



USULAN PENJADWALAN MAINTENANCE MESIN DENGAN METODE RCM DAN AGE REPLACEMENT DI PT DAYA INOVASI MANDIRI

Rahmi Garnianti Pribadi^{1*}

¹ Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional

E-mail: pribadirahmi@gmail.com^{1*}

ABSTRACT

PT Daya Inovasi Mandiri applies corrective maintenance, which can cause significant downtime due to machine failures. This study aims to determine the appropriate maintenance strategy and interval for critical components using Reliability Centered Maintenance (RCM) and Age Replacement. Based on failure data from January 2022 to October 2025, the Takisawa TAL-510 machine was identified as the most critical machine, with 38 failures and 472.5 hours of downtime. RCM analysis using FMEA, LTA, and Task Selection identified the v-belt as the main critical component. Age Replacement analysis resulted in an optimal replacement interval of 54 days with minimum downtime. Based on this interval, a two-year preventive maintenance schedule was proposed to reduce unexpected failures and support production continuity.

Keywords: *Reliability Centered Maintenance, Age Replacement, preventive maintenance, v-belt, downtime.*

ABSTRAK

PT Daya Inovasi Mandiri menerapkan corrective maintenance yang berpotensi menyebabkan downtime akibat kerusakan mesin. Penelitian ini bertujuan menentukan jenis perawatan dan interval maintenance komponen kritis menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan *Age Replacement*. Berdasarkan data kerusakan Januari 2022-Oktober 2025, mesin Takisawa TAL-510 menjadi mesin paling kritis dengan 38 kerusakan dan downtime 472,5 jam. Hasil RCM melalui FMEA, LTA dan Task Selection menetapkan v-belt sebagai komponen kritis utama. Analisis Age Replacement menghasilkan interval penggantian optimal setiap 54 hari dengan downtime minimum. Berdasarkan interval tersebut

Article History

Received: Juni 2026

Reviewed: Juni 2026

Published: Juni 2026

Plagiarism Checker No

Copyright : Author

Publish by :



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



disusun usulan jadwal preventive maintenance selama dua tahun untuk mengurangi risiko kerusakan mendadak dan mendukung kelancaran produksi.

Kata Kunci: *Reliability Centered Maintenance, Age Replacement, preventive maintenance, v-belt, downtime.*

1. PENDAHULUAN

Industri manufaktur memiliki peran penting dalam mendorong pertumbuhan ekonomi, penyerapan tenaga kerja, serta peningkatan daya saing nasional. Dalam proses produksi, keandalan mesin menjadi salah satu faktor penting yang menentukan kelancaran operasional perusahaan. Kerusakan mesin dan downtime yang tinggi dapat menyebabkan penurunan produktivitas, peningkatan biaya operasional, serta keterlambatan dalam pemenuhan permintaan pelanggan (Carolina, 2017). Oleh karena itu, diperlukan kegiatan maintenance yang terencana untuk menjaga kondisi mesin agar tetap beroperasi secara optimal. Penjadwalan maintenance merupakan salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mencegah terjadinya kerusakan secara tiba-tiba sekaligus meningkatkan keandalan dan efisiensi mesin. Menurut (Moubray, 2001), penjadwalan *maintenance* dilakukan dengan mengalokasikan waktu dan sumber daya secara sistematis melalui tindakan *preventive*, *predictive*, maupun *corrective maintenance* sesuai dengan kondisi dan kebutuhan peralatan.

PT Daya Inovasi Mandiri merupakan perusahaan manufaktur yang bergerak pada bidang konstruksi, elektrik dan instrumen, pelayanan umum, manufaktur, perbaikan dan rekognisi, serta peralatan rotating. Salah satu produk yang dihasilkan adalah spare part turbin untuk Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA). Perusahaan menerapkan strategi bisnis *Make To Order* (MTO), sehingga proses produksi dilakukan berdasarkan permintaan pelanggan. Kondisi tersebut menyebabkan ketepatan waktu produksi menjadi faktor penting dalam mendukung kegiatan operasional perusahaan. Dalam proses produksinya, PT Daya Inovasi Mandiri menggunakan beberapa jenis mesin, salah satunya adalah mesin bubut horizontal yang memiliki intensitas penggunaan relatif tinggi. Terdapat tiga mesin bubut horizontal, yaitu mesin bubut Takisawa TAL-510, C6251 X 1500 dan SE-32160, yang memiliki karakteristik teknis serta kapasitas pengerjaan benda kerja yang berbeda.



Berdasarkan kondisi aktual perusahaan, kegiatan maintenance pada mesin bubut horizontal masih menerapkan *corrective maintenance*. Pola perawatan tersebut menyebabkan tindakan perbaikan dilakukan setelah terjadi kerusakan, sehingga *downtime* tidak dapat diprediksi dan berpotensi mengganggu proses produksi. Durasi perbaikan juga bergantung pada jenis kerusakan yang terjadi, yaitu sekitar 1-3 hari untuk kerusakan mekanis dan 1-2 hari untuk kerusakan kelistrikan. Selain itu, kerusakan pada komponen mesin dapat terjadi secara tidak terduga akibat faktor penggunaan, lingkungan, maupun usia mesin. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa perusahaan memerlukan pendekatan *maintenance* yang mampu mengidentifikasi komponen yang memiliki risiko kegagalan tinggi serta menentukan tindakan perawatan yang sesuai sebelum terjadi kerusakan.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi kebutuhan perawatan berdasarkan kondisi dan konsekuensi kegagalan adalah *Reliability Centered Maintenance* (RCM). RCM merupakan metode sistematis untuk menentukan kebutuhan pemeliharaan berdasarkan fungsi peralatan, mode kegagalan, serta konsekuensi yang ditimbulkan oleh kegagalan tersebut (Moubray, 2001). Penerapan RCM dapat digunakan untuk menentukan komponen kritis dan jenis tindakan perawatan yang sesuai sehingga kegiatan *maintenance* dapat dilakukan secara lebih terarah. Setelah komponen kritis dan tindakan perawatan ditentukan, diperlukan penetapan interval penggantian yang optimal untuk komponen yang memiliki tindakan *Time Directed*. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan adalah *Age Replacement*. *Age Replacement* merupakan strategi penggantian komponen berdasarkan umur tertentu sebelum komponen mengalami kegagalan, sehingga risiko *downtime* akibat kerusakan dapat diminimalkan (Mobley, 2008).

Penerapan metode RCM dan *Age Replacement* dalam penjadwalan *maintenance* telah digunakan pada penelitian sebelumnya. Dinamo sebagai komponen kritis menggunakan pendekatan RCM dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN) sebesar 400, *Mean Time to Failure* (MTTF) sebesar 917,43 menit atau 3,15 hari dan *Mean Time To Repair* (MTTR) sebesar 460,83 menit atau 8 jam (Saputra et al., 2024). Sementara itu, (Ramadhan et al., 2023) memperoleh interval penggantian preventif optimum sebesar 17-65 hari, interval pemeriksaan sebesar 2-4 hari, serta nilai *availability* komponen sebesar 87%-99%. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa pendekatan RCM dapat digunakan untuk menentukan komponen dan tindakan perawatan yang tepat, sedangkan *Age Replacement* dapat membantu menentukan interval penggantian preventif berdasarkan karakteristik kegagalan komponen.



Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi mesin dan komponen kritis pada mesin bubut horizontal di PT Daya Inovasi Mandiri serta menentukan tindakan perawatan yang sesuai menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Selanjutnya, metode *Age Replacement* digunakan untuk menentukan interval penggantian preventif pada komponen kritis yang memiliki tindakan *Time Directed*. Hasil analisis tersebut digunakan sebagai dasar dalam menyusun usulan penjadwalan *maintenance* yang diharapkan dapat mengurangi risiko terjadinya kerusakan dan *downtime* berkepanjangan serta meningkatkan keandalan mesin bubut horizontal di PT Daya Inovasi Mandiri.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini menggunakan studi literatur dengan landasan teori dan referensi yang berkaitan dengan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan *Age Replacement*. Studi literatur dilakukan dengan mempelajari buku, jurnal dan penelitian terdahulu yang relevan sebagai dasar dalam menentukan tahapan pengolahan dan analisis data. Selanjutnya, penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan, mulai dari pengumpulan data, penentuan mesin kritis, pengolahan data menggunakan metode RCM, hingga penentuan interval dan jadwal penggantian komponen menggunakan metode *Age Replacement*. Adapun tahapan penelitian tersebut dijelaskan pada subbab berikut.

2.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui wawancara, observasi dan dokumentasi. Wawancara dilakukan dengan supervisor produksi dan operator mesin bubut untuk memperoleh informasi mengenai fungsi komponen, penyebab kerusakan, dampak kegagalan, prosedur pemeliharaan yang diterapkan perusahaan, serta waktu penggantian dan perbaikan komponen. Observasi dilakukan secara langsung pada tiga mesin bubut horizontal untuk memperoleh informasi mengenai spesifikasi dan fungsi mesin, jam operasional, kondisi operasional, serta komponen penyusun mesin. Dokumentasi dilakukan dengan mengumpulkan data historis kerusakan mesin periode Januari 2022 hingga Oktober 2025 yang meliputi tanggal kerusakan, komponen yang mengalami kerusakan, jenis kerusakan, waktu perbaikan dan total downtime. Data tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar penentuan mesin kritis dan analisis *Reliability Centered Maintenance* (RCM).

2.2 Penentuan Mesin Kritis Berdasarkan Frekuensi Kerusakan dan Downtime

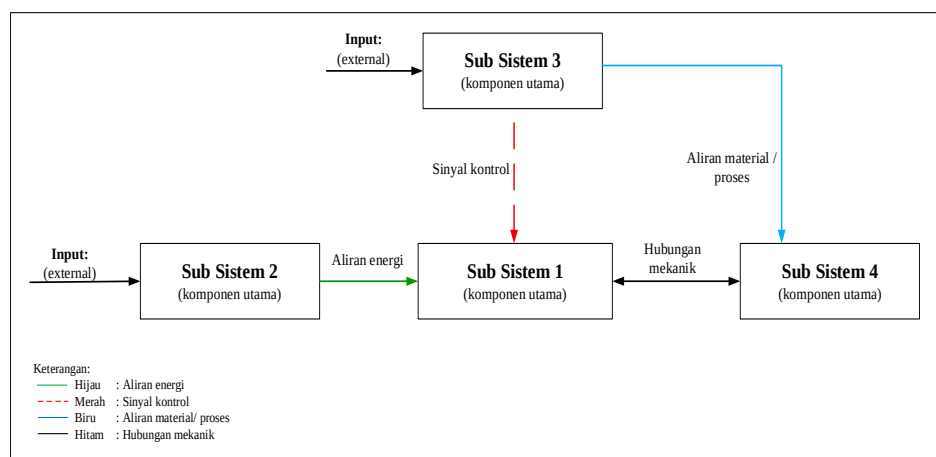
Penentuan mesin kritis dilakukan sebagai tahap awal sebelum penerapan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Penentuan dilakukan terhadap tiga mesin bubut horizontal berdasarkan data historis kerusakan periode Januari 2022 hingga Oktober 2025. Dua indikator yang digunakan adalah frekuensi kerusakan dan total *downtime*. Frekuensi kerusakan menunjukkan tingkat kejadian gangguan pada mesin, sedangkan total *downtime* menunjukkan waktu produksi yang hilang akibat kerusakan. Mesin yang memiliki frekuensi kerusakan dan total *downtime* tertinggi ditetapkan sebagai mesin kritis dan menjadi objek analisis selanjutnya. Apabila frekuensi kerusakan dan total *downtime* tidak menunjukkan hubungan yang linear, mesin dengan total *downtime* tertinggi dipilih sebagai mesin kritis.

2.3 Pengolahan Data *Reliability Centered Maintenance* (RCM)

Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) digunakan untuk mengidentifikasi komponen kritis dan menentukan jenis tindakan pemeliharaan yang sesuai pada mesin kritis. Tahapan pengolahan RCM meliputi pendefinisian batasan sistem dan *Functional Block Diagram* (FBD), *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA), *Logic Tree Analysis* (LTA), *Task Selection* dan penyusunan *RCM Worksheet*.

2.3.1 Pendefinisian Batasan Sistem dan *Functional Block Diagram* (FBD)

Pendefinisian batasan sistem dilakukan untuk menentukan ruang lingkup analisis yang meliputi sistem, fungsi utama, subsistem dan komponen yang menjadi objek penelitian. Setelah batasan sistem ditentukan, *Functional Block Diagram* (FBD) digunakan untuk menggambarkan hubungan antar-subsistem, aliran energi, material, sinyal kontrol, serta hubungan mekanis pada mesin. Hasil tahap ini digunakan sebagai dasar untuk analisis FMEA, LTA dan *Task Selection*.



Gambar 1. *Functional Block Diagram* (FBD)

2.3.2 Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)

FMEA digunakan untuk mengidentifikasi fungsi komponen, *failure mode*, penyebab kegagalan, serta dampak yang ditimbulkan. Setiap *failure mode* dinilai berdasarkan *Severity* (S), *Occurrence* (O) dan *Detection* (D). Ketiga parameter tersebut digunakan untuk memperoleh nilai *Risk Priority Number* (RPN) dengan persamaan:

$$RPN = S \times O \times D$$

Penilaian S, O dan D menggunakan skala yang mengacu pada (Mraz & Huber, 2005) dengan penyesuaian terhadap kondisi perusahaan. Nilai RPN digunakan untuk mendukung penentuan tingkat kekritisan *failure mode* pada analisis RCM. Berikut adalah tabel untuk tingkatan *severity* ditunjukkan oleh Tabel 2.1

Tabel 2.1 Tingkat *Severity*

Ranking	Dampak (<i>Effect</i>)	Kriteria Verbal
1	Tidak ada dampak	Tidak ada dampak, mesin tetap beroperasi normal dan produk tetap dalam kondisi baik.
2	Dampak sangat ringan	Gangguan sangat kecil, hanya dirasakan oleh operator berpengalaman. Sebagian produk mungkin perlu dikerjakan ulang.
3	Dampak ringan	Gangguan kecil dan dampak dapat dirasakan oleh seluruh operator. Sebagian produk mungkin perlu dikerjakan ulang.
4	Dampak minor	Gangguan minor, efisiensi mesin menurun dan produk mungkin perlu disortir dan dikerjakan ulang.
5	Dampak moderat	Mesin masih bisa berjalan tapi hasil produk tidak stabil dan 100% produk mungkin perlu

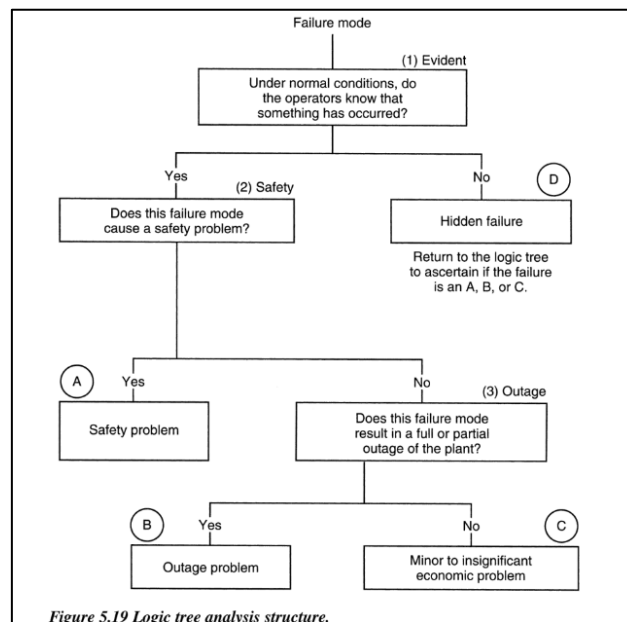


		dikerjakan ulang. Operator merasa tidak puas akibat kinerja yang berkurang.
6	Dampak signifikan	Performa mesin turun signifikan. Sebagian produk mungkin perlu dikerjakan ulang dan sebagian dibuang. Operator merasa sangat tidak puas dengan kinerjanya sendiri.
7	Dampak major	Mesin mengalami <i>downtime</i> sedang (mesin tidak beroperasi 1–2 jam), bisa diperbaiki tanpa <i>overhaul</i> besar.
8	Dampak ekstrem	Mesin berhenti sebagian besar waktu, <i>downtime</i> besar dan perlu penggantian beberapa komponen utama.
9	Dampak serius	Kegagalan terjadi dengan peringatan. Mesin berhenti total (<i>total breakdown</i>), tidak bisa beroperasi tanpa perbaikan menyeluruh.
10	Dampak berbahaya	Kegagalan mesin terjadi tanpa peringatan dan menimbulkan risiko serius terhadap keselamatan operator atau kerusakan besar pada mesin lain.

Sumber: Mraz & Huber (2005)

2.3.3 Logic Tree Analysis (LTA)

LTA digunakan untuk mengklasifikasikan failure mode berdasarkan konsekuensi kegagalannya terhadap keselamatan, operasional, ekonomi dan kemungkinan terjadinya hidden failure. Analisis dilakukan melalui tiga aspek, yaitu *Evident Failure*, *Safety* dan *Outage*. Hasil analisis dikategorikan menjadi kategori A (*Safety Problem*), B (*Outage Problem*), C (*Economic Problem*) dan D (*Hidden Failure*).



Gambar 2. Alur Evaluasi *Logic Tree Analysis* (LTA)
(Sumber: Smith dan Hinchcliffe, 2003)

2.3.4 Task Selection

Task Selection digunakan untuk menentukan tindakan pemeliharaan yang sesuai untuk setiap failure mode. Proses dilakukan menggunakan task selection road map dengan mempertimbangkan hubungan umur dan keandalan komponen. Jenis tindakan pemeliharaan yang digunakan meliputi *Condition Directed* (CD), *Time Directed* (TD) dan *Finding Failure* (FF). CD dilakukan berdasarkan kondisi komponen, TD berdasarkan interval waktu atau umur pakai, sedangkan FF digunakan untuk menemukan *hidden failure*.

2.3.5 RCM Worksheet

Hasil analisis FMEA, LTA dan Task Selection selanjutnya disusun dalam *RCM Worksheet*. *Worksheet* memuat informasi mengenai komponen, failure mode, nilai RPN, kategori LTA, hasil *Task Selection*, serta keputusan tindakan pemeliharaan. Komponen yang memperoleh tindakan *Time Directed* (TD) selanjutnya digunakan untuk analisis interval penggantian menggunakan metode *Age Replacement*.

2.4 Uji Goodness of Fit

Data waktu antar kerusakan yang diperoleh dari komponen kritis dianalisis untuk menentukan distribusi probabilitas yang sesuai. Distribusi yang digunakan dalam penelitian ini adalah Weibull, Normal, Lognormal dan Eksponensial. Pemilihan distribusi dilakukan berdasarkan nilai *index of fit* tertinggi menggunakan metode *least square curve fitting*.

Distribusi yang terpilih selanjutnya diuji menggunakan *goodness of fit* untuk memastikan bahwa distribusi tersebut sesuai dengan karakteristik data kerusakan. Menurut (Ebeling, 2003), uji yang digunakan meliputi uji Bartlett untuk distribusi Eksponensial, uji Mann untuk distribusi Weibull, serta uji Kolmogorov-Smirnov untuk distribusi Normal dan Lognormal. Hipotesis yang digunakan adalah H_0 : data kerusakan mengikuti distribusi tertentu dan H_1 : data kerusakan tidak mengikuti distribusi tertentu. Distribusi yang memenuhi kriteria pengujian digunakan pada tahap perhitungan parameter distribusi dan MTTF.

2.5 Mean Time To Failure (MTTF)

Mean Time To Failure (MTTF) merupakan rata-rata waktu operasi komponen hingga mengalami kegagalan. Setelah parameter distribusi diperoleh, nilai MTTF dihitung berdasarkan distribusi probabilitas yang telah terpilih. Nilai MTTF selanjutnya digunakan sebagai salah satu dasar dalam menentukan interval penggantian komponen menggunakan metode *Age Replacement*. Perhitungan MTTF dilakukan sesuai dengan karakteristik distribusi yang terpilih, yaitu Weibull, Normal, Lognormal, atau Eksponensial.

2.6 Perhitungan Interval Waktu Pergantian Komponen (*Age Replacement*)

Metode *Age Replacement* digunakan untuk menentukan interval penggantian preventif pada komponen yang memperoleh tindakan *Time Directed* (TD) dari hasil RCM. Penggantian dilakukan berdasarkan umur komponen sebelum komponen mengalami kegagalan. Penentuan interval penggantian dilakukan dengan pendekatan trial and error terhadap beberapa alternatif interval waktu. Setiap alternatif dihitung berdasarkan nilai downtime ekspektasi $D(tp)$, kemudian interval yang menghasilkan nilai $D(tp)$ paling rendah dipilih sebagai interval penggantian preventif optimal.

Perhitungan menggunakan distribusi probabilitas yang telah terpilih dan dinyatakan sesuai berdasarkan hasil uji *goodness of fit*. Hasil interval optimal selanjutnya menjadi dasar penyusunan jadwal penggantian komponen kritis.

2.7 Penjadwalan Pergantian Komponen Kritis



Hasil interval penggantian optimal dari metode *Age Replacement* digunakan untuk menyusun jadwal *preventive maintenance* komponen kritis. Penyusunan jadwal dilakukan dengan mengacu pada tanggal penggantian terakhir komponen, kemudian interval optimal ditambahkan secara berulang hingga mencapai periode perencanaan. Jadwal yang diperoleh digunakan sebagai usulan pelaksanaan penggantian komponen sebelum terjadi kegagalan sehingga tindakan *maintenance* dapat dilakukan secara lebih terencana.

Jadwal penggantian komponen kritis disajikan dalam bentuk tabel atau kalender *maintenance* yang memuat komponen, interval penggantian, tanggal pelaksanaan dan periode *maintenance*. Dengan demikian, hasil perhitungan *Age Replacement* dapat diterjemahkan menjadi rencana pemeliharaan yang dapat digunakan sebagai acuan oleh perusahaan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil *Reliability Centered Maintenance* (RCM)

Hasil identifikasi mesin kritis menunjukkan bahwa mesin bubut horizontal Takisawa TAL-510 menjadi prioritas analisis karena memiliki frekuensi kerusakan tertinggi, yaitu 38 kejadian, serta total *downtime* sebesar 472,5 jam selama periode Januari 2022 sampai Oktober 2025. Nilai tersebut merupakan yang terbesar dibandingkan mesin C6251 X 1500 dan SE-32160, sehingga Takisawa TAL-510 dipilih sebagai objek penerapan *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Hasil ini menunjukkan bahwa pemilihan mesin kritis tidak hanya didasarkan pada frekuensi kerusakan, tetapi juga mempertimbangkan dampak kerusakan terhadap kehilangan waktu operasi.

Tabel 3.1 Rekapitulasi Mesin Kritis

Mesin	Jumlah Kerusakan	Persentase Kerusakan	Total <i>Downtime</i> (Jam)	Persentase <i>Downtime</i>
Takisawa TAL-510	38	53,52%	472,5	58,08%
C6251 X 1500	21	29,58%	205	25,20%
SE-32160	12	16,90%	136	16,72%

Pada tahap RCM, enam komponen pada mesin Takisawa TAL-510 dianalisis menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), *Logic Tree Analysis* (LTA) dan *task selection*. Penilaian FMEA menggunakan *severity*, *occurrence* dan *detection* sebagai dasar pembentukan *Risk Priority Number* (RPN), sesuai acuan yang digunakan dalam penelitian (Mraz & Huber, 2005). Hasil analisis menunjukkan bahwa mode kegagalan v-belt slip memiliki RPN tertinggi sebesar 168, sedangkan v-belt putus memiliki RPN 128.

Tabel 3.2 Rekapitulasi Hasil RCM

Komponen	Mode Kegagalan	RPN	Kategori LTA	Task Selection	Usulan	Usulan Aktivitas
Motor utama	Kumparan terbakar	128	D/B	CD	<i>Condition monitoring</i>	Pemeriksaan temperatur, arus listrik, dan suara abnormal sebelum mesin dioperasikan.
Motor coolant	Kumparan terbakar	128	D/C	CD	<i>Condition monitoring</i>	Pemeriksaan temperatur, arus listrik, dan suara abnormal sebelum mesin dioperasikan.
V-belt	Slip	168	D/B	TD	<i>Scheduled replacement / Age Replacement</i>	<i>Age Replacement</i>
V-belt	Putus	128	D/B	TD	<i>Scheduled replacement</i>	<i>Age Replacement</i>
Gear	Gigi aus	60	D/C	CD	<i>Condition monitoring</i>	Pemeriksaan visual keausan gigi, <i>backlash</i> dan kondisi pelumas pada saat pelumasan atau mesin berhenti.
Gear	Gear patah	48	D/B	CD	<i>Condition monitoring</i>	Pemeriksaan visual keausan gigi, <i>backlash</i>



						dan kondisi pelumas pada saat pelumasan atau mesin berhenti.
Feed rod	Permukaan ulir aus	20	D/C	CD	<i>Condition monitoring</i>	Pemeriksaan kebersihan ulir dan pelumasan saat pembersihan mesin.
Feed rod	Ulir macet	25	D/B	CD	<i>Condition monitoring</i>	Pemeriksaan kebersihan ulir dan pelumasan saat pembersihan mesin.
Kampas rem	Aus berat	50	C	TD	<i>Scheduled replacement</i>	Pergantian komponen sesuai umur.
Kampas rem	Kampas rem habis	42	A	TD	<i>Scheduled replacement</i>	Pergantian komponen sesuai umur.

Hasil *Logic Tree Analysis* menunjukkan bahwa kegagalan v-belt slip dan putus berada pada kategori D/B (*Hidden Failure/Outage Problem*). Kegagalan tersebut tidak mudah diketahui secara langsung oleh operator dalam kondisi normal, tetapi dapat menyebabkan sebagian atau seluruh sistem berhenti beroperasi. Dalam *task selection*, v-belt memperoleh keputusan *Time Directed* (TD) karena terdapat hubungan antara umur pakai komponen dan peningkatan risiko kegagalan. Penggantian berkala dinilai efektif untuk menurunkan kemungkinan slip dan downtime akibat kehilangan transmisi daya. Pendekatan klasifikasi tersebut mengacu pada *task selection road map* (Smith & Hinchcliffe, 2003).

3.2 Pemilihan Komponen Age Replacement

Berdasarkan *worksheet* RCM, terdapat beberapa mode kegagalan yang memperoleh tugas *Time Directed*, yaitu v-belt slip, v-belt putus, kampas rem aus berat dan kampas rem habis. Namun, penelitian memfokuskan analisis *Age Replacement* pada v-belt karena komponen tersebut mempunyai tingkat kekritisitas paling tinggi. Mode kegagalan v-belt slip memperoleh RPN 168 dan mode kegagalan putus memperoleh RPN 128. Kedua mode kegagalan tersebut juga memiliki kategori LTA D/B dan *task selection* TD.

Pemilihan v-belt sebagai objek *Age Replacement* didukung oleh karakteristik kegagalannya yang berkaitan dengan umur pemakaian. Data historis menunjukkan 12 interval kerusakan yang dapat digunakan sebagai data *Time to Failure* (TTF), yaitu 106, 117, 113, 62, 92, 65, 40, 109, 85, 67, 70 dan 51 hari. Data tersebut menjadi dasar untuk menentukan distribusi probabilitas dan umur penggantian optimal.

3.3 Interval Pergantian Komponen

Identifikasi distribusi dilakukan dengan membandingkan nilai *index of fit* (r) pada distribusi Weibull, eksponensial, lognormal dan normal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa distribusi normal mempunyai nilai *index of fit* paling tinggi, yaitu 0,986. Selanjutnya, distribusi normal diverifikasi menggunakan uji *Goodness of Fit* Kolmogorov-Smirnov. Hasil perhitungan memberikan D_n maksimum sebesar 0,1703, sedangkan D_{krit} pada $n = 12$ dan $\alpha = 0,05$ sebesar 0,375. Karena $D_n < D_{krit}$, H_0 diterima sehingga data waktu antar kerusakan dapat direpresentasikan dengan distribusi normal.

Tabel 3.4 Hasil Index of Fit Data TTF V-belt

Distribusi	<i>Index of Fit</i> (r)
Weibull	0,984
Eksponensial	0,909
Lognormal	0,983
Normal	0,986

Parameter distribusi normal yang digunakan dalam perhitungan *Age Replacement* adalah rata-rata (μ) sebesar 81,42 hari dan simpangan baku (σ) sebesar 24,80 hari pada perhitungan interval penggantian. Nilai MTTF sebesar 81,42 hari menunjukkan umur rata-rata kegagalan berdasarkan data TTF. Selanjutnya dilakukan evaluasi nilai $D(tp)$ untuk berbagai kandidat interval penggantian. Nilai minimum diperoleh pada $tp = 54$ hari, dengan $F(tp) = 0,13444$, $R(tp) = 0,86556$, $M(tp) = 605,606$ dan $D(tp) = 0,0044142193$.

Tabel 3.5 Parameter dan Hasil *Age Replacement* V-belt

Parameter	Nilai
Distribusi terpilih	Normal



Rata-rata (μ)	81,42 hari
Simpangan baku (σ)	24,80 hari
MTTF	81,42 hari
Interval optimal (tp)	54 hari
F(tp)	0,13444
R(tp)	0,86556
M(tp)	605,606
D(tp)	0,0044142193

Dengan demikian, interval penggantian preventif yang direkomendasikan adalah setiap 54 hari. Interval tersebut dipilih karena menghasilkan nilai D(tp) paling rendah dibandingkan alternatif interval lainnya. Nilai D(tp) yang minimum menunjukkan bahwa kombinasi downtime akibat penggantian *preventif* dan *downtime* akibat kerusakan menghasilkan rata-rata downtime yang paling rendah.

3.4 Analisis Penjadwalan Pergantian Komponen Kritis

Interval optimal 54 hari kemudian diterapkan secara berulang untuk menyusun usulan jadwal penggantian v-belt selama dua tahun. Penyusunan jadwal memperhatikan kebijakan operasional perusahaan bahwa kegiatan pemeliharaan dilakukan pada lima hari kerja, yaitu Senin sampai Jumat. Dengan demikian, penggantian tidak dijadwalkan pada akhir pekan. Jadwal ini mengubah pola penggantian dari respons terhadap kerusakan menjadi kegiatan yang dapat direncanakan.

Tabel 3.6 Usulan Jadwal Penggantian Preventif V-belt

Bulan	2026	2027
Januari	07/01/2026	20/01/2027
Februari	-	-
Maret	24/03/2026	-
April	-	06/04/2027
Mei	-	-
Juni	08/06/2026	21/06/2027
Juli	-	-
Agustus	21/08/2026	-
September	-	03/09/2027



Oktober	-	-
November	05/11/2026	18/11/2027
Desember	-	-

Berdasarkan jadwal tersebut, perusahaan memiliki titik waktu penggantian yang telah ditentukan sehingga persiapan komponen, tenaga teknis dan waktu penghentian mesin dapat dilakukan lebih awal. Penerapan interval 54 hari juga diharapkan menurunkan kemungkinan terjadinya kegagalan v-belt secara tiba-tiba selama proses produksi dan membuat *downtime* lebih terkendali.

3.5 Analisis Perbandingan Kondisi Aktual dan Usulan

Kondisi aktual PT Daya Inovasi Mandiri menunjukkan bahwa pemeliharaan masih bersifat *corrective maintenance*, yaitu komponen diganti setelah mengalami kerusakan. Pola tersebut menyebabkan waktu terjadinya kegagalan tidak dapat diprediksi dan berpotensi menimbulkan *downtime* secara tiba-tiba ketika mesin sedang digunakan. Berdasarkan data historis, mesin Takisawa TAL-510 memiliki total downtime 472,5 jam dan frekuensi kerusakan 38 kejadian, sehingga menjadi mesin dengan tingkat prioritas tertinggi.

Perbandingan menunjukkan bahwa usulan RCM dan *Age Replacement* memberikan pendekatan pemeliharaan yang lebih terencana. RCM digunakan untuk menentukan jenis tindakan yang sesuai dengan karakteristik kegagalan, sedangkan *Age Replacement* digunakan untuk menetapkan umur penggantian v-belt yang optimal. Dengan interval 54 hari, penggantian dilakukan sebelum komponen mencapai kondisi gagal. Oleh karena itu, risiko kerusakan mendadak dapat ditekan dan downtime mesin diharapkan menjadi lebih terkendali. Namun, berdasarkan data pada yang diperoleh, penelitian belum menyajikan angka aktual pengurangan *downtime* setelah implementasi, sehingga manfaat tersebut dinyatakan sebagai rekomendasi operasional dan bukan sebagai persentase peningkatan yang telah terukur.

Secara keseluruhan, hasil penelitian memperlihatkan bahwa integrasi RCM dan *Age Replacement* dapat digunakan sebagai dasar penyusunan program preventive maintenance pada mesin bubut Takisawa TAL-510. RCM menghasilkan identifikasi komponen dan mode kegagalan yang memerlukan perhatian, sedangkan *Age Replacement* memberikan interval penggantian yang lebih spesifik untuk komponen v-belt. Pendekatan ini selaras dengan penggunaan *task*



selection road map untuk memilih *Condition Directed* dan *Time Directed maintenance* berdasarkan karakteristik kegagalan.

KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan usulan jenis pemeliharaan dan penjadwalan maintenance pada mesin bubut horizontal di PT Daya Inovasi Mandiri menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan *Age Replacement*. Berdasarkan analisis data historis kerusakan periode Januari 2022 hingga Oktober 2025, mesin bubut horizontal Takisawa TAL-510 ditetapkan sebagai mesin kritis karena memiliki frekuensi kerusakan tertinggi, yaitu 38 kejadian, dengan total downtime sebesar 472,5 jam. Oleh karena itu, mesin tersebut dipilih sebagai objek analisis untuk menentukan strategi pemeliharaan yang lebih terencana.

Penerapan metode RCM melalui analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), *Logic Tree Analysis* (LTA) dan *Task Selection* menghasilkan rekomendasi jenis pemeliharaan berdasarkan karakteristik setiap mode kegagalan. Sebagian besar mode kegagalan direkomendasikan menggunakan *Condition Directed* atau *condition monitoring*, sedangkan mode kegagalan yang berkaitan dengan umur pakai komponen direkomendasikan menggunakan *Time Directed* atau *scheduled replacement*. Berdasarkan tingkat risiko kegagalan, komponen v-belt dipilih sebagai komponen kritis utama karena memiliki nilai prioritas risiko tertinggi dan berpotensi memberikan dampak terbesar terhadap *downtime* mesin.

Metode *Age Replacement* digunakan untuk menentukan interval penggantian preventif komponen v-belt. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa interval penggantian optimal adalah setiap 54 hari karena menghasilkan nilai *downtime* rata-rata minimum. Interval tersebut kemudian digunakan sebagai dasar penyusunan jadwal *preventive maintenance* selama dua tahun dengan memperhatikan kebijakan operasional perusahaan yang melaksanakan kegiatan pemeliharaan pada lima hari kerja dalam satu minggu. Usulan jadwal tersebut diharapkan dapat membantu perusahaan melakukan penggantian komponen sebelum terjadi kegagalan, mengurangi risiko kerusakan mendadak, serta mendukung kelancaran proses produksi melalui penerapan kegiatan pemeliharaan yang lebih sistematis dan terencana.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Anthony M. Smith, & Glenn R. Hinchcliffe. (2003). RCM Gateway to World Class Maintenance



- [2] Charles E. Ebeling. (2003). An introduction to Reliability and Maintainability Engineering (E. Munson & J. Morris, Eds.). The Mc-Graw Hills Companies Inc., United States of America.
- [3] M. Carolina (2017). "Peranan Sektor Industri Manufaktur dalam Pembangunan Ekonomi Indonesia," Buletin APBN, vol. 2
- [4] Mobley, R. K. (1999). Root Cause Failure Analysis. https://www.academia.edu/28211869/ROOT_CAUSE_FAILURE_ANALYSIS
- [5] Mobley, R. Keith., Higgins, L. R., & Wikoff, D. J. (2008). Maintenance Engineering. McGraw-Hill.
- [6] Moubray, J. (2001). Reliability-centered Maintenance. Industrial Press Inc. https://books.google.co.id/books?id=bNCVF0B7vpIC&hl=id&source=gbp_navlinks_
- [7] Mraz, M., Huber, L. B., & Huber, B. (2005). FMEA-FMECA.
- [8] Neil B. Bloom. (2005). Reliability Centered Maintenance (RCM): Implementation Made Simple. The Mc-Graw Hills Companies Inc., United States of America. <https://books.google.co.id/books?id=iKVjOhp-EnwC&printsec=frontcover&hl=id#v=onepage&q&f=false>
- [9] Ramadhan, I., & Widiasih, W. (2023). Analisis Penggantian dan Perawatan pada Papermachine Bagian Wiredan Dryer Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance dan Age replacement Pada PT.X. Jurnal Tekstil (JUTE), 6.
- [10] Saputra, Y., Widyantoro, M., & Rosihan, R. I. (2024). Perencanaan Perawatan Mesin dengan Metode Reliability Centered Maintenance dan Age Replacement. Jurnal Mekanova : Mekanikal, Inovasi Dan Teknologi, 10(2).
- [11] Walpole, R., Myers, R., & Myers Sharon. (2011). Probability & Statistics for Engineer & Scientist. Pearson.
- [12] Wibowo, T., Hidayatullah, S., & Malhadi, A. (2021). Analisis Sistem Perawatan Mesin Bubut Menggunakan Metode Rcm (Reliability Centered Maintenance) Di Cv. Jaya Perkasa Teknik. Jurnal Rekayasa Industri (JRI), 3.