

## ANALISIS PERENCANAAN PERAWATAN SPINDLE MOULDER DENGAN METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) DI PT. ROMI VIOLETA

Muhammad Ardian Firmansyah<sup>1</sup>, Ahmad Syuhri<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37 Jember 68121

\*Email: [ahmad.syuhri@unej.ac.id](mailto:ahmad.syuhri@unej.ac.id)

### ABSTRACT

*In a furniture company, there are several production machines that are used and in the process are interconnected. The production machines used often experience downtime or machine failure. One of which is the spindle moulder machine, it is a cutting machine used to cut wood with various profiles as needed. Damage to this machine can cause the production process to stop, so that downtime will increase and the production target that has been set will be reduced. To maintain the working condition of the machine so that it can last a long time and run optimally, the initial step is in the form of scheduling maintenance. RCM is a strategy to optimize the company's asset maintenance program so that it can operate effectively. This research method uses quantitative analysis conducted on the spindle moulder machine and qualitative analysis includes FMEA and RCM II Decision Worksheet which will be used as references to identify component failures and determine appropriate maintenance actions. The research results, the availability value for the spindle bearing component is 99.72%, the motor component is 99.78%, and the v belt component is 99.77%, so the average availability value is 99.76%. The value of downtime after preventive maintenance using the RCM method on the spindle moulder machine is 43.54 hours with a decrease in machine downtime of 30.96 hours (41.55%).*

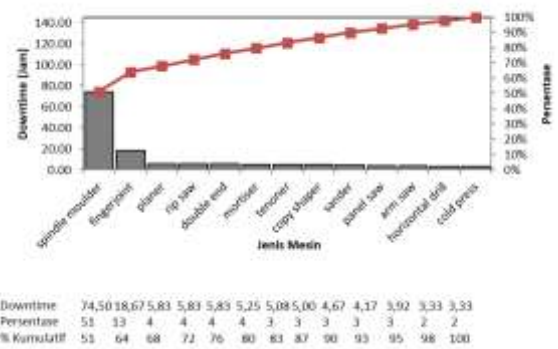
*Keywords: RCM, FMEA, Availability*

### PENDAHULUAN

Pertumbuhan industri di Indonesia dewasa ini maju sangat pesat, seiring dengan bertambahnya berbagai macam kebutuhan, salah satunya yaitu industri mebel. Industri mebel atau *furniture* merupakan industri yang mengolah bahan baku dari rotan, kayu, dan bahan baku lain menjadi produk *furniture* yang memiliki nilai tambah dan menjadi lebih tinggi manfaatnya dari sebelumnya.

PT. Romi Violeta adalah salah satu perusahaan *furniture* di Indonesia, yang memproduksi mebel atau *furniture* dalam ruangan dari kayu dan anyaman. Pada perusahaan ini terdapat beberapa mesin produksi yang digunakan dan dalam prosesnya saling berhubungan. Terdapat beberapa kendala yang mengakibatkan jalannya produksi menjadi terhambat, salah satunya adalah kerusakan atau kegagalan mesin.

*Spindle moulder* adalah mesin pemotong yang digunakan untuk memotong kayu dengan berbagai profil sesuai kebutuhan. Mesin *spindle moulder* ini adalah salah satu mesin utama yang digunakan pada produksi *furniture*. Berdasarkan data *downtime* mesin unit produksi pada Januari 2019 sampai Desember 2020 yang ditunjukkan pada Gambar 1, *spindle moulder* tercatat memiliki persentase *downtime* paling besar dibanding mesin-mesin yang lain yaitu sebesar 51% dan juga mengalami *downtime* paling lama yaitu sebesar 74,5 jam.



Gambar 1. Diagram *pareto downtime* mesin unit produksi tahun 2019 – 2020 (Sumber: PT. Romi Violeta)

Kerusakan pada mesin *spindle moulder* dapat menyebabkan terhentinya proses produksi, sehingga waktu *downtime* akan meningkat dan target produksi yang telah ditentukan akan berkurang. *Downtime* adalah waktu saat komponen tidak berfungsi dengan baik sehingga menyebabkan suatu sistem tidak berjalan [1].

Perawatan yang kurang tepat menyebabkan tingkat *downtime* yang tinggi pada komponen mesin. Maka dilakukan langkah awal berupa penjadwalan perawatan untuk mengoptimalkan mesin dan memastikan kemampuan kerja mesin supaya bisa bertahan lama. Untuk menciptakan produktivitas

perusahaan yang baik dibutuhkan suatu metode/strategi untuk menentukan *maintenance task* yang tepat.

RCM adalah strategi pemeliharaan untuk menetapkan tindakan agar suatu sistem dapat dipastikan bisa berfungsi seperti yang diinginkan oleh pengguna [2]. Penerapan metode RCM menguntungkan pengguna antara lain keselamatan dapat diutamakan, manajemen operasional meningkat, biaya perawatan mesin lebih rendah, usia komponen yang lebih lama, meningkatkan keandalan peralatan, menurunkan *downtime* mesin dan juga dapat meningkatkan *availability* mesin.

Syahrudin (2013) meneliti tentang analisis sistem perawatan mesin menggunakan metode *reliability centered maintenance* (RCM) sebagai dasar kebijakan perawatan yang optimal di PLTD "X", berhasil meningkatkan nilai *reliability* pada komponen kritis [3]. Taufik dan Septyani (2016) meneliti tentang penentuan interval waktu perawatan komponen kritis pada mesin turbin di PT. PLN (persero) sektor pembangkit Ombilin. Hasil dari penelitian tersebut yaitu nilai *availability* tiap komponen kritis melebihi 95% [4]. Ahmadi dan Hidayah (2017) meneliti tentang analisis pemeliharaan mesin *blowmould* dengan metode RCM di PT. CCAI. Penelitian tersebut berhasil menurunkan *downtime* dan meningkatkan *availability* komponen sebesar 1.56% [5].

Berdasarkan pendekatan dari beberapa peneliti di atas, RCM adalah salah satu metode yang tepat untuk perencanaan tindakan perawatan mesin. Demi kebijakan perawatan yang optimal, tidak semua mesin dianalisis pada penelitian ini. Oleh sebab itu, dipilih mesin dengan nilai persentase *downtime* yang paling besar dan dapat menghambat proses produksi, sehingga diprioritaskan untuk dilakukan perawatan. Berdasarkan alasan ini, mesin *spindle moulder* ditetapkan sebagai mesin kritis dengan persentase *downtime* sebesar 51% dan waktu *downtime* sebesar 74,5 jam. Penerapan RCM diharapkan mampu menurunkan nilai *downtime* serta meningkatkan *availability* dari mesin *spindle moulder* di departemen produksi PT. Romi Violeta.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah mesin *spindle moulder*, sedangkan bahan penelitian yang digunakan berupa foto dokumentasi mesin dan buku berisi catatan hasil wawancara dengan tim *maintenance*. Mesin *spindle moulder* ditunjukkan pada Gambar 2.

### Penentuan Komponen Kritis

Perhitungan penentuan komponen kritis berdasarkan data *downtime* mesin dengan frekuensi terbesar menggunakan diagram *Pareto*.



Gambar 2. Mesin *spindle moulder*

### Functional Block Diagram (FBD)

Berdasarkan data dan fungsi komponen, kemudian diuraikan secara rinci dan menyusun *Functional Block Diagram* (FBD) untuk menjelaskan alur dan fungsi tiap komponen.

### Fishbone Diagram (Diagram Sebab-Akibat)

Penyebab *downtime* mesin *spindle moulder* diidentifikasi menggunakan *fishbone diagram* berdasarkan hasil wawancara yang sudah dilakukan bersama operator mesin dan tim pemeliharaan.

### Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

FMEA dimaksudkan untuk mengidentifikasi penyebab terjadinya kerusakan serta efek yang timbul jika kerusakan terjadi [6]. Pada FMEA juga dihitung *Risk Priority Number* (RPN) untuk mengidentifikasi komponen mana yang paling beresiko terhadap kegagalan [7]. Semakin tinggi nilai RPNnya maka komponen tersebut memerlukan penanganan yang kritis.

### Penentuan Distribusi

Dari hasil analisis pada mesin *spindle moulder*, kemudian dilakukan perhitungan distribusi terhadap waktu antar kegagalan, waktu perbaikan, dan frekuensi kerusakan mesin menggunakan *excel*. Hasil dari perhitungan ini berupa nilai *r* atau *index of fit*, nilai tertinggi dari masing-masing distribusi tersebut diteruskan ke tahap perhitungan uji kecocokan

### Uji Kecocokan Distribusi (*Goodness of Fit*)

Uji kecocokan distribusi dimaksudkan untuk mengetahui nilai *r* atau *index of fit* distribusi yang telah ditentukan apakah sesuai untuk diaplikasikan pada komponen tersebut.

### Perhitungan Nilai MTTF dan MTTR

*Mean Time To Failure* (MTTF) adalah nilai rata-rata interval antar kerusakan, sedangkan *Mean Time To Repair* (MTTR) merupakan nilai rata-rata waktu perbaikan kerusakan. Perhitungan nilai MTTF dan MTTR dihitung dengan perangkat lunak *excel*. Pada perhitungan ini didapat nilai parameter tiap komponen yang kemudian dimasukkan pada rumus perhitungan pada masing-masing distribusi yang telah dilakukan uji kecocokan.

**Perhitungan Interval Waktu Pengecekan, Age of Replacement, dan Availability**

Sesudah diperoleh parameter MTTF dan MTTR, selanjutnya dihitung interval waktu pengecekan, *age of replacement* dan *availability* untuk menentukan waktu optimal penggantian dan tingkat ketersediaan tiap komponen kritis.

**Perhitungan Downtime Setelah Preventive Maintenance**

Perhitungan nilai *downtime* pada tiap komponen dilakukan agar dapat membandingkan penurunan *downtime* mesin *spindle moulder* sebelum dan setelah *preventive maintenance*.

**RCM II Decision Worksheet**

Penyusunan RCM II *Decision Worksheet* dilakukan untuk menetapkan *maintenance task* yang tepat berdasarkan analisis konsekuensi kegagalan. Pada RCM II *Decision Worksheet* juga ditambahkan interval waktu penggantian optimal serta rekomendasi cara pemeriksaan pada tiap komponen.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

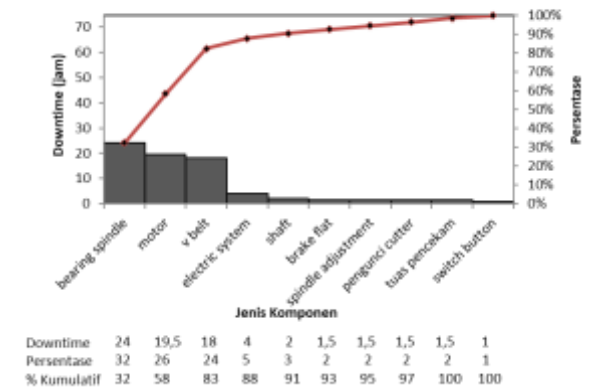
**Penentuan Komponen Kritis**

Pada penentuan komponen kritis mesin *spindle moulder* menggunakan diagram *Pareto* untuk menetapkan komponen mesin *spindle moulder* yang dijadikan fokus penelitian.

Diagram *Pareto* ini bertujuan untuk mengidentifikasi masalah terpenting yang mempengaruhi tindakan perbaikan kualitas [8]. Data kerusakan yang dipakai pada penelitian ini yaitu lebih dari 80% dari data keseluruhan *downtime* yang disebabkan oleh kerusakan komponen [9]. Dari lebih dari 80% data *downtime* tersebut bisa diidentifikasi komponen yang menjadi masalah utama mesin *spindle moulder*.

Pada Gambar 3 diketahui bahwa 83% sebab terjadinya *downtime* kerusakan mesin *spindle*

*moulder* yaitu komponen *bearing spindle*, motor, dan *v belt* yang merupakan komponen kritis dan akan dijadikan fokus penelitian.

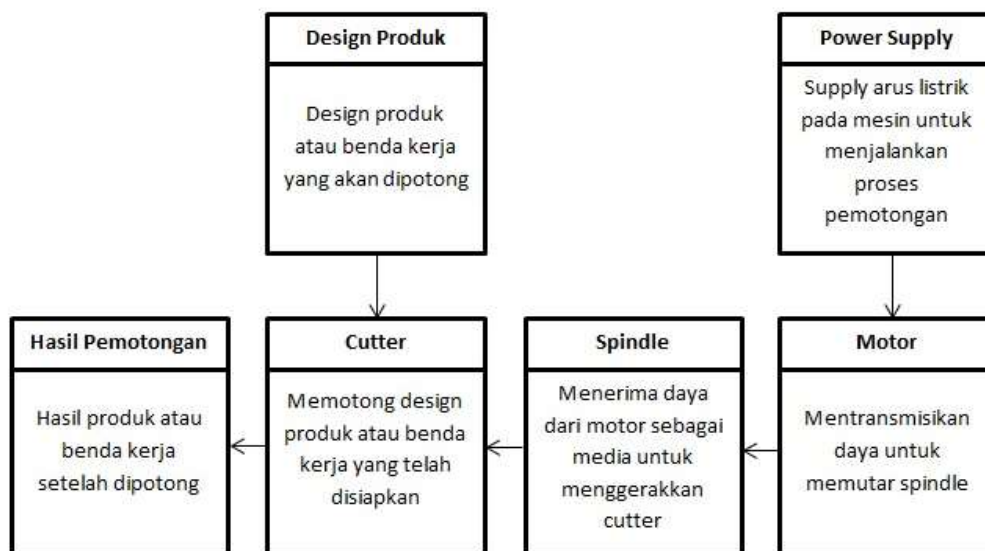


Gambar 3. Diagram *pareto downtime* komponen mesin *spindle moulder*

**Functional Block Diagram (FBD)**

*Functional Block Diagram* (FBD) digunakan untuk menjelaskan alur serta fungsi komponen utama dari mesin *spindle moulder*. Gambar FBD mesin *spindle moulder* dapat dilihat pada Gambar 4.

Pada Gambar 4 memberikan gambaran tentang alur dan fungsi pada setiap bagian komponen utama mesin, yaitu yang pertama *power supply* yang berfungsi untuk menyuplai arus listrik untuk menjalankan mesin. Kemudian motor mentransmisikan daya untuk memutar poros *spindle* yang menjadi media untuk menggerakkan *cutter*. Selanjutnya *cutter* akan memotong benda kerja atau produk sesuai desain yang telah disiapkan dan hasil pemotongan ini akan diteruskan menuju proses pemesinan.



Gambar 4. FBD mesin *spindle moulder*

**Fishbone Diagram (Diagram Sebab-Akibat)**

Penggunaan *Fishbone diagram* dimaksudkan untuk mengidentifikasi faktor utama dari permasalahan yang diteliti serta mengidentifikasi faktor tersebut secara detail atau terperinci yang digambarkan dalam bentuk panah-panah seperti tulang ikan [10]. *Fishbone diagram* diidentifikasi berdasarkan faktor 4M yaitu *material*, *man*, *method*, dan *machine*. *Fishbone diagram* mesin *spindle moulder* ditunjukkan pada Gambar 5.

Berdasarkan wawancara dengan operator mesin dan tim pemeliharaan (*maintenance*), terdapat beberapa penyebab tingginya *downtime* pada mesin *spindle moulder* ada 4 faktor yang dapat diketahui pada Gambar 5. Faktor-faktor tersebut yaitu,

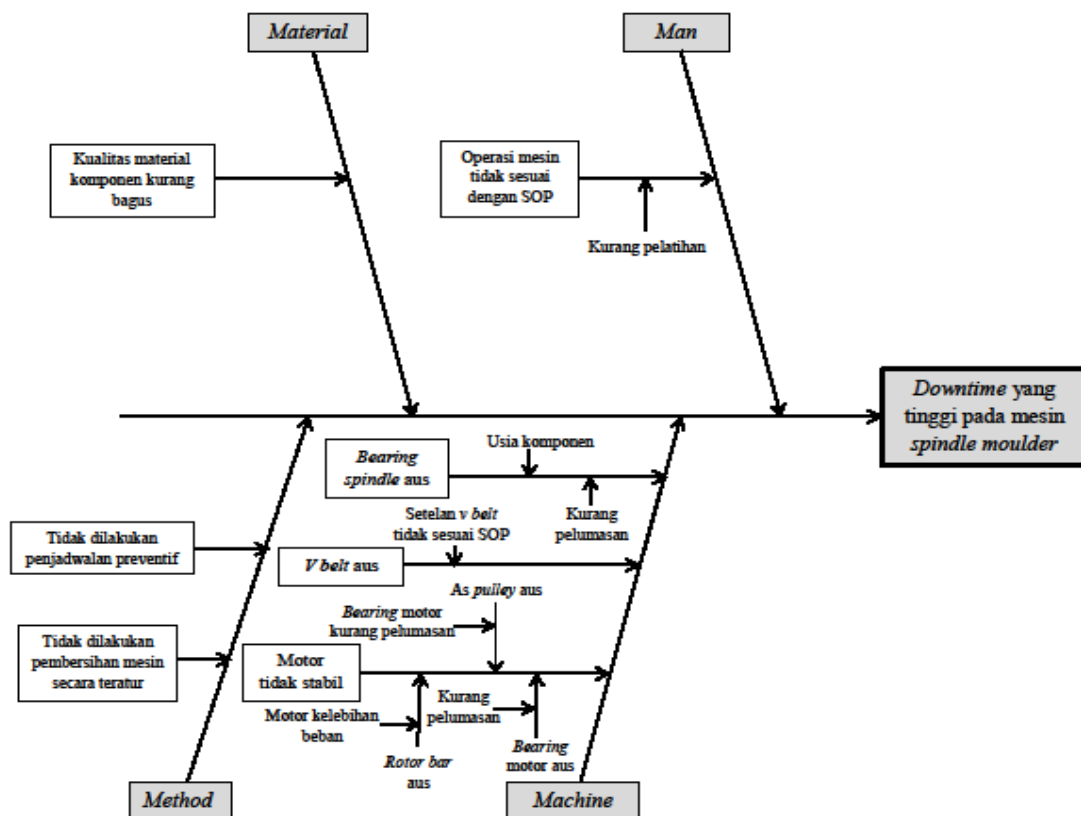
- a. *Man* (Manusia), merupakan faktor yang disebabkan oleh manusia, dalam hal ini adalah operator mesin. Penyebab tersebut diantaranya tidak dilakukannya cara mengoperasikan mesin sesuai SOP dikarenakan kurangnya pelatihan (*training*) terhadap operator tentang bagaimana cara menggunakan mesin *spindle moulder* dengan benar.
- b. *Machine* (Mesin), merupakan faktor yang disebabkan oleh mesin. Komponen *bearing spindle* aus disebabkan oleh usia komponen dan juga kurangnya pelumasan. Komponen *v belt* aus disebabkan setelan *v belt* yang tidak sesuai SOP. Komponen motor tidak stabil disebabkan oleh beberapa sub komponen di dalamnya yang bermasalah. Sub komponen tersebut yaitu yang pertama, *bearing motor* yang aus karena kurangnya pelumasan. Sub komponen kedua, *as*

*pulley* aus karena bearing aus sehingga putaran *rotor* tidak stabil. Sub komponen ketiga, *rotor bar* rusak karena beban motor yang berlebihan sehingga putaran tidak stabil dan bergesekan dengan komponen lain.

- c. *Material* (Bahan Baku), merupakan faktor yg disebabkan oleh bahan baku. Penggunaan bahan baku komponen yang kurang bagus berdampak pada masa pakai atau *lifetime* komponen tersebut. Hal ini didukung oleh penelitian Winarno dan Negara (2014) pada penelitiannya komponen *bearing* yang menggunakan material kurang bagus berdampak pada *lifetime* yang pendek [11].
- d. *Method* (Metode), merupakan faktor yg disebabkan oleh metode yang digunakan. Dalam hal ini tidak adanya penjadwalan preventif dan pembersihan mesin setelah digunakan tidak teratur.

**Penyusunan Failure Modes and Effect Analysis (FMEA)**

*Failure Modes and Effect Analysis* (FMEA) dimaksudkan untuk mengidentifikasi tiap mode kerusakan yang berkemungkinan menjadi sebab kegagalan fungsi pada komponen sistem mesin *spindle moulder*. Menurut Gupta dkk. (2016) FMEA merupakan suatu metode yang efektif untuk pencegahan masalah dan identifikasi solusi yang lebih efisien [12]. *Risk Priority Number* (RPN) dihitung dengan mengalikan nilai *severity*, *occurrence* dan *detection* yang hasilnya merupakan skala 1-1000 [13]. FMEA ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 5. *Fishbone diagram* mesin *spindle moulder*

Tabel 1. FMEA mesin *spindle moulder*

No.	Komponen	Fungsi	Kegagalan Fungsi	Mode Kegagalan	Efek Kegagalan	S	O	D	RPN			
1.	<i>Bearing Spindle</i>	1	Mengurangi gesekan antar komponen.	A	<i>Bearing spindle</i> aus tidak dapat mengurangi gesekan antar komponen sehingga putaran <i>cutter</i> tidak stabil.	1	<i>Bearing spindle</i> aus	Putaran <i>cutter</i> tidak stabil, cacat hasil pemotongan harus dikerjakan ulang.	7	7	7	343
2.	Motor	1	Mentransmisikan daya untuk memutar <i>shaft spindle</i> .	A	Tidak dapat mentransmisikan daya untuk memutar <i>shaft spindle</i> .	2	<i>Rotor bar</i> rusak	Getaran mesin tinggi, cacat hasil pemotongan harus dikerjakan ulang.	6	6	7	252
3.	<i>V Belt</i>	1	Penyambung daya dari motor ke <i>shaft spindle</i> melalui <i>pulley</i> .	A	<i>V belt</i> aus yang mengakibatkan putaran <i>shaft spindle</i> tidak stabil.	1	<i>V belt</i> aus	Putaran <i>shaft spindle</i> tidak stabil, cacat hasil pemotongan harus dikerjakan ulang.	6	6	6	216

Setelah dilakukan identifikasi, pada Tabel 1 FMEA mesin *spindle moulder* dapat dilihat nilai RPN dari komponen kritis mulai dari yang tertinggi yaitu komponen *bearing spindle* sebesar 343, komponen motor sebesar 252, dan komponen *v belt* sebesar 216. Hal ini menunjukkan bahwa komponen *bearing spindle* perlu diprioritaskan dalam hal perawatan mesin.

### Penentuan Distribusi Kegagalan

Distribusi kegagalan merupakan informasi dasar dalam menetapkan *lifetime* suatu komponen. Pada penelitian ini distribusi yang digunakan adalah distribusi normal, lognormal, eksponensial dan *Weibull*.

Masing-masing distribusi telah teruji pada perhitungan waktu ke waktu yang tidak konstan. Kemudian digunakan metode *LeastSquare Curve Fitting* yaitu penentuan berdasarkan nilai *r* (*index of fit*) tertinggi. Hasil penentuan distribusi kegagalan mesin *spindle moulder* ditunjukkan pada Tabel 2.

*Time To Failure* (TTF) adalah rentang waktu antara kegagalan hingga kegagalan berikutnya, sedangkan *Time To Repair* (TTR) yaitu waktu perbaikan tiap kerusakan komponen.

Tabel 2. Hasil penentuan distribusi kegagalan

Komponen	TTF	TTR
<i>Bearing Spindle</i>	Lognormal = 96,61%	Lognormal = 96,39%
Motor	Lognormal = 98,13%	Lognormal = 96,33%
<i>V Belt</i>	Weibull = 98,66%	Weibull = 95,68%

Penentuan distribusi ini dimaksudkan mengetahui pola distribusi yang tepat tiap komponen kritis mesin *spindle moulder* berdasarkan waktu antar kegagalan dan waktu perbaikan. Metode *LeastSquare Curve Fitting* digunakan untuk pendugaan distribusi awal berdasarkan nilai *r* paling besar yang dihitung dari waktu antar kegagalan dan waktu perbaikan dengan 4 dugaan distribusi yaitu distribusi normal, lognormal, eksponensial, dan *Weibull*.

Perhitungan tersebut menggunakan perangkat lunak *excel*, didapatkan hasil distribusi *Time To Failure* (TTF) untuk komponen *bearing spindle* menggunakan distribusi lognormal dengan nilai *r* sebesar 96,61%, komponen motor menggunakan distribusi lognormal dengan nilai *r* sebesar 98,13%, komponen *v belt* menggunakan distribusi *Weibull* dengan nilai *r* sebesar 98,66%.

Sedangkan hasil distribusi *Time To Repair* (TTR) untuk komponen *bearing spindle* menggunakan distribusi lognormal dengan nilai *r* sebesar 96,39%, komponen motor menggunakan distribusi lognormal dengan nilai *r* sebesar 96,33%, komponen *v belt* menggunakan distribusi *Weibull* dengan nilai *r* sebesar 95,68%.

### Uji Kecocokan Distribusi Kegagalan

Uji kecocokan dimaksudkan sebagai pembuktian hipotesis pada pola distribusi yang telah terpilih [14].

Hipotesis untuk uji kecocokan adalah:

$H_0$  : Data berdistribusi spesifik

$H_1$  : Data tidak berdistribusi spesifik

$\alpha = 0,05$

Penerimaan apabila  $D_n < D_{tabel}/F_{tabel}$

Pengujian distribusi ini menggunakan dugaan awal ( $H_0$ ) dan distribusi yang ditentukan ( $H_1$ ), dapat dilihat pada Tabel 3 Hasil Uji Kecocokan *Time To Failure* (TTF) untuk komponen *bearing spindle* berdistribusi lognormal menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* yaitu  $D_{max} < D_{Tabel} = 0,42 < 0,43$  ( $H_0$  diterima) yang berarti berdistribusi lognormal. Komponen motor berdistribusi lognormal menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* yaitu  $D_{max} < D_{Tabel} = 0,40 < 0,43$  ( $H_0$  diterima) yang berarti berdistribusi lognormal. Komponen *v belt* berdistribusi *Weibull* menggunakan uji *Mann* yaitu  $M < F_{Tabel} = 1,14 < 3,73$  ( $H_0$  diterima) yang berarti berdistribusi *Weibull*.

Hasil uji kecocokan *Time To Repair* (TTR) untuk komponen *bearing spindle* berdistribusi lognormal menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* yaitu  $D_{max} < D_{Tabel} = 0,36 < 0,41$  ( $H_0$  diterima) yang berarti berdistribusi lognormal. Komponen motor berdistribusi lognormal menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* yaitu  $D_{max} < D_{Tabel} = 0,34 < 0,41$

( $H_0$  diterima) yang berarti berdistribusi lognormal. Komponen *v belt* berdistribusi *Weibull* menggunakan uji *Mann* yaitu  $M < F_{Tabel} = 1,13 < 3,39$  ( $H_0$  diterima) yang berarti berdistribusi *Weibull*.

Tabel 3. Hasil uji kecocokan (*goodness of fit*)

Komponen	<i>Goodness of Fit</i> TTF	$F_{Tabel}$ TTF	<i>Goodness of Fit</i> TTR	$F_{Tabel}$ TTR
<i>Bearing Spindle</i>	0,42	0,43	0,36	0,41
Motor	0,40	0,43	0,34	0,41
<i>V Belt</i>	1,14	3,73	1,13	3,39

**Perhitungan Nilai MTTF dan MTTR**

Nilai MTTF dan MTTR dapat diketahui dengan cara menghitung nilai parameter berdasarkan nilai *goodness of fit* masing-masing distribusi. Hasil perhitungan nilai parameter MTTF dan MTTR dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil perhitungan nilai parameter MTTF dan MTTR

Komponen	Parameter MTTF	MTTF	Parameter MTTR	MTTR
<i>Bearing Spindle</i>	$T_{med} = 466,29$	474,21	$T_{med} = 2,14$	2,22
	$S = 0,18$		$S = 0,27$	
Motor	$T_{med} = 479,33$	484,82	$T_{med} = 1,81$	1,84
	$S = 0,15$		$S = 0,17$	
	$\theta = 872,39$		$\theta = 2,25$	
<i>V Belt</i>	$\beta = 3,52$	501,19	$\beta = 3,06$	1,99
	$\alpha = -22,25$		$\alpha = -2,49$	

**Perhitungan Interval Waktu Pengecekan, Age of Replacement, dan Availability**

Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui pengecekan dan umur masa pakai yang optimal untuk tiap komponen serta nilai ketersediannya.

Penentuan interval waktu pengecekan, *age of replacement*, dan *availability* komponen dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Penentuan interval waktu pengecekan, *Age of replacement*, dan *availability* komponen

Komponen	Interval Pengecekan Komponen	<i>Age of Replacement</i>	<i>Availability</i>
<i>Bearing Spindle</i>	129,41 Jam	365 Jam Kerja	99,72%
	Kerja		
Motor	143,09 Jam	385 Jam Kerja	99,78%
	Kerja		
<i>V Belt</i>	144,26 Jam	390 Jam Kerja	99,77%
	Kerja		

Interval waktu pengecekan komponen dihitung berdasarkan data waktu jam kerja produktif, nilai MTTF dan MTTR, dan *downtime* masing-masing komponen. Hasil perhitungan interval waktu pengecekan komponen mesin untuk komponen *bearing spindle* sebesar 129,41 jam atau sama dengan 16 hari sekali, komponen motor sebesar 143,09 jam atau sama dengan 17 hari sekali,

komponen *v belt* sebesar 144,26 jam atau sama dengan 18 hari sekali.

Perhitungan *age of replacement* ini dihitung dengan menggunakan parameter dan distribusi yang telah diuji kecocokannya dengan kriteria minimasi *downtime* untuk mendapatkan interval waktu penggantian *preventive*, estimasi *downtime*, dan nilai *availability* komponen. Kriteria minimasi *downtime* ini didukung oleh penelitian Taufik dan Septiyani (2014) karena dapat menyeimbangkan waktu paling optimal antara penggantian preventif dengan *downtime* serta berhasil meningkatkan *availability* komponen sampai 95% [4].

Hasil perhitungan *age of replacement* komponen pada mesin *spindle moulder* yaitu untuk komponen *bearing spindle* sebesar 365 jam, artinya komponen akan diganti pada 365 jam kerja dengan dengan estimasi *downtime* 0,0027472 dan *availability* 0,9972528 atau 99,72%. Komponen motor sebesar 385 jam, artinya komponen akan diganti pada 385 jam kerja dengan estimasi *downtime* 0,0021762 dan *availability* 0,9978238 atau 99,78%.

Komponen *v belt* sebesar 390 jam, artinya komponen akan diganti pada 390 jam kerja dengan estimasi *downtime* 0,0023063 dan *availability* 0,9976937 atau 99,77%. Kemudian diperoleh nilai rata-rata *availability* sesudah diterapkan *preventive maintenance* menggunakan metode RCM yaitu 0,9975901 atau 99,76%.

**Perhitungan Downtime**

Perhitungan *downtime* tiap komponen yang diteliti setelah dilakukan *preventive maintenance* didapatkan hasil yang ditunjukkan pada Tabel 6,

sedangkan perhitungan *downtime* mesin terhadap seluruh komponen setelah dilakukan *preventive maintenance* didapatkan hasil yang ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 6. Hasil perhitungan *downtime* tiap komponen yang diteliti setelah *preventive maintenance*

Komponen	Downtime Awal	Downtime Setelah Preventive Maintenance	Penurunan Downtime
<i>Bearing Spindle</i>	24 Jam	11,60 Jam	12,40 Jam
Motor	19,50 Jam	9,19 Jam	10,31 Jam
<i>V Belt</i>	18 Jam	9,74 Jam	8,26 Jam

Tabel 7. Hasil perhitungan *downtime* mesin *spindle moulder* terhadap keseluruhan mesin unit produksi setelah *preventive maintenance*

Downtime Awal	Downtime Setelah Preventive Maintenance	Penurunan Downtime	Persentase Penurunan Downtime Mesin	Persentase Downtime Mesin Terhadap Keseluruhan Mesin Unit Produksi
74,50 Jam	43,54 Jam	30,96 Jam	41,55%	38%

Perhitungan *downtime* mesin *spindle moulder* setelah *preventive maintenance* dihitung dari estimasi *downtime* tiap komponen yang telah didapat dari perhitungan *age of replacement*, kemudian dikalikan dengan total jam kerja produktif. Hasil perhitungan *downtime* tiap komponen kemudian dijumlahkan untuk mengetahui *downtime* keseluruhan mesin setelah *preventive maintenance*. Setelah hasil didapat kemudian dibandingkan dengan *downtime* mesin sebelum *preventive maintenance*.

Berdasarkan pengolahan data didapatkan estimasi nilai *downtime* mesin *spindle moulder* setelah diterapkan usulan *preventive maintenance* yaitu 43,54 jam dengan penurunan *downtime* mesin sebesar 30,96 jam atau setara dengan 41,55%. Persentase *downtime* mesin *spindle moulder* terhadap keseluruhan mesin unit produksi setelah *preventive maintenance* yaitu 38%. Perhitungan *downtime* berdasarkan nilai estimasi *downtime* yang didapat pada *age of replacement* didukung oleh penelitian

Mutiara dkk. (2014) yang dapat menurunkan *downtime* hingga 2,40 jam untuk sekali musim giling [15].

**Analisis Reliability Centered Maintenance (RCM) II Decision Worksheet**

*Reliability Centered Maintenance* (RCM) II *Decision Worksheet* digunakan untuk menentukan jenis *maintenance task* yang paling tepat dan berkemungkinan untuk menangani tiap mode kegagalan yang muncul [16]. Pengambilan keputusan perawatan dilakukan setelah dilakukannya analisis menggunakan metode kualitatif maupun kuantitatif, selain interval pengecekan RCM juga memasukkan pertimbangan lain untuk keputusan terkait perawatan mesin.

Berikut merupakan RCM II *Decision Worksheet* mesin *spindle moulder* yang dapat dilihat pada Tabel 8 dan tindakan perawatan yang diusulkan ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 8. RCM II *decision worksheet*

Komponen	Referensi Informasi		Evaluasi Konsekuensi						H1	H2	H3	Tindakan Default		Tindakan Perawatan Yang Diusulkan	Waktu Penggantian Komponen (Age of Replacement)	Dikerjakan Oleh
									S1	S2	S3					
									O1	O2	O3					
<i>Bearing Spindle</i>	1	A	1	Y	Y	-	Y	N	N	Y	-	-	Kegiatan Penggantian Komponen	365 jam kerja	Mekanik	
Motor	1	A	$\frac{1}{2}$ $\frac{2}{3}$	Y	-	-	Y	Y	-	-	-	-	Kegiatan Pemeriksaan Berkala	385 jam kerja	Mekanik	
<i>V Belt</i>	1	A	1	Y	-	-	Y	N	N	Y	-	-	Kegiatan Penggantian Komponen	390 jam kerja	Mekanik	

Berdasarkan RCM II *Decision Worksheet*, pada Tabel 8 dan Tabel 9 tindakan perawatan yang diusulkan untuk tiap komponen yaitu komponen *bearing spindle* membutuhkan tindakan *scheduled*

*discard* task (kegiatan penggantian komponen) dengan cara mengganti komponen *bearing spindle* sebelum *age of replacement* yaitu 365 jam kerja.

Tabel 9. Tindakan Perawatan Yang Diusulkan

Komponen	Tindakan Perawatan Yang Diusulkan ( <i>Proposed Task</i> )
<i>Bearing spindle</i>	Kegiatan Penggantian Komponen ( <i>Scheduled Discard Task</i> ) Melakukan penggantian komponen <i>bearing spindle</i> sebelum <i>age of replacement</i> .
Motor	Kegiatan Pemeriksaan Berkala ( <i>Scheduled On Condition Task</i> ) Pemeriksaan getaran menggunakan alat <i>vibration meter</i> untuk menilai getaran yang dihasilkan telah diambangbatas <i>standard</i> yang ditetapkan ( <i>standard perusahaan</i> ). Apabila telah mencapai ambang batas maka perlu dilakukan penggantian pada komponennya.
<i>V Belt</i>	Kegiatan Penggantian Komponen ( <i>Scheduled Discard Task</i> ) Melakukan penggantian komponen <i>v belt</i> sebelum <i>age of replacement</i> .

Komponen motor membutuhkan tindakan *scheduled on condition task* (kegiatan pemeriksaan berkala) dengan cara pengecekan getaran dengan menggunakan alat *vibration meter*, pengecekan getaran dengan menggunakan alat *vibration meter* dilakukan untuk menilai getaran yang dihasilkan telah diambangbatas *standard* yang ditetapkan (*standard perusahaan*). Apabila telah mencapai ambang batas maka perlu dilakukan penggantian komponen dan jika belum maka mengikuti *age of replacement* yaitu 385 jam kerja.

Komponen *v belt* membutuhkan tindakan *scheduled discard task* (kegiatan penggantian komponen) dengan cara mengganti komponen *v belt* sebelum *age of replacement* yaitu 390 jam kerja.

## KESIMPULAN

Dari penelitian yang sudah dilakukan, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

Perancangan penjadwalan perawatan interval pengecekan sesudah dilakukan analisis, didapatkan waktu interval pengecekan pada komponen *bearing spindle* sebesar 129,41 jam atau 16 hari sekali dengan umur penggantian 365 jam kerja, komponen motor sebesar 143,09 jam atau 17 hari sekali dengan umur penggantian 385 jam kerja, komponen *v belt* sebesar 144,26 jam atau 18 hari sekali dengan umur penggantian 390 jam kerja.

Nilai *availability* pada mesin *spindle moulder* untuk komponen *bearing spindle* sebesar 99,72%, komponen motor sebesar 99,78%, dan komponen *v belt* sebesar 99,77%, kemudian diperoleh nilai rata-rata *availability* sesudah penerapan *preventive maintenance* yaitu 99,76%.

Nilai *downtime* setelah dilakukan *preventive maintenance* menggunakan metode RCM pada mesin *spindle moulder* yaitu 43,54 jam dengan penurunan *downtime* mesin sebesar 30,96 jam atau setara dengan 41,55%. Persentase *downtime* mesin *spindle moulder* terhadap keseluruhan mesin unit produksi setelah *preventive maintenance* yaitu 38%.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Gaspersz, V. 1992. *Analisis Sistem Terapan Berdasarkan Pendekatan Teknik Industri*. Bandung: Tarsito.
- [2] Moubray, J. 1997. *Reliability Centered Maintenance II*. 2nd ed. Woburn: Butterworth-Heinemann, Ltd.

- [3] Syahrudin, S. 2013. Analisis Sistem Perawatan Mesin Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) Sebagai Dasar Kebijakan Perawatan yang Optimal di PLTD "X". *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*. 1(1).
- [4] Taufik, T., & Septyani, S. 2016. Penentuan interval waktu perawatan komponen kritis pada mesin turbin di PT PLN (Persero) Sektor Pembangkit Ombilin. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*. 14(2): 238-258.
- [5] Ahmadi, N., & Hidayah, N. Y. 2017. Analisis pemeliharaan mesin *blowmould* dengan metode RCM di PT. CCAI. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*. 16(2): 167-176.
- [6] Kirana, U. T., Alhilman, J., & Sutrisno, S. (2016). Perencanaan Kebijakan Perawatan Mesin Corazza FF100 Pada Line 3 PT XYZ Dengan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II. *JRSI (Jurnal Rekayasa Sistem dan Industri)*. 3(01): 47-53.
- [7] Kurniawan, K., & Rumita, R. (2014). Perencanaan Sistem Perawatan Mesin Urbannye Dengan Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance* II (RCM II)(Studi Kasus di departmen produksi PT. Masscom Graphy, Semarang). *Industrial Engineering Online Journal*. 3(4).
- [8] Ariani, D. W. 2005. *Pengendalian Kualitas Statistik (Pendekatan Kuantitatif Dalam Manajemen Kualitas)*. Yogyakarta: Andi.
- [9] O Soesetyo, I., & Bendatu, L. Y. (2014). Penjadwalan *Predictive Maintenance* dan Biaya Perawatan Mesin *Pellet* di PT Charoen Pokphand Indonesia-Sepanjang. *Jurnal Titra*. 2(2): 147-154.
- [10] Heizer, J. dan Render B. 2010. *Manajemen Operasi*. Edisi 7. Jakarta: Salemba Empat.
- [11] Winarno, H., dan S. Y. Negara. 2014. Analisis *Productive Maintenance* di PT Sankyu Indonesia Internasional. *Jurnal Intech Teknik Industri*. 4(2): 24-32.
- [12] Gupta, G., Mishra, R. P., & Singhvi, P. 2016. *An Application Of Reliability Centered Maintenance Using RPN Mean And Range On Conventional Lathe Machine*. *International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering*. 23(06): 1640010.
- [13] Ridhawati, A. 2015. Analisis Keandalan Mesin *High Frequency Welding* di Plant Kt 24 PT.



- Bakrie Pipe Industries. *Skripsi*. Jakarta: Fakultas Teknik Industri Universitas Bakrie.
- [14] Bangun, I. H., Rahman, A., & Darmawan, Z. (2014). Perencanaan Pemeliharaan Mesin Produksi Dengan Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance (RCM) II* Pada Mesin *Blowing OM* (Studi Kasus: PT. Industri Sandang Nusantara Unit Patal Lawang). *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri*. 2(5): 997-1008
- [15] Mutiara, S. D., Rahman, A., & Hamdala, I. (2014). Perencanaan *Preventive Maintenance* Komponen *Cane Cutter I* dengan Pendekatan *Age Replacement* (Studi Kasus di PG. Kebon Agung Malang). *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri*. 2(2): 396-405
- [16] Suryana, M. T. A., Novareza, O., & Darmawan, Z. (2015). Perencanaan Perawatan *Pulverizer* dengan Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance (RCM) II* (Studi Kasus di PT. YTL PAITON). *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri*. 3(8): 1760-1771.