

Analisis Perawatan Mesin Bubut Menggunakan Metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*) Pada MKSO PT Sinergi Gula Nusantara Peltek Cluster Sumatera I

Analysis of Lathe Machine Maintenance Using the Reliability Centered Maintenance (RCM) Method at MKSO PT Sinergi Gula Nusantara Peltek Cluster Sumatera I

Aditya Setiawan^{a,1}, Vidi Agung Fragastia^{b,2}

^{a,b}Program Studi Teknik Industri, Universitas Potensi Utama, KL. Yos Sudarso Km. 6,5 No. 3A, Medan, 20241, Indonesia

adityase25@gmail.com¹, vidiagoeng@gmail.com²

ABSTRAK

Dalam dunia industri manufaktur dan perawatan alat berat, keberadaan mesin bubut memegang peranan yang sangat vital. Mesin bubut digunakan untuk melakukan berbagai proses pemesinan seperti pembubutan, pengeboran, dan pembuatan ulir, yang merupakan bagian penting dalam proses pembuatan maupun perbaikan suku cadang. Di lingkungan PT. Sinergi Gula Nusantara melalui unit Mkso Peltek Cluster Sumatera I, mesin bubut menjadi tulang punggung dalam kegiatan pemeliharaan alat berat dan mesin pertanian, khususnya menjelang dan selama musim panen tebu. Salah satu mesin yang digunakan adalah mesin bubut Type DA 260-71, yang berfungsi untuk mendukung pembuatan dan perbaikan komponen-komponen penting. Keandalan mesin ini sangat menentukan kelancaran proses produksi karena keterlambatan dalam perbaikan alat akibat kerusakan mesin bubut dapat menyebabkan gangguan operasional, memperpanjang waktu henti (*downtime*), menurunkan produktivitas, dan meningkatkan biaya pemeliharaan. Mesin bubut DA 260-71 memiliki nilai strategis karena digunakan hampir setiap hari untuk menangani perbaikan komponen yang bersifat kritis dan tidak dapat ditunda. Apabila mesin ini mengalami kegagalan atau kerusakan, maka efeknya akan sangat berdampak terhadap keberlangsungan proses pemeliharaan di lapangan. Oleh karena itu, mesin ini harus dijaga keandalannya dengan sistem perawatan yang tepat dan terencana. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis riwayat kerusakan dan perawatan mesin bubut menggunakan metode RCM, melalui pendekatan FMEA untuk mengidentifikasi komponen-komponen kritis pada mesin bubut kemudian mencari nilai RPN (*Risk Priority Number*) dan mengklasifikasikan mode kegagalan komponen kritis dan selanjutnya mendapatkan nilai MTTF, MTTR, dan Availability. Berdasarkan analisa tersebut, didapatkan bahwa persentase frekuensi kerusakan komponen chuck sebesar 31,23%, Spindle sebesar 66 25,37%, Gearbox sebesar 19,03%, Toolpost sebesar 11,89%, Bed 7,13% dan Motor sebesar 5,35. Perhitungan dilakukan kepada komponen chuck karena memiliki nilai RPN tertinggi yaitu 315. Nilai MTTF dari pengolahan data ialah 152880, MTTR 280,45 dan Availability 99,79%.

Kata Kunci : Perawatan, RCM, LTA, MTTF, MTTR, Availability, Mesin Bubut, FMEA

ABSTRACT

In the world of manufacturing and heavy equipment maintenance, the presence of a lathe machine plays a crucial role. Lathe machines are used to perform various machining processes such as turning, drilling, and threading, which are essential in the production and repair of spare parts. At PT. Sinergi Gula Nusantara through the Mkso Peltek Cluster Sumatera I unit, the lathe machine serves as a backbone in maintaining heavy equipment and agricultural machinery, especially before and during the sugarcane harvest season. One of the machines used is the DA 260-71 type lathe, which functions to support the manufacturing and repair of critical components. The reliability of this machine greatly determines the smoothness of production processes, as delays in equipment repair due to lathe failures can cause operational disruptions, prolonged downtime, decreased productivity, and increased maintenance costs. The DA 260-71 lathe holds strategic value because it is used almost daily to handle the repair of critical components that cannot be delayed. Therefore, this machine must be maintained for its reliability through an appropriate and well-planned maintenance system. The objective of this study is to analyze the damage and maintenance history of the lathe using the RCM (*Reliability Centered Maintenance*) method, through the FMEA approach to identify the critical components of the lathe, determine the Risk Priority Number (RPN), classify the failure modes of the critical components, and further

calculate the values of MTTF, MTTR, and Availability. Based on the analysis, the percentage of component damage frequency was found as follows: chuck 31.23%, spindle 25.37%, gearbox 19.03%, toolpost 11.89%, bed 7.13%, and motor 5.35%. Calculations were focused on the chuck component as it had the highest RPN value of 315. The MTTF obtained from the data processing was 152,880, MTTR was 280.45, and the Availability was 99.79%.

Keywords : Maintenance, RCM, FMEA, MTTF, MTTR, Availability, Lathe Machine

Disubmit: 12 September 2025

*Info Artikel :
Direview: 16 Oktober 2025*

Diterima : 13 November 2025

Copyright © 2025 – senadimu. All rights reserved.

1. PENDAHULUAN

Dalam dunia industri manufaktur dan perawatan alat berat, keberadaan mesin bubut memegang peranan yang sangat vital. Mesin bubut digunakan untuk melakukan berbagai proses pemesinan seperti pembubutan, pengeboran, dan pembuatan ulir, yang merupakan bagian penting dalam proses pembuatan maupun perbaikan suku cadang. Di lingkungan PT. Sinergi Gula Nusantara melalui unit Mkso Peltek Cluster Sumatera I, mesin bubut menjadi tulang punggung dalam kegiatan pemeliharaan alat berat dan mesin pertanian, khususnya menjelang dan selama musim panen tebu. perawatan diartikan sebagai suatu kegiatan pemeliharaan fasilitas pabrik serta mengadakan perbaikan, penyesuaian atau penggantian yang diperlukan agar suatu keadaan operasi produksi sesuai dengan yang direncanakan. pemeliharaan mencakup semua aktivitas yang berkaitan dengan menjaga semua peralatan sistem agar tetap bekerja.[1]

Salah satu mesin yang digunakan adalah mesin bubut Type DA 260-71, yang berfungsi untuk mendukung pembuatan dan perbaikan komponen-komponen penting. Keandalan mesin ini sangat menentukan kelancaran proses produksi karena keterlambatan dalam perbaikan alat akibat kerusakan mesin bubut dapat menyebabkan gangguan operasional, memperpanjang waktu henti (*downtime*), menurunkan produktivitas, dan meningkatkan biaya pemeliharaan. Setiap komponen mesin yang berbeda jenisnya memiliki keandalan dan laju kerusakan yang juga berbeda. Kondisi tersebut menyebabkan diperlukannya kebijakan perawatan yang baik serta memadai pada saat dibutuhkan, dan salah satu bentuk aktivitas perawatan adalah penggantian (*replacement*) komponen yang telah mengalami kerusakan.[2]

Mesin bubut DA 260-71 memiliki nilai strategis karena digunakan hampir setiap hari untuk menangani perbaikan komponen yang bersifat kritis dan harus diperbaiki dengan segera. Apabila mesin ini mengalami kegagalan atau kerusakan, maka efeknya akan sangat berdampak terhadap keberlangsungan proses pemeliharaan dilapangan. Oleh karena itu, mesin ini harus dijaga keandalannya dengan sistem perawatan yang tepat dan terencana.

Namun, saat ini perawatan yang dilakukan masih bersifat reaktif (*corrective maintenance*), yaitu hanya dilakukan setelah kerusakan terjadi yang artinya perawatan tidak optimal. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan biaya operasional, tetapi juga menyebabkan waktu tunggu perbaikan yang tinggi. Oleh karena itu, diperlukan suatu pendekatan pemeliharaan yang lebih proaktif dan sistematis untuk mengoptimalkan keandalan mesin. Perawatan yang direncanakan dapat mengurangi risiko penurunan kinerja dan kegagalan komponen mesin, sehingga mesin dapat beroperasi secara optimal dan biaya perawatan dapat dikontrol tanpa mengganti komponen secara besar-besaran.[3]

Sebagai salah satu jenis mesin perkakas, mesin bubut memiliki fleksibilitas tinggi dalam proses pemesinan, khususnya untuk menghasilkan komponen berbentuk silindris dengan tingkat presisi yang tinggi. Keunggulan ini menjadikan mesin bubut sebagai alat yang sangat krusial dalam mendukung

aktivitas perbaikan suku cadang, terutama untuk alat berat dan mesin pertanian yang beroperasi di lingkungan industri seperti PT. Sinergi Gula Nusantara I. Mesin bubut DA 260-71, dengan spesifikasinya yang mampu menangani benda kerja berukuran besar dan beragam jenis material, sangat cocok digunakan dalam konteks perawatan industri yang memerlukan ketepatan dan kecepatan produksi komponen pengganti.

Penggunaan mesin yang terus menerus berjalan mengingat usia mesin yang sudah tidak lagi muda menyebabkan mesin menjadi banyak trouble. Hal ini membuat perusahaan berupaya keras untuk melakukan perawatan terhadap mesin agar mesin dapat beroperasi dengan aman dan lancar. Kegiatan perawatan mesin ini bertujuan untuk memelihara berjalannya kegiatan produksi sehingga tidak mengganggu produktivitas di perusahaan.[4]

Di sisi lain, karena mesin bubut bekerja dalam siklus operasi yang intensif dan berulang, komponen-komponennya seperti spindle, chuck dan part lainnya sangat rentan terhadap keausan. Apabila tidak ditangani dengan sistem perawatan yang terstruktur, risiko kerusakan berulang akan meningkat dan berdampak pada produktivitas secara keseluruhan. Oleh karena itu, penting bagi perusahaan untuk tidak hanya mengandalkan kemampuan teknis mesin bubut, tetapi juga menerapkan pendekatan manajemen perawatan yang mampu memastikan mesin tetap dalam kondisi andal selama siklus kerjanya. Pendekatan seperti inilah yang menjadi dasar penting diterapkannya metode RCM dalam penelitian ini.

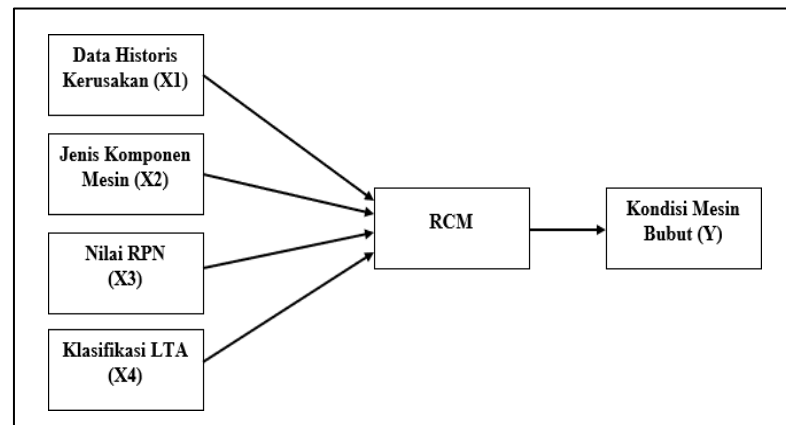
Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) merupakan pendekatan yang cocok digunakan dalam konteks ini. Metode ini menganalisis fungsi sistem, mode kegagalan, serta dampak dari setiap kegagalan untuk menentukan strategi perawatan yang paling efektif. Melalui pendekatan FMEA untuk menganalisis komponen kritis[5]. RCM bertujuan untuk menjamin mesin dapat terus berfungsi secara normal melalui penerapan tindakan perawatan yang terencana. RCM secara khusus berfokus pada pemeliharaan preventif terhadap kegagalan-kegagalan yang sering terjadi.[6] Reliability Centered Maintenance (RCM) memungkinkan perusahaan untuk mengidentifikasi mode kegagalan dari setiap komponen, menganalisis dampaknya terhadap sistem, dan menentukan jenis tindakan perawatan yang paling tepat.[7] *Failure Mode And Effect Analysis* (FMEA) diartikan sebagai proses dalam mengidentifikasi potensi kegagalan desain dan proses sebelum terjadi dengan maksud untuk meminimalisir kegagalan di masa yang akan datang.[8] Penerapan metode RCM pada mesin bubut DA 260-71 diharapkan dapat mengidentifikasi komponen kritis, menyusun strategi perawatan yang lebih terencana, serta meningkatkan *Mean Time To Failure* (MTTF) dan menurunkan *Mean Time To Repair* (MTTR), sehingga pada akhirnya meningkatkan *availability* mesin.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif untuk menghitung data untuk mencapai tujuan penelitian di lingkungan sub bubut Mkso PT.Sinergi Gula Nusantara Peltek Cluster Sumatera I. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis mesin bubut untuk menentukan jenis perawatan yang optimal. Penelitian kuantitatif merupakan salah satu pendekatan penelitian yang menggunakan data dalam bentuk angka untuk menjawab pertanyaan penelitian.[9]

A. Kerangka Konseptual

kerangka konsep adalah kerangka hubungan antara konsep-konsep yang akan diukur maupun diamati dalam suatu penelitian.[10] Pada penelitian ini variabel Y (dependen) nya adalah Kondisi Mesin Bubut dan untuk variabel X (independen) terdiri dari Data historis kerusakan Jenis komponen mesin, Nilai RPN, dan Klasifikasi LTA yang akan digambarkan dalam kerangka konseptual berikut ini :



Gambar 1. Kerangka Konseptual

Kerangka konseptual penelitian ini disusun untuk menggambarkan hubungan antara variabel independen, metode analisis, dan variabel dependen. Variabel independen adalah variabel yang mempengaruhi atau variabel yang menjadi sebab perubahan atau timbulnya variabel dependen.[11] Variabel terikat atau dependen merupakan variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat karena adanya variabel bebas (independen).[12] Variabel independen terdiri dari data historis kerusakan (X1), jenis komponen mesin (X2), nilai *Risk Priority Number*/RPN (X3), dan klasifikasi *Logic Tree Analysis*/LTA (X4). Keempat variabel ini dianalisis menggunakan pendekatan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) melalui tahapan *Failure Mode And Effect Analysis* (FMEA), LTA, serta pemilihan strategi perawatan (*Task Selection*). Hasil analisis RCM selanjutnya digunakan untuk menentukan strategi perawatan yang tepat, yang pada akhirnya berpengaruh terhadap kondisi mesin bubut (Y). Kondisi mesin bubut sebagai variabel dependen diukur melalui parameter keandalan, yaitu *Mean Time To Failure* (MTTF), *Mean Time To Repair* (MTTR), *Availability*. Dengan demikian, kerangka konsep ini menegaskan bahwa penerapan metode RCM menjadi jembatan yang menghubungkan variabel penyebab (X1–X4) dengan variabel hasil (Y), sehingga dapat meningkatkan keandalan mesin bubut.

B. Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data adalah bagaimana peneliti menentukan metode setepat-tepatnya untuk memperoleh data, kemudian disusun dengan cara-cara menyusun alat pembantunya atau instrument.

1). Data Primer

Data primer ialah data yang diperoleh atau dikumpulkan langsung di lapangan oleh orang yang melakukan penelitian atau yang bersangkutan yang memerlukannya.[13]

a. Wawancara

Langkah pengumpulan data yang dilakukan dengan cara mewawancarai operator dan kepala sub bubut terkait mesin bubut dan kendala kerusakan.

b. Observasi

Observasi adalah langkah yang dilakukan dalam penelitian ini agar mengetahui objek yang diteliti dengan mencari informasi dan data yang berkaitan dengan penelitian, sehingga penelitian ini memiliki akurasi yang tinggi. Observasi adalah teknik atau cara mengumpulkan data dengan mengamati aktivitas yang sedang berlangsung.[14] Observasi yang dilakukan dalam penelitian ini dengan cara observasi secara langsung pada bagian mesin bubut.

2). Data Sekunder

Data sekunder adalah sumber data penelitian yang diperoleh secara tidak langsung melalui media perantara.[15] Data yang dikumpulkan adalah dalam bentuk dokumen yang tertulis perusahaan. Data

yang didapatkan yaitu data perawatan mesin dan data *downtime*. Data yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

- a. Data histori perawatan komponen mesin bubut
- b. Data *downtime* mesin bubut.

C. Metode Analisis Data

Metode analisis dalam penelitian dilakukan untuk menganalisis mesin bubut DA 260-71 menggunakan pendekatan RCM. Adapun tahap pengolahan data dalam penelitian adalah sebagai berikut:

a. Pemilihan Sistem dan Pengumpulan Informasi

Data diperoleh dari dokumentasi perawatan mesin selama periode April 2024 sampai April 2025 yang mencakup, jenis kerusakan, tanggal kejadian, lama *downtime*, komponen yang rusak, tindakan yang dilakukan.

b. Batasan Sistem

Setiap komponen yang mengalami kerusakan dianalisis fungsinya dalam sistem kerja mesin. Hal ini penting untuk memahami dampak kerusakan terhadap performa mesin secara keseluruhan.

c. Diagram Sistem dan Blok Fungsi

Memiliki tujuan untuk mengidentifikasi detail penting dari sistem. Diperoleh berdasarkan data mesin dan wawancara.

d. Fungsi Sistem dan Kegagalan Fungsi

Proses analisis dilakukan terhadap kegagalan fungsi, bukan kepada kegagalan peralatan. Biasanya kegagalan fungsi memiliki beberapa kondisi yang menyebabkan kegagalan. Didapatkan dari pengamatan dan wawancara.

e. Analisis FMEA (*Failure Mode And Effect Analysis*)

- a) Metode FMEA digunakan untuk mengidentifikasi:
- b) Mode kegagalan (*failure mode*)
- c) Penyebab dan dampak dari setiap kegagalan
- d) Penilaian skor *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D)
- e) Kemudian dilakukan perhitungan *Risk Priority Number* (RPN)

$$RPN = S \times O \times D \quad (1)$$

Komponen dengan nilai RPN tertinggi dianggap paling kritis dan menjadi prioritas dalam strategi perawatan.

f. *Logic Tree Analysis* (LTA)

Setiap mode kegagalan diklasifikasikan menggunakan pendekatan LTA ke dalam kategori berikut:

- a) A (*Safety*)
- b) B (*Outage*)
- c) C (*Economic*)
- d) D (*Hidden*)

Klasifikasi ini membantu dalam menentukan tindakan perawatan yang sesuai.

g. Pemilihan Tindakan (*Task Selection*).

Berdasarkan hasil LTA, ditentukan jenis perawatan yang tepat, yaitu

- a) *Time Directed* (TD): Perawatan berdasarkan waktu/jadwal tertentu
- b) *Condition Directed* (CD): Perawatan berdasarkan kondisi aktual komponen

c) *Finding Failure* (FF): Inspeksi untuk mendeteksi kegagalan tersembunyi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Data

Data waktu kerusakan komponen mesin bubut diambil dari periode April 2023 sampai dengan April 2025. Data disajikan dalam tabel sebagai berikut:

Table 1. Data Kerusakan Komponen Mesin Bubut

No	Tanggal	Waktu Selesai	Komponen	Downtime (Jam)
1	06/04/2023 8.30 AM	06/04/2023 1.30 PM	Motor	5
2	12/04/2023 9.00 AM	12/04/2023 5.00 PM	Spindle	8
3	24/04/2023 8.00 AM	24/04/2023 2.00 PM	Chuck	6
4	27/04/2023 8.30 AM	27/04/2023 3.30 PM	Gearbox	7
5	15/05/2023 1.30 PM	15/05/2023 5.30 PM	Tool Post	4
6	25/05/2023 9.30 AM	25/05/2023 3.30 PM	Bed	6
7	27/06/2023 8.00 AM	27/06/2023 6.00 PM	Spindle	10
8	08/08/2023 11.00 AM	08/08/2023 4.00 PM	Chuck	5
9	28/08/2023 8.30 AM	28/08/2023 5.30 PM	Spindle	9
10	12/09/2023 9.00 AM	12/09/2023 3.00 PM	Gearbox	6
11	29/10/2023 8.00 AM	29/10/2023 4.00 PM	Spindle	8
12	16/11/2023 9.30 AM	16/11/2023 5.30 PM	Gearbox	8
13	04/12/2023 2.00 PM	04/12/2023 5.00 PM	Tool Post	3
14	14/12/2023 9.00 AM	14/12/2023 3.00 PM	Chuck	6
15	05/01/2024 8.30 AM	05/01/2024 6.30 PM	Spindle	10
16	03/02/2024 8.30 AM	03/02/2024 5.30 PM	Gearbox	9
17	04/03/2024 11.30 AM	04/03/2024 4.30 PM	Chuck	5
18	02/04/2024 8.30 AM	02/04/2024 5.30 PM	Spindle	9
19	05/05/2024 9.00 AM	05/05/2024 3.00 PM	Gearbox	6
20	01/06/2024 10.30 AM	01/06/2024 2.30 PM	Chuck	4
21	10/06/2024 9.00 AM	10/06/2024 3.00 PM	Bed	6
22	16/06/2024 2.00 PM	16/06/2024 5.00 PM	Tool Post	3
23	17/07/2024 9.00 AM	17/07/2024 4.00 PM	Gearbox	7
24	18/08/2024 8.30 AM	18/08/2024 4.30 PM	Spindle	8
25	04/11/2024 10.00 AM	04/11/2024 2.00 PM	Chuck	4
26	02/12/2024 8.30 AM	02/12/2024 4.30 PM	Gearbox	8
27	06/12/2024 9.00 AM	06/12/2024 4.00 PM	Spindle	7
28	28/01/2025 10.30 AM	28/01/2025 2.30 PM	Tool Post	4
29	01/02/2025 9.00 AM	01/02/2025 3.00 PM	Chuck	6
30	14/03/2025 8.30 AM	14/03/2025 5.30 PM	Spindle	9
31	10/04/2025 8.00 AM	10/04/2025 1.00 PM	Motor	5
32	18/04/2025 8.30 AM	18/04/2025 6.30 PM	Gearbox	10

B. Penerapan Metode

1). Pemilihan Sistem dan Pengumpulan Informasi

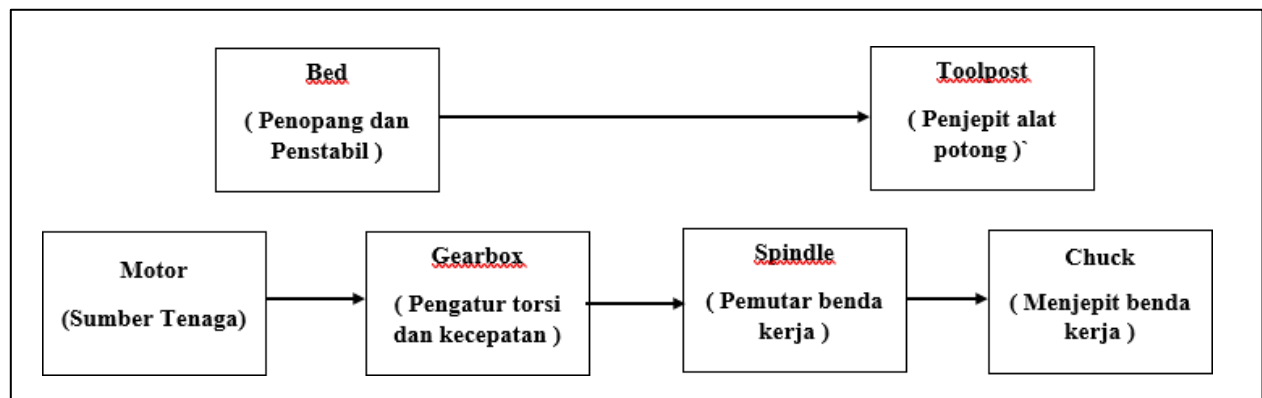
Tahap awal adalah memilih mesin yang akan dianalisis, yaitu mesin bubut DA 260-71 yang digunakan di Mkso PT. Sinergi Gula Nusantara Peltek Cluster Sumatera I. Data yang digunakan berupa data historis kerusakan dan *downtime* pada periode April 2023 sampai April 2025 data pada tabel 1. Data ini mencakup jenis komponen yang rusak, tanggal kejadian, dan lama *downtime*. Informasi ini dijadikan dasar untuk analisis lebih lanjut.

2). Batasan Sistem

Batasan sistem didefinisikan untuk menghindari tumpang tindih dengan sistem lain. Fokus penelitian hanya pada mesin bubut DA 260-71 dengan komponen utama yang sering mengalami kerusakan, yaitu Spindle, Chuck, Gearbox, Toolpost, Bed, dan Motor. Analisis terbatas pada data kerusakan dan perawatan tanpa melibatkan aspek biaya atau instalasi.

3). Diagram Sistem dan Blok Sistem

Untuk memahami hubungan antar komponen pada mesin bubut DA 260-71, diperlukan gambaran diagram blok fungsi. Diagram ini menjelaskan aliran fungsi mulai dari Motor sebagai sumber tenaga utama, kemudian diteruskan ke gearbox untuk mengatur torsi dan kecepatan, selanjutnya Spindle yang memutar benda kerja, Chuck yang menjepit benda kerja, Toolpost sebagai penahan alat potong, serta Bed yang menopang dan menjaga kestabilan proses. Dengan adanya diagram blok fungsi ini, keterkaitan antar komponen dapat dipahami secara visual.



Gambar 2. Diagram Blok Fungsi Mesin Bubut

4). Fungsi Sistem dan Kegagalan Fungsi

Setiap komponen mesin bubut memiliki fungsi spesifik untuk mendukung kelancaran proses pembubutan. Namun, dalam operasionalnya, komponen dapat mengalami kegagalan fungsi yang berpengaruh langsung terhadap kinerja mesin. Identifikasi fungsi dan kegagalan fungsi ini penting dilakukan sebagai dasar analisis lebih lanjut dalam FMEA dan LTA. Rangkuman fungsi serta kegagalan fungsi tiap komponen ditunjukkan pada Tabel 2 berikut.

Table 2. Fungsi Sistem dan Kegagalan Fungsi Mesin Bubut DA 260-71

Komponen	Fungsi	Kegagalan Fungsi
Motor	Menghasilkan tenaga penggerak utama mesin	Mesin tidak dapat beroperasi, daya putar tidak stabil
Gearbox	Mengatur torsi dan kecepatan putaran Spindle	Tidak dapat mengatur kecepatan, gigi aus atau patah
Spindle	Memutar benda kerja sesuai kecepatan yang ditentukan	Putaran tidak stabil, getaran tinggi, hasil tidak presisi
Chuck	Menjepit dan menahan benda kerja saat proses pembubutan	Rahang aus, benda kerja lepas, potensi bahaya bagi operator
Toolpost	Menahan dan mengatur posisi alat potong	Posisi alat tidak stabil, hasil potong tidak sesuai ukuran
Bed	Menopang, menjaga kestabilan, dan mengarahkan pergerakan carriage	Getaran tinggi, ketidakpresisian saat pemotongan

^a Pengolahan Data 2025

5). Failure Mode And Effect Analysis (FMEA)

Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) merupakan metode yang digunakan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan yang dapat terjadi pada komponen mesin, menganalisis penyebab serta dampaknya, dan menentukan tingkat prioritas perbaikan. Analisis ini dilakukan dengan menghitung nilai *Risk Priority Number* (RPN) yang diperoleh dari hasil perkalian antara nilai *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D).

Dalam penelitian ini, penentuan nilai *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D) dilakukan dengan menggunakan kuesioner. Kuesioner disusun berdasarkan kriteria skala penilaian FMEA (1–10). Responden yang dipilih adalah pihak-pihak yang memiliki pengalaman langsung terhadap operasional dan perawatan mesin bubut, yaitu Operator Mesin Bubut, Teknisi Perawatan, dan Kepala Sub Bagian Bubut.

Setiap responden diminta memberikan penilaian terhadap setiap mode kegagalan komponen dengan mempertimbangkan tingkat keparahan (*Severity*), kemungkinan terjadinya (*Occurrence*), dan kemampuan mendeteksi kegagalan (*Detection*). Nilai yang diperoleh dari masing-masing responden kemudian dihitung rata-ratanya untuk mendapatkan nilai akhir S, O, dan D. Nilai rata-rata didapatkan dari penjumlahan masing masing nilai S, O dan D kemudian dibagi dengan banyak responden. Dari data tersebut selanjutnya digunakan dalam perhitungan RPN.

Table 3. Hasil Kuesioner FMEA 3 Responden

Komponen	Kategori	Responden			Rata Rata
		Operator	Teknisi	Kepala Sub	
Spindle	S	8	8	8	8
	O	8	8	8	8
	D	4	4	4	4
Chuck	S	9	9	9	9
	O	7	7	7	7
	D	5	5	5	5
Gearbox	S	8	8	8	8
	O	6	6	6	6
	D	4	4	4	4
Toolpost	S	6	6	6	6
	O	5	5	5	5
	D	4	4	4	4
Bed	S	6	6	6	6
	O	3	3	3	3
	D	4	4	4	4
Motor	S	9	9	9	9
	O	3	3	3	3
	D	2	2	2	2

^b. Pengolahan Data 2025

Setelah didapatkan nilai rata rata dari kuesioner maka nilai *Saverity* (S), *Occurance* (O), dan *Detection* (D) maka dihitung lah nilai RPN nya. Berikut adalah hasil dari perhitungan nilai FMEA di paparkan dalam tabel 4 dibawah ini :

Table 4. Perhitungan FMEA

NO	Komponen	Fungsi	Jenis Kegagalan	Kasus Kegagalan	Efek Kegagalan	S	O	D	RPN
1	Spindle	Memutar benda kerja dengan presisi	Getaran tinggi	Aus pada bearing utama	Hasil pembubutan tidak presisi, kerusakan benda kerja	8	8	4	256

2	Chuck	Menjepit benda kerja pada posisinya	Tidak mencengkeram kuat	Rahang Chuck aus atau longgar	Benda kerja bisa lepas saat proses, menyebabkan kerusakan	9	7	5	315
3	Gearbox	Mengatur kecepatan dan torsi Spindle	Tidak bisa pindah gigi	Roda gigi aus atau patah	Tidak bisa mengatur kecepatan, proses bubut terhenti	8	6	4	192
4	Toolpost	Menahan dan memosisikan alat potong	Longgar saat pemotongan	Baut pengunci kendur	Hasil bubutan tidak rata, vibrasi alat meningkat	6	5	4	120
5	Bed	Menopang dan menjaga kelurusan gerak	Permukaan tidak rata	Kearusan rel atau deformasi	Carriage tidak stabil, dimensi hasil tidak akurat	6	3	4	72
6	Motor	Memberi daya putar ke Spindle	Tidak menyala	Kerusakan kapasitor atau jalur listrik	Mesin tidak dapat menyala, proses gagal dimulai	9	3	2	54

^c Pengolahan Data 2025

a. Kategori Kritis dan Tidak Kritis FMEA

Perhitungan FMEA yaitu mencari nilai *Risk Priority Number* (RPN) dan juga dilakukannya pengurutan nilai *Risk Priority Number* (RPN) dari yang tertinggi hingga terendah. Selanjutnya adalah melakukan pengkategorian kritis dan tidak kritis pada setiap kejadian risiko. Berikut merupakan rumus untuk mencari nilai rata-rata untuk menentukan suatu kejadian risiko kritis dan tidak kritis:

$$\text{Rata- Rata RPN} = \frac{\sum \text{nilai RPN}}{n}$$

$$\text{Rata- Rata RPN} = \frac{256+315+192+120+72+54}{6}$$

$$\text{Rata- Rata RPN} = 168,1$$

Keterangan :

$$\sum \text{nilai RPN} = \text{total nilai RPN}$$

$$N = \text{Total Kejadian Risiko Kerusakan}$$

Setelah diperoleh nilai rata-rata kemudian adalah pengkategorian kejadian risiko kerusakan mesin bubut yang termasuk kategori kritis atau tidak kritis. Kejadian risiko kerusakan mesin bubut dapat dikatakan kritis atau tidak kritis jika:

$$\text{RPN} > \text{rata-rata RPN} = \text{Kritis}$$

$$\text{RPN} < \text{rata-rata RPN} = \text{Tidak Kritis}$$

Berikut ini hasil analisa kategorisasi rpn dipaparkan dalam tabel 5 dibawah ini :

Table 5. Kategorisasi RPN

No	Komponen	Kejadian Resiko	Nilai RPN	Kategori
----	----------	-----------------	-----------	----------

1	Spindle	Hasil bubutan tidak presisi, kerusakan komponen lain, waktu proses bertambah	256	Kritis
2	Chuck	Benda kerja lepas saat proses, risiko keselamatan operator dan kerusakan produk	315	Kritis
3	Gearbox	Proses pembubutan tidak dapat dijalankan, downtime produksi meningkat	192	Kritis
4	Toolpost	Permukaan produk tidak rata, potensi vibrasi tinggi merusak alat potong	120	Tidak Kritis
5	Bed	Ketidaktepatan dimensi produk, keausan carriage, ketidakstabilan gerak	72	Tidak Kritis
6	Motor	Mesin tidak menyala, produksi berhenti total	54	Tidak Kritis

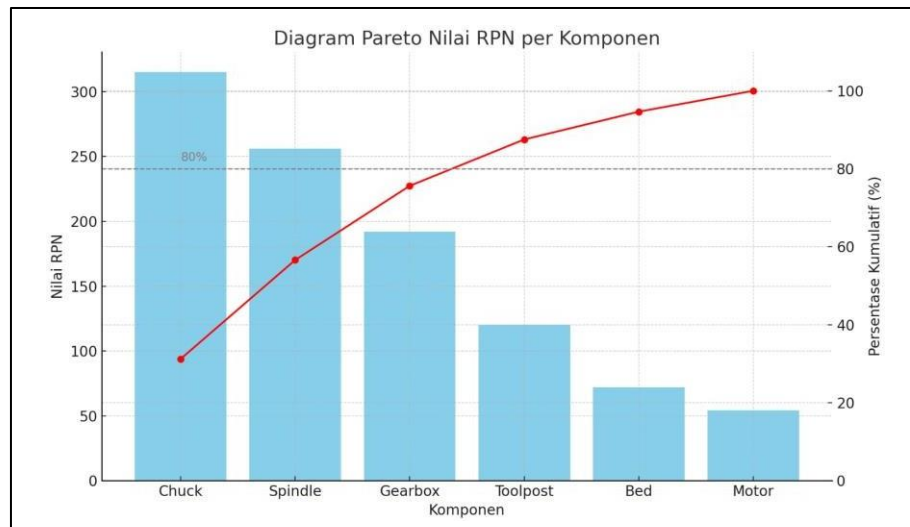
^d. Pengolahan Data 2025

Berdasarkan Tabel 5 terdapat 3 kategori kritis dan 3 kategori tidak kritis dari 6 kejadian risiko kerusakan mesin bubut. 3 kategori yang termasuk pada kategori kritis ini dikarenakan nilai *Risk Priority Number* (RPN) pada ketiga kejadian risiko kerusakan mesin bubut melebihi rata-rata dari keseluruhan kejadian risiko K3. Nilai rata-rata yang diperoleh untuk melakukan pengkategorian kritis atau tidak kritis yaitu sebesar 168,1.

Table 6. Presentase Nilai Kritis

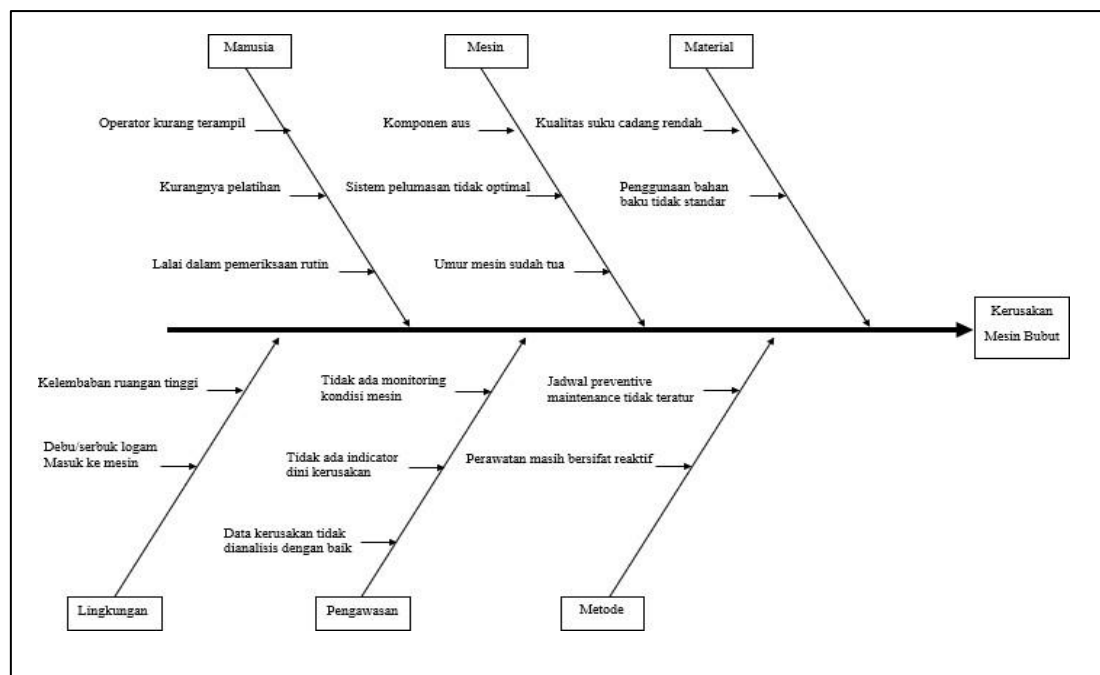
No.	Komponen	Nilai RPN	RPN kumulatif	Persentase RPN	Persentase RPN Kumulatif
1	Chuck	315	315	31,23%	31,23%
2	Spindle	256	571	25,37%	56,60%
3	Gearbox	192	763	19,03%	75,63%
4	Toolpost	120	883	11,89%	87,52%
5	Bed	72	955	7,13%	94,65%
6	Motor	54	1009	5,35%	100,00%
Total		1009		100,00%	

^e. Pengolahan Data 2025



Gambar 3. Diagram Pareto Nilai RPN

Pada diagram pareto diatas terlihat pada komponen Chuck mengalami nilai kerusakan tertinggi sedangkan pada komponen Motor memiliki nilai kerusakan terendah. Secara detail bahwa pada diagram pareto diatas didapatkan presentase frekuensi kerusakan pada komponen Chuck sebesar 31,23%, Spindle sebesar 25,37%, Gearbox sebesar 19,03%, Toolpost sebesar 11,89%, Bed 7,13% dan Motor sebesar 5,35%. Tabel dan diagram pareto ini digunakan untuk melihat dan mengidentifikasi masalah yang paling dominan menyebabkan kerusakan pada mesin Bubut.



Gambar 4. Diagram Sebab Akibat

- Dari aspek manusia, beberapa faktor yang mempengaruhi kerusakan mesin bubut adalah operator kurang terampil, kurangnya pelatihan dan lalai dalam pemeriksaan rutin.
- Dari aspek mesin, beberapa faktor yang mempengaruhi kerusakan mesin bubut adalah komponen aus, sistem pelumasan tidak optimal dan umur mesin sudah tua.

- c Dari aspek material, beberapa faktor yang mempengaruhi kerusakan mesin bubut adalah kualitas suku cadang rendah dan penggunaan bahan baku tidak standar.
- d Dari aspek lingkungan, beberapa faktor yang mempengaruhi kerusakan mesin bubut adalah kelembaban ruangan tinggi dan debu/serbuk logam masuk ke mesin.
- e Dari aspek pengawasan, beberapa faktor yang mempengaruhi kerusakan mesin bubut adalah tidak ada monitoring kondisi mesin, tidak ada indikator kerusakan dan data kerusakan tidak dianalisis dengan baik.
- f Dari aspek metode, beberapa faktor yang mempengaruhi kerusakan mesin bubut adalah jadwal perawatan preventif tidak teratur dan perawatan masih bersifat reaktif.

6). *Logic Tree Analysis* (LTA)

Komponen-komponen yang telah dikategorikan sebagai kritis melalui analisis FMEA selanjutnya dianalisis menggunakan *Logic Tree Analysis* (LTA). Tujuan dari LTA adalah untuk mengidentifikasi konsekuensi dari setiap mode kegagalan dan menentukan prioritas tindak lanjut. LTA mengelompokkan mode kegagalan ke dalam empat kategori, yaitu *Safety Problem*, *Outage Problem*, *Economic Problem*, dan *Hidden Failure*. Pengkategorian ini dilakukan oleh peneliti dan dibantu oleh teknisi yang memiliki pengalaman atas mesin bubut. Dengan metode ini, konsekuensi dari setiap kegagalan dapat terlihat lebih jelas sehingga strategi perawatan dapat disusun secara lebih tepat.

Table 7. Penyusunan *Logic Tree Analysis* (LTA)

No	Komponen	Fungsi	Failure Mode	Critically Analysis			
				Evident	Safety	Outage	Category
1	Spindle	Memutar benda kerja dengan presisi	Getaran tinggi	Y	N	Y	D
2	Chuck	Menjepit benda kerja pada posisinya	Tidak mencengkeram kuat	Y	Y	Y	D
3	Gearbox	Mengatur kecepatan dan torsi Spindle	Tidak bisa pindah gigi	Y	Y	Y	D
4	Toolpost	Menahan dan memosisikan alat potong	Longgar saat pemotongan	Y	Y	Y	D
5	Bed	Menopang dan menjaga kelurusan gerak	Permukaan tidak rata	N	N	Y	D
6	Motor	Memberi daya putar ke Spindle	Tidak menyala	Y	N	Y	D

⁴. Pengolahan Data 2025

Dari hasil tabel diatas, Chuck masuk ke dalam kategori *Safety Problem*, karena kegagalannya berpotensi menyebabkan benda kerja terlepas saat proses pembubutan. Hal ini tidak hanya menghentikan operasi mesin, tetapi juga menimbulkan risiko serius terhadap keselamatan operator. Spindle sebagian besar dikategorikan sebagai *Outage Problem*, karena apabila terjadi kegagalan, mesin tidak dapat berfungsi dan seluruh proses produksi akan terhenti. Gearbox juga berada dalam kategori *Outage Problem*, karena kerusakan pada gearbox menyebabkan gangguan transmisi torsi sehingga mesin bubut

tidak bisa dioperasikan. Komponen lain seperti Toolpost, Bed, dan Motor lebih cenderung masuk kategori *Economic Problem*, karena kegagalannya berdampak pada penurunan kualitas hasil produksi maupun peningkatan biaya perawatan, tanpa menimbulkan bahaya langsung bagi operator.

Dengan hasil LTA ini, dapat disimpulkan bahwa kegagalan pada komponen kritis mesin bubut tidak hanya berdampak pada *downtime* produksi, tetapi juga pada aspek keselamatan kerja. Oleh karena itu, diperlukan strategi perawatan yang tepat agar risiko dapat diminimalkan.

7). Pemilihan Tindakan (*Task Selection Road Map*)

Tahap terakhir dalam penerapan metode RCM adalah pemilihan tindakan perawatan atau Task Selection. Tujuan dari tahap ini adalah menentukan strategi perawatan yang paling sesuai untuk setiap mode kegagalan pada komponen mesin bubut DA 260-71, berdasarkan hasil analisis FMEA dan LTA. Task Selection mengacu pada tiga jenis tindakan utama, yaitu:

- a *Condition Directed*(CD): tindakan yang dilakukan berdasarkan hasil pemeriksaan kondisi komponen, misalnya inspeksi visual atau pengukuran getaran.
- b *Time Directed* (TD): tindakan pencegahan yang dilakukan secara terjadwal berdasarkan umur pakai komponen.
- c *Finding Failure* (FF): tindakan pengecekan berkala untuk menemukan kerusakan tersembunyi yang tidak dapat dideteksi langsung dalam kondisi normal.

Hasil pemilihan tindakan perawatan untuk komponen kritis mesin bubut DA 260-71 disajikan pada Tabel 8 berikut.

Table 8. Tindakan Task Selection

No	Equipment	Function	Failure mode	Critically Analysis							Selection Task
				1	2	3	4	5	6	7	
1	Spindle	Memutar benda kerja dengan presisi	Getaran tinggi	Y	Y	-	Y	-	-	-	TD
2	Chuck	Menjepit benda kerja pada posisinya	Tidak mencengkeram kuat	Y	-	Y	Y	Y	-	-	CD
3	Gearbox	Mengatur kecepatan dan torsi Spindle	Tidak bisa pindah gigi	-	Y	Y	-	-	-	-	FF
4	Toolpost	Menahan dan memosisikan alat potong	Longgar saat pemotongan	-	-	Y	Y	-	-	-	CD
5	Bed	Menopang dan menjaga kelurusan gerak	Permukaan tidak rata	-	-	Y	-	Y	-	-	FF
6	Motor	Memberi daya putar ke Spindle	Tidak menyala	Y	Y	-	-	-	-	-	TD

⁸ Pengolahan Data 2025

Berdasarkan hasil *Task Selection* pada Tabel 5, strategi perawatan untuk setiap komponen kritis mesin bubut DA 260-71 dapat ditentukan sesuai dengan karakteristik kegagalannya, Chuck dipilih strategi *Condition Directed*(CD), yaitu melalui inspeksi visual secara berkala untuk mendeteksi keausan pada rahang Chuck. Hal ini penting karena kegagalan pada Chuck termasuk kategori *Safety Problem*, sehingga diperlukan tindakan pencegahan yang cepat dan terjadwal. Spindle juga ditetapkan menggunakan strategi *Condition Directed*(CD). Pemeriksaan rutin dilakukan untuk memastikan Spindle tidak mengalami getaran berlebih atau ketidaksejajaran yang dapat memengaruhi kualitas pembubutan.

Gearbox ditetapkan dengan strategi *Time Directed* (TD), karena kerusakan gearbox umumnya terkait dengan umur pakai komponen, seperti keausan atau patahnya gigi. Oleh karena itu, penggantian komponen gearbox dilakukan secara periodik sesuai interval yang telah ditentukan. Komponen lain yang tidak masuk kategori kritis dapat dilakukan strategi *Finding Failure* (FF), yaitu melalui pengecekan periodik untuk mendeteksi kerusakan tersembunyi yang tidak terlihat secara langsung.

Hasil *Task Selection* ini menunjukkan bahwa sebagian besar tindakan perawatan mesin bubut DA 260-71 lebih diarahkan pada perawatan pencegahan (*preventive maintenance*) dengan fokus pada komponen Chuck, Spindle, dan gearbox. Strategi ini diharapkan dapat meminimalkan risiko kegagalan yang berdampak pada keselamatan, *downtime* produksi, maupun biaya perbaikan.

C. Perhitungan MTTF, MTTR dan *Availability*

1) Penentuan Komponen Kritis

Berdasarkan hasil analisis *Failure Mode And Effect Analysis* (FMEA) pada Tabel 4.2, diperoleh nilai *Risk Priority Number* (RPN) untuk setiap komponen mesin bubut DA 260-71. Hasilnya menunjukkan bahwa komponen Chuck memiliki nilai RPN tertinggi, yaitu 315, dibandingkan dengan komponen lainnya seperti Spindle (256) dan Gearbox (192). Nilai RPN yang tinggi menunjukkan bahwa Chuck memiliki risiko kegagalan paling besar terhadap kinerja mesin maupun keselamatan operator.

Dengan demikian, Chuck ditetapkan sebagai komponen paling kritis dan dipilih sebagai fokus utama dalam analisis lanjutan, yaitu perhitungan *Mean Time To Failure* (MTTF), *Mean Time To Repair* (MTTR), dan *Availability*. Penentuan ini dilakukan karena komponen dengan nilai RPN tertinggi dianggap memiliki dampak paling signifikan terhadap kelancaran operasi dan layak menjadi prioritas dalam strategi perawatan berbasis RCM.

2) Penentuan Distribusi Antar Waktu Kerusakan (*Time to failure*)

Kemudian pada saat komponen kritis sudah diketahui, dilanjutkan dengan menentukan jarak antara kerusakan pada komponen:

Table 9. Jarak Waktu Kerusakan Chuck

No	Waktu Kerusakan Chuck		TI
	Waktu Mulai	Waktu Selesai	
1	24/04/2023 8.00 AM	24/04/2023 2.00 PM	0
2	08/08/2023 11.00 AM	08/08/2023 4.00 PM	149760
3	14/12/2023 9.00 AM	14/12/2023 3.00 PM	181440
4	04/03/2024 11.30 AM	04/03/2024 4.30 PM	115200
5	01/06/2024 10.30 AM	01/06/2024 2.30 PM	125280
6	04/11/2024 10.00 AM	04/11/2024 2.00 PM	220320
7	01/02/2025 9.00 AM	01/02/2025 3.00 PM	125280

^h Pengolahan Data 2025

Pada pengujian berikut menggunakan metode *Least Square Curve Fitting* dimana adanya pemilihan nilai *Index of Fit* terbesar. Ada 4 distribusi untuk menghitung waktu kerusakan yaitu distribusi Eksponensial, Normal, Log Normal dan Weibull.

Table 10. Data antar perbaikan komponen Chuck

No	t_i (menit)	$\ln(t_i)$	$\ln(t_i) -$ rata rata $\ln(t)$	$\ln(t_i) -$ rata rata $\ln(t)$ ²	Z_{ti}	Fobs	Ftheory	D1	D2
1	240	5,480639	-0,237526	0,056419	-1,412796	0,071429	0,078858	-0,007429	0,078858
2	240	5,480639	-0,237526	0,056419	-1,412796	0,214286	0,078858	0,135428	-0,063999
3	300	5,703782	-0,014383	0,000207	-0,085547	0,357143	0,465913	-0,108771	0,180199

4	300	5,703782	-0,014383	0,000207	-0,085547	0,500000	0,465913	0,034087	0,037342
5	360	5,886104	0,167939	0,028204	0,998895	0,642857	0,841077	-0,198220	0,269649
6	360	5,886104	0,167939	0,028204	0,998895	0,785714	0,841077	-0,055363	0,555714
7	360	5,886104	0,167939	0,028204	0,998895	0,928571	0,841077	0,087494	0,841077

ⁱ Pengolahan Data 2025

$$D_n = \max(|D_1|, |D_2|) = 0,269649$$

H_0 = Data Time Failure berdistribusi weibull

H_1 = Data Time Failure tidak berdistribusi weibull

$$\alpha = 0,05$$

$$D_{\text{tabel}} = \frac{1,36}{\sqrt{7}} = 0,51450$$

Karena $D_n < D_{\text{tabel}}$, H_0 diterima, sehingga data TTR mengikuti distribusi Weibull

3) Penentuan Nilai Tengah Waktu Kerusakan (*Mean Time To Failure*)

Berikut ini adalah penentuan nilai tengah dari distribusi data waktu kerusakan *Mean Time To Failure* (MTTF) untuk distribusi eksponensial sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{MTTF} &= \frac{\sum \ln(t_i)}{n} \\ &= 152880 \text{ menit} \\ &= \frac{152880}{60 \times 24} = 106,17 \text{ hari} \end{aligned}$$

4) Penentuan Nilai Tengah Waktu Perbaikan (*Mean Time To Repair*)

Mean Time To Repair (MTTR) adalah rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki mesin atau komponen hingga kembali beroperasi normal.

$$\begin{aligned} \text{MTTR} &= \eta \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \\ &= 280,45 \text{ menit} \\ &= \frac{280,45}{60} = 4,67 \text{ jam} \end{aligned}$$

Keterangan :

η (eta) = *scale* parameter (karakteristik umur).

β (beta) = *shape* parameter (menentukan bentuk distribusi).

Γ (gamma function) = fungsi gamma, digunakan dalam perhitungan ekspektasi dari distribusi Weibull.

5) Penentuan Nilai Tengah Waktu Kerusakan (*Mean Time To Failure*)

Berikut ini adalah penentuan nilai tengah dari distribusi data waktu kerusakan *Mean Time To Failure* (MTTF) untuk distribusi eksponensial sebagai berikut:

$$\text{MTTF} = \frac{\sum \ln(t_i)}{n}$$

$$= 152880 \text{ menit}$$

$$= \frac{152880}{60 \times 24} = 106,17 \text{ hari}$$

6) Penentuan Nilai Tengah Waktu Perbaikan (*Mean Time To Repair*)

Mean Time To Repair (MTTR) adalah rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki mesin atau komponen hingga kembali beroperasi normal.

$$\begin{aligned} \text{MTTR} &= \eta \cdot \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \\ &= 280,45 \text{ menit} \\ &= \frac{280,45}{60} = 4,67 \text{ jam} \end{aligned}$$

Keterangan :

η (eta) = *scale* parameter (karakteristik umur).

β (beta) = *shape* parameter (menentukan bentuk distribusi).

Γ (gamma function) = fungsi gamma, digunakan dalam perhitungan ekspektasi dari distribusi Weibull.

7) *Availability*

Availability adalah ukuran seberapa sering suatu mesin atau sistem berada dalam kondisi operasional dibandingkan dengan total waktu.

$$\begin{aligned} \text{Availability} &= \frac{MTTF}{MTTF + MTTR} \\ &= 0,9979 \\ &= 99,79\% \end{aligned}$$

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis perawatan mesin bubut DA 260-71 menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM), maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- a Hasil FMEA menunjukkan bahwa Chuck merupakan komponen dengan nilai RPN tertinggi = 315, sehingga ditetapkan sebagai komponen kritis pada mesin bubut DA 260-71. Komponen lain yang juga tergolong kritis adalah Spindle (RPN = 256) dan Gearbox (RPN = 192), namun prioritas utama pada penelitian ini adalah Chuck karena nilai RPN-nya paling besar.
- b Tindakan perawatan pada mesin bubut dilakukan secara sistematis melalui tahapan RCM, yaitu, FMEA digunakan untuk mengidentifikasi komponen kritis, LTA digunakan untuk mengetahui konsekuensi kegagalan Chuck yang termasuk kategori *Safety Problem*, *Task Selection* digunakan untuk menentukan tindakan perawatan yang tepat.

Berdasarkan hasil analisis tersebut, tindakan perawatan yang dipilih untuk Chuck adalah kombinasi:

- *Condition Directed* (CD): inspeksi visual rutin untuk mendeteksi keausan dan penurunan fungsi penjepitan

- *Time Directed* (TD): penggantian komponen berdasarkan interval waktu tertentu,
- *Finding Failure* (FF): pemeriksaan mendalam secara berkala untuk mendeteksi kerusakan tersembunyi.

Dengan pendekatan ini, tindakan perawatan dapat ditetapkan secara terukur sehingga mendukung operasional mesin yang optimal.

- c Interval frekuensi optimal perawatan diperoleh melalui analisis keandalan berdasarkan nilai MTTF, MTTR, dan fungsi reliabilitas eksponensial. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa:
 - MTTF = 152880 menit (106,17 hari)
 - MTTR = 280,45 menit (4,67 jam)
 - *Availability* = 99,79%
 - Interval pemeriksaan optimal dilakukan setiap 11,17 hari sekali (pada reliabilitas 90%).
 - Interval penggantian pencegahan dilakukan setiap 17,23 hari sekali (pada reliabilitas 85%).

Dengan interval tersebut, mesin bubut dapat tetap terjaga tingkat keandalannya, *downtime* dapat diminimalkan, serta ketersediaan mesin tetap tinggi.

Berdasarkan hasil penelitian, peneliti memberikan beberapa saran sebagai berikut:

- a Perusahaan disarankan menerapkan metode RCM secara berkala untuk semua mesin utama lainnya, tidak hanya pada mesin bubut DA 260-71, guna meningkatkan keandalan dan efisiensi operasional.
- b Peningkatan pelatihan operator dan teknisi mengenai deteksi awal gejala kerusakan (*condition monitoring*) agar tindakan korektif dapat dilakukan lebih dini dan tepat sasaran.
- c Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk mempertimbangkan aspek biaya perawatan serta integrasi dengan sistem manajemen pemeliharaan berbasis software guna mempermudah proses pencatatan dan analisis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Potensi Utama yang telah memberikan dukungan dan fasilitas selama proses perkuliahan hingga penyusunan penelitian ini, serta kepada PT. Sinergi Gula Nusantara Peltek Cluster Sumatera I yang telah memberikan kesempatan sehingga studi ini dapat terlaksana dengan baik. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada seluruh pihak terkait lainnya yang telah membantu, memberikan bimbingan, serta dukungan dalam pembuatan penelitian ini.

REFERENSI

- [1] Winda Rosmayanti. (2022). Analisis Pemeliharaan Mesin Guna Meningkatkan Kelancaran Proses Produksi Pada Pt. Surya Citra Teknik Cemerlang. Universitas Pakuan Bogor.
- [2] Harnadi Bangun, I., Rahman, A., & Darmawan, Z. (N.D.).(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) Production Machine Maintenance Planning With Reliability Centered Maintenance (Rcm) Ii In Blowing Om Machine (A Case Study In PT Industri Sandang Nusantara Unit Patal Lawang). Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri, jmsi.studentjournal.ub.ac.id.
- [3] Setyawan, A., Hotma, A., Tumanggor, U., Rizali, M., Sia, M., Ol, M., & Selvija Tambun, S. (n.d.). (2023). Analisis Keandalan Mesin Screw Press dengan Metode MTTF. Prosiding Seminar Nasional Teknik Industri (SENASTI).

- [4] Wicaksono, N. R. W., & Rosady, S. D. N. (2024). Penerapan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) untuk Menentukan Strategi Perawatan Mesin Pencacah Sampah Organik. *Journal of Mechanical Engineering*, 1(4), 15. <https://doi.org/10.47134/jme.v1i4.3214>.
- [5] Alvin Soni Rolando. (2024). Analisis Perencanaan Perawatan Mesin Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (Rcm) Dan Age Replacement (Studi Kasus : Pt. Hi-Test Laboratory Of Mechanical Testing). Universitas Islam Indonesia.
- [6] Faris Rudiana, I., Yulia, L., & Nursolih, E. (n.d.). (2024). Analisis Pemeliharaan Mesin Produksi Dengan Metode Rcm (Reliability Centered Maintenance) Pada Pt. Surya Agrolika Reksa. Universitas Galuh.
- [7] Dhillon, B.S. (2002). *Engineering Maintenance : A Modern Approach* (1st ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420031843>.
- [8] Priambodo, B., Nursanti, E., Dimas, D., & Laksmana, I. (2021). Analisa Risiko Lift (Elevator) dengan Metode FMEA. In *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri*.
- [9] Waruwu, M., Pu`at, S. N., Utami, P. R. ., Yanti, E. ., & Rusydiana, M. . (2025). Metode Penelitian Kuantitatif: Konsep, Jenis, Tahapan dan Kelebihan. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 10(1), 917–932. <https://doi.org/10.29303/jipp.v10i1.3057>.
- [10] Hidayati, A., Mauliza, A. N., Satria, A., Sanjaya, V. F., Ekonomi, F., Islam, D. B., Islam, U., Raden, N., Lampung, I., Manajemen, S., & Syariah, B. (2023). Pengaruh Fasilitas Dan Kondisi Lingkungan Terhadap Kepuasan Mahasiswa (Studi Pada Mahasiswa Uin Ril). Universitas Tjut Nyak Dhien.
- [11] Vivid, D., Yudhi, S., Ningrum, A. Joko, S., Arneta, F., K. (2023). Analisis Pengaruh Kualitas Pelayanan Diklat Kepabeanan Terhadap Kepuasan Peserta Pelatihan *Jurnal Saintek Maritim*. Sekolah Tinggi Maritim Yogyakarta.
- [12] Hayati, S., Andre Saputra, L., & Tinggi Ilmu Akuntansi Nasional, S. (n.d.). (2023). Pengaruh Motivasi Kerja Terhadap Kinerja Karyawan Dengan Kepuasan Kerja Sebagai Variabel Intervening Pada Cv. Jaya Anugrah. *Business Management*, <https://ejournal.mandalanursa.org/index.php/Bisnis>
- [13] Mawaddah Inadjo, I., Moku, B. J., & Kandowangko, N. (n.d.). (2022). Adaptasi Sosial SDN 1 Pineleng Menghadapi Dampak Covid-19 Di Desa Pineleng 1 Kecamatan Pineleng Kabupaten Minahasa. Universitas Sam Ratulangi.
- [14] Ariyanti, N. ., Marleni, M., & Prasrihamni, M. . (2022). Analisis Faktor Penghambat Membaca Permulaan pada Siswa Kelas I di SD Negeri 10 Palembang. *Jurnal Pendidikan Dan Konseling (JPDK)*, 4(4), 1450–1455. <https://doi.org/10.31004/jpdk.v4i4.5462>.
- [15] Undari, S., Mohamad, M. (2024) Memahami Sumber Data Penelitian : Primer, Sekunder, Dan Tersier. *Jurnal Edu Research Indonesian Institute For Corporate Learning And Studies (Iicls)*.
- [16] Dewi, R., & Rizki, B. (2025). Pengaruh penggunaan fitur SpayLater dan flash sale Shopee terhadap perilaku konsumtif mahasiswa/i Muslim (Studi kasus pada mahasiswa/i FEB Universitas Potensi Utama). *Jurnal Media Informatika*, 6(3), 1634–1641. <https://doi.org/10.55338/jumin.v6i3.5174>
- [17] Dermawan, D. A., & Pohan, Y. A. (2024). Pengaruh disiplin, pelatihan kerja dan pengembangan karir terhadap kinerja karyawan pada PT. Bank Sumut Cabang Imam Bonjol. *Jurnal Dunia Pendidikan*, 5(2), 450–465. <https://doi.org/10.55081/jurdip.v5i2.3125>
- [18] Pohan, Y. A. (2024). Pengaruh kompensasi, lingkungan kerja non fisik dan stress kerja terhadap turnover intention karyawan pada PT. Mitra Tsunami Marine. *Jurnal Widya*, 5(2).
- [19] Gianing, E., & Pohan, Y. A. (2024). Pengaruh kepemimpinan transformasional, lingkungan kerja, pengembangan karir terhadap kinerja pegawai di Rumah Sakit Sinar Husni Medan. *Jurnal Widya*, 5(2), 1972–1978. <https://doi.org/10.54593/awl.v5i2.407>

- [20] Ramadhan, F., Wahyuni, E. S., & Prabowo, A. (2024). Perencanaan pensiun pada pekerja manufaktur di Kota Batam: Mengidentifikasi pengaruh sosial dan perilaku menabung. *Jurnal Menara Ekonomi: Penelitian dan Kajian Ilmiah Bidang Ekonomi*, 10(2), 65–78. <https://doi.org/10.31869/me.v10i2.5935>
- [21] Pane, S. H., & Prabowo, A. (2024). The influence of service quality and physical evidence on student satisfaction Potensi Utama University. *ePaper Bisnis: International Journal of Entrepreneurship and Management*, 1(4), 01–16. <https://doi.org/10.61132/epaperbisnis.v1i4.129>
- [22] Prabowo, A., Tanjung, Y., Wahyuni, E. S., & Aspan, H. (2025). Transformasi destinasi pemasaran: Model integratif pengembangan pariwisata berkelanjutan di kawasan objek wisata Sidebu-Debu, Kabupaten Karo Sumatera Utara. *Economic and Education Journal (Ecoducation)*, 7(2), 455–476. <https://doi.org/10.33503/ecoducation.v7i2.1687>
- [23] Lubis, K. S., Adam, A. A., Yusriadi, Y., Tanjung, A. P., & Azzahra, N. S. (2025). Analisis SWOT sebagai strategi penguatan daya saing UMKM depot air isi ulang pasca pendampingan manajerial dan digitalisasi. *Jurnal Bisnis Kompetitif*, 4(2), 154–159. <https://doi.org/10.35446/bisniskompetif.v4i2.2368>
- [24] Gulo, M. K., & Tanjung, A. P. (2025). Analisis brand trust, sales promotion, shopping emotion, terhadap keputusan pembelian konsumen brand fashion UNIQLO. *Jurnal Dunia Pendidikan*, 5(4), 1289–1298. <https://doi.org/10.55081/jurdip.v5i4.3552>
- [25] Kadariah, S., Syahrizal, R., & Sari, S. D. N. (2024). Eksistensi dan transformasi budaya lokal dalam strategi ketahanan ekonomi di Kota Padang Sumatera Barat. *HUMAN FALAH: Jurnal Ekonomi dan Bisnis Islam*, 11(2), 22–35. <https://doi.org/10.30829/hf.v11i2.21763>
- [26] Nazli, P., & Kadariah, S. (2024). Implementasi akad al-qardh pada perbankan syariah (Studi kasus PT. Bank Sumut Cabang Syariah Medan). *Jurnal Widya*, 5(2), 2266–2276. <https://doi.org/10.54593/awl.v5i2.436>
- [27] Aulanda, N. F., Hutagalung, M. A. K., Ridwan, M., & Aini, R. (2025). Effect of servant leadership on employee performance with work motivation as an intervening variable. *Digital Business: Tren Bisnis Masa Depan*, 16(1), 48–53. <https://doi.org/10.59651/digital.v16i1.264>
- [28] Gemilang, F., & Hutagalung, M. A. K. (2025). Analysis of Murabahah financing risk management strategies at PT. BPRS Al-Washliyah Medan. *BISEI: Jurnal Bisnis dan Ekonomi Islam*, 10(2), 139–147. <https://doi.org/10.33752/bisei.v10i2.10756>
- [29] Salsabilla, S., & Hutagalung, M. A. K. (2025). Analysis of the implementation of Islamic business ethics at Manna Supermarket Yogyakarta Campus. *BISEI: Jurnal Bisnis dan Ekonomi Islam*, 10(2), 108–116. <https://doi.org/10.33752/bisei.v10i2.10757>
- [30] Eka Putra, S., Nurmala Sari, T., Simatupang, J., Murtani, A., & Tanjung, Y. (2025). Analysis of the benefits of the 7P marketing mix strategy on the brand image of Butong Tea at PT Perkebunan Nusantara IV Bah Butong. *Jurnal Ilmiah Sosio-Ekonomika Bisnis*, 28(2), 30–37. <https://doi.org/10.22437/jiseb.v28i02.41506>