komponen *hidraulic* untuk masing-masing distribusi:

Tabel 3. Least-Square Curve Fitting Komponen Hidraulic TBF Distribusi Weibull

No	Ti	Xi	F(ti)	Yi	xi . yi	xi ²	yi ²
1	5825	8,6699	0,0745	-2,5589	-22,1858	75,1674	6,5482
2	7245	8,8881	0,1809	-1,6120	-14,3275	78,9977	2,5985
3	20158	9,9114	0,2872	-1,0829	-10,7333	98,2350	1,1727
4	33140	10,4085	0,3936	-0,6927	-7,2096	108,3368	0,4798
5	61970	11,0344	0,5000	-0,3665	-4,0443	121,7581	0,1343
6	67688	11,1227	0,6064	-0,0700	-0,7788	123,7137	0,0049
7	75085	11,2264	0,7128	0,2211	2,4822	126,0315	0,0489
8	99410	11,5070	0,8191	0,5365	6,1740	132,4112	0,2879
9	106610	11,5769	0,9255	0,9545	11,0502	134,0254	0,9111
Tot	477131	94,3452	4,5000	-4,6709	-39,5727	998,6768	12,1863
Index of Fit		0,966368627					

$xi = \ln ti$ Dimana $ti =$ Time Between Failure ke-i

Perhitungan $F(ti) = \frac{(i-0,3)}{(n+0,4)}$

$(ti) = \frac{(1-0,3)}{(9+0,4)} = 0,0745$

$yi = \ln \left[\ln \left(\frac{1}{1-F(ti)} \right) \right] = \ln \left[\ln \left(\frac{1}{1-0,0745} \right) \right] = -2,5589$
 - n = Jumlah Sampel = 9

Perhitungan Index Of Fit

$$IOF = \frac{n \sum xi yi - (\sum xi \sum yi)}{\sqrt{\{(n \sum xi^2) - (\sum xi)^2\} - \{(\sum yi)^2 - (\sum yi)^2\}}}$$

$$IOF = \frac{9 \times (-39,5727) - (94,3452 \times (-4,6709))}{\sqrt{\{(9 \times 998,6768) - (94,3452)^2\} - \{(-39,5727)^2 - (-4,6709)^2\}}}$$

= 0,966368627

2. Uji Goodness of Fit Time Between Failure

Setelah memperoleh *index of fit* dari setiap distribusi untuk masing-masing komponen, maka harus dilakukan pengujian kesesuaian terlebih dahulu. Pengujian pengujian yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a. Kolmogorov - Smirnov Test, $\alpha = 0.05$ untuk menguji distribusi *Normal* dan *Lognormal*
- b. Barlett Test, $\alpha = 0.05$ untuk menguji distribusi *Eksponensial*
- c. Mann's Test, $\alpha = 0.05$ untuk menguji distribusi *Weibull*

Tabel 4. Uji Mann's Test komponen hidraulic

No	Ti	Xi	Zi	Mi	$\frac{(xi+1 - xi)}{Mi}$	$\frac{(xi+1 - xi)}{Mi}$
1	8	2,0794	-2,996	1,152	0,796	
2	20	2,9957	-1,844	0,569	0,392	
3	25	3,2189	-1,274	0,402	1,464	
4	45	3,8067	-0,873	0,325	0,324	
5	50	3,9120	-0,548	0,286	0,000	
6	50	3,9120	-0,262	0,268		0,000
7	50	3,9120	0,006	0,269		0,976
8	65	4,1744	0,274	0,295		1,932
9	115	4,7449	0,570	0,392		1,476
10	205	5,3230	0,961			
Jml	633	38,0791	-5,9864	3,9568	2,9757	4,3842

Contoh Perhitungan :

- H_0 = Data berdistribusi *weibull*
- H_1 = Data tidak berdistribusi *weibull*
- Wilayah Kritis : Terima H_0 bila $M > F$
- α = 0.05
- t_i = time between failure komponen Hidraulic
- xi = $\ln ti$

= $\ln (5968) = 8,6942$

- $Z_i = \ln \left[- \ln \left(1 - \frac{i-0,5}{n+0,25} \right) \right]$
 = $\ln \left[- \ln \left(1 - \frac{i-0,5}{9+0,25} \right) \right] = -2,890$

- $M_i = Z_{i+1} - Z_i$
 $M_1 = Z_{1+1} - Z_1 = Z_2 - Z_1$
 = $(-1,732) - (-2,890) = 1,158$

- $\frac{(xi+1 - xi)}{M_i} = \frac{(8,8922 - 8,6942)}{1,158} = 0,171$

- $k_1 = [r/2] = [9/2] = 4,5$

- $k_2 = [(r-1)/2] = [9-1]/2 = 4$

- $M = \frac{k_1 \sum_{i=k_1+1}^r \left[\frac{\ln ti+1 - \ln ti}{M_i} \right]}{k_2 \sum_{i=1}^{k_1} \left[\frac{\ln ti+1 - \ln ti}{M_i} \right]} = \frac{4,5 \times 2,6505}{4 \times 4,1182} = 0,6435893$

- $F_{crit} (\alpha, \theta_1, \theta_2) = F_{crit} (\alpha, 2k_1, 2k_2)$
 = $F_{crit} (0,05; 9; 8) = 3,38813023$

3. Least-Square Curve Fitting Time To Repair Komponen Hidraulic

Pada tahap ini dilakukan perhitungan *Index of Fit* estimasi awal mengenai parameter dari masing-masing distribusi. Berikut ini adalah salah satu contoh perhitungan *least-square curve fitting time to repair* komponen *hidraulic* untuk masing-masing distribusi:

Tabel 5. Least-Square Curve Fitting Komponen Hidraulic TTR Distribusi Weibull

No	Ti	Xi	F(ti)	Yi	xi . yi	xi ²	yi ²
1	8	2,0794	0,0673	-2,6638	-5,5393	4,3241	7,0961
2	20	2,9957	0,1635	-1,7233	-5,1624	8,9744	2,9696
3	25	3,2189	0,2596	-1,2020	-3,8692	10,3612	1,4449
4	45	3,8067	0,3558	-0,8217	-3,1278	14,4907	0,6751
5	50	3,9120	0,4519	-0,5086	-1,9896	15,3039	0,2587
6	50	3,9120	0,5481	-0,2304	-0,9012	15,3039	0,0531
7	50	3,9120	0,6442	0,0329	0,1288	15,3039	0,0011
8	65	4,1744	0,7404	0,2990	1,2483	17,4255	0,0894
9	115	4,7449	0,8365	0,5940	2,8184	22,5144	0,3528
10	205	5,3230	0,9327	0,9927	5,2841	28,3344	0,9854
Jumlah	633	38,0791	5	-5,2311	-11,1100	152,3364	13,9262
Index of Fit				0,972444733			

$xi = \ln ti$ Dimana $ti =$ Time To Repair ke-i

Perhitungan

- $F(ti) = \frac{(i-0,3)}{(n+0,4)}$

$(ti) = \frac{(1-0,3)}{(10+0,4)} = 0,0673$

- $yi = \ln \left[\ln \left(\frac{1}{1-F(ti)} \right) \right] = \ln \left[\ln \left(\frac{1}{1-0,0673} \right) \right] = -2,6638$

- n = Jumlah Sampel = 10

Perhitungan Index Of Fit

$$IOF = \frac{n \sum xi yi - (\sum xi \sum yi)}{\sqrt{\{(n \sum xi^2) - (\sum xi)^2\} - \{(\sum yi)^2 - (\sum yi)^2\}}}$$

$$= \frac{10 \times (-11,1100) - (38,0791 \times (-5,2311))}{\sqrt{\{(10 \times 152,3364) - (38,0791)^2\} - \{(-5,2311)^2 - (-11,1100)^2\}}}$$

= 0,972444733

4. Uji Goodness of Fit Time Between Failure

Setelah memperoleh *index of fit* dari setiap distribusi untuk masing-masing komponen, maka harus dilakukan pengujian kesesuaian terlebih dahulu. Pengujian pengujian yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a. Kolmogorov - Smirnov Test, $\alpha = 0,05$ untuk menguji distribusi *Normal* dan *Lognormal*
- b. Barlett Test, $\alpha = 0,05$ untuk menguji distribusi *Eksponensial*

c. Mann's Test, $\alpha = 0,05$ untuk menguji distribusi *Weibull*

Tabel 6. Uji Mann's Test komponen *hidraulic*

No	Ti	Xi	Zi	Mi	(xi+1 - xi)/Mi	(xi+1 - xi)/Mi
1	8	2,0794	-2,996	1,152	0,796	
2	20	2,9957	-1,844	0,569	0,392	
3	25	3,2189	-1,274	0,402	1,464	
4	45	3,8067	-0,873	0,325	0,324	
5	50	3,9120	-0,548	0,286	0,000	
6	50	3,9120	-0,262	0,268		0,000
7	50	3,9120	0,006	0,269		0,976
8	65	4,1744	0,274	0,295		1,932
9	11	4,7449	0,570	0,392		1,476
10	20	5,3230	0,961			
10	5					
Jumla h	63	38,079	-5,9864	3,956	2,975	4,384
	3	1		8	7	2

Contoh Perhitungan :

- H_0 = Data berdistribusi *weibull*
- H_1 = Data tidak berdistribusi *weibull*
- Wilayah Kritis : Terima H_0 bila $M > F$
- $\alpha = 0,05$
- t_i = *time to repair* komponen Hidraulic
- $x_i = \ln t_i = \ln (8) = 2,0794$
- $Z_i = \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{i-0,5}{n+0,25} \right) \right]$
 $= \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{i-0,5}{10+0,25} \right) \right] = -2,996$
- $M_i = Z_{i+1} - Z_i$
 $M_1 = Z_{1+1} - Z_1 = Z_2 - Z_1$
 $= (-1,884) - (-2,996) = 1,152$
- $(x_{i+1} - x_i)/M_i = (2,9957 - 2,0794)/1,152 = 0,796$
- $k_1 = [r/2] = [10/2] = 5$
- $k_2 = [(r-1)/2] = [(10-1)/2] = 4,5$
- $M = \frac{k_1 \sum_{i=k_1+1}^{r-1} \frac{[\ln t_{i+1} - \ln t_i]}{M_i}}{k_2 \sum_{i=1}^{k_1} \frac{[\ln t_{i+1} - \ln t_i]}{M_i}} = \frac{5 * 4,3842}{4,5 * 2,9757} = 1,473344125$
- $F_{crit}(\alpha, \theta_1, \theta_2) = F_{crit}(\alpha, 2k_1, 2k_2)$
 $= F_{crit}(0,05, 10, 9) = 3,13728011$

Selanjutnya melakukan perhitungan parameter distribusi. Berdasarkan identifikasi distribusi, komponen *Hidraulic* berdistribusi *Weibull* sehingga parameter yang diperlukan adalah β , α , dan θ . Berikut ini adalah perhitungan parameter β , α , dan θ :

Contoh perhitungan β dan θ komponen *Hidraulic*:

$$\beta = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i \sum y_i)}{n \sum x_i^2 \sum y_i} = \frac{(10 * (-11,1100)) - (38,0791 * (-5,2311))}{(10 * 152,3364) - 38,0791} = 1,20112188$$

$$\alpha = \frac{\sum y_i - (\beta \sum x_i)}{n} = \frac{((-5,2311) - (1,20112188 * 38,0791))}{10} = -5,0968785$$

$$x = 1 + \frac{1}{0,9990961} = 2,000904718$$

$$MTBF = \theta \Gamma(2,000905)$$

Nilai fungsi gamma $\Gamma(x)$ dengan $x = 2,000905$ dapat diketahui dengan melihat tabel gamma :

$$(2,000904718) = 1,00$$

$$MTBF = \theta \Gamma(x)$$

$$= 63.321,353 \times 1.00$$

$$= 63.321,353 \approx 40 \text{ Hari}$$

Dengan diketahuinya rata-rata waktu kerusakan maka dapat diketahui rata-rata *reliability* dari komponen *hidraulic* adalah sebagai berikut:

$$R(MTBF) = e^{-\left(\frac{MTBF}{\theta}\right)^\beta}$$

$$= e^{-\left[\frac{63321,353}{60927,4}\right]^{1,442366}} = 0,35411938 = 35\%$$

Hasil dari analisis FMEA *Information Sheet*, RCM II *Decision Sheet* dan analisis distribusi parametrik akan digunakan untuk memberikan usulan aktivitas perawatan yang tepat untuk masing-masing mode kegagalan beserta dengan interval untuk menjalankan aktivitas perawatan tersebut. Berikut ini merupakan usulan aktivitas yang tepat berdasarkan masing-masing mode kegagalan yaitu *scheduled on-condition task*, *scheduled restoration task*, dan *finding failure interval*:

Tabel 7. Hasil perhitungan interval

Aktivitas	Komponen	Can be done by	Waktu Perawatan (Hari)
<i>Schedule On-Condition Task</i>	<i>Hidraulic</i>	<i>Mechanic</i>	44
	<i>Fanbelt</i>	<i>Mechanic</i>	122
<i>Schedule Restoration Task</i>	<i>Coupling</i>	Operator	23
	<i>Panel Control</i>	Elektrik	37
<i>Schedule Finding Failure Interval</i>	<i>Grease</i>	Operator	11
	<i>Motor</i>	Operator	27

$$\theta = \exp \frac{-\alpha}{\beta} = \exp \frac{-(-5,0968785)}{1,20112188} = 69,6464415$$

Dari perhitungan diatas maka didapatkan nilai $\beta = 1,20112188$, $\alpha = -5,0968785$ dan $\theta = 69,6464415$.

Setelah dilakukan perhitungan parameter tahap selanjutnya yaitu melakukan perhitungan *mean time between failure* (MTBF), *mean time to reaire* (MTTR), dan *reliability mean time between failure* (RMTBF). Berikut ini adalah contoh pertitungan MTBF dan MTTR dari beberapa komponen yang terdistribusi *weibull*, dan *eksponensial: Hidraulic* (Distribusi *Weibull*)

$$MTBF = \theta \Gamma(x)$$

$$x = 1 + \frac{1}{\beta}$$

$$x = 1 + \frac{1}{0,9990961} = 2,000904718$$

$$MTBF = \theta \Gamma(2,000905)$$

Nilai fungsi gamma $\Gamma(x)$ dengan $x = 2,000905$ dapat diketahui dengan melihat tabel gamma :

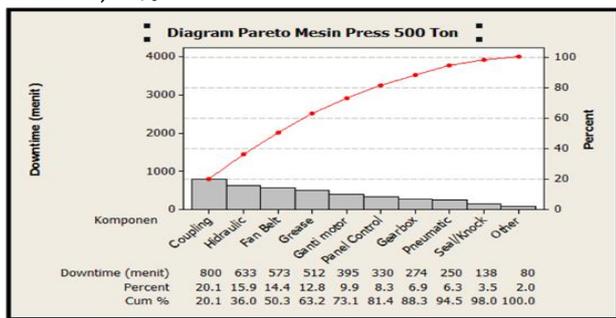
3.2 Pembahasan

3.2.1. Analisa Komponen kritis

Berdasarkan data kerusakan mesin Press 500 Ton pada Januari 2017 hingga Desember 2017, terdapat 11 komponen yang mengalami kerusakan, yaitu *coupling*, *hidraulic*, *gearbox*, *grease*, *pneumatic*, *fanbelt*, *seal*, *motor*, *lock*, *kabel power*, dan *panel control*.

Penentuan komponen kritis yaitu berdasarkan kumulatif *downtime* dari komponen yang memiliki *downtime* tertinggi hingga *downtime* terendah yang diambil persen kumulatif *downtime* sebesar 80% berdasarkan diagram pareto. Berdasarkan diagram pareto tersebut dapat dilihat bahwa terdapat enam

komponen mesin Press 500 Ton yang merupakan komponen kritis yaitu *coupling*, *hidraulic*, *fanbelt*, *grease*, *motor* dan *panel control*. Komponen yang memiliki *downtime* tertinggi yaitu komponen *coupling*, dimana nilai presentase kumulatif *downtime* sebesar 20,08%, komponen yang memiliki persentase *downtime* terbesar kedua yaitu komponen *hidraulic* sebesar 15,88%, komponen yang memiliki persentase *downtime* terbesar ketiga yaitu *fanbelt*, dimana nilai persentase kumulatif *downtime* sebesar 14,38%, komponen yang memiliki persentase *downtime* terbesar keempat yaitu *grease*, dimana nilai persentase kumulatif *downtime* nya sebesar 12,85%, komponen yang memiliki persentase *downtime* terbesar kelima yaitu motor, dimana nilai persentase kumulatif *downtime* sebesar 9,91%, komponen terakhir yang masuk pada kelompok komponen kritis yaitu *panel control* dimana nilai persentase kumulatif *downtime* sebesar 8,28%.



Gambar 2. Diagram Pareto komponen mesin press 500 Ton

3.2.2. Analisa Reliability Centered Maintenance II

Analisa Reliability Centered Maintenance II (RCM II) terdiri atas analisa pemilihan *failure mode and effect analysis* (FMEA) dan analisa pemilihan tindakan perawatan yang sesuai.

Dalam penelitian ini, diperoleh bahwa sistem yang menjadi focus utama di PT. DHI yaitu sistem mesin Press 500 Ton, karena mesin ini hanya ada satu dan sangat diperlukan untuk membuat produk bagian *head* sehingga jika mesin mati maka produksi terhenti.

Berdasarkan hasil wawancara dengan bagian *maintenance* di PT. DHI didapatkan hasil terdapat dua jenis kerusakan yaitu kerusakan pada mekanik, dan elektrik. Kerusakan pada mekanik yang disebabkan karena penggunaan mesin yang terus menerus sehingga menyebabkan perubahan kondisi fisik pada komponen tersebut, pada mesin Press 500 Ton ditemukan pada komponen *hydraulic*, *fanbelt*, *coupling*, *grease*, dan *motor*. Kerusakan pada komponen *hidraulic* dapat menyebabkan mesin macet, pada komponen *fanbelt* jika dipaksakan akan menyebabkan karet *fanbelt* putus, pada komponen *coupling* menyebabkan *bearing* yang cepat aus, pada *grease* membuat *gear* berkarat, pada komponen motor menyebabkan *pulvirizzer tripped*. Kerusakan pada elektrik yang disebabkan karena konsleting baik pada utility pabrik ataupun pada komponen yang menggunakan sistem komputerisasi, pada mesin Press 500 Ton ditemukan pada komponen *panel control*. Kerusakan pada komponen *panel control*

menyebabkan pemutaran pada motor yang tidak stabil karena pembacaan perintah yang lambat.

Dengan mengetahui nilai *downtime* dari masing-masing komponen dan FMEA yang telah dibuat, maka dapat ditentukan rekomendasi tindakan yang akan dilakukan untuk mengatasi permasalahan yang terjadi pada masing-masing komponen. Pada penelitian terhadap Mesin Press 500 Ton didapatkan tiga jenis perawatan. Pada komponen *coupling* dan *panel control* dilakukan tindakan perawatan *schedule restoration task*, pada komponen *hidraulic* dan *fanbelt* dilakukan tindakan perawatan *schedule on condition task*, pada komponen *grease* dan *motor* dilakukan tindakan *finding failure task*. Sistem perawatan yang dilakukan di PT. DHI saat ini adalah perawatan tidak terencana/terjadwal (*unscheduled maintenance*), dimana kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan setelah terjadinya suatu kerusakan atau kelainan pada fasilitas atau peralatan mesin atau biasa disebut dengan perawatan perbaikan (*corrective maintenance*).

3.2.3. Analisa distribusi komponen Mesin Press 50 Ton

Waktu kerusakan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *mean time between failure* yang memiliki arti rata-rata selisih waktu yang dihitung dari awal terjadi kerusakan hingga terjadi kerusakan selanjutnya.

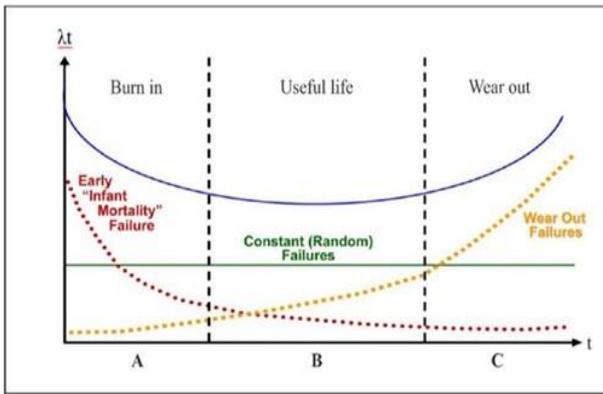
Untuk mencari nilai *mean time between failure*, terlebih dahulu dicari nilai *time between failure*, yaitu penjumlahan dari nilai *time to failure* ditambah dengan *time to repair*. *Time to failure* diperoleh dari jangka waktu mesin tersebut mengalami kerusakan hingga mengalami kerusakan, selanjutnya dalam satuan menit, sedangkan nilai *time to repair* adalah lamanya waktu perbaikan.

Setelah dilakukan pengujian *goodness of fit* didapatkan pola distribusi yang sesuai untuk komponen *coupling*, *hidraulic*, *grease*, *fanbelt*, *panel control* adalah distribusi *weibull* sedangkan untuk komponen motor adalah *eksponensial*. Setelah diketahui pola distribusi dari setiap komponen kritis, selanjutnya dilakukan perhitungan nilai parameter dari setiap distribusi. Parameter yang digunakan yaitu β dan θ untuk komponen *coupling*, *hydraulic*, *grease*, *fanbelt*, *panel control* karena berdistribusi *weibull* sedangkan untuk komponen motor berdistribusi *eksponensial* sehingga parameter yang digunakan adalah λ .

Setiap komponen kritis memiliki fase yang berbeda, pada komponen *hydraulic* dan *fanbelt* masuk kedalam fase *decreasing failure rate* karena $\beta < 1$ dan grafiknya pun menurun. Komponen *coupling*, *grease*, dan *panel control* masuk kedalam fase *increasing failure rate* karena $\beta > 1$ dan grafiknya pun meningkat. Komponen motor masuk kedalam fase *constant failure rate* karena grafiknya konstan.

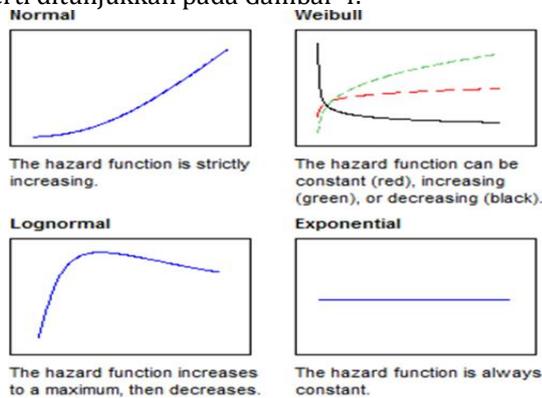
3.2.4. Analisa Laju Kerusakan

Laju kerusakan (*failure rate*) merupakan laju dimana kerusakan terjadi pada interval waktu yang ditetapkan [3]. Terdapat tiga fase pada laju kerusakan, yaitu *burn in*, *useful life* dan *wear out* seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Bathtube Curve

Komponen *hidraulic* yang berdistribusi *weibull* memiliki β sebesar 0,970735066 yang berarti komponen tersebut masuk pada fase *decreasing failure rate* ($\beta < 1$). Dapat dilihat pada grafik *hazard function* komponen *hidraulic* dimana grafik tersebut menurun seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Hazard function

Hal ini disebabkan komponen *hidraulic* memiliki *quality control* yang kurang baik. Pompa pada *hidraulic* dibuat dan dirakit sendiri oleh pekerja PT. DHI sehingga tidak memiliki standard kualitas pompa *hidraulic* secara umum. Komponen *coupling* yang berdistribusi *weibull* memiliki β sebesar 1,4423659 yang berarti komponen tersebut masuk kedalam fase *increasing failure rate* ($\beta > 1$). Dapat dilihat pada grafik *hazard function* komponen *coupling* dimana grafik tersebut meningkat cukup signifikan. Hal ini disebabkan karena komponen *coupling* telah beroperasi cukup lama dan termakan usia. Komponen *grease* yang berdistribusi *weibull* memiliki β sebesar 1,3693595 yang berarti komponen tersebut masuk kedalam fase *increasing failure rate* ($\beta > 1$). Dapat dilihat pada grafik *hazard function* komponen *grease* dimana grafik tersebut meningkat. Hal ini disebabkan *fatigue* pada komponen tersebut karena digunakan terus menerus. Komponen *fanbelt* berdistribusi *weibull* memiliki β sebesar 0,589330374 yang berarti komponen tersebut masuk kedalam fase *decreasing failure rate* ($\beta < 1$). Dapat dilihat pada grafik *hazard function* komponen *fanbelt* dimana grafik tersebut menurun. Hal ini disebabkan karena kurangnya pengecekan pada karet *fanbelt*. Komponen *panel control* berdistribusi *weibull* memiliki β 1,275456632 yang berarti komponen tersebut masuk kedalam fase *increasing failure rate* ($\beta > 1$). Dapat dilihat bahwa pada grafik *hazard function* komponen *panel control* dimana

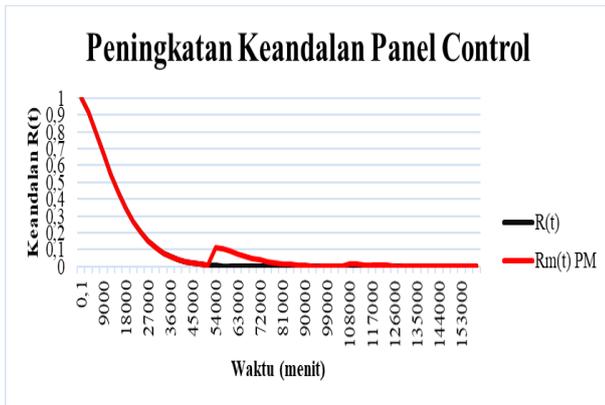
grafik tersebut meningkat. Hal ini disebabkan komponen tersebut mengalami kelelahan karena digunakan terus menerus. Komponen motor berdistribusi *eksponensial* dengan nilai parameter (λ) sebesar 513512×10^{-6} . Distribusi *eksponensial* memiliki laju kerusakan (*hazard function*) konstan.

3.2.5. Analisa FMEA

Berdasarkan hasil analisis FMEA dan evaluasi pada aspek *hidden, safety, enviroment dan operational* telah dihasilkan aktivitas perawatan usulan untuk mengatasi setiap mode kegagalan yang menyebabkan kegagalan fungsi peralatan atau komponen.

Kegagalan dari tiap komponen kritis mesin Press 500 Ton cukup bervariasi, dimana tiap kegagalan dilakukan aktivitas perawatan yang berbeda penanganannya, pada komponen *hiraulic* dan *fanbelt* dilakukan aktivitas perawatannya adalah *schedule on condition task*, pada komponen *coupling* dan *panel control* aktivitas perawatannya adalah *schedule on restoration task*, pada komponen *grease* dan motor aktivitas perawatannya adalah *finding failure task*. Aktivitas perawatan *schedule on condition task* dilakukan pada komponen *hidraulic* dan *fanbelt* karena pada komponen tersebut memiliki mode kegagalan yang bersifat tersembunyi (*hidden*). Komponen *hidraulic* memiliki mode kegagalan berupa oli *hidraulic* utama mengalami penyumbatan sehingga oli tersebut tidak mengalir dan mengakibatkan mesin macet. Komponen *fanbelt* memiliki mode kegagalan berupa penipisan karet *fanbelt* karena gesekan yang terus menerus sehingga karet *fanbelt* menjadi melebar dan lama kelamaan akan putus. Pemeriksaan potensi kegagalan perlu dilakukan untuk menghindari dampak jika kegagalan tersebut terjadi. Usulan interval pengecekan kondisi adalah setengah dari interval P-F dengan mempertimbangkan MTBF dari komponen. Aktivitas perawatan *schedule on condition* pada komponen *hidraulic* berupa pengurangan daya tekanan. Pada komponen *fanbelt* aktivitas perawatan *schedule on condition* dengan mengubah posisi karet yang masih tebal. Aktivitas perawatan *schedule restoration task* dilakukan pada komponen *coupling* dan *panel control*. Komponen *coupling* memiliki mode kegagalan berupa *bearing* yang cepat aus sehingga menyebabkan *bearing* kering dan dapat mengakibatkan *coupling* rusak. Berdasarkan grafik simulasi peningkatan keandalan *preventive maintenance coupling* pengecekan berkala pada *bearing* agar tidak cepat aus dengan mempertimbangkan nilai (θ) dilakukan pada besaran 35.000 menit atau 583 jam. Keandalan pada komponen *coupling* jika tidak dilakukan pengecekan berkala pada *bearing* ditunjukkan dengan grafik berwarna hitam ($R_{(t)}$), sedangkan keandalan *coupling* saat dilakukan pengecekan berkala ditunjukkan pada grafik berwarna merah ($R_{m(t)PM}$) rata - rata kenaikan keandalan sebesar 0,518851 setelah perawatan yang pertama. Komponen *panel control* memiliki mode kegagalan berupa responsifitas yang lambat karena data *history* yang terlalu banyak sehingga menyebabkan motor tidak stabil karena proses pembacaan perintah yang lambat. Berdasarkan grafik simulasi peningkatan keandalan

preventive maintenance panel control dengan membackup data setelah proses pengerjaan selesai dengan mempertimbangkan nilai (θ) dilakukan pada besaran 54.000 menit atau 900 jam.



Gambar 5. Grafik simulasi peningkatan keandalan

Keandalan pada komponen *panel control* jika tidak dilakukan aktivitas *schedule restoration task* ditunjukkan dengan grafik berwarna hitam ($R(t)$), sedangkan keandalan *panel control* setelah dilakukan aktivitas *schedule restoration task* ditunjukkan pada grafik berwarna merah ($R_m(t)$ PM) rata - rata kenaikan keandalan sebesar 0,17384 setelah perawatan pertama. Aktivitas perawatan *failure finding interval* dilakukan jika tidak ada aktivitas perawatan proaktif yang dapat dilakukan untuk mereduksi kegagalan yang berkaitan dengan kegagalan tersembunyi. Kondisi tersebut dialami oleh komponen *grease* dan motor. Komponen *grease* memiliki mode kegagalan berupa penyumbatan pada regulator tabung *pump grease* sehingga mengakibatkan *gear* pada mesin Press 500 Ton berkarat karena tidak ada pelumas. Komponen motor memiliki mode kegagalan pelumasan yang buruk pada *gear* motor sehingga menyebabkan *pulvizer tripped* pada *gear* motor. Hasil *interval failure finding* setiap komponen dapat dihubungkan dengan tingkat ketersediaan (*availability*). Semakin pendek waktu *interval failure finding*, maka semakin tinggi tingkat ketersediaan dari komponen tersebut.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian di PT.DHI adalah sebagai berikut::

1. Komponen yang termasuk pada komponen kritis pada mesin Press 500 Ton yaitu *coupling*, *hidraulic*, *grease*, *fanbelt*, *panel control*, dan motor.
2. Nilai kehandalan komponen kritis Mesin Press 500 ton yaitu *coupling* 42%, *hidraulic* 35%, *grease* 40%, *fanbelt* 27%, *panel control* 39%, dan motor 37%.
3. Berdasarkan identifikasi analisis FMEA dari mesin Press 500 Ton pada komponen *hidraulic* memiliki faktor kegagalan yaitu daya tekan pengepresan kurang optimal, pada komponen *fanbelt* memiliki faktor kegagalan yaitu tidak dapat mentransmisikan power yang diberikan motor, pada komponen *coupling* memiliki faktor kegagalan berupa *bearing*

kering, pada komponen *panel control* memiliki faktor kegagalan berupa proses *loading* yang lambat, pada komponen *grease* memiliki faktor kegagalan yaitu saluran penghubung antara tabung dan gear tidak berjalan, pada komponen motor memiliki faktor kegagalan yaitu kegagalan pada pompa gear.

4. Berdasarkan analisis RCM II *decision diagram* upaya aktivitas perawatan memperoleh 2 mode kegagalan yang ditangani *schedule on-condition task*, 2 mode kegagalan yang dapat ditangani oleh *schedule restoration task*, 2 mode kegagalan yang dapat ditangani oleh *failure finding interval*.
5. Berdasarkan perhitungan *interval* perawatan diperoleh usulan *interval* optimal untuk melakukan aktivitas perawatan pada setiap komponen kritis yaitu untuk aktivitas perawatan *schedule on-condition* pada komponen *hidraulic* sebesar 63.321,353 menit serta pada komponen *fanbelt* sebesar 175.661,71 menit. Untuk aktivitas perawatan *schedule restoration task* komponen *coupling* sebesar 34.000 menit serta pada komponen *panel control* 54.000 menit. Untuk aktivitas perawatan *finding failure interval* pada komponen *grease* sebesar 17.001 menit serta untuk komponen motor sebesar 38.987.

REFERENSI

- [1] Sufa.MF, Djunaedi,M, "Usulan Interval Perawatan Komponen Kritis Pada Mesin Pencetak Botol (Mould Gear) Berdasarkan Kriteria Minimasi Downtime", *Jurnal Teknik Gelegar*, vol 18 No 01: 33-31. 2007
- [2] Yugowati P, Iphov K S, Dewi M S, "Perancangan Penjadwalan Preventive Maintenance Pada PT. Artha Prima Sukses Makmur", *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, Vol. 14, No. 1, .., 2015, ISSN 1412-6869
- [3] Ebeling, E. Charles, An Introduction to Reliability and Maintainability, 1997
- [4] Meilani, Difana, K. Insannul dan Satria, Arie," (2008) Analisa Reliability Centered Maintenance (RCM) dan Reliability Centered Spares (RCS) Pada Unit Rawmill Pabrik In darung IV PT. Semen Padang", *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, 8 (1). pp. 9-16. ISSN 1412-4769, 2008
- [5] S.S Islam, T. Lestari, A. Fitriani, D. A Wardani, "Analisis Preventive Maintenance Pada Mesin Produksi dengan Metode Fuzzy FMEA", *Jurnal Teknologi Terpadu* Vol. 8 No. 1, 2020, ISSN 2338 - 6649
- [6] Syahrudin, "Analisis sistem perawatan mesin menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)* sebagai dasar kebijakan perawatan yang optimal di PLTD X", *Jurnal Teknologi Terpadu* No.1. vol 1, ISSN 2338 - 6649
- [7] Wilbert, T. S Sinaga, A.J.M.Rambe," Penerapan Preventive Maintenance Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance Dengan Mengaplikasikan Grey FMEA Pada PT. WXY," *e-Jurnal Teknik Industri*, FT USU Vol 1, No.3, April 2013 pp. 53-59
- [8] A. Irman, E. Febianti, P.F Ferdinant, M. K Fauzan, "Usulan Preventive Maintenance Mesin Compactor Menggunakan Metode Reliability Block Diagram untuk Menurunkan Downtime di PT. XYZ", *Seminar Nasional Teknik Industri Universitas Gadjah Mada*, Yogyakarta, 2018

