

Scheduling Machine Maintenance at the Krembung Sugar Factory Using the Reliability Centered Maintenance Method

Penjadwalan Perawatan Mesin Pada Stasiun Dipabrik Gula Krembung Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance

Mohammad Nabil Makarim¹, Tedjo Sukmono²
{nabilmakarim948@gmail.com¹, thedjoss@umsida.ac.id²}

^{1,2} Program Studi Teknik Industri, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

Abstract. *Kremlung Sugar Factory still faces problems in machine maintenance, where sudden machine breakdowns cause production downtime and there is no planned maintenance schedule yet. This study aims to determine the optimal maintenance scheduling at Kremlung Sugar Factory using the Reliability-Centered Maintenance (RCM) method. The analysis calculated Mean Time to Repair (MTTR) of 0.5364 hours (± 32 minutes), Mean Time Between Failure (MTBF) of 29.299 hours, a failure rate (λ) of 0.03414 per hour, Reliability $R(t)$ of 0.4408 (44.08%) at $t = 24$ hours, and Availability of 0.9820 (98.20%). Results indicate that ST Pemurnian and ST Gilingan experienced the highest failure frequency, caused by bearing failure, overload, overheating, oil contamination, and enzyme activity. Based on the MTBF value, the optimal preventive maintenance interval is every 2 days (approximately every 29 hours), scheduled before potential component failures occur. This scheduling is expected to minimize downtime, reduce unplanned repair costs, and improve overall production efficiency at the factory.*

Keywords - Machinery; RCM; Machinery Maintenance Scheduling; Maintenance.

Abstrak. *Pabrik Gula Kremlung masih menghadapi permasalahan dalam perawatan mesin, di mana kerusakan mesin yang terjadi secara mendadak menyebabkan downtime produksi dan belum adanya jadwal perawatan yang terencana. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan jadwal perawatan optimal pada stasiun-stasiun di Pabrik Gula Kremlung menggunakan metode Reliability-Centered Maintenance (RCM). Analisis menghasilkan nilai MTTR sebesar 0,5364 jam (± 32 menit), MTBF sebesar 29,299 jam, laju kegagalan (λ) sebesar 0,03414 per jam, Reliability $R(t)$ sebesar 0,4408 (44,08%) pada $t = 24$ jam, dan Availability sebesar 0,9820 (98,20%). Hasil menunjukkan bahwa ST Pemurnian dan ST Gilingan memiliki frekuensi kerusakan tertinggi yang disebabkan oleh bearing failure, overload, overheating, kontaminasi oli, serta aktivitas enzim dan mikroba. Berdasarkan nilai MTBF tersebut, interval perawatan preventif yang optimal adalah setiap 2 hari sebelum mesin mengalami kerusakan komponen. Penjadwalan ini diharapkan dapat meminimalkan downtime, mengurangi biaya perbaikan tidak terencana, serta meningkatkan efisiensi dan produktivitas operasional pabrik secara keseluruhan.*

Kata Kunci – Mesin; RCM; Penjadwalan Perawatan Mesin; Perawatan.

I. PENDAHULUAN

Dalam sektor industri manufaktur, mesin menjadi aset krusial yang menopang keberlangsungan proses produksi secara menyeluruh. Setiap perusahaan dituntut mampu mengidentifikasi dan menekan berbagai potensi gangguan yang dapat menghambat jalannya operasional. Salah satu ancaman utama yang kerap dihadapi adalah terjadinya kerusakan mesin secara tidak terduga, yang tidak hanya mengakibatkan hilangnya waktu produktif, tetapi juga berdampak langsung pada peningkatan biaya operasional perusahaan[1]. Kerusakan mesin yang terjadi secara tiba-tiba berpotensi menghambat dan bahkan melumpuhkan target produksi yang sebelumnya telah direncanakan. Kondisi ini memaksa perusahaan untuk mengalihkan sumber daya guna menangani perbaikan darurat, sehingga jadwal produksi yang telah disusun menjadi terganggu. Oleh sebab itu, penerapan perawatan mesin yang terjadwal menjadi langkah strategis untuk mencegah terjadinya kerusakan mendadak yang merugikan[2]. Sebuah mesin tersusun atas berbagai komponen yang masing-masing memiliki peran penting dalam mendukung kelancaran operasional. Apabila salah satu komponen kritis mengalami kegagalan fungsi, dampak yang ditimbulkan dapat sangat signifikan, mulai dari terhentinya proses produksi hingga kerugian finansial yang tidak sedikit akibat hilangnya jam kerja mesin. Untuk itu, perencanaan kegiatan perawatan pada setiap mesin menjadi suatu keharusan agar pemanfaatan sumber daya dapat dioptimalkan secara menyeluruh. Dengan demikian, diperlukan pendekatan analitis yang tepat dalam menentukan interval waktu perawatan preventif, guna memastikan kondisi mesin senantiasa terjaga sesuai dengan tingkat keandalannya[3].

Namun, peningkatan otomasi ini juga menimbulkan tantangan baru, di mana ketergantungan tinggi terhadap mesin justru membuat perusahaan rentan terhadap gangguan teknis yang menyebabkan downtime produksi[4]. Tingginya frekuensi kerusakan mesin di lingkungan pabrik tidak terlepas dari intensitas penggunaan yang sangat tinggi, di mana

mesin beroperasi secara terus-menerus sepanjang hari kerja tanpa jeda yang memadai. Kondisi ini memicu berbagai masalah teknis seperti overheating, keausan komponen, hingga penurunan performa akibat beban kerja yang melebihi kapasitas yang direkomendasikan. Tanpa adanya jadwal perawatan yang terstruktur, mesin yang terus dipaksakan beroperasi justru akan semakin rentan mengalami kerusakan yang lebih serius dan membutuhkan biaya perbaikan yang jauh lebih besar[5]. Ketiadaan sistem perawatan yang terencana dan sistematis dapat membawa dampak kerugian yang cukup serius bagi perusahaan. Mesin yang dibiarkan beroperasi tanpa pemeliharaan yang memadai berisiko mengalami kerusakan permanen sehingga tidak lagi dapat difungsikan, sementara kualitas produk yang dihasilkan pun cenderung menurun yang ditandai dengan meningkatnya jumlah produk cacat. Lebih dari itu, penggantian komponen mesin yang dilakukan secara berulang akibat kerusakan yang tidak tertangani dengan baik turut menambah beban biaya material yang harus ditanggung oleh perusahaan[6]. Lebih jauh dari itu, seluruh sarana dan peralatan yang digunakan dalam proses produksi perlu dipelihara secara berkala agar kondisinya tetap terjaga dengan baik sepanjang masa penggunaannya. Tujuannya adalah agar setiap mesin dan peralatan dapat bertahan dan berfungsi secara optimal hingga batas usia pakai yang telah ditetapkan sesuai dengan rencana operasional perusahaan[7].

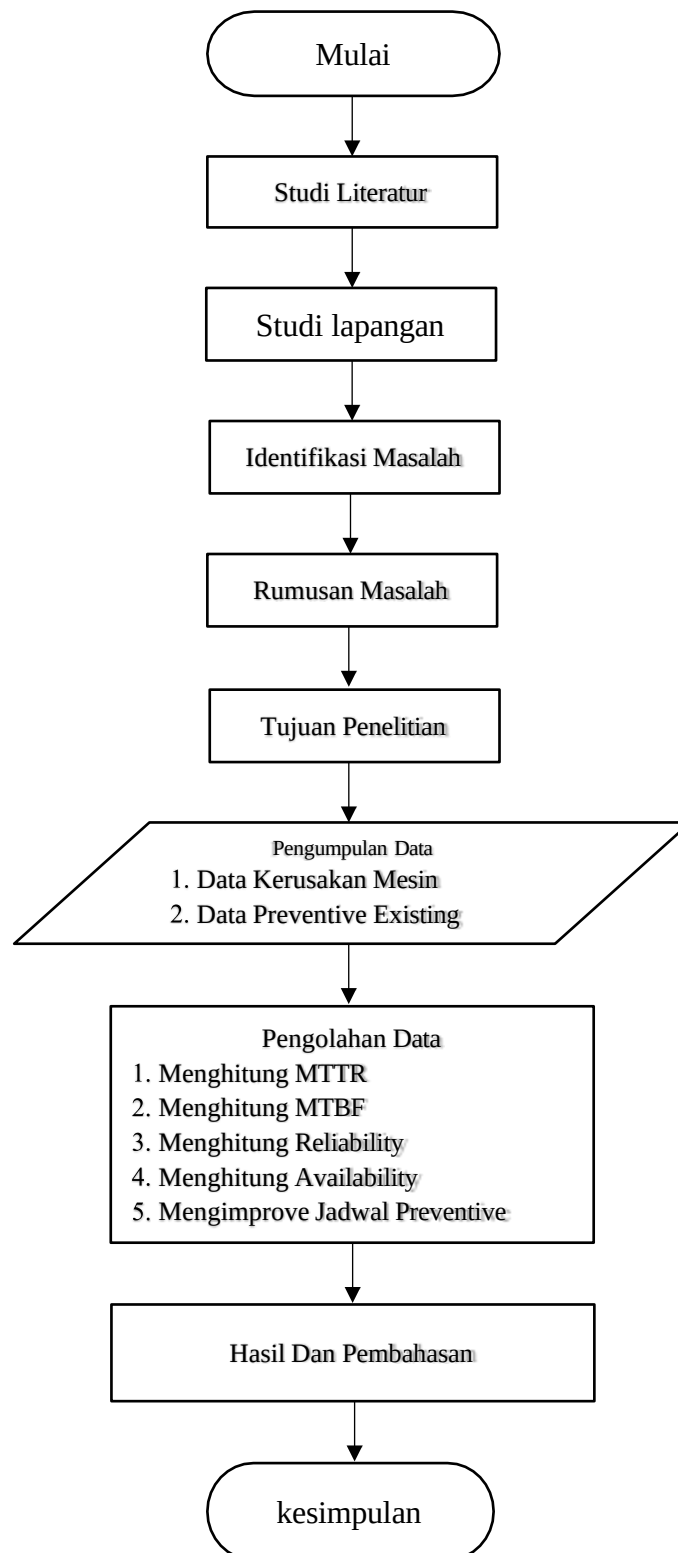
Selain itu, badan usaha sering mengalami penghentian proses manufaktur, di mana mesin tiba-tiba berhenti, kecepatan produksinya, waktu mengatur operasional mesin dan penyesuaian menyebabkan mesin menghasilkan barang yang rusak, dan mesin tidak bekerja secara efisien. Hal mengakibatkan kerugian badan usaha karena selain menurunkan efisiensi dan efektifitas mesin, juga akan menurunkan efisiensi mesin[8]. Akibatnya, produktivitas menurun dan biaya perbaikan, yang berdampak pada ketidakefisienan operasional. Oleh karena itu, Guna menjamin kesinambungan operasional, perusahaan perlu merancang dan mengimplementasikan strategi pemeliharaan yang lebih terencana dan efektif, sehingga setiap mesin dapat senantiasa beroperasi dalam kondisi prima dan mendukung tercapainya target produksi yang telah ditetapkan. Dalam konteks industri manufaktur, kegiatan pemeliharaan mesin bukan sekadar tindakan korektif, melainkan merupakan bagian integral dari manajemen produksi yang bertujuan menjaga keberlangsungan proses secara keseluruhan. Dengan pemeliharaan yang dilakukan secara konsisten dan terstruktur, risiko gangguan akibat kerusakan mesin dapat ditekan seminimal mungkin sehingga efisiensi dan produktivitas pabrik tetap terjaga[9]. Di samping aspek penjadwalan, perhatian terhadap pemeliharaan yang optimal juga tidak boleh diabaikan, terutama pada mesin-mesin produksi yang memiliki jam operasional tinggi. Mesin-mesin tersebut memerlukan inspeksi dan evaluasi kondisi secara rutin mengingat intensitas pemakaiannya yang tinggi berpotensi mempercepat laju keausan dan penurunan performa komponen. Dengan demikian, pemeriksaan berkala menjadi langkah preventif yang sangat penting untuk memastikan mesin-mesin tersebut tetap dapat beroperasi secara handal dan efisien sesuai dengan kebutuhan produksi[10].

Berdasarkan kondisi tersebut, pengembangan strategi perawatan yang tidak hanya efektif dalam menjaga keandalan mesin, tetapi juga efisien dari sisi pengeluaran menjadi suatu kebutuhan yang mendesak bagi perusahaan. Strategi yang tepat sasaran akan membantu perusahaan dalam menekan biaya perawatan secara signifikan, sekaligus menghindari pemborosan akibat perbaikan darurat yang tidak terencana[11]. Pelaksanaan pengendalian penjadwalan produksi pada dasarnya diarahkan untuk memastikan bahwa seluruh rangkaian kegiatan produksi dan operasional dapat berjalan secara terarah, efisien, serta mencapai hasil optimal sesuai dengan target ditetapkan. Melalui penjadwalan yang terencana dengan baik, perusahaan dapat memaksimalkan pemanfaatan sumber daya yang tersedia, mengurangi waktu tunggu yang tidak produktif, serta meminimalisir potensi keterlambatan yang dapat menghambat kelancaran proses produksi secara keseluruhan[12]. *Reliability Centered Maintenance* (RCM) atau perawatan berbasis keandalan merupakan suatu pendekatan perencanaan pemeliharaan yang bersifat proaktif dan terstruktur, dirancang untuk memastikan setiap aset fisik mampu menjalankan fungsinya secara berkelanjutan sesuai dengan kebutuhan penggunaannya. Metode ini tidak hanya berfokus pada tindakan perbaikan semata, melainkan juga mengombinasikan strategi *preventive* dan *corrective maintenance* guna memaksimalkan keandalan sistem dalam konteks pengoperasian yang sesungguhnya. Dengan penerapan RCM yang tepat, perusahaan dapat memperoleh program perawatan yang lebih efisien sekaligus menjaga ketersediaan mesin pada tingkat yang optimal[13]. RCM mengombinasikan analisis kegagalan dengan penentuan interval perawatan berbasis data keandalan mesin[14]. Secara mendasar, tujuan utama dari kegiatan pemeliharaan mesin adalah untuk mempertahankan tingkat keandalan (*reliability*) setiap mesin agar senantiasa mampu menjalankan fungsinya secara optimal sesuai dengan yang diharapkan dalam proses produksi. Guna mendukung ketercapaian tujuan tersebut, penerapan manajemen risiko menjadi bagian yang tidak terpisahkan, di mana identifikasi, pengukuran, dan pengendalian risiko pada setiap komponen mesin perlu dilakukan secara terstruktur dan komprehensif. Dengan memahami faktor-faktor risiko yang berpotensi menyebabkan kegagalan komponen, perusahaan dapat merancang tindakan perawatan yang lebih tepat sasaran sehingga keandalan dan ketersediaan mesin dapat terjaga secara berkesinambungan[15].

II. METODE

Penelitian ini menerapkan pendekatan kuantitatif sebagai landasan metodologi, mengingat permasalahan yang menjadi fokus kajian telah diidentifikasi dan dirumuskan secara spesifik serta terukur. Pemilihan pendekatan ini didasarkan pada pertimbangan bahwa proses analisis memerlukan dukungan data yang bersifat numerik dan objektif, yang diperoleh melalui pengukuran terhadap variabel-variabel yang menjadi objek penelitian. Dengan demikian, hasil

analisis yang dihasilkan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah dan memberikan gambaran yang akurat mengenai kondisi nyata yang terjadi di lapangan[16].



Gambar 1 Diagram Alur Penelitian

Diagram alur penelitian tersebut sudah runtut dari studi literatur, studi lapangan, identifikasi dan perumusan masalah, penetapan tujuan, pengumpulan serta analisis data dengan metode RCM hingga hasil dan kesimpulan, tetapi masih dapat diperjelas dengan memecah tahap analisis RCM menjadi sub-tahap yang lebih rinci.

Data yang dianalisis dalam penelitian ini mencakup 11 kejadian kerusakan yang terjadi pada berbagai stasiun di pabrik, yang kemudian dijadikan dasar dalam proses pengolahan dan evaluasi kondisi mesin secara menyeluruh.

Berdasarkan karakteristik data tersebut, metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dipilih sebagai pendekatan utama karena sifatnya yang terstruktur dan sistematis dalam merumuskan strategi pemeliharaan yang sesuai dengan kebutuhan operasional. Proses analisis dilakukan secara bertahap, meliputi perhitungan nilai keandalan (*reliability*), ketersediaan (*availability*), rata-rata waktu perbaikan (*Mean Time to Repair/MTTR*), serta rata-rata waktu antar kerusakan (*Mean Time Between Failure/MTBF*) sebagai indikator utama dalam menilai performa dan kondisi mesin[5].

Reliability Centered Maintenance (RCM) dapat didefinisikan sebagai serangkaian proses yang dirancang secara sistematis menentukan tindakan perawatan yang tepat, guna memastikan setiap aset fisik mampu menjalankan fungsinya secara konsisten sesuai dengan yang dikehendaki oleh penggunaanya dalam konteks operasional yang berlaku. Pendekatan ini bersifat komprehensif karena tidak hanya berfokus pada perbaikan semata, melainkan juga mencakup identifikasi mode kegagalan, evaluasi konsekuensi, serta pemilihan strategi pemeliharaan yang paling efektif dan efisien. Dalam pelaksanaannya, proses RCM pada dasarnya ditelusuri melalui tujuh pertanyaan mendasar yang mencakup aspek fungsi aset, bentuk kegagalan fungsi, penyebab kegagalan, dampak yang ditimbulkan, konsekuensi kegagalan, tindakan pencegahan yang dapat dilakukan, serta langkah alternatif apabila tindakan pencegahan yang sesuai tidak ditemukan. [17].

1. *Mean Time to Repair* (MTTR):

Mean Time to Repair (MTTR) merupakan salah satu metrik kunci dalam manajemen pemeliharaan yang berfungsi untuk mengukur rata-rata waktu durasi waktu yang diperlukan untuk mendeteksi, mendiagnosis, dan menyelesaikan perbaikan suatu sistem atau peralatan setelah mengalami kegagalan hingga kembali beroperasi secara normal. Nilai MTTR yang rendah mencerminkan efisiensi proses perbaikan yang baik, sehingga downtime produksi dapat ditekan secara signifikan. Melalui pemantauan MTTR secara konsisten dan berkala, organisasi dapat memperoleh gambaran yang jelas mengenai area-area yang memerlukan peningkatan, mengenali pola atau tren kegagalan yang berulang, serta merumuskan keputusan strategis dalam mengoptimalkan program perawatan secara keseluruhan.

MTTR mengukur rata-rata waktu yang diperlukan untuk memperbaiki peralatan setelah terjadi kegagalan. Rumusnya adalah.

$$MTTR = \frac{\text{Total Waktu Perbaikan}}{\text{Jumlah Kegagalan}} \dots\dots\dots [18].$$

2. *Mean Time Between Failure* (MTBF)

MTBF ialah salah satu ukuran keandalan peralatan yang menunjukkan rata-rata waktu operasi mesin antara dua kerusakan berturut-turut. Nilai MTBF yang tinggi menunjukkan tingkat keandalan yang baik, artinya mesin dapat beroperasi lebih lama tanpa mengalami kerusakan. MTBF dengan rumus.

$$MTBF = \frac{\text{Total Waktu Operasi}}{\text{Jumlah Kerusakan}} \dots\dots\dots [19].$$

3. *Reliability* (Keandalan)

Reliability adalah karakteristik dari suatu sistem atau komponen, yang dinyatakan dengan probabilitas bahwa sistem tersebut akan melakukan fungsi yang diperlukan dalam kondisi tertentu untuk interval waktu yang ditentukan[20].

$$R(t) = e^{-\lambda t} \dots\dots\dots [17].$$

Keterangan:

$R(T)$ = keandalan pada waktu t

λ = laju kegagalan

4. *Availability* (ketersediaan)

Availability atau ketersediaan merupakan suatu rasio yang menggambarkan sejauh mana waktu yang tersedia dapat dimanfaatkan secara efektif untuk kegiatan operasi suatu mesin atau peralatan dalam periode tertentu. Nilai *availability* dipengaruhi oleh dua komponen kerugian utama, yaitu equipment failure yang merujuk pada kerusakan atau *breakdown* mesin secara tiba-tiba yang menyebabkan mesin tidak dapat menghasilkan output, serta setup and adjustment yang merupakan kerugian waktu akibat proses penyetelan dan penyesuaian mesin sebelum kembali beroperasi. Semakin tinggi nilai *availability* suatu mesin, semakin besar proporsi waktu operasional yang dapat dimanfaatkan secara produktif, sehingga efisiensi dan output produksi secara keseluruhan dapat ditingkatkan. Rumus yang digunakan untuk mengukur *availability* adalah sebagai berikut[21]:

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \dots\dots\dots [17].$$

Keterangan :

A = ketersediaan

MTBF = waktu rata-rata antara kegagalan

MTTR = waktu rata-rata untuk memperbaiki

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengumpulan Data

Setelah memahami prosedur perawatan mesin yang diterapkan, langkah selanjutnya adalah mengumpulkan dan menganalisis data pendukung guna memperoleh nilai rata-rata interval antar kerusakan (*Mean Time Between*

Failure/MTBF) serta nilai rata-rata waktu perbaikan (*Mean Time to Repair/MTTR*). Dalam konteks ini, *Time to Repair* (TTR) merujuk pada total durasi waktu yang dibutuhkan oleh teknisi untuk menyelesaikan perbaikan, terhitung sejak mesin mengalami kegagalan hingga kembali dapat beroperasi secara normal. Sementara itu, *Time Between Failure* (TBF) merupakan rentang waktu antara berakhirnya satu kerusakan dengan terjadinya kerusakan berikutnya, yang mencerminkan seberapa lama mesin mampu beroperasi tanpa gangguan setelah diperbaiki.

Tabel 1 Data Perawatan Stasiun Pabrik Gula.

No	Nama Stasiun	Tanggal	Waktu Mulai Rusak	Waktu Selesai Diperbaiki	MTTR	MTBF
1	Power House	15 juni 2025	04.18	06.00	102 menit	
2	Power House	21 juni 2025	10.05	10.32	27 menit	8.987 menit
3	ST Pemurnian	26 juni 2025	07.49	07.54	5 menit	7.064 menit
4	ST Gilingan	26 juni 2025	09.24	09.24	20 menit	95 menit
5	ST Pemurnian	26 juni 2025	14.49	14.49	4 menit	325 menit
6	ST Pemurnian	27 juni 2025	11.03	11.19	16 menit	1.214 menit
7	ST Gilingan	27 juni 2025	12.10	12.40	30 menit	67 menit
8	ST Pemurnian	27 juni 2025	20.10	20.25	15 menit	480 menit
9	ST Pemurnian	27 juni 2025	21.30	21.45	15 menit	80 menit
10	Power House	27 juni 2025	23.09	23.09	19 menit	99 menit
11	ST Penguapan	28 juni 2025	14.35	16.16	101 menit	926 menit
Total					354 menit	19.337 menit

Data dikumpulkan dari tanggal 15 hingga 28 Juni 2025, mencakup 11 kejadian kerusakan pada empat stasiun: *Power House*, ST Gilingan, ST Pemurnian, dan ST Penguapan dan menunjukkan total *downtime* 354 menit dan total waktu antar kerusakan 19.337 menit, dengan frekuensi gangguan tertinggi di ST Pemurnian dan ST Gilingan sementara *Power House* serta ST Penguapan memiliki TBF besar namun TTR per kerusakan relatif lebih lama. Setelah mengetahui waktu kerusakan dan perbaikan, langkah selanjutnya menghitung nilai rata-rata waktu kerusakandan perbaikan.

B. Pengolahan Data

1. MTTR

Hasil data selama periode 15 juni 2025 sampai dengan 28 juni 2025, MTTR untuk stasiun pabrik, dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{MTTR (Jam)} &= \frac{\text{Total Waktu Perbaikan/Kerusakan}}{\text{Total Jumlah Kerusakan}} \\
 &= \frac{354}{11} \\
 &= 32,181 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

2. MTBF

Hasil data selama periode 15 juni 2025 sampai dengan 28 juni 2025, MTBR untuk stasiun pabrik, dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{MTBF (Jam)} &= \frac{\text{Total Jam Operasi}}{\text{Jumlah Total Kerusakan}} \\
 &= \frac{19.337}{11} \\
 &= 1.757 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

3. Reliability (Keandalan)

Hasil data selama periode 15 juni 2025 sampai dengan 28 juni 2025, *Reliability* (Keandalan) untuk stasiun pabrik, dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \lambda &= \frac{1}{1.757} = 0,00056 \\
 t &= 24 \\
 R(t) &= e^{-\lambda t} \\
 R(t) &= e^{-0,00056/24} \\
 R(t) &= e^{-0,999} \\
 R(t) &= 0,3682 = 36,82\%
 \end{aligned}$$

4. Availabilty (Ketersediaan)

Hasil data selama periode 15 juni 2025 sampai dengan 28 juni 2025, *Availabilty* (Ketersediaan) untuk stasiun pabrik, dapat dihitung sebagai berikut:

$$A = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}}$$

$$A = \frac{1.757}{1.757 + 32,181}$$

$$A = 0,05177 = 51,77\%$$

Setelah seluruh data waktu kerusakan dan waktu perbaikan berhasil diperoleh dan dihitung, hasil tersebut kemudian dirangkum secara sistematis dalam bentuk tabel rekapitulasi guna mempermudah proses pembacaan dan interpretasi data. Rekapitulasi nilai waktu kerusakan dan waktu perbaikan pada masing-masing stasiun secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 2.

Table 2 data waktu kerusakan dan waktu perbaikan

No	Nama Stasiun	MTTR	MTBF	Reliability	Availability
1	Power House				
2	ST Gilingan				
3	ST Pemurnian	32,181 menit	1.757 menit	0,3682 (36,82%)	0,05177 (51,77%)
4	ST Penguapan				

Berdasarkan hasil rekapitulasi pada Tabel 2, dapat dilihat bahwa mesin di Pabrik Gula Krembung secara umum memiliki nilai Mean Time to Repair (MTTR) sebesar 0,5364 jam, atau setara dengan kurang lebih 32 menit. Durasi ini tergolong relatif singkat, sehingga dapat diartikan bahwa proses penanganan perbaikan mesin berjalan cukup efisien dan tidak memakan waktu lama setiap kali terjadi kerusakan. Sementara itu, nilai Mean Time Between Failure (MTBF) yang diperoleh sebesar 1.757 menit mengindikasikan bahwa mesin umumnya sanggup beroperasi selama hampir 30 jam berturut-turut sebelum mengalami gangguan atau kerusakan kembali. Angka MTBF inilah yang selanjutnya dijadikan acuan dalam menetapkan interval pelaksanaan preventive maintenance, yaitu setiap 2 hari sekali.

Nilai reliability yang tercatat sebesar 0,3682 atau 36,82% pada $t = 24$ jam memperlihatkan bahwa kemungkinan mesin dapat terus beroperasi tanpa mengalami gangguan dalam rentang waktu 24 jam masih berada di bawah angka 50%. Hal ini mengisyaratkan bahwa tingkat keandalan mesin berada pada kategori sedang, sekaligus mengindikasikan adanya risiko cukup besar bagi mesin untuk mengalami kegagalan sebelum menyelesaikan satu hari penuh operasi.

Di sisi lain, nilai availability yang mencapai 0,05177 atau 51,77% tergolong sangat baik, yang mengartikan bahwa kendati mesin relatif sering mengalami gangguan, durasi waktu yang terbuang untuk perbaikan tetap tergolong kecil jika dibandingkan dengan total waktu operasional secara keseluruhan. Kondisi ini menegaskan bahwa ketersediaan mesin untuk mendukung kegiatan produksi tetap dapat dipertahankan pada tingkat yang optimal.

Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa secara umum kinerja pemeliharaan mesin di Pabrik Gula Krembung telah berjalan cukup baik, terutama dilihat dari kecepatan proses perbaikan dan tingkat ketersediaan operasionalnya. Namun, tingkat keandalan (*reliability*) yang masih berada di bawah 50% dalam siklus 24 jam mengindikasikan bahwa penerapan jadwal preventive maintenance perlu dilakukan secara lebih konsisten, guna menekan tingginya frekuensi kerusakan mendadak, khususnya pada stasiun ST Pemurnian dan ST Gilingan yang tercatat sebagai stasiun dengan tingkat kerusakan paling sering terjadi.

Table 3 Bagian Stasiun Pabrik Yang Sering Mengalami Kerusakan

No	Nama Stasiun	Kendala Kerusakan
1	Power House	Beban berlebihan (<i>overload</i>), kerusakan AVR (<i>automatic voltage regulator</i>) Kurangnya pelumasan (<i>lubrication failure</i>), panas berlebihan (<i>overheating</i>).
2	St Gilingan	Kerusakan bantalan (<i>bearing</i>), beban berlebihan (<i>overload</i>), gesekan dan han-Taman.
3	St Pemurnian	Aktivitas enzim dan mikroba, proses inversi sukrosa, waktu tunda (lama penampungan), kurangnya pengawetan alami.
4	St Penguapan	Penurunan performa (daya hisap lemah), filter tersumbat dan overheat, Kontaminasi dan kerusakan oli

Availability atau ketersediaan mesin merujuk pada kemampuan suatu mesin untuk siap difungsikan pada waktu yang dibutuhkan dalam proses produksi. Nilai persentase ketersediaan diperoleh dari perbandingan antara jam kerja aktual yang terealisasi dengan jam kerja yang telah direncanakan sebelumnya, sehingga dalam perhitungannya diperlukan tiga komponen data, yaitu jam kerja sebenarnya, jam kerja yang direncanakan, serta jam kerja yang tertunda akibat gangguan teknis maupun non-teknis. Pada dasarnya, *availability* mengukur proporsi waktu di mana mesin benar-benar beroperasi secara aktif dibandingkan dengan total waktu yang seharusnya digunakan untuk memproduksi. Berdasarkan hasil analisis, nilai *availability* pada seluruh stasiun pabrik menunjukkan angka 0,05177 atau 51,77%, yang mengindikasikan bahwa setiap stasiun mampu memproduksi hampir sepanjang waktu operasional yang direncanakan dengan kebutuhan waktu perawatan dan perbaikan yang relatif minimal.

C. Penjadwalan Perawatan Mesin

Berdasarkan keseluruhan hasil analisis yang telah diperoleh, langkah berikutnya adalah menyusun jadwal perawatan mesin secara terjadwal dan terencana sebagai upaya preventif untuk menghindari atau setidaknya meminimalisir potensi terjadinya kerusakan berat yang dapat mengganggu keberlangsungan proses produksi.

Mengacu pada nilai MTBF yang menunjukkan rata-rata interval kerusakan mesin sebesar 29 jam, serta mempertimbangkan kondisi mesin yang beroperasi selama 24 jam penuh tanpa henti, maka interval perawatan preventif yang paling optimal adalah setiap 2 hari sebelum mesin diperkirakan mencapai batas keandalannya. Jadwal perbaikan mesin yang telah disusun secara rinci untuk setiap stasiun selengkapannya pada Tabel 4.

Table 4 Penjadwalan perbaikan mesin setiap bulan

Hari	Tanggal				
Senin	2	9	16	23	30
Selasa	3	10	17	24	
Rabu	4	11	18	25	
Kamis	5	12	19	26	
Jum'at	6	13	20	27	
Sabtu	7	14	21	28	
Minggu	1	8	15	22	29

Keterangan :

Blok biru = hari perbaikan mesin setiap stasiun

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dan pengolahan data menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) pada empat stasiun di Pabrik Gula Krembung selama periode 1–30 Juni 2025, diperoleh nilai MTTR sebesar 32,181 menit dan MTBF sebesar 1.757 menit yang menunjukkan bahwa mesin rata-rata mampu beroperasi selama 29 jam sebelum mengalami kerusakan berikutnya dengan waktu perbaikan yang relatif singkat. Nilai *reliability* pada waktu operasi $t = 24$ jam diperoleh sebesar 0,3682 atau 36,82%, yang berarti mesin memiliki peluang 36,82% untuk beroperasi tanpa gangguan dalam setiap siklus 24 jam, sementara nilai *availability* sebesar 0,05177 atau 51,77% menunjukkan bahwa mesin tersedia untuk beroperasi hampir sepanjang waktu operasional yang direncanakan. Stasiun ST Pemurnian dan ST Gilingan tercatat sebagai stasiun dengan frekuensi kerusakan tertinggi akibat *bearing failure*, *overload*, *overheating*, dan kontaminasi oli, sehingga memerlukan perhatian perawatan yang lebih intensif. Berdasarkan nilai MTBF sebesar 1.757 menit dengan mesin beroperasi 24 jam penuh tanpa henti, interval perawatan *preventif* yang optimal adalah setiap 2 hari sebelum mesin mencapai batas keandalannya, sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 4 penjadwalan perbaikan mesin. Penerapan penjadwalan berbasis RCM ini diharapkan dapat meminimalkan *downtime* produksi, mengurangi biaya perbaikan tidak terencana, serta meningkatkan efisiensi dan produktivitas operasional Pabrik Gula Krembung secara keseluruhan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pabrik Gula Krembung yang telah memberikan izin dan kemudahan akses dalam proses pengambilan data selama kegiatan magang berlangsung, sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo yang telah memberikan dukungan akademik dalam pelaksanaan penelitian ini. Selain itu, penulis menyampaikan apresiasi kepada seluruh staf dan teknisi di setiap stasiun Pabrik Gula Krembung atas kerja sama dan informasi yang diberikan selama proses pengumpulan data di lapangan.

REFERENSI

- [1] M. R. W. F. D. Winati, "Penjadwalan Perawatan Mesin di CVWijaya Workshop dengan Pendekatan Reliability Centered Maintenance (RCM)," *J. TRINISTIK*, vol. 01, no. 1, pp. 37–43, 2022.
- [2] N. M. Yuli Setiawannie1, "Perencanaan Penjadwalan Preventive Maintenance Mesin Pouch dengan Critical Path Method di PT . Grafika Nusantara," *INSOLOGI J. Sains dan Teknol.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–10, 2022, doi: 10.55123/insologi.v1i1.105.
- [3] M. A. R. dan B. W. Muhammad Pradipa Rosianto, Hari Rarindo and Teknik, "METODE RCM UNTUK PENJADWALAN PERAWATAN PADA KENDARAAN RCM," *J. Teknol.*, vol. 17, no. 2, pp. 29–36, 2023.
- [4] K. Puddin *et al.*, "Analisis Hambatan Produksi dan Efektivitas Sistem Pemeliharaan Preventive Maintenance Pabrik PT . Nippon Indosari Corpindo Medan," *Optim. J. Ekon. dan Manaj.*, vol. 6, no. 1, pp. 87–102, 2026.
- [5] Y. S. K. Santosa and R. Prasetyo, "PERAWATAN DAN PENJADWALAN MESIN CUTTING-SAWING MENGGUNAKAN METODE RCM," *JAPTI J. Apl. Ilmu Tek. Ind.*, vol. 6, no. 1, pp. 28–34, 2025.
- [6] D. C. S. Putra and E. P. 2, "Analisis Manajemen Perawatan Mesin Produksi Kemasan Plastik Spout dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM)," *J. Penelit. Rumpun Ilmu Tek.*, vol. 3, no. 3, pp. 117–128,

- 2024, [Online]. Available: <https://doi.org/10.55606/juprit.v3i3.4236>
- [7] H. Azhari, J. G. Ganap, and F. A. Nisah, "Analisis Perawatan Mesin Kapal dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) di PT Jasa Armada Indonesia Tbk," *INDUSTRIKA*, vol. 8, no. 2, pp. 407–417, 2024, [Online]. Available: <https://jurnal.utb.ac.id/index.php/indstrk>
- [8] Y. Mauluddin, D. Rahmawati, and D. Oktavianti, "Perencanaan Pemeliharaan Mesin Produksi dengan Menggunakan Total Productive Maintenance untuk Menjamin Kestabilan Proses Produksi," *J. Kalibr.*, vol. 20, no. 2, pp. 86–92, 2022.
- [9] M. Y. Apandi, B. Sena, and N. Burhan, "Analisis Penerapan Total Productive Maintenance (TPM) pada Mesin Press Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM)," *Blend Sains J. Tek.*, vol. 4, no. 2, pp. 461–468, 2026, doi: <https://doi.org/10.56211/blendsains.v4i2.850>.
- [10] A. Herlambang, S. Amri, N. Marikena, and R. O. Manullang, "Sosialisasi Penjadwalan Perawatan Mesin Produksi Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Pada CV. Adi Makmur Metalindo Socialization," *CORAL (Community Serv. Journal)*, vol. 4, no. 1, pp. 66–75, 2025.
- [11] S. P. Samudera and M. Abdulrahim, "Penjadwalan Perawatan Komponen Kritis Mesin Tube Mill Pembuat Pipa Baja (Studi Kasus : CV. Perjuangan Steel Surabaya)," *Innov. J. Soc. Sci. Res.*, vol. 4, no. 3, pp. 16112–16130, 2024, [Online]. Available: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative%0APenjadwalan>
- [12] T. Sukmono and O. A. Nastiti, "OPTIMASI PENJADWALAN PRODUKSI MENGGUNAKAN METODE TOTAL WAKTU PRODUKSI," *Ind. Inov. - J. Tek. Ind. ITN Malang*, no. September, pp. 155–160, 2024.
- [13] D. Wahjudi, R. Lim, and E. Budi, "Perancangan Sistem Penjadwalan Perawatan Yang Mendukung Total Productive Maintenance Di P.T. X," *J. Dimens. Ins. Prof.*, vol. 2, no. 1, pp. 48–55, 2024, [Online]. Available: <https://doi.org/10.9744/jdip.2.1.48-55>
- [14] L. Alice, S. Costa, F. Agusti, and I. W. Utami, "PERANCANGAN PERAWATAN DAN PENJADWALAN PREVENTIVE MAINTENANCE MESIN STITCHING BERBASIS METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) DI CV MADYOTOMO," *J. Sci. Innov. Technol.*, vol. 6, no. 1, pp. 32–44, 2025.
- [15] T. Z. Husna and H. Murnawan, "OPTIMASI PENJADWALAN PERAWATAN MESIN ULTRASONOGRAPHY UNTUK MEMINIMALKAN BIAYA KERUSAKAN KOMPONEN (STUDI KASUS: RUMAH SAKIT X)," *J. Ilm. Tek. dan Manaj. Ind.*, vol. 3, no. 2, pp. 1400–1413, 2023.
- [16] A. R. Fadillah and N. A. Fitriani, "Penerapan Metode Reliability Centered Maintenance dalam Perencanaan Perawatan Komponen Mesin Giling," *J. Ilm. Ilmu Tek. Mesin, Ind. Komput.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–10, 2025, [Online]. Available: <https://jurnal.muaraedukasi.id/index.php/muratek>
- [17] M. R. Abidin, S. S. Dahda, and D. Andesta, "PERENCANAAN PENJADWALAN PERAWATAN MESIN WHEEL LOADER DENGAN PENDEKATAN RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE DI PT. SWADAYA GRAHA," *JUSTI (Jurnal Sist. Dan Tek. Ind.)*, vol. 2, no. 1, pp. 119–130, 2021.
- [18] A. J. Wardana and M. Abdulrahim, "Strategi Meningkatkan Keandalan Mesin Reader untuk Memperpendek Antrian Pada Gate 7 Gerbang Waru Ramp," *Innov. J. Soc. Sci. Res.*, vol. 4, no. 3, pp. 5981–6000, 2024, [Online]. Available: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative%0AStrategi>
- [19] B. Habeahan, H. V. Gea, and R. R. Margana, "Analisis Efektifitas Penerapan Preventive Maintenance menggunakan Mean Time Between Failures dan Mean Time to Repair Terhadap Kinerja Operasional Forklift di PT XYZ," *J. Log. Logist. Supply Chain Cent.*, vol. 04, no. 02, pp. 61–66, 2026, [Online]. Available: <https://doi.org/10.33197/jlsc.v4i2.3401>
- [20] G. S. Gandara, N. E. A. Jantra, and R. S. Sukandar, "USULAN PENJADWALAN PREVENTIVE MAINTENANCE PADA MESIN OVERHEAD CRANE DENGAN MENGGUNAKAN METODE KEANDALAN DAN FMEA DI PT KORINDO HEAVY INDUSTRY," *J. Ilm. Tek. dan Manaj. Ind.*, vol. 4, no. 1, pp. 78–95, 2024.
- [21] H. Ariyah, "Penerapan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) Dalam Peningkatan Efisiensi Mesin Batching Plant (Studi Kasus: PT. Lutvindo Wijaya Perkasa)," *J. Teknol. dan Manaj. Ind. Terap.*, vol. 1, no. 1, pp. 70–77, 2022.