

Usulan Penjadwalan Perawatan Mesin Menggunakan Metode *Reliability Block Diagram*

Evi Febianti^{*1}, Putro Ferro Ferdinand², Nuraida Wahyuni³ dan Desy Nur Riyani⁴

¹ Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa,
Jln. Jend Sudirman KM.03, Cilegon, Banten, 42435

Email: evi@untirta.ac.id¹, ferdinant@untirta.ac.id², nrdwahyuni@gmail.com³, desynurriyani@yahoo.co.id⁴

DOI: 10.20961/performa.19.1.40983

Abstrak

PT. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak pada bidang manufaktur dengan hasil produknya adalah baja. Kegiatan perawatan memegang peranan penting. Perusahaan perlu melakukan penjadwalan perawatan mesin secara teratur. Penelitian ini berfokus pada unit produksi CTCM (Continuous Tandem Cold Mill) yang memiliki breakdown time yang tinggi. Adapun tujuan penelitian adalah menentukan pola kerusakan dan nilai MTBF (mean time between failure), menghitung nilai reliabilitas dan availabilitas dengan corrective maintenance, menentukan waktu preventive maintenance dan reliabilitas sistem berdasarkan reliability block diagram, serta menentukan availabilitas setelah dilakukan preventive maintenance. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah reliability block diagram (RBD). Hasil perhitungan menunjukkan semakin kecil nilai MTBF dari suatu mesin, maka frekuensi kerusakan semakin banyak pada mesin tersebut. Semakin besar nilai reliabilitas mesin maka semakin besar nilai availabilitasnya. Semakin banyak frekuensi kerusakan yang dialami mesin maka diperlukan perawatan mesin yang rutin. Nilai reliabilitas setiap mesin yang meningkat mempengaruhi persentase reliabilitas sistem. Dibandingkan dengan corrective maintenance, jadwal preventive maintenance yang diusulkan meningkatkan nilai availabilitas mesin sebesar 21,18%.

Kata kunci: Corrective Maintenance, Preventive Maintenance, Reliabilitas, Reliability Block Diagram

Abstract

PT. XYZ is a company engaged in manufacturing with the result of its products is steel. Maintenance activities play an important role. The company needs to conduct regular machine maintenance scheduling. This research focuses on CTCM (Continuous Tandem Cold Mill) production units that have a high breakdown time. The objectives of the study are to determine the pattern of damage and the value of MTBF (mean time between failure), calculate the value of reliability and availability with corrective maintenance, determine the time of preventive maintenance and system reliability based on the reliability block diagram, and determine availability after preventive maintenance. The method used in this study is the reliability block diagram (RBD). The calculation results show that the smaller the MTBF value of an engine then the more frequency of damage. The greater the reliability value of the machine, the greater the value of availability. The more frequency of damage experienced by the machine, the routine maintenance of the machine is required. The increased reliability value affects the percentage of system reliability. Compared to corrective maintenance, the proposed preventive maintenance schedule increases the value of engine availability by 21.18%.

Keywords: Corrective Maintenance, Preventive Maintenance, Reliabilitas, Reliability Block Diagram

1. Pendahuluan

Kegiatan perawatan memegang peranan penting dalam perusahaan. Tanpa adanya kegiatan perawatan yang sesuai, pihak perusahaan akan mengalami kerugian besar seperti mesin rusak dan tidak dapat berfungsi kembali, jumlah produk cacat meningkat, hingga kerugian material akibat seringnya mengganti komponen pada mesin. Perawatan mesin yang baik dapat memperbaiki dan menjaga kehandalan mesin. Kendala utama dalam aktivitas perawatan mesin adalah menentukan waktu penjadwalan perawatan mesin secara teratur (Priyanta, 2000).

PT. XYZ adalah perusahaan manufaktur penghasil baja. Dengan salah satu anak perusahaannya adalah Pabrik Cold Rolling Mill (CRM). Strategi bisnis yang diterapkan oleh PT. XYZ adalah *make to order*, pabrik CRM memproduksi baja lembaran dingin sesuai dengan spesifikasi dari pelanggan. Proses reduksi ketebalan adalah proses utama pada pabrik CRM karena parameter ketebalan merupakan jenis spesifikasi dari konsumen selain jenis baja. Proses reduksi ketebalan strip baja adalah proses yang terjadi di unit produksi Continuous Tandem Cold Mill (CTCM) saat strip baja melalui proses tarik dan tekan dengan

* Penulis utama (Corresponding author)

perlakuan dingin hingga ketebalan dapat tereduksi sebanyak 92% dari ketebalan awal. Sebagai unit produksi yang penting, unit produksi CTCM memiliki *breakdown time* yang tinggi dibandingkan dengan unit produksi lainnya.

Berdasarkan data dari perusahaan, tingginya *breakdown* yang terjadi pada unit produksi CTCM menyebabkan terjadinya *idle* pada unit produksi ECL. *Idle* pada unit produksi ECL dikarenakan tidak adanya *supply* bahan baku baja dari unit produksi CTCM. *Breakdown* pada setiap mesin di unit produksi CTCM tersebut diatasi dengan *corrective maintenance* dengan kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan setelah terjadinya suatu kerusakan pada peralatan sehingga peralatan tidak dapat berfungsi dengan baik. Kegiatan *corrective maintenance* tersebut menyebabkan terganggunya proses produksi baja lembaran dingin di unit produksi CTCM. Untuk mengatasi *downtime* akibat *corrective maintenance*, dibutuhkan penjadwalan perawatan secara berkala. Penjadwalan perawatan ini disebut dengan *preventive maintenance*. *Reliability block diagram* adalah metode untuk menganalisa kehandalan sistem pada sistem besar dan kompleks dengan menggunakan diagram blok sistem (Ebeling, 1997). *Reliability block diagram* ini menggunakan data waktu antar kerusakan dari mesin-mesin di unit produksi CTCM. Data waktu tersebut digunakan untuk mencari pola distribusi yang sesuai dengan pola kerusakan masing-masing mesin. Parameter distribusi digunakan untuk mencari nilai waktu rata-rata antar kerusakan (MTBF) dan nilai *reliability* masing-masing mesin. Selanjutnya menghitung nilai *reliability* sistem mesin di unit produksi CTCM dan menentukan jadwal *preventive maintenance* (Nuhman, 2016). Kemudian dilakukan perhitungan *availability* untuk mengetahui apakah kegiatan *preventive maintenance* mengurangi *availability* mesin dibandingkan dengan *corrective maintenance* (Ebeling 1997).

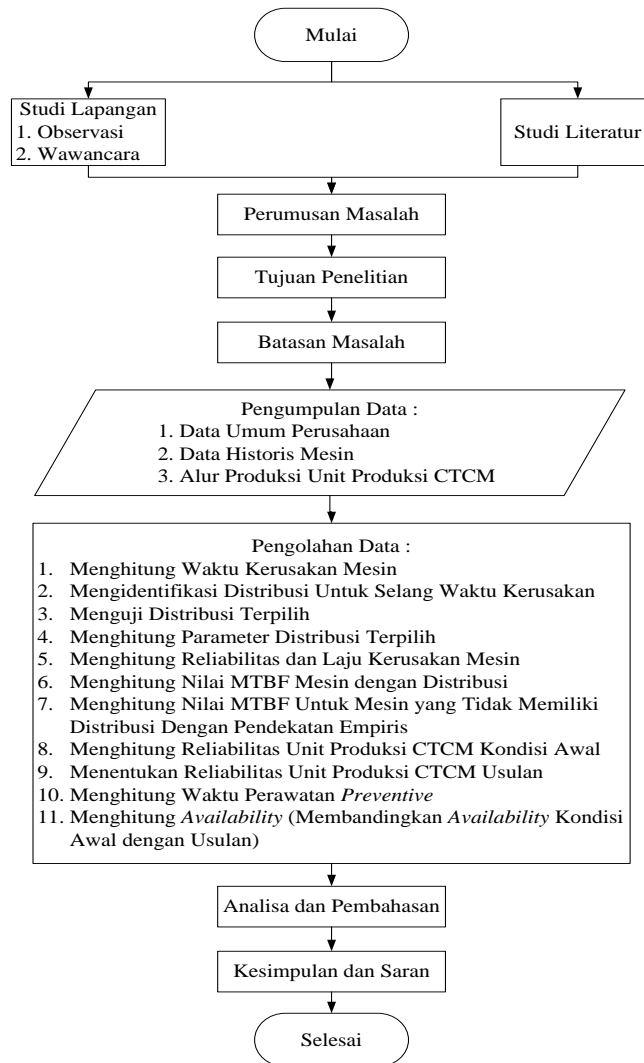
Adapun tujuannya pada penelitian adalah menentukan pola kerusakan dan nilai MTBF (*mean time between failure*) setiap mesin, menghitung nilai reliabilitas dan *availability* setiap mesin dengan *corrective maintenance*, menentukan waktu *preventive maintenance* setiap mesin dan reliabilitas sistem berdasarkan *reliability block diagram* dan menentukan *availability* setiap mesin setelah dilakukan *preventive maintenance*. Penelitian yang berkaitan adalah penelitian Kudin (2012) yang membahas mengenai nilai reliabilitas sistem komponen listrik pada unit stand 3 dengan *reliability block diagram*. Untuk mencapai reliabilitas sistem sebesar 85% bagian perawatan menjadwalkan 9 komponen listrik pada unit stand 3 dengan memperbaiki jadwal perawatan sehingga mencapai reliabilitas masing – masing komponen sebesar 95%. Penelitian lainnya yang berkaitan adalah Saputro (2013) yang membahas mengenai nilai reliabilitas sistem mesin SPM 2000 dengan *reliability block diagram* dan model simulasi diskrit untuk mengetahui utilitas mesin. Penelitian tersebut menggunakan *preventive maintenance* untuk meningkatkan reliabilitas sistem sebesar 85% dan penjadwalan perawatan terencana, pengarahan kepada para operator dan melakukan pengawasan untuk meningkatkan utilitas. Kulsum (2018) melakukan penjadwalan *preventive maintenance* pada mesin paper mill 1 untuk menurunkan waktu *downtime* dengan menggunakan simulasi *monte carlo*. Perbedaan penelitian terdahulu dengan penelitian ini terletak pada kasus, data dan objek serta penelitian ini memberikan usulan waktu *preventive maintenance* setiap mesin dan reliabilitas sistem berdasarkan *reliability block diagram* dan menentukan *availability* setiap mesin setelah dilakukan *preventive maintenance*.

2. Metode Penelitian

Data primer pada penelitian ini diperoleh dengan cara melakukan wawancara terhadap pihak yang dapat memberikan informasi terkait *maintenance* di unit produksi CTCM. Teknik wawancara yang digunakan berupa garis besar permasalahan yang sedang terjadi. Selain itu, dilakukan observasi langsung di unit produksi CTCM. Sedangkan data sekunder adalah data yang dapat diperoleh peneliti tanpa melakukan observasi langsung di lapangan. Data sekunder ini berupa data perusahaan dan data historis di unit produksi CTCM.

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah data umum perusahaan dan data waktu kerusakan mesin di unit produksi CTCM. Dari data waktu yang diperoleh kemudian dilakukan pengolahan data dengan mengelompokkan waktu kejadian pada setiap mesin, kemudian dari data tersebut dihitung waktu antar kerusakan (TBF). Dari data waktu antar kerusakan kemudian menghitung *index of fit* untuk identifikasi awal pola distribusi data waktu antar kerusakan. Setelah diketahui pola distribusinya, kemudian dilakukan perhitungan parameter. Dengan parameter yang didapat tersebut kemudian melakukan perhitungan untuk mengetahui waktu rata-rata antar kerusakan (MTBF) dan mengetahui reliabilitas serta laju kerusakan setiap mesin. kemudian dari nilai reliabilitas setiap mesin dilakukan perhitungan reliabilitas sistem dengan

reliability block diagram (RBD), *block diagram* yang disusun berdasarkan hubungan setiap mesin pada unit produksi CTCM. Kemudian menentukan interval waktu perawatan dan menghitung *availability* kondisi awal dan usulan yang diharapkan mampu memperbaiki keandalan mesin di unit produksi CTCM (Larasati, 2017). Berikut adalah *Flow chart* pemecahan masalah tersaji pada Gambar 1.



Gambar 1. Flow chart Pemecahan Masalah

3. Hasil dan Pembahasan

Pengolahan data pada penelitian ini terdiri dari perhitungan waktu kerusakan, identifikasi distribusi untuk selang waktu kerusakan, perhitungan parameter distribusi, perhitungan reliabilitas dan laju kerusakan, perhitungan MTBF, *reliability block diagram*, usulan jadwal *preventive maintenance* dan *availability*.

3.1 Perhitungan Waktu Antar Kerusakan Mesin

Berikut ini adalah contoh perhitungan waktu kerusakan mesin *uncoiler* :

- a. Mesin *uncoiler* mengalami kerusakan pertama dan kedua, dengan selisih hari sebanyak 18 hari atau sama dengan 18 hari x 24 jam adalah 432 jam.
- b. Kerusakan kedua terjadi pada pukul 7:40 adalah setelah pukul 3:13, artinya kerusakan selanjutnya terjadi setelah 18 hari. Selisih waktu antara jam 3:13 sampai 7:40 adalah 267 menit. Dengan begitu TTF sebesar $(432 \times 60 \text{ menit}) + 267 \text{ menit} = 26187 \text{ menit}$.
- c. $TTR = \text{actual completion} - \text{actual start}$
 $= 3:13 - 2:28$
 $= 45 \text{ menit}$
- d. $TBF = TTF + TTR$
 $= 26187 + 45$
 $= 26.232 \text{ menit}$

Tabel 1. Perhitungan *Time Between Failure* Mesin *Uncoiler*

No	Workstation	Mesin	Waktu Terjadi Kerusakan		Kerusakan (menit)
			Mulai	Akhir	
			1	Entry	
2	Entry	Uncoiler	7:40	22:46	33
3	Entry	Uncoiler	14:00	9:45	17
4	Entry	Uncoiler	19:00	14:21	10
5	Entry	Uncoiler	22:00	3:52	19
6	Entry	Uncoiler	6:00	11:15	35
7	Entry	Uncoiler	14:00	2:49	95
8	Entry	Uncoiler	22:40	3:16	17
9	Entry	Uncoiler	0:35	18:12	77
10	Entry	Uncoiler	6:00	19:50	11
11	Entry	Uncoiler	10:15	4:35	15
12	Entry	Uncoiler	11:00	19:21	50
13	Entry	Uncoiler	14:00	0:27	41
14	Entry	Uncoiler	20:06	23:32	9
15	Entry	Uncoiler	14:00	9:00	43
16	Entry	Uncoiler	6:00	14:00	208
17	Entry	Uncoiler	6:50	14:25	25
18	Entry	Uncoiler	9:10	3:10	225
19	Entry	Uncoiler	23:19	15:40	70
20	Entry	Uncoiler	12:00	10:02	44
21	Entry	Uncoiler	14:00	11:37	45
22	Entry	Uncoiler	4:18	14:35	15
23	Entry	Uncoiler	14:00	20:15	15
24	Entry	Uncoiler	18:00	8:54	54
25	Entry	Uncoiler	17:05	1:29	12
26	Entry	Uncoiler	6:00	11:05	75
27	Entry	Uncoiler	17:31	3:00	60
28	Entry	Uncoiler	6:00	4:00	10
29	Entry	Uncoiler	7:20	16:50	70
30	Entry	Uncoiler	14:21	17:35	15
31	Entry	Uncoiler	21:30	0:55	77
32	Entry	Uncoiler	20:00	6:00	470

3.2 Index Of Fit

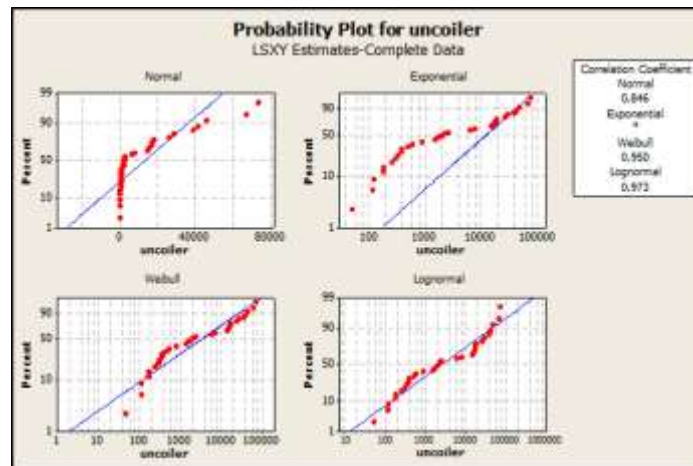
Pada tahap ini dilakukan perhitungan *index of fit* estimasi awal mengenai parameter dari masing-masing distribusi. Pada mesin yang memiliki kerusakan ≤ 3 (mesin *crop shear* dan *strip flattener*) tidak dilakukan pengujian dengan distribusi melainkan dengan pendekatan empiris yang akan dihitung pada sub bab selanjutnya. Selain menggunakan perhitungan manual, dilakukan penentuan besaran *index of fit* dengan menggunakan *software* minitab untuk membandingkan perhitungan manual dengan perhitungan *software* tersaji pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi *Index of Fit*

Mesin	Distribusi Normal		Distribusi Ekspensial		Distribusi Weibull		Distribusi Log Normal	
	Manual	Minitab	Manual	Minitab	Manual	Minitab	Manual	Minitab
	<i>Crop shear</i>							
<i>Looper</i>	0,884	0,884	0,974	*	0,964	0,964	0,971	0,971
<i>Pinch roll</i>	0,950	0,95	0,956	*	0,952	0,952	0,922	0,922
<i>Shear back</i>	0,935	0,935	0,988	*	0,945	0,945	0,906	0,906
<i>pinch roll</i>								
<i>Strip flattener</i>								
<i>Trimmer</i>	0,736	0,736	0,889	*	0,984	0,984	0,985	0,985
<i>Uncoiler</i>	0,846	0,846	0,976	*	0,950	0,950	0,973	0,973
<i>Welder</i>	0,902	0,902	0,964	*	0,988	0,988	0,974	0,974
<i>Stand#1</i>	0,870	0,870	0,984	*	0,995	0,995	0,978	0,978
<i>Stand#2</i>	0,872	0,967	0,829	*	0,953	0,972	0,884	0,910
<i>Stand#3</i>	0,837	0,837	0,958	*	0,959	0,959	0,908	0,908

Tabel 2. Rekapitulasi *Index of Fit* (lanjutan)

Mesin	Distribusi Normal		Distribusi Ekspensial		Distribusi Weibull		Distribusi Log Normal	
	Manual	Minitab	Manual	Minitab	Manual	Minitab	Manual	Minitab
Stand#4	0,928	0,928	0,987	*	0,980	0,980	0,929	0,929
Stand#5	0,784	0,784	0,956	*	0,989	0,989	0,988	0,988
Recoiler	0,854	0,854	0,982	*	0,991	0,991	0,981	0,981
Flying shear	0,977	0,977	0,924	*	0,949	0,949	0,920	0,920

Gambar 2. *Index of Fit* Mesin Uncoiler dengan Software Minitab

Dari Gambar 2 terlihat nilai koefisien korelasi untuk distribusi normal sebesar 0,846, distribusi *weibull* sebesar 0,950 dan distribusi log normal sebesar 0,973. Hasil *index of fit* pada *software* minitab dan perhitungan manual tidak berbeda signifikan, artinya perhitungan manual dengan *software* sesuai.

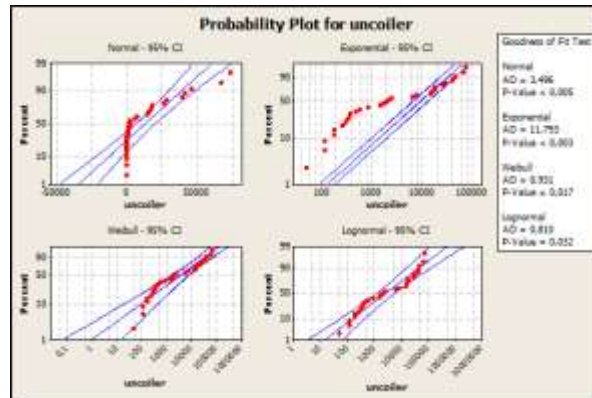
3.3 Uji Anderson Darling

Setelah memperoleh *index of fit* dari setiap distribusi untuk masing-masing mesin, kemudian dilakukan perhitungan nilai *anderson darling* dan *p-value* dari setiap distribusi.

Tabel 3. Rekapitulasi Uji *Anderson Darling* Manual

Mesin	Distribusi Normal		Distribusi Ekspensial		Distribusi Weibull		Distribusi Log Normal	
	AD	P-Value	AD	P-Value	AD	P-Value	AD	P-Value
Looper	1,214	0,002	3,895	<0,005	0,293	0,472	0,390	0,329
Pinch roll	0,376	0,282	1,875	<0,005	0,430	0,228	0,523	0,106
Shear back pinch roll	0,389	0,231	0,850	0,008	0,397	0,269	0,474	0,126
Trimmer	2,041	<0,005	4,724	<0,005	0,206	0,656	0,240	0,717
Uncoiler	3,496	<0,005	15,075	<0,005	0,906	0,017	0,810	0,032
Welder	2,869	<0,005	3,048	<0,005	0,428	0,256	0,627	0,095
Stand#1	6,622	<0,005	6,223	<0,005	0,253	0,572	0,838	0,029
Stand#2	1,287	0,002	3,139	<0,005	5,444	<0,005	5,121	<0,005
Stand#3	2,544	<0,005	1,203	<0,005	1,030	0,009	1,776	<0,005
Stand#4	1,873	<0,005	1,128	<0,005	0,798	0,033	1,940	<0,005
Stand#5	16,326	<0,005	24,767	<0,005	0,536	0,150	1,096	0,007
Recoiler	7,582	<0,005	11,820	<0,005	0,316	0,446	0,884	0,023
Flying shear	0,240	0,450	0,341	0,263	0,349	0,332	0,367	0,156

Selain menggunakan perhitungan manual, dilakukan penentuan besaran nilai *anderson darling* dan *p-value* dengan menggunakan *software* minitab untuk membandingkan perhitungan manual dengan perhitungan *software*. Berikut adalah hasil *anderson darling* mesin *uncoiler* menggunakan *software* minitab tersaji pada Gambar 3 :



Gambar 3. Anderson Darling Mesin Uncoiler dengan Software Minitab

Dari gambar didapat nilai *anderson darling* untuk distribusi normal sebesar 3,496 dan *p-value* <0,005, distribusi eksponensial sebesar 11,793 dan *p-value* <0,003, distribusi *weibull* sebesar 0,931 dan *p-value* sebesar 0,017, distribusi log normal sebesar 0,819 dan *p-value* sebesar 0,032. Hasil *index of fit* pada *software* minitab dan perhitungan manual tidak berbeda signifikan, artinya perhitungan manual dengan *software* sesuai.

3.4 Uji Goodness of Fit

Setelah memperoleh *index of fit* dan nilai *anderson darling* setiap distribusi untuk masing-masing mesin, dilakukan pengujian kesesuaian terlebih dahulu dan tersaji pada Tabel 4.

Tabel 4. Keputusan Distribusi Untuk Setiap Mesin

Mesin	Distribusi Awal	Hasil	Distribusi Selanjutnya	Hasil	Keputusan
Looper	Log Normal	Ditolak	Weibull	Diterima	Weibull
Pinch roll	Weibull	Diterima			Weibull
Shear back pinch roll	Weibull	Diterima			Weibull
Trimmer	Log Normal	Ditolak	Weibull	Diterima	Weibull
Uncoiler	Log Normal	Ditolak	Weibull	Diterima	Weibull
Welder	Weibull	Diterima			Weibull
Stand#1	Weibull	Diterima			Weibull
Stand#2	Weibull	Ditolak			Weibull
Stand#3	Weibull	Diterima			Weibull
Stand#4	Weibull	Diterima			Weibull
Stand#5	Weibull	Diterima			Weibull
Recoiler	Weibull	Diterima			Weibull
Flying shear	Normal	Diterima			Normal

3.5 Perhitungan Parameter Distribusi

Setelah diketahui pola distribusi kejadian kerusakan yang sesuai untuk masing-masing komponen maka selanjutnya dapat dihitung parameter-parameter distribusi kerusakan sesuai dengan pola distribusinya masing-masing komponen (Nuhman, 2016). Dengan β dan θ sebagai parameter untuk distribusi *weibull*, serta μ dan σ untuk distribusi normal, tersaji pada Tabel 5.

Tabel 5. Parameter Distribusi Weibull

Mesin	Distribusi	Parameter Distribusi		
		β	α	θ (menit)
Looper	Weibull	0,519	-5,204	22.850,961
Pinch roll	Weibull	0,357	-3,841	47.009,382
Shear back pinch roll	Weibull	0,392	-4,293	57.604,040
Trimmer	Weibull	0,598	-5,747	14.910,225
Uncoiler	Weibull	0,513	-4,574	7.458,968
Welder	Weibull	0,706	-6,535	10.447,718
Stand#1	Weibull	0,740	-6,164	4.136,809
Stand#2	Weibull	0,722	-6,800	12.276,830
Stand#3	Weibull	0,683	-6,455	12.717,570
Stand#4	Weibull	0,647	-5,968	10.097,539
Stand#5	Weibull	0,732	-5,644	2.237,175
Recoiler	Weibull	0,663	-5,534	4.194,740

Tabel 6. Parameter Distribusi Normal

Mesin	Distribusi	Parameter Distribusi	
		μ (menit)	σ
Flying shear	Normal	40045	31889

3.6 Perhitungan Reliabilitas dan Laju Kerusakan

Perhitungan reliabilitas dan laju kerusakan digunakan untuk mengetahui fungsi kehandalan dari masing-masing mesin secara sistematis sekaligus menggambarkan fungsi laju kerusakannya, tersaji pada Tabel 7.

Tabel 7. Perhitungan Reliabilitas dan Laju Kerusakan Mesin *Uncoiler*

Ti	B	θ (menit)	R(t)	h(t)	f(t)	F(t)
50			0,926	1,084,E-03	1,004,E-03	0,074
115			0,604	7,224,E-04	3,133,E-05	0,396
120			0,604	7,075,E-04	3,183,E-05	0,396
180			0,605	5,807,E-04	3,673,E-05	0,395
180	0,513	7458,968	0,605	5,807,E-04	3,673,E-05	0,395
255			0,607	4,901,E-04	4,123,E-05	0,393
300			0,608	4,528,E-04	4,341,E-05	0,392
325			0,609	4,355,E-04	4,451,E-05	0,391
366			0,610	4,110,E-04	4,617,E-05	0,390
380			0,610	4,036,E-04	4,670,E-05	0,390

3.7 Perhitungan MTBF (Mean Time Between Failure)

Mean time between failure adalah rata-rata waktu antar kerusakan dari mesin. Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui nilai MTBF dari setiap mesin.

Berikut ini adalah contoh perhitungan MTBF untuk mesin *uncoiler* :

$$\begin{aligned} \text{MTBF} &= \theta \Gamma(x) \\ X &= 1 + \frac{1}{\beta} \\ &= 1 + \frac{1}{0,513} = 2,949 \\ \text{MTBF} &= \theta \Gamma(2,949) \end{aligned}$$

Nilai fungsi gamma $\Gamma(x)$ dengan $x = 2,949$ dapat diketahui nilainya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \Gamma(2,949) &= 1,910 \\ \text{MTBF} &= \theta \Gamma(x) \\ &= 7458,968 \times 1,910 \\ &= 14.246 \text{ menit} \end{aligned}$$

Tabel 8. Rekapitulasi MTBF Mesin dengan Distribusi

Mesin	Nilai MTBF	
	Menit	Hari
<i>Looper</i>	42.832	30
<i>Pinch roll</i>	220.813	154
<i>Shear back pinch roll</i>	203.176	142
<i>Trimmer</i>	22.531	16
<i>Uncoiler</i>	14.246	10
<i>Welder</i>	13.116	10
<i>Stand#1</i>	4.981	4
<i>Stand#2</i>	15.098	11
<i>Stand#3</i>	16.490	12
<i>Stand#4</i>	13.861	10
<i>Stand#5</i>	2.720	2
<i>Recoiler</i>	5.605	4
<i>Flying shear</i>	40.045	28

3.8 Reliabilitas Mesin pada Unit Produksi CTCM Kondisi Eksisting

Setelah didapatkan nilai MTBF pada setiap mesin, berikutnya dihitung nilai reliabilitas mesin, tersaji pada Tabel 9.

Tabel 9. Perhitungan Reliabilitas Mesin dengan Distribusi

Mesin	Downtime		R(MTBF)	% R(MTBF)
	Menit	Hari		
<i>Looper</i>	42.832	30	0,2503	25,03
<i>Pinch roll</i>	220.813	154	0,1760	17,60
<i>Shear back pinch roll</i>	203.176	142	0,1943	19,43
<i>Trimmer</i>	22.531	16	0,2780	27,80
<i>Uncoiler</i>	14.246	10	0,2482	24,82
<i>Welder</i>	13.116	10	0,3091	30,91
<i>Stand#1</i>	4.981	4	0,3175	31,75
<i>Stand#2</i>	15.098	11	0,3131	31,31
<i>Stand#3</i>	16.490	12	0,3030	30,30
<i>Stand#4</i>	13.861	10	0,2930	29,30
<i>Stand#5</i>	2.720	2	0,3155	31,55
<i>Recoiler</i>	5.605	4	0,2976	29,76
<i>Flying shear</i>	40.045	28	0,6011	60,11

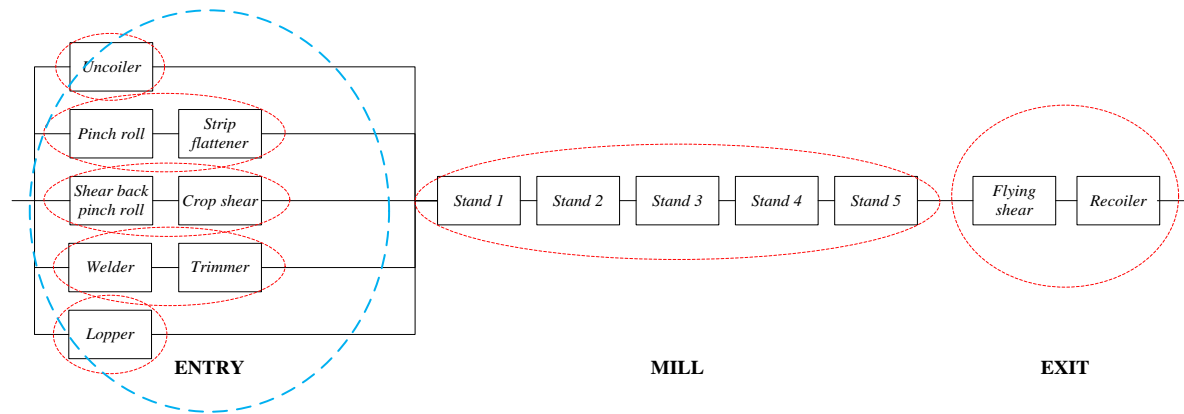
3.9 Reliability Block Diagram

Reliability block diagram digunakan untuk mengetahui kehandalan sistem dengan mengacu kepada jaringan kehandalan unit produksi CTCM (Larasati, 2017).

R.total (Rt)

$$\begin{aligned}
 R_t &= R_{p1} \times R_{s4} \times R_{s5} \\
 &= 71,58 \% \times 60,28\% \times 77,89\% \\
 &= 33,61\%
 \end{aligned}$$

Artinya rata-rata peluang unit produksi CTCM untuk dapat beroperasi sebesar 33,61% pada eksisting.



Gambar 4. Block Diagram Unit Produksi CTCM

Rata-rata peluang unit produksi CTCM untuk dapat beroperasi sebesar 33,61% pada kondisi nyata. Hal tersebut disebabkan karena mesin yang ada sudah terlalu tua dengan umur pakai lebih dari 40 tahun. Pada periode bulan Januari hingga Oktober unit produksi CTCM mampu memproduksi sebanyak 501.172 ton dari kapasitas produksi 650.000 ton/tahun. Setiap mesin memiliki frekuensi kerusakan yang berbeda-beda. Sehingga waktu usulan perawatan untuk mesin dihitung berdasarkan jumlah produksi yang dihasilkan per kerusakan yang dibandingkan dengan kapasitas produksi dari perusahaan per satuan menit sehingga didapat waktu perawatan yang sesuai dengan kemampuan kinerja setiap mesin.

Berikut ini adalah perhitungan *preventive maintenance* setiap mesin di unit produksi CTCM, tersaji pada Tabel 10.

Tabel 10. Perhitungan *Preventive Maintenance*

Mesin	Frekuensi Kerusakan	Jumlah Produksi (ton)	Produksi (ton) /kerusakan	Kapasitas Produksi (ton)/menit	<i>Preventive Maintenance</i> (menit)
<i>Crop shear</i>	2		250586,00		19985,20
<i>Looper</i>	13		38551,69		3074,65
<i>Pinch roll</i>	6		83528,67		6661,73
<i>Shear back pinch roll</i>	5		100234,40		7994,08
<i>Strip flattener</i>	2		250586,00		19985,20
<i>Trimmer</i>	12		41764,33		3330,87
<i>Uncoiler</i>	32	501172	15661,63	12,54	1249,07
<i>Welder</i>	36		13921,44		1110,29
<i>Stand#1</i>	82		6111,85		487,44
<i>Stand#2</i>	55		9112,22		726,73
<i>Stand#3</i>	34		14740,35		1175,60
<i>Stand#4</i>	43		11655,16		929,54
<i>Stand#5</i>	140		3579,80		285,50
<i>Recoiler</i>	78		6425,28		512,44
<i>Flying shear</i>	3		167057,33		13323,46

Tabel 11. Perhitungan Reliabilitas Mesin Usulan

Mesin	β	Θ	μ	σ	Λ	R (<i>Preventive Maintenance</i>)	% Kehandalan
<i>Crop shear</i>					3,835E-06	0,9262	92,62
<i>Looper</i>	0,519	22850,961				0,7023	70,23
<i>Pinch roll</i>	0,357	47009,382				0,6079	60,79
<i>Shear back pinch roll</i>							63,04
<i>Strip flattener</i>	0,392	57604,040				0,6304	
<i>Trimmer</i>	0,598	14910,225			1,445E-06	0,9715	97,15
						0,6649	66,49

<i>Uncoiler</i>	0,513	7458,968		0,6704	67,04	
<i>Welder</i>	0,706	10447,718		0,8144	81,44	
<i>Stand#1</i>	0,740	4136,809		0,8143	81,43	
<i>Stand#2</i>	0,722	12276,830		0,8783	87,83	
<i>Stand#3</i>	0,683	12717,570		0,8215	82,15	
<i>Stand#4</i>	0,647	10097,539		0,8077	80,77	
<i>Stand#5</i>	0,732	2237,175		0,8012	80,12	
<i>Recoiler</i>	0,663	4194,740		0,7805	78,05	
<i>Flying shear</i>			40045	31889,466	0,7192	71,92

Dari perhitungan tersebut didapatkan bahwa nilai *preventive maintenance* pada mesin *uncoiler* adalah 19.985,2 menit, nilai reliabilitas mesin *uncoiler* adalah 0,6704 dan persentase kehandalan sebesar 67,04%. Berdasarkan *preventive maintenance*, rata-rata peluang unit produksi CTCM untuk dapat beroperasi sebesar 21,18% dengan kondisi penerapan periode perawatan usulan.

3.10 Availability

Perhitungan *availability* ini dilakukan untuk menggambarkan pemanfaatan waktu yang tersedia untuk kegiatan operasi mesin (Betrianis dkk, 2005). Perhitungan *availability* awal (*corrective*) dan *availability* usulan (*preventive*) dilakukan untuk mengetahui apakah penerapan *preventive maintenance* mengurangi *availability* mesin saat beroperasi.

Diketahui *loading time* adalah (304 x 24 x 60 menit = 437760 menit), berikut perhitungan *availability* setiap mesin pada unit produksi CTCM, tersaji pada Tabel 12.

Tabel 12. Rekapitulasi *Availability* Mesin

Mesin	<i>availability time</i> (%)	
	<i>corrective</i>	<i>preventive</i>
<i>Crop shear</i>	78,13	95,43
<i>Looper</i>	90,22	99,30
<i>Pinch roll</i>	49,56	98,48
<i>Shear back pinch roll</i>	53,59	98,17
<i>Strip flattener</i>	61,85	95,43
<i>Trimmer</i>	94,85	99,24
<i>Uncoiler</i>	96,75	99,71
<i>Welder</i>	97,00	99,75
<i>Stand#1</i>	98,86	99,89
<i>Stand#2</i>	96,55	99,83
<i>Stand#3</i>	96,23	99,73
<i>Stand#4</i>	96,83	99,79
<i>Stand#5</i>	99,38	99,93
<i>Recoiler</i>	98,72	99,88
<i>Flying shear</i>	90,85	96,96

4. Simpulan

Berdasarkan hasil perhitungan semakin kecil nilai MTBF dari suatu mesin, frekuensi kerusakan semakin banyak pada mesin tersebut. Semakin besar nilai reliabilitas mesin semakin besar nilai availabilitasnya. Semakin banyak frekuensi kerusakan yang dialami mesin maka diperlukan perawatan mesin yang rutin. Nilai reliabilitas setiap mesin yang meningkat mempengaruhi persentase reliabilitas sistem. Dibandingkan dengan *corrective maintenance*, jadwal *preventive maintenance* yang diusulkan meningkatkan nilai availabilitas mesin sebesar 21.18%.

Daftar Pustaka

Betrianis dan Robby Suhendra. 2005. Pengukuran Nilai *Overall Equipment Effectiveness* Sebagai Dasar Usaha Perbaikan Proses Manufaktur Pada Lini Produksi. *Jurnal Teknik Industri Vol 7 No 2*.

- Ebeling, C.E. 1997. *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. New York : The McGraw.
- Kudin, A. W. 2012. *Analisa Penjadwalan Maintenance Komponen Listrik Pada Unit Stand 3 PT. XYZ Dengan Reliability Block Diagram*. (Skripsi). Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Kulsum, Febianti, E. dan Supriatna, H.I . 2018. *Usulan Waktu Preventive Maintenance Untuk Menurunkan Downtime Mesin Paper Mill 1 dengan Reliability Block Diagram*. Prodising Seminar Nasioanl Sains dan Teknologi. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Larasati, S. 2017. *Usulan Waktu Preventive Maintenance Untuk Menurunkan Downtime Mesin Crane 0746 Dengan Reliability Block Diagram di PT XYZ*. (Skripsi). Jurusan Teknik Industri Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
- Nuhman. 2016. *Usulan Penentuan Kebutuhan Spare Parts Mesin Compressor Berdasarkan Reliability*. (Skripsi). Jurusan Teknik Industri Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Priyanta, Dwi. 2000. *Keandalan dan Perawatan*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Saputro, D. S. 2013. *Usulan Penjadwalan Perawatan Dengan Mempertimbangkan Reliability Blok Diagram Pada Mesin SPM 2000 PT Z*. (Skripsi). Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa