

USULAN PERENCANAAN PERAWATAN MESIN *ROUGHING STAND* DENGAN PENDEKATAN *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM)*

Evi Febianti^{1*}, Putro Ferro Ferdinant², Mushofik³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jl. Jend. Sudirman KM. 03 Cilegon, Banten 42435

*Email: evifebianti@yahoo.com

Abstrak

PT. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak dibidang manufaktur dengan hasil produksi yaitu baja profil dan baja tulangan. Saat ini proses produksi perusahaan berlangsung secara terus-menerus. Salah satu mesin yang digunakan adalah Mesin Roughing Stand dengan mesin yang memiliki waktu downtime terbesar. Tujuan penelitian ini menentukan komponen kritis, menentukan faktor kegagalan mesin dengan metode FMEA, menentukan kebijakan perawatan mesin dengan metode RCM, menentukan pola distribusi komponen mesin Roughing Stand, menentukan nilai reliability mesin Roughing Stand, menentukan interval waktu perawatan guna meningkatkan kehandalan 85%. Data yang diperoleh diolah menggunakan Metode FMEA, RCM (Reliability Centered Maintenance), RBD (Reliability Block Diagram), lalu disimulasikan pada kalender tahun 2017. Hasil penelitian ini menunjukkan komponen kritis berdasarkan downtime terbesar adalah komponen Spindel dengan waktu 11,5 jam. Faktor penyebab kegagalan diperoleh dari metode FMEA, dan kebijakan yang diambil berdasarkan Pemilihan Tindakan. Reliability Nillon sebesar 29,03%, reliability Selang Air sebesar 40,90%, reliability komponen Collar sebesar 36,79%, reliability Spindel sebesar 36,79%, dan reliability Tektollite sebesar 33,19%. Nilai RBD eksisting mesin Roughing Stand sebesar 41,67%. Diusulkan jadwal Preventive maintenance untuk meningkatkan reliability 85%, sehingga komponen Nillon 48,84% dengan usulan 60 hari, komponen Selang Air 83,25% dengan usulan 20 hari, komponen Collar 52,78% dengan usulan 60 hari, komponen Spindel 65,17% dengan usulan 60 hari, dan komponen Tektollite 33,75% dengan usulan 35 hari.

Kata kunci: Downtime, FMEA, Preventive Maintenance, RBD, RCM

1. PENDAHULUAN

Kegiatan perawatan mempunyai peranan yang sangat penting dalam mendukung beroperasinya suatu sistem secara lancar sesuai yang dikehendaki. Selain itu, kegiatan perawatan juga dapat meminimalkan biaya atau kerugian-kerugian yang ditimbulkan akibat adanya kerusakan mesin. PT. XYZ merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dibidang *manufacture* yaitu pengolahan baja tulangan dan baja profil yang terkadang dalam proses produksinya mengalami hambatan berupa permasalahan *breakdown* mesin yang tinggi. Berdasarkan data dilapangan pada bagian *maintenance*, kerusakan mesin yang sering terjadi ketika beroperasi pada tahun 2014, didapatkan mesin yang mengalami waktu *downtime* tertinggi yaitu terjadi pada mesin *Roughing Stand*.

Penelitian ini mengusulkan sistem perawatan mesin dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance I (RCM I)*. RCM merupakan landasan dasar untuk perawatan fisik dan suatu teknik yang dipakai untuk mengembangkan perawatan pencegahan (*preventive maintenance*) yang terjadwal (Ben-Daya, 2000) dalam Asisco, H (2012). Metode RCM diharapkan dapat menetapkan *schedule maintenance* dan dapat mengetahui secara pasti tindakan kegiatan perawatan (*maintenance task*) yang tepat yang harus dilakukan pada setiap komponen mesin.

Adapun tujuannya adalah menentukan komponen kritis pada mesin *Roughing Stand*, mengetahui faktor-faktor kegagalan mesin *Roughing Stand* dengan metode FMEA, menentukan Rekomendasi jenis tindakan/aktivitas perawatan (*maintenance task*) yang dilakukan, mengetahui pola distribusi kerusakan dari setiap komponen mesin *Roughing Stand*, mengetahui nilai Reliability dari mesin *Roughing Stand*, serta menentukan interval waktu penggantian untuk komponen kritis yang sering mengalami kerusakan

2. METODE PENELITIAN

Sumber data yang digunakan pada penelitian harus sesuai pada keadaan sebenarnya, data yang diolah terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang diperoleh langsung dari objek penelitian seperti wawancara langsung kepada pihak maintenance PT. XYZ. Sedangkan data sekunder adalah data yang didapatkan dari dokumen-dokumen dan laporan perusahaan. Pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data kerusakan yang diperoleh dari laporan pihak maintenance selama tahun 2014 dan data hasil wawancara kepada pihak maintenance.

Langkah pertama yang dilakukan adalah menentukan komponen kritis dari mesin *Roughing Stand* dengan mengambil 80% penyebab *downtime* tertinggi. Setelah menentukan komponen kritis, langkah selanjutnya adalah menganalisis *Reliability Centered Maintenance* yang meliputi Pemilihan sistem, Deskripsi Sistem, Menentukan fungsi dan kegagalan fungsi, kemudian menganalisis FMEA (*Failure Mode and Effect Analisis*), dan menentukan pemilihan tindakan yang akan dilakukan.

Setelah menganalisis *Reliability Centered Maintenance* (RCM), maka langkah selanjutnya adalah menghitung waktu kerusakan yang meliputi TBF (*Time Between Failure*), TTF (*Time to Failure*) dan TTR (*Time to Repaire*) dan penentuan distribusi kerusakan dengan perhitungan *least curve fitting*, yaitu membandingkan nilai *indeks of fit* untuk masing-masing komponen dan memilih nilai *indeks of fit* terbesar. Berikut ini merupakan persamaan untuk mencari nilai *indeks of fit* :

$$\frac{n\sum xiyi - (\sum xi)(\sum yi)}{\sqrt{\{(n\sum xi^2) - (\sum xi)^2\}\{(n\sum yi^2) - (\sum yi)^2\}}} \quad (1)$$

Setelah dilakukan perhitungan *index of fit* langkah selanjutnya yaitu pengujian hipotesa guna meyakinkan bahwa distribusi yang terpilih tepat mewakili pola kerusakan eksisting dengan menggunakan uji *kolmogrov smirnov* test untuk pola distribusi normal, *man'n* test untuk distribusi *weibull* dan *barlett* test untuk distribusi eksponensial.

Setelah diketahui pola distribusi kerusakan pada masing-masing komponen maka langkah selanjutnya adalah menghitung parameter-parameter yang diperlukan untuk masing masing distribusi. Selanjutnya dihitung rata-rata waktu antar kerusakan MTBF komponen *repairable* dan MTTF komponen *nonrepairable* dengan persamaan sebagai berikut :

Distribusi normal:

$$MTBF = \mu t \quad (2)$$

Distribusi eksponensial:

$$MTBF = \frac{1}{\lambda} \quad (3)$$

Distribusi *weibull*:

$$MTBF = \theta \Gamma(1/\beta + 1) \quad (4)$$

Setelah didapatkan nilai rata-rata waktu kerusakan maka dapat dihitung rata-rata *reliability* dengan memasukkan nilai MTBF sebagai t kedalam persamaan sebagai berikut :

Distribusi normal:

$$R(t) = 1 - \phi\left(\frac{t - \mu}{\sigma}\right) \quad (5)$$

Distribusi eksponensial:

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (6)$$

Distribusi *weibull*:

$$R(t) = e^{\left[-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta\right]} \quad (7)$$

Kemudian untuk mengetahui nilai *reliability* masing-masing komponen maka dihitung *reliability system* sesuai dengan rangkaian komponen.

Dari hasil Nilai *reliability system* nyata dapat dirancang suatu sistem perawatan usulan dengan menjaga nilai *reliability system* pada kondisi 85% handal, dengan merubah nilai *t* atau periode perawatan usulan menggunakan pendekatan *trial and error*.

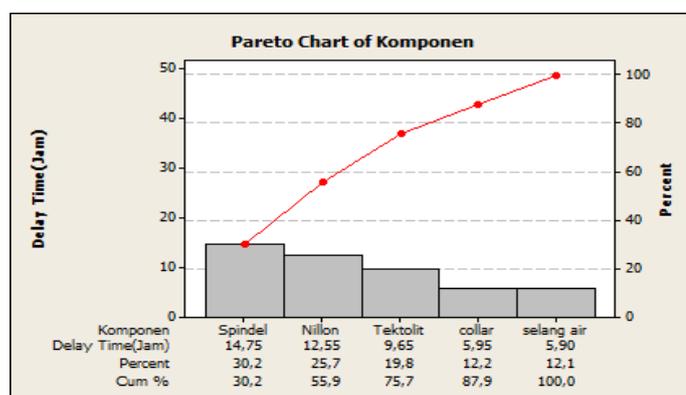
Setelah didapatkan usulan periode perawatan maka perlu dibuat simulasi kejadian kerusakan dengan waktu kerusakan yang dibangkitkan oleh bilangan random yang di transformasi kedalam satuan waktu menggunakan simulasi *monte carlo*. Dengan membandingkan nilai *availability* dari dua kondisi yaitu kondisi pertama *corrective maintenance* dan kondisi kedua *preventive maintenance* dengan periode perawatan yang telah diusulkan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Langkah pertama yang dilakukan adalah penentuan komponen *critical* dari mesin *Roughing Stand* sebagai berikut :

Tabel 1. Penentuan Komponen Kritis mesin *Roughing Stand*

Komponen	Downtime	
	Downtime(Menit)	(Jam)
Nillon	753	12,55
selang air	354	5,9
Collar	357	5,95
Spindel	885	14,75
Tektolit	579	9,65
	2928	48,80



Gambar 1. Diagram Pareto Komponen Mesin *Roughing Stand*

Sehingga diketahui bahwa komponen *critical* pada mesin *Roughing stand* adalah Spindel, Nillon, Tektollite, Copllar dan selang air.

Analisis RCM

a. Pemilihan Sistem

Dalam penelitian ini, sistem yang akan dipilih adalah sistem yang memiliki banyak terjadinya waktu *downtime* diantara sistem yang yang lainnya, sehingga penelitian akan fokus hanya pada satu sistem. Berikut ini merupakan sistem yang dipilih dalam melakukan penelitian.

Tabel 2. Data kerusakan Mesin Produksi Baja Tulangan

No	Mesin	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGST	SEPT	OKT	NOV	DES	TOTAL (Menit)
1	Rack Transf. Billet						60			10				70
2	Roll Table APP	20		120							5			145
3	PUSHER HYD								175				430	605
4	Furnace BM	10		45			120	100	35	50			35	415
5	Blower Furnace						410					120		530
6	Ejector Furnace Pinch Roll Pull Out		440											440
7											30			30
8	Stand I-III		10	240			200	60		175	200			885
9	Roughing Stand	90	171	609			84	996	30	180	606	62		2928
10	Flying Shear 1 Down Looping Pulp		110						15	80	55	75	60	395
11	Intermediet Stand 8-9		90				20							110
12	Intermediet Stand 10-11	20	15			OFF				50				85
13	Intermediet Stand 12				100		5	185	150	40		50	130	660
14	Intermediet Stand 13													0
15	Intermediet Stand 14													0
16	Intermediet Stand 15			35						50				85
17								250				80		330
18	Pinch Roll P3 II	80	310	45			200	90	170			75	170	1140
19	Flying Shear 2	50	130	155			145	110	130		85	225		1030
20	Roll Table Run In			105			35				35	75		250
21	Lifting Valve	45	70	60			60	110		75	90	615		1125
22	Rack Cooling Bed Transfer Device CB		15				85	160	10	30	60		5	375
23				35							220			255
24	Run Out Table		30											30

b. Deskripsi Sistem

Roughing Stand merupakan stasiun pengerolan baja yang keluar dari pelunakan baja (*Furnace*) yang telah dipanaskan dengan temperatur tertentu, bar billet mengalami 1 kali reduksi, untuk *Stand* ini merupakan *rolling* tahap 1. Setelah mengalami pengerollan kemudian melewati *flying shear* I yaitu pemotongan billet tahap 1 setelah mengalami reduksi untuk memotong bagian kepala billet agar memudahkan billet masuk ke *pass/stand* berikutnya. Menentukan Fungsi dan Kegagalan Fungsi Setiap Komponen

Fungsi dan kegagalan fungsi subsistem pada stasiun Pengerolan dengan menggunakan mesin *Roughing Stand* tersaji pada Tabel 3.

Tabel 3. Fungsi dan Kegagalan Fungsi Mesin *Roughing Stand*

No Fungsi	No Kegagalan Fungsi	Uraian Fungsi atau Kegagalan Fungsi
1	Nilion	
1.1		Memutar spindel
	1.1.1	Nilion Rontok
	1.1.2	Tidak bisa melakukan pengerolan
2	Selang Air	
2.1		Sebagai pendingin untuk komponen nilion, spindel, collar, dan tektolite agar tidak cepat aus
	2.1.1	selang air bocor
	2.1.2	Air tumpah berantakan dan tidak tertuju pada komponen yang diinginkan
3	Collar	
3.1		Sebagai bantalan roll
	3.1.1	Collar menjadi Aus
	3.1.2	Roll bisa patah
4	Spindel	
4.1		Sebagai gir untuk memutar mesin <i>roughing stand</i>
	4.1.1	Spindel Pecah
	4.1.2	Tidak bisa melakukan pengerolan
5	Tektolite	
5.1		Sebagai bantalan roll
	5.1.1	Tektolite Aus
	5.1.2	Roll bisa patah

d. Menganalisis *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA) Tiap Komponen

Setelah mendapatkan komponen kritis Mesin *Roughing Stand* maka dibuatlah analisis FMEA dari masing – masing komponen tersebut untuk mendapatkan nilai RPN. Dengan faktor pengalinya yaitu *Severity*, *Occurence*, dan *Detection* dan tersaji pada Tabel 4.

Tabel 4. FMEA Pada Komponen Mesin *Roughing Stand*

No	Komponen	Functional Failure	Failure effect	Cause of Failure	S	O	D	RPN	Total
1	Nilon	Nilon rontok	Tidak bisa melakukan pengerolan	Dimensi nilon yang tidak sesuai dengan ukuran	8	6	5	240	240
2	Selang air	Selang air bocor	Air tumpah kemana-mana dan tidak tertuju pada komponen yang harus didinginkan dengan air	Karena suhu yang tinggi dan terkena sentuhan baja panas	3	7	2	42	42
3	Collar	Aus	Menyebabkan roll bisa patah	Kurangnya pendingin	3	3	6	54	54
4	Spindel	Patah	Tidak bisa melakukan pengerolan	Dudukan spindel yang longgar dan tidak padat	8	7	5	280	280
5	Tektolite	Aus	Mmenyebabkan roll bisa patah	Kurangnya pendingin	4	5	4	80	80

e. Pemilihan Tindakan

Di dalam tahapan pemilihan tindakan akan ditentukan tindakan yang tepat untuk mode kerusakan tertentu. Jika tugas pencegahan secara teknis tidak menguntungkan untuk dilakukan, tindakan standar yang harus dilakukan bergantung pada konsekuensi kegagalan yang terjadi. Beberapa kategori tindakan pencegahan tersebut antara lain:

- *Condition Directed* (C.D) adalah tindakan yang bertujuan untuk mendeteksi. Apabila ada pendeteksian ditemukan gejala-gejala kerusakan, maka dilanjutkan dengan perbaikan atau penggantian komponen.
- *Time Directed* (T.D) adalah tindakan yang lebih berfokus pada aktivitas pembersihan secara berkala.
- *Finding Failure* (F.F) adalah tindakan dengan tujuan untuk menemukan kerusakan peralatan yang tersembunyi dengan pemeriksaan berkala.

Pada Tabel 5. berikut ini dapat dilihat rekomendasi tindakan yang dihasilkan dengan pendekatan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) sebagai perencanaan tindakan terhadap masing-masing komponen.

Tabel 5. Pemilihan Tindakan

No	Kategori	Komponen	Presentase
1	<i>Condition Directed</i>	5	100%
2	<i>Failure Finding</i>	0	-
3	<i>Run To Failure</i>	0	-
	Total	5	100%

Adapun rencana perawatan pada kategori CD (*Condition Directed*) dari komponen-komponen kritis diatas dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 6. Tindakan CD (*Condition Directed*)

No	Komponen	Tindakan CD(<i>Condition Directed</i>)
1	Nilon	Pemeriksaan komponen dan penggantian nilon agar terhindar dari nilon yang rontok
2	selang air	pemeriksaan selang air dan dan penggantian selang air agar terhindar dari kebocoran
3	Collar	Pemeriksaan Collar dan penggantian Collar agar terhindar dari collar yang aus yang dapat menyebabkan roll patah
4	Spindel	Pemeriksaan Spindel dan penggantian spindel agar terhindar dari spindel yang pecah yang dapat menyebabkan mesin terhenti
5	Tektolite	Pemeriksaan tektolite dan penggantian tektolite agar terhindar dari Tektolite yang aus yang dapat menyebabkan roll patah

Untuk mengetahui keandalan suatu sistem, terlebih dahulu perlu diketahui keandalan komponen-komponen pembentuk sistem, keandalan suatu komponen harus disesuaikan dengan pola kerusakan yang dialami berdasarkan kejadian kerusakan di masa lalu, dengan menggunakan *least curve fitting* dapat ditentukan pola distribusi kerusakan atas pemilihan nilai *index of fit* terbesar. hasil pemilihan *index of fit* perlu diuji hipotesa terlebih dahulu menggunakan kologorov-smirnov test untuk distribusi normal, barlett test untuk distribusi eksponensial, dan mann's test untuk pengujian pola kerusakan berdistribusi *Weibull*.

Berikut ini adalah hasil keputusan setelah pengujian distribusi:

Tabel 7. Hasil Perhitungan Least Curve Fitting dan Uji Goodness of Fit

No	Komponen	Asumsi		Hasil	Asumsi		Keputusan
		Distribusi Awal	Distribusi Selanjutnya		Hails		
1	Nillon	Weibull		Diterima	-	-	Weibull
2	Selang Air	Eksponensial		Ditolak	Weibull	Diterima	Weibull
3	Collar	Eksponensial		Diterima	-	-	Eksponensial
4	Spindel	Eksponensial		Ditolak			Eksponensial
5	Tektolit	Eksponensial		Ditolak	Weibull	Diterima	Weibull

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. Dengan β & θ sebagai parameter untuk distribusi *Weibull*, λ sebagai parameter distribusi eksponensial, serta μ dan σ untuk disrtibusi normal. Sehingga didapatkan parameter untuk masing masing komponen sebagai berikut :

Tabel 8. Hasil Perhitungan Parameter distribusi

No	Komponen	Distribusi	Parameter		
			θ (Meint)	β	λ
1	Nillon	Weibull	142.934,9892	0,662061338	-
2	Selang Air	Weibull	102.211,0952	1,339549327	
3	Collar	Eksponensial	-	-	7,39594E-06
4	Spindel	Eksponensial			4,95527E-06
5	Tektolite	Weibull	45.319,006	0,77881814	-

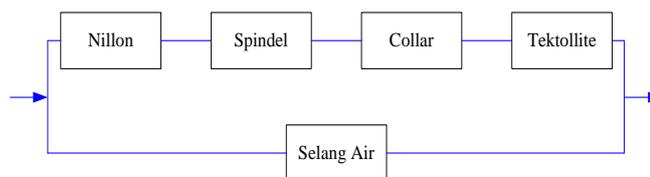
Setelah diketahui parameter distribusi maka dapat diketahui rata-rata waktu kerusakan setiap komponen. Dengan ini maka dapat dihitung nilai *reliability* komponen *Roughing Stand*.

Dengan t adalah rata rata waktu kerusakan maka didapatkan hasil perhitungan *reliability* komponen sebagai berikut :

Tabel 9. Hasil Perhitungan KeandalanKomponen

No	Komponen	Waktu kerusakan		% Keandalan
		Hari	Menit	
1	Nillon	136,84	197050,70	29,03%
2	Selang Air	65,29	94017,19	40,90%
3	Collar	93,90	135209,38	36,79%
4	Spindel	140,14	201805,43	36,79%
5	Tektolite	35,69	51398,26	33,19%

Hasil dari perhitungan sistem keandalan nyata dengan mempertimbangkan hubungan antar komponen seri dan paralel yang dapat dilihat pada Gambar. 2 *Block Diagram* maka didapatkan bahwa keandalan sistem dari mesin *Roughing Stand* adalah sebesar 41,67%. Sehingga diperlukan penjadwalan perawatan usulan yang mampu meningkatkan nilai keandalan mesin hingga 85% andal dengan cara mendesain ulang periode perawatan usulan dengan pendekatan *trial and error* pada perhitungan *reliability system* sehingga didapatkan rancang waktu antar perawatan setiap komponen yang dapat menjaga rata-rata keandalan sistem pada kondisi 85% handal.



Gambar 2. Block Diagram mesin Roughing Stand

Sistem keandalan dapat dihitung dengan mengacu kepada *block diagram* mesin *Roughing Stand* seperti pada Gambar 2. Dengan meningkatkan nilai keandalan komponen maka sistem keandalan akan meningkat, didapatkan rata-rata sistem keandalan dengan menerapkan rata-rata waktu antar perbaikan yang diusulkan dapat meningkat hingga 84,7% handal.

Untuk memastikan bahwa jadwal perawatan yang diusulkan tidak mengurangi *availability* dari sistem nyatanya maka perlu dilakukan simulasi kerusakan komponen. Dengan kejadian kerusakan yang dibangkitkan menggunakan bilangan random (simulasi *Monte Carlo*) sebagai keandalan komponen yang kemudian ditransformasi kedalam satuan waktu menggunakan fungsi invers dari persamaan keandalan sesuai dengan distribusi masing-masing komponen. Lalu dibuatlah simulasi kejadian kerusakan selama tahun 2017.

Tabel 10. Usulan Rata-Rata Waktu Antar Perbaikan

No	Komponen	Waktu kerusakan		% Keandalan
		Hari	Menit	
1	<i>Nillon</i>	60,00	86400,00	48,84%
2	<i>Selang Air</i>	20,00	28800,00	83,25%
3	<i>Collar</i>	60,00	86400,00	52,78%
4	<i>Spindel</i>	60,00	86400,00	65,17%
5	<i>Tektollite</i>	35,00	50400,00	33,75%

Model simulasi eksisting menggunakan kondisi perbaikan korektif sebagaimana keadaan nyatanya, validasi model eksisting menggunakan perbandingan *reliability* sistem model eksisting dengan kenyataan. *Reliability* sistem model eksisting didapatkan sebesar 41,49%. Ini menunjukkan bahwa keandalan sistem model eksisting tidak jauh berbeda dengan keandalan sistem nyata sebesar 41,67%, sehingga dapat dikatakan bahwa model simulasi eksisting dapat mewakili kondisi nyata. Simulasi model eksisting memiliki total *downtime* sebesar 4.250 menit dalam satu tahun dengan *availability* sebesar 99,19%. Sedangkan simulasi model usulan memiliki total *downtime* selama 2.765 menit dengan *availability* mencapai 99,47%.

4. KESIMPULAN

Adapun kesimpulannya adalah sebagai berikut :

1. Komponen Kritis pada mesin *Roughing Stand* yaitu komponen Nillon, komponen Selang Air, komponen Collar, komponen Spindel, dan komponen Tektollite.
2. Faktor kegagalan mesin *Roughing Stand* yaitu Nillon rontok, Selang Air yang bocor, Collar yang aus, Spindel yang patah, dan Tektollite yang aus.
3. Rekomendasi tindakan untuk mesin *Roughing Stand* adalah dengan *Condition Directed* yang bertujuan untuk mendeteksi yang dilanjutkan dengan perbaikan atau penggantian komponen.
4. Pola Distribusi pada mesin *Roughing Stand* yaitu komponen Nillon berdistribusi Weibull, komponen Selang Air berdistribusi Weibull, komponen Collar berdistribusi Eksponensial, komponen Spindel Eksponensial, dan komponen Tektollite berdistribusi Weibull.
5. *Reliability* yang dimiliki mesin *Roughing Stand* sebesar 41,67%
6. Interval waktu *preventive maintenance* untuk mempertahankan keandalan mesin *Roughing Stand* sebesar 85% yaitu komponen Nillon setiap 60 hari, komponen Selang Air setiap 20 hari, komponen Collar setiap 60 hari, komponen Spindel setiap 60 hari, dan komponen Tektollite setiap 35 hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Asisco, Hendro. 2012. *Usulan Perencanaan Perawatan Mesin Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Di PT. Perkebunan NusantaraVII (Persero) Unit Usaha Sungai Niru Kab.Muara Enim*. Skripsi. Program Studi Teknik Industri, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Islam Negeri (UIN) Sunan Kalijaga.Yogyakarta
- Dhillon, B.S. 2002. *Engineering Maintenance*. Boca Raton. Florida
- Ebeling, C. 1997. *An Introduction To Reliability And Maintability Engineering*. University of Dayton. Dayton.
- Jiwantoro, Auditya Yudha. 2014. *Usulan Strategi Perawatan Dengan Mempertimbangkan Reliability Block Diagram Pada Mesin Crane Ship Unloader Di PT. KBS*. Skripsi. Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Cilegon
- Meilani, Difana. 2008. *Analisis Reliability Centered Maintenance (RCM) dan Reliability Centered Spares (RCS) Pada Unit Rawmill Pabrik Indarung IV PT. Semen Padang*. Jurnal Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Andalas
- Nazarudin, Muhammad. 2014. *Analisa Penjadwalan Perawatan Pada Mesin Three Roll Bending PT. XYZ Dengan Realibility Block Diagram*. Skripsi. Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Cilegon
- Pranoto, Jeffrynardo. 2013. *Implementasi Studi Preventive Maintenance Fasilitas Produksi dengan Metode Realibility Centered Maintenace Pada PT. XYZ*. Jurnal Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara.
- Rohendi, Paramita. 2014. *Usulan Peningkatan Umur Pakai Komponen SPM(Spiral Machine Pipe) di PT. KHI Pipe Industries*. Skripsi. Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Cilegon