

Analisis Perawatan Mesin Bubut Otomatis dengan Metode *Reliability Centered Maintenance* (Studi Kasus : PT Indocasa Furniture)

Muhammad Adi Khoiruman

Program Studi Teknik Industri, Universitas Islam Nahdlatul Ulama, Jepara

Email: muhammadadikhoiruman19@gmail.com

Abstrak

Perawatan (*Maintenance*) berperan penting dalam kegiatan produksi dari suatu perusahaan. PT Indocasa Furniture adalah perusahaan yang bergerak di bidang *furniture* dengan didukung oleh sejumlah mesin dan peralatan yang saling berinteraksi untuk menghasilkan produk. Terdapat mesin yang memiliki frekuensi *downtime* yang tinggi dan mempengaruhi proses produksi *muebel* dan hasil kualitas yaitu mesin Bubut otomatis dengan total *downtime* sebesar 463 jam pada tahun 2022. Hal ini bisa menjadi penghambat jalannya proses produksi, sehingga berdampak pada hasil kualitas kayu dan menurunnya jumlah produksi. *Downtime* disebabkan oleh berbagai jenis kerusakan dan gangguan pada komponen-komponen mesin Bubut otomatis. Oleh karena itu, diperlukan penelitian untuk menganalisis keandalan mesin dan mengajukan rencana perawatan. Metode yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan ini adalah *Reliability Centered Maintenance*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tindakan perawatan dan melakukan penjadwalan terhadap komponen kritis mesin Bubut otomatis. Hasil penerapan metode RCM diperoleh tindakan perawatan pada komponen mesin yang terdiri dari 4 komponen pada kategori *Condition Directed* (CD), 3 komponen pada kategori *Finding Failure* (FF) dan 3 komponen pada kategori *Time Directed* (TD). Menentukan jadwal perawatan komponen kritis pada mesin Bubut otomatis antara lain: Komponen Rol amplas usulan jadwal pergantian 196,07 (Jam), dan komponen Selenoid angin usulan jadwal pergantian 1194,15 (Jam).

Kata kunci: *Downtime*, *Reliability Centered Maintenance*, Perawatan Mesin

PENDAHULUAN

Proses produksi pada perusahaan manufaktur merupakan unsur penting yang harus beroperasi secara stabil untuk dapat memproduksi hasil yang optimal. Kelangsungan proses produksi tersebut membutuhkan dukungan dari mesin-mesin yang bekerja secara optimal. Mesin-mesin sangat rawan dengan timbulnya kerusakan. Akibat yang ditimbulkan dari kerusakan mesin produksi ialah kegiatan produksi menjadi terhenti, dan mengakibatkan kualitas produksi menjadi menurun. Perawatan (*maintenance*) berperan penting dalam kegiatan produksi dari suatu perusahaan yang menyangkut kelancaran dan kemacetan produksi, jumlah produksi dan produk yang diterima konsumen tepat waktu, serta mencegah sumber daya yang menganggur akibat kerusakan (*breakdown*) mesin selama produksi. Perawatan yang baik akan meningkatkan kinerja perusahaan dan meningkatkan kualitas produk yang dihasilkan. Kegiatan perawatan juga dapat meminimalkan biaya untuk kerugian akibat kerusakan mesin.

PT Indocasa Furniture mempunyai sejumlah mesin dan peralatan yang saling terhubung untuk mengerjakan suatu produk. Mesin-mesin tersebut adalah mesin *planner*, mesin *circle*, mesin bubut otomatis, mesin *moulding*. Mesin dan peralatan diupayakan bekerja secara efektif dan efisien, sehingga target perusahaan dapat tercapai. Untuk memenuhi permintaan produk *furniture* yang tinggi, diperlukan proses produksi yang terbaik. Diketahui terdapat mesin yang memiliki frekuensi *Downtime* yang tinggi dan mempengaruhi proses produksi bahan dan kualitas bahan yaitu mesin bubut otomatis.

Berdasarkan data hasil wawancara dengan supervisor bagian *maintenance* total *downtime* terbesar adalah mesin bubut otomatis dengan besar *downtime* 463 jam pada tahun 2022 selama 6 bulan merupakan

masalah yang dihadapi perusahaan, karena bisa menjadi penghambat jalannya proses produksi. Dengan demikian maka akan berdampak pada kualitas bahan dan menurunnya jumlah produksi. *Downtime* disebabkan oleh berbagai jenis kerusakan dan gangguan pada komponen-komponen mesin bubut otomatis yang mengakibatkan sistem kerja mesin bermasalah dan mengakibatkan dampak buruk bagi perusahaan dimana kualitas produk kurang baik. Jadwal produksi dan kegiatan produksi perusahaan menjadi tertunda.

Pada saat dilakukan penelitian, PT Indocasa *Furniture* menerapkan sistem perawatan *corrective maintenance*, perusahaan hanya melakukan perbaikan jika terjadi kerusakan dengan cara mengganti bagian yang rusak dan menggantinya dengan yang baru, sehingga bisa mengakibatkan kerugian bagi perusahaan berupa kurangnya target yang seharusnya dihasilkan produk lebih cepat menjadi terhambat. Sistem pemeliharaan yang secara efektif memelihara peralatan industri adalah perawatan *preventive*. Pemeliharaan terjadwal adalah salah satu contohnya. Pemeliharaan terjadwal adalah perawatan terbaik dan dapat memprediksi potensi kerusakan atau kegagalan sistem. Banyak keuntungan dari program perawatan ini adalah untuk meminimalkan kerusakan peralatan, *downtime* dan memaksimalkan umur komponen. Berdasarkan latar belakang tersebut maka diperlukan penelitian tentang analisis perawatan mesin bubut otomatis.

BAHAN DAN METODE

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian adalah mesin yang sering mengalami kerusakan dan mengakibatkan *Downtime* pada mesin bubut otomatis maupun penggantian alat tersebut sangat mahal. Hal ini sangat mempengaruhi kinerja mesin yang ada di perusahaan PT *Indocasa Furniture*. Jika terjadi kegagalan/kerusakan pada mesin bubut otomatis maka mesin akan berhenti dan tidak dapat beroperasi dengan baik.

METODE

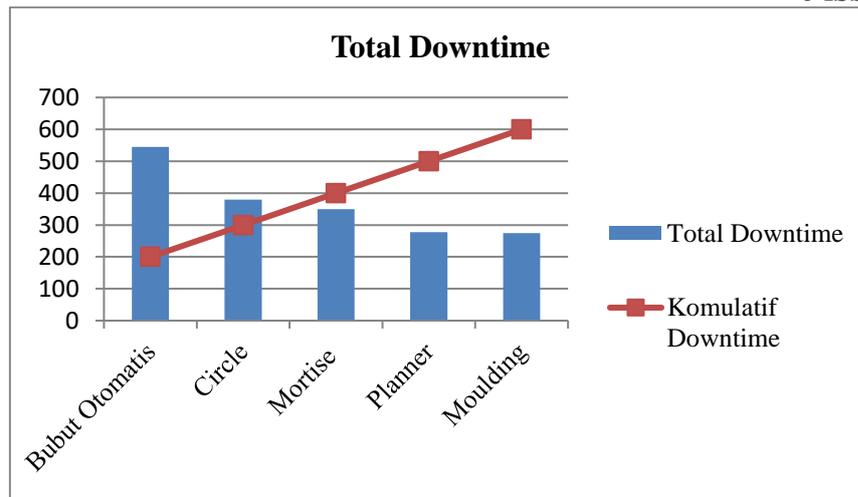
Setelah pengumpulan data yang dibutuhkan dalam penelitian, langkah selanjutnya yaitu mengolah data yang dikumpulkan. Tahap pengolahan data meliputi:

1. Pemilihan sistem dan pengumpulan informasi bertujuan untuk mengetahui fungsi pada masing-masing komponen dari mesin bubut otomatis
2. Definisi batasan sistem untuk membedakan antara satu sistem dengan sistem-sistem lainnya pada mesin bubut otomatis.
3. Deskripsi sistem dan diagram blok fungsi bertujuan untuk mengidentifikasi pada desain sistem yang kritis dan mengidentifikasi sistem dengan rinci.
4. Fungsi sistem dan kegagalan fungsi, pada tahap ini, melakukan analisis terhadap kegagalan fungsional yang terjadi pada suatu sistem pada mesin bubut otomatis.
5. FMEA bertujuan untuk memfokuskan penyebab kegagalan yang terjadi pada sistem dengan cara memberi nilai atau skor pada masing-masing mode kegagalan berdasarkan pada tingkat kejadian (*occurrence*), tingkat keparahan (*severity*), dan tingkat deteksi (*detection*).
6. *Logic Tree Analysis* (LTA) yang bertujuan untuk memberikan prioritas pada setiap kerusakan dan melakukan dengan tinjauan dan fungsi, kegagalan fungsi sehingga setatus mode kerusakan tidak sama.
7. Langkah terakhir pada proses RCM adalah pemilihan tindakan. Pada proses ini dapat menentukan tindakan yang tepat untuk setiap mode kerusakan tertentu.
8. Pengujian distribusi digunakan untuk menentukan kerusakan komponen berdasarkan interval waktu kerusakannya. Beberapa distribusi yang umumnya digunakan untuk menghitung tingkat keandalan yaitu distribusi eksponensial, *weibull*, lognormal dan normal.

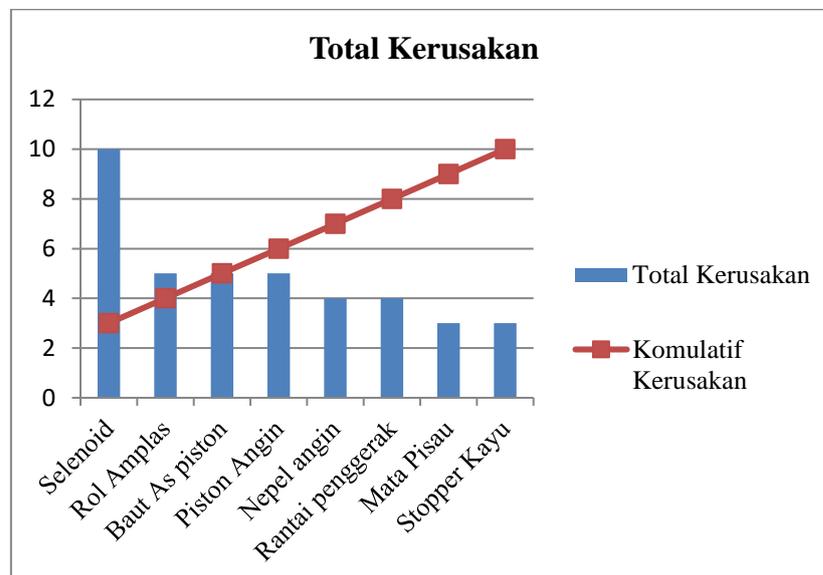
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pemilihan sistem dan pengumpulan informasi.

Setelah menentukan frekuensi total downtime dan total kerusakan yang terjadi pada mesin bubut otomatis diperusahaan PT *Indocasa Furniture* yang akan menjadi perhatian untuk maintenance analyst. Adapun frekuensi total do wntime dan total kurusakan mesin dapat dilihat pada gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Total Downtime



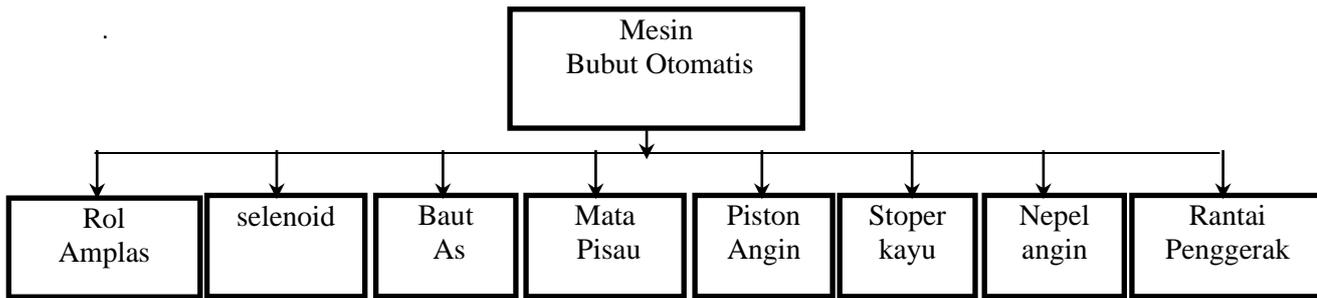
Gambar 2. Total Kerusakan

2. Batasan Sistem.

Batasan sistem mesin bubut pada bagian Input, Proses dan Output. Input dari mesin bubut adalah material kayu, yang kemudian dibentuk dengan cara mengurangi material yang tidak diinginkan dengan cara dipahat. Pendefinisian batasan sistem diperlukan agar terdapat batasan, sehingga komponen yang diidentifikasi menjadi jelas dan tidak tumpang tindih. Berdasarkan wawancara dan observasi komponen yang sering mengalami kerusakan pada mesin bubut otomatis.

3. Deskripsi Sistem dan Functional Block Diagram.

Pada tahap ini dilakukan pendeskripsian sistem untuk mengidentifikasi desain sistem yang kritis, hubungan antar komponen dan pengaruhnya terhadap kinerja sistem. Informasi yang ada kemudian digunakan untuk membuat *functional diagram block* untuk mengidentifikasi sistem dengan rinci. Adapun dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Functional Block Diagram

4. Fungsi Sistem dan Kegagalan Fungsi.

Menganalisis kegagalan fungsional yang terjadi pada sistem yang diteliti, menjelaskan kegagalan, komponen yang terkait dan hubungan antar komponen dalam sistem. Adapun dapat dilihat pada table 1.

Tabel 1. Identifikasi Kegagalan Sistem

No.	Nama Komponen	Jenis Cacat	Kegagalan Fungsi
1.	Rol Amplas	Bergelombang, tidak rata	Hasil kurang berfungsi secara maksimal dan meyebabkan cacat proses
2.	Solenoid Angin	Macet, sobek, tersumbat	Piston tidak bisa bergerak, tekanan mesin berkurang
3.	Baut As Rantai	Baut patah	Macet mesin tidak bisa berputar
4.	Mata Pisau	Patah, mata pisau tidak rata	Hasil potongan kayu kurang maksimal
5.	Piston Angin	Baut patah, kurang pelumas	Piston tidak dapat berputar
6.	Stopper Kayu	Baut kurang kencang,	Putaran penggerak stopper kurang pas, kurang presisi dan tidak stabil
7.	Nepel Angin	Copot	tekanan angin kurang stabil
8.	Rantai penggerak	Patah	Mesin tidak bisa bergerak

5. Failure mode and Effect Analysis (FMEA).

FMEA digunakan untuk memprediksi komponen mana yang kritis, yang sering rusak dan jika terjadi kerusakan pada komponen tersebut maka sejauh mana pengaruh terhadap fungsi sistem secara keseluruhan. Dari penyusunan FMEA (*Failure Modes and Effect Analysis*) dapat diketahui apa penyebab dari kegagalan dan dampak apa yang ditimbulkan dari kegagalan tersebut.

Perhitungan RPN dapat ditunjukkan sebagai berikut:

$$RPN = Severity \times Occurance \times Detection$$

Hasil RPN menunjukkan tingkat prioritas komponen yang dianggap beresiko tinggi sebagai pedoman tindakan perbaikan. Berikut ini hasil rekapitulasi kuesioner penilaian FMEA dalam menentukan *Risk priority Number* komponen-komponen kritis mesin bubut otomatis.

Contoh: Nilai Rol Amplas

$$\begin{aligned}
 RPN &= 9 \times 6 \times 7 \\
 &= 378
 \end{aligned}$$

Adapun dapat dilihat pada tabel 2. FMEA mesin bubut otomatis.

Tabel 2. Rekapitulasi hasil nilai FMEA komponen mesin bubut otomatis

No	Nama Komponen	S	O	D	Nilai RPN
1.	Rol Amplas	9	6	7	378
2.	Solenoid Angin	9	5	7	315
3.	Baut as rantai	8	2	5	80
4.	Mata Pisau	6	3	2	36
5.	Piston Angin	9	2	5	90
6.	Stopper Kayu	8	2	5	80
7.	Nepel Angin	7	2	5	70
8.	Rantai Penggerak	8	2	5	80

6. Logic Tree Analysis (LTA).

Logic Tree Ananlysis mengandung informasi nomor, nama kegagalan fungsi, komponen yang mengalami kegagalan, fungsi komponen dan mode kerusakan komponen dan analisis kerusakan. Analisis kekritisan menempatkan setiap komponen menjadi 4 kategori yaitu:

1. Kategori A (*Safety problem*)
2. Kategori B (*Outage problem*)
3. Kategori C (*Economic problem*)
4. Kategori D (*Hidden Failure*)

Empat item penting dalam analisis kekritisan adalah sebagai berikut:

1. *Evident* yaitu apakah oprator mengetahui dalam kondisi normal, telah terjadi gangguan dalam sistem?
2. *Safety* yaitu apakah mode kerusakan ini menyebabkan masalah keselamatan?
3. *Outage* yaitu apakah mode kerusakan ini menyebabkan seluruh atau sebagian mesin terhenti?
4. *Category* yaitu pengkategorian yang diperoleh setelah menjawab pertanyaan yang diajukan?

Tabel 3. Rekapitulasi hasil identifikasi SLTA

No	Komponen	Failure Mode	Evident	Safety	Outage	Category
1.	Rol amplas	Tidak rata, bergelombang	Y	T	Y	B
2.	Solenoid angin	Sobek, macet	Y	T	Y	B
3.	Baut as rantai	Patah	Y	T	Y	B
4.	Mata pisau	Patah	Y	T	Y	B
5.	Piston angin	Patah	Y	T	Y	B
6.	Stopper kayu	Baut kurang kencang	T	T	Y	B/C
7.	Nepel angin	Lepas, copot	T	T	T	C/D
8.	Rantai penggerak	Putus	Y	T	Y	B

7. Pemilihan Tindakan Data Interval Waktu Kerusakan Komponen Mesin.

Berdasarkan hasil penentuan komponen kritis atau prioritas perbaikan, diketahui bahwa terdapat 2 komponen kritis berdasarkan *Time Directed (TD)* yaitu rol amplas, dan solenoid angin, termasuk kedalam komponen kritis mesin bubut otomatis. Berikut data interval kerusakan pada mesin bubut otomatis:

1. Kerusakan Rol Amplas.

Kerusakan komponen kritis mesin bubut otomatis diambil berdasarkan data interval kerusakan pada mesin bubut otomatis. Rol amplas memiliki frekuensi kerusakan paling tinggi. Adapun TTR dan TTF dari kerusakan rol amplas sebagai berikut:

Tabel 4. Perhitungan TTF dan TTR Kerusakan Rol Amplas

No	Tanggal	Waktu Mulai Kerusakan	Waktu Selesai Perbaikan	TTR (Jam)	TTF (jam)
1.	15-Mar-22	13:50	14:20	0,50	-
2.	29-Mar-22	10:30	11:15	0,75	308,10
3.	10-Apr-22	15:10	15:50	0,67	291,55
4.	25-Apr-22	13:25	14:20	0,91	381,35
5.	06-Mei-22	15:15	15:25	0,17	264,55
6.	22-Mei-22	11:00	11:50	0,83	379,35
7.	12-Juni-22	09:10	10:20	1,16	501,20
8.	02-juli-22	08:00	09:30	1,50	477,40
9.	05-Ags-22	10.15	11:40	1,41	816,45
Total				7,9	3712

Sumber: Olah Data (2022)

Berikut ini merupakan perhitungan dalam menentukan waktu TTF dari kerusakan rol amplas:

Simulasi Perhitungan TTR komponen rol amplas pada tanggal 15 Maret 2022 pukul 13:50 sampai dengan pukul 14:20 :

Pukul 13:50 s/d pukul 14:20 = 30 menit

Time to Repair = 30 menit / 60 = 0,50 Jam

Berdasarkan hasil simulasi perhitungan dari TTR komponen rol amplas pada tanggal 15 Maret 2022 yaitu sebesar: 0,50 Jam

Simulasi Perhitungan TTF komponen rol amplas pada tanggal 15 Maret 2022 sampai dengan 29 Maret pukul 10:30 :

15 Maret jam 14:20 s/d jam 24:00 = 9,40Jam

16 Maret s/d 28 Maret (12 hari x 24 jam) = 288 Jam

29 Maret 2022 jam 00:00 s/d jam 10:30 = 10,30 Jam +

Time to Failure = 308,10 Jam

Berdasarkan hasil simulasi perhitungan dari TTF komponen rol amplas pada tanggal 29 Maret yaitu sebesar: 308,10 Jam

2. Kerusakan Selenoid Angin

Kerusakan komponen kritis mesin Bubut Otomatis diambil berdasarkan data interval kerusakan pada mesin Bubut Otomatis. Selenoid Angin memiliki kerusakan kedua tertinggi. Adapun TTR dan TTF dari kerusakan Selenoid Angin sebagai berikut:

Tabel 5. Perhitungan TTF dan TTR Kerusakan Selenoid Angin

No	Tanggal	Waktu Mulai Kerusakan	Waktu Selesai Perbaikan	TTR (Jam)	TTF (jam)
1.	19-Mar-22	10:50	11:20	0,50	-
2.	30-Mar-22	10:00	10:45	0,75	238,40
3.	17-Apr-22	14:30	15:10	0,67	435,45
4.	29-Apr-22	13:20	14:10	0,83	286,20
5.	22-Mei-22	10:35	11:05	0,50	548,25
6.	08-Jun-22	08:45	10:50	2,08	405,40
7.	24-Jun-22	08:30	09:15	0,75	381,40
8.	19-Jul-22	09:10	09:45	0,58	599,55
9.	25-Jul-22	14:45	15:50	1,08	149,00
10.	05-Ags-20	09:55	10:30	0,58	258,05
11.	22-Ags-22	13:20	14:10	0,83	410,50
Total				7.22	3712.2

Sumber: Olah Data (2022)

Berikut ini merupakan perhitungan dalam menentukan TTR dan TTF dari kerusakan Selenoid Angin:

Simulasi Perhitungan TTR komponen solenoid angin pada tanggal 19 Maret 2022 pukul 10:50 sampai dengan pukul 11:50 :

$$\begin{aligned} \text{Pukul 10:50 s/d pukul 11:20} &= 30 \text{ menit} \\ \text{Time to Repair} &= 30 \text{ menit} / 60 \\ &= 0,50 \text{ Jam} \end{aligned}$$

Bedasarkan hasil simulasi perhitungan dari TTR komponen solenoid angin pada tanggal 19 Maret 2022 yaitu sebesar: 0,50 Jam

Simulasi Perhitungan TTF komponen solenoid angin pada tanggal 19 Maret 2022 sampai dengan 30 Maret pukul 10:00 :

$$\begin{aligned} 19 \text{ Maret jam 11:20 s/d jam 24:00} &= 12,40 \text{ Jam} \\ 20 \text{ Maret s/d 29 Maret (9 hari x 24 jam)} &= 216 \text{ Jam} \\ 30 \text{ Maret 2022 jam 00:00 s/d jam 10:00} &= 10 \text{ Jam} \quad + \\ \hline \text{Time to Failure} &= 238,40 \text{ Jam} \end{aligned}$$

Bedasarkan hasil simulasi perhitungan dari TTF komponen solenoid angin pada tanggal 30 Maret 2022 yaitu sebesar: 238,40 Jam

8. Pengujian Distribusi dan Penentuan Parameter.

Perhitungan Mean Time To Failure (MTTF)

MTTF merupakan waktu rata-rata kerusakan komponen mesin yang sering mengalami kerusakan dan harus diganti dengan komponen yang baru atau baik. Berikut ini perhitungan MTTF dari data komponen kritis mesin bubut otomatis :

1. Komponen Rol amplas dengan Distribusi Eksponensial

$$\begin{aligned} \text{MTTF} &= \frac{1}{\lambda} \\ &= \frac{1}{0,0051} \\ &= 196,07 \end{aligned}$$

2. Komponen Selenoid Angin dengan Distribusi Normal

$$\text{MTTF} = \mu$$

= 253,23

Tabel 6. Rekapitulasi Nilai MTTF Komponen Kritis Mesin Rol Amplas

No	Komponen	Distribusi Kerusakan	Parameter	MTTF(Jam)
1.	Rol Amplas	Eksponensial	$\lambda=0,0051$	196,07
2.	Solenoid Angin	Normal	$\sigma = 161,29$ $\mu = 253,23$	253,23

Sumber: Olah Data (2022)

Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat bahwa nilai MTTF komponen Rol Amplas yaitu 196,07 Jam atau 8 Hari, dan komponen solenoid angin yaitu 253,23 Jam atau 11 Hari.

Perhitungan Mean Time To Repair (MTTR)

MTTR adalah waktu rata-rata perbaikan komponen kritis mesin rol amplas. Berikut ini perhitungan MTTR dari data komponen kritis mesin bubut otomatis:

1. Komponen Rol Amplas dengan Distribusi Normal

$$\begin{aligned} \text{MTTR} &= \mu \\ &= 105,00 \end{aligned}$$

2. Komponen Solenoid Angin dengan Distribusi *Weibull*

$$\begin{aligned} \text{MTTR} &= \frac{1}{\lambda} \\ &= \frac{1}{2,349} \\ &= 0,425 \end{aligned}$$

Tabel 7. Rekapitulasi Nilai MTTR Komponen Kritis Mesin Bubut Otomatis

No	Komponen	Distribusi Kerusakan	Parameter	MTTR(Jam)
1.	Rol Amplas	Normal	$\sigma = 20,83$ $\mu = 105,00$	105,00
2.	Solenoid Angin	Normal	$\lambda=0,425$	0,425

Sumber: Olah Data (2022)

Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat bahwa nilai MTTR komponen rol amplas yaitu 105,00 Jam, dan komponen solenoid angin yaitu 0,425 Jam.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis data dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil analisis FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*), komponen-komponen kritis yang memiliki resiko prioritas kegagalan dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN) sebesar (≤ 200) yaitu: Rol Amplas, dan Solenoid Angin.
2. Berdasarkan hasil pemilihan tindakan perawatan yang ditentukan menggunakan *Reliability Centered Maintenance* yaitu:
 - a. 4 komponen yang direncanakan dengan tindakan perawatan *Condition directed*: Baut As Rantai, Mata Pisau, Piston Angin, Rantai penggerak.
 - b. 2 komponen yang direncanakan dengan tindakan perawatan *Finding failure* : Stopper Kayu, Nepel Angin.
 - c. 2 komponen yang direncanakan dengan perawatan *Time Directed*: Rol Amplas, Solenoid Angin.

Komponen-komponen yang tindakan perawatan bersifat waktu atau *Time Directed* maka dilanjutkan dengan perbaikan atau pergantian komponen.

- Interval perawatan preventif komponen kritis pada mesin Bubut Otomatis antara lain: Komponen Rol Amplas usulan jadwal pergantian 196,07 Jam atau 8 Hari, dan komponen Selenoid angin usulan jadwal pergantian 253,53 Jam 11 Hari.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih banyak kepada Universitas Islam Nahdlatul Ulama dan khususnya Prodi Teknik Industri yang telah memberikan waktu dan tempat sehingga penulis jurnal ini dapat selesai pada akhirnya dengan semangat.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrahman, H. (2017). *erencanaan Jadwal Pemeliharaan Preventif Mesin Plate Heat Exchanger Di KUD DAU*. (Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya).
- Ambi, I., & Hamdy, M. I. (2016). *entuan Waktu dan Biaya Perawatan Preventif pada Mesin Bubut Krisbow CDL-6251*. Jurusan Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi niversitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
- Assauri, S. (2008). *Manajemen Produksi dan Operasi* (revisi). Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- Denur, D, dkk. (2017). Penerapan Reliability Centered Maintenance (RCM) pada Mesin Ripple Mill. *Jurnal Integrasi Sistem Industr, Volume 4*(Nomor 1), Halaman 27-34.
- Hamid, R. A. (2019). *Perancangan Penjadwalan dan Maintenance Task pada Boiler dengan Metode Reliability Centered Maintenance*. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Harsanto, B. (2013). *Dasar Ilmu Manajemen Operasi*. Bandung: UNPAD.
- Manzini, R. (2010). *Maintenance for Industrial Systems*. London: Spinger.
- Moubray, J. (1997). *Reliability Centered Maintenance* (second). Industrial press inc., New York
- Muhammad, R. (2018). *Analisis Pengendalian Kualitas dan Usulan Perbaikan pada Unit Sigaret Kretek Mesin (SKM) (Studi Kasus PT. Djitoe Indonesian Tobacco Coy Solo)*. Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
- Mulia, B. (2017). *sulan Perencanaan Perawataan pada Mesin Screw Press dengan Menggunakan (RCM) Reliability Centered Maintenance pada PT. PP. Londonsumatra Indonesia TBK, Turangie Palm Oil Mill*. Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area.
- Prasetyo, C. P. (2017). Evaluasi Manajemen Perawatan dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) II pada Mesin Cane Cutter 1 dan 2 83 di Stasiun Gilingan PG Meritjan-Kediri. *Jurnal Ilmiah Rekayasa, Volume 10*(Nomor 2), Halaman 99-107.
- Razaq, R. (2017). *Usulan Perawatan Komponen pada Unit OFF Highway Truck 793C dengan Metode RCM (Studi Kasus PT. Trakindo Utama, Batu Hijau)*. (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Malang).
- Rizaldi, M. I. (2018). *sulan Perawataan maintenance Task untuk Mesin B-67 dengan Pendekatan Metode Reliability Centered Maintenance Di PT BumiMulia Indah Lestari Plant Gresik*. (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Gresik).
- Sariyusda, S. (2018). Analisis Reliability Centered Maintenance (RCM) Rel Conveyor pada Mesin Oven BTU Pyramax 150N di PT. Flextronics Teknologi Indonesia-Batam. *Journal Of Mechanical Engineering, Manufactures Materials And Energy, Volume 02* (Nomor 01), Halaman 33-47.

Smith, A., & Glenn R. Hinchcliffe. (2004). *RCM – Gateway to World Class Maintenance*. Elsevier Inc.

Stamatis, D. . (1995). Failure Mode and Effect Analysis. In *FMEA from Theory*.

Susetyo, A. E., & Nurhardianto, E. (2019). Penentuan Komponen Kritis untuk Mengoptimalkan Keandalan Mesin Cetak. *SCIENCE TECH: Jurnal Ilmiah Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi, Volume 5*(Nomor 2), Halaman 13-22.

Tondang, A. J. (2016). *erencanaan Perawatan Mesin Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) dan FMEA pada PTPN II PG Kwala Madu*. Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sumatra Utara.