

Optimasi Perawatan Mesin Screw Compressor untuk Meningkatkan Produktivitas Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM)

Anak Agung Wibowo^{1*}, Tedi Dahniar²

^{1,2}) Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang
Jl. Surya Kencana No. 1, Pamulang, Tangerang Selatan, Banten, Indonesia
Email: dosen03266@unpam.ac.id, dosen00924@unpam.ac.id

ABSTRAK

Mesin screw compressor merupakan salah satu peralatan utilitas penting dalam industri manufaktur karena berfungsi menyediakan udara bertekanan untuk mendukung sistem pneumatik, aktuator, kontrol, dan peralatan bantu produksi. Gangguan pada mesin ini dapat menyebabkan terhentinya proses produksi dan menurunkan produktivitas perusahaan. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan sistem perawatan mesin screw compressor menggunakan metode Reliability Centered Maintenance (RCM). Metode yang digunakan meliputi analisis downtime, perhitungan Mean Time Between Failure (MTBF), Mean Time To Repair (MTTR), availability, Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), Logic Tree Analysis (LTA), serta penyusunan keputusan perawatan berbasis RCM. Berdasarkan data historis Januari sampai Desember 2025, total downtime mesin mencapai 740 jam dengan 33 kejadian kerusakan. Hasil perhitungan menunjukkan nilai MTBF sebesar 243,03 jam, MTTR sebesar 22,42 jam, dan availability sebesar 91,55%. Hasil FMEA menunjukkan bahwa kegagalan dominan adalah temperatur tinggi dengan RPN 405, screw noise dengan RPN 336, dan motor compressor short dengan RPN 300. Usulan kebijakan perawatan berbasis RCM meliputi condition-based maintenance, preventive maintenance, dan time-based maintenance sesuai tingkat risiko dan konsekuensi kegagalan. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa penerapan usulan RCM berpotensi menurunkan downtime menjadi 513 jam atau sebesar 30,68% dan meningkatkan availability menjadi 94,14%. Dengan demikian, metode RCM dapat digunakan sebagai pendekatan sistematis untuk meningkatkan keandalan mesin dan produktivitas sistem produksi.

Kata kunci: *availability; downtime; FMEA; Reliability Centered Maintenance; screw compressor; downtime*

ABSTRACT

A screw compressor is an important utility equipment in the manufacturing industry because it supplies compressed air to support pneumatic systems, actuators, control systems, and auxiliary production equipment. Failure of this machine may disrupt production activities and reduce company productivity. This study aims to optimize the maintenance system of a screw compressor using the Reliability Centered Maintenance (RCM) method. The methods used in this study include downtime analysis, Mean Time Between Failure (MTBF), Mean Time To Repair (MTTR), availability calculation, Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), Logic Tree Analysis (LTA), and the development of RCM-based maintenance decisions. Based on historical data from January to December 2025, the total machine downtime reached 740 hours with 33 failure events. The calculation results show an MTBF of 243.03 hours, an MTTR of 22.42 hours, and an availability of 91.55%. The FMEA results indicate that the dominant failures are high temperature with an RPN of 405, screw noise with an RPN of 336, and motor compressor short circuit with an RPN of 300. The proposed RCM-based maintenance policy includes condition-based maintenance, preventive maintenance, and time-based maintenance according to the risk level and failure consequences. The evaluation results show that the proposed RCM implementation has the potential to reduce downtime to 513 hours or by 30.68% and increase availability to 94.14%. Therefore, RCM can be used as a systematic approach to improve machine reliability and production system productivity.

Keywords: *availability; downtime; FMEA; Reliability Centered Maintenance; screw compressor; downtime*

Pendahuluan

Dalam industri manufaktur, mesin screw compressor memiliki peran penting sebagai peralatan utilitas yang memasok udara bertekanan untuk sistem pneumatik, aktuator, kontrol, dan beberapa peralatan bantu produksi. Meskipun tidak secara langsung membentuk produk, kegagalan pada screw compressor dapat mengganggu aliran produksi karena banyak aktivitas operasional bergantung pada kestabilan suplai udara bertekanan. Oleh karena

itu, keandalan screw compressor menjadi faktor penting dalam menjaga kontinuitas produksi, mengurangi downtime, dan mendukung pencapaian target output perusahaan.

Permasalahan yang sering terjadi pada perawatan mesin utilitas adalah masih dominannya pendekatan corrective maintenance, yaitu perbaikan dilakukan setelah mesin mengalami kerusakan. Pendekatan ini sederhana, tetapi berisiko menimbulkan downtime tidak terencana, biaya perbaikan darurat, dan keterlambatan produksi. Preventive maintenance berbasis waktu juga belum selalu optimal karena setiap komponen memiliki karakteristik kegagalan yang berbeda. Kondisi ini menunjukkan perlunya pendekatan perawatan berbasis risiko yang mampu mempertimbangkan fungsi mesin, mode kegagalan, serta konsekuensi kegagalan terhadap sistem produksi.

Data historis pada objek penelitian menunjukkan bahwa mesin screw compressor mengalami total downtime sebesar 740 jam selama Januari sampai Desember 2025. Downtime tertinggi terjadi pada April sebesar 120 jam, sedangkan downtime terendah terjadi pada Februari sebesar 3 jam. Fluktuasi downtime yang tinggi menunjukkan bahwa sistem perawatan belum mampu mengendalikan kegagalan secara konsisten. Beberapa bulan seperti Maret, April, Juni, Agustus, dan November menunjukkan downtime relatif tinggi sehingga perlu diperlakukan sebagai periode kritis dalam penyusunan jadwal inspeksi dan perawatan.

Reliability Centered Maintenance (RCM) merupakan pendekatan perawatan yang berfokus pada upaya mempertahankan fungsi sistem agar tetap berjalan sesuai standar operasional. Dalam penerapannya, RCM dapat dikombinasikan dengan Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) untuk menentukan prioritas risiko melalui nilai Risk Priority Number (RPN), serta Logic Tree Analysis (LTA) untuk mengklasifikasikan konsekuensi kegagalan berdasarkan dampaknya terhadap keselamatan, lingkungan, dan operasi produksi [1],[2],[3], [4],[5],[6]. Melalui pendekatan tersebut, keputusan perawatan dapat diarahkan pada komponen yang benar-benar kritis sehingga sumber daya perawatan dapat digunakan secara lebih efektif.

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa RCM telah banyak digunakan dalam perencanaan perawatan mesin industri. Ahmadi dan Hidayah menerapkan RCM pada mesin blowmould untuk mengevaluasi sistem pemeliharaan dan menentukan tindakan perawatan yang lebih sesuai [8]. Denur et al. menggunakan RCM pada mesin ripple mill untuk mengidentifikasi komponen kritis serta menyusun strategi perawatan berbasis keandalan [11]. Azwir et al. menerapkan RCM pada mesin produksi kertas dan menunjukkan bahwa metode ini dapat membantu perusahaan dalam menentukan prioritas perawatan berdasarkan tingkat risiko kegagalan [9]. Samharil et al. juga mengombinasikan FMECA dan RCM pada mesin filter press untuk merancang strategi pemeliharaan yang lebih efektif [12].

Penelitian lain menunjukkan bahwa integrasi RCM dengan analisis risiko dapat memperkuat pengambilan keputusan perawatan. Dhamayanti et al. mengusulkan preventive maintenance menggunakan RCM II dan Risk Based Maintenance pada mesin Komori LS440 sehingga tindakan perawatan dapat difokuskan pada komponen yang memiliki risiko kegagalan tinggi [13], [14], [15]. Simanungkalit et al. menerapkan RCM pada cement mill dan menunjukkan bahwa metode ini dapat digunakan untuk menentukan interval perawatan serta mengurangi potensi kerusakan mesin produksi [16]. Selain itu, Omozuhomwen et al. menggunakan parameter reliability pada gas compressor sehingga relevan dengan konteks mesin kompresor sebagai utilitas kritis [17].

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian terdahulu masih berfokus pada mesin produksi utama, seperti mesin blowmould, ripple mill, mesin produksi kertas, mesin filter press, mesin kemasan plastik, dan cement mill. Kajian mengenai penerapan RCM pada mesin utilitas screw compressor masih perlu dikembangkan karena kegagalan mesin ini dapat berdampak luas terhadap sistem produksi melalui gangguan pasokan udara bertekanan. Selain itu, penelitian sebelumnya umumnya lebih menekankan identifikasi komponen kritis dan penentuan tindakan perawatan, sedangkan pembahasan yang mengaitkan RCM dengan indikator produktivitas seperti downtime, MTBF, MTTR, dan availability belum banyak dibahas secara menyeluruh. [12], [16], [18], [19], [20]

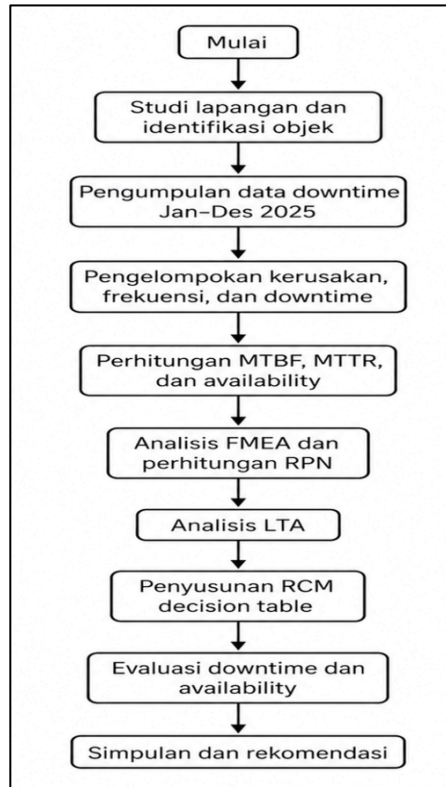
Penelitian ini berfokus pada penerapan RCM pada mesin utilitas screw compressor dengan mengintegrasikan analisis downtime historis, perhitungan MTBF dan MTTR, FMEA, LTA, serta penyusunan RCM decision. Kontribusi penelitian ini terletak pada penyusunan strategi perawatan screw compressor yang tidak hanya menentukan failure mode kritis, tetapi juga mengevaluasi dampaknya terhadap penurunan downtime dan peningkatan availability. Hasil penelitian menunjukkan bahwa usulan perawatan berbasis RCM berpotensi menurunkan downtime dari 740 jam menjadi 513 jam atau sebesar 30,68%, serta meningkatkan availability dari 91,55% menjadi 94,14%. Temuan ini diharapkan menjadi dasar praktis bagi industri manufaktur dalam menyusun kebijakan perawatan mesin utilitas yang lebih terarah, berbasis risiko, dan berorientasi pada peningkatan produktivitas sistem produksi.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan perawatan mesin screw compressor menggunakan metode Reliability Centered Maintenance. Hasil penelitian diharapkan mampu memberikan rekomendasi kebijakan perawatan yang tepat untuk menurunkan downtime, meningkatkan keandalan mesin, memperbaiki nilai MTBF dan MTTR, serta meningkatkan availability sehingga produktivitas sistem produksi dapat berjalan lebih optimal.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan metode studi kasus pada mesin screw compressor. Pendekatan kuantitatif digunakan untuk mengolah data historis kerusakan mesin, menghitung indikator keandalan, serta menentukan prioritas risiko kegagalan. Sementara itu, pendekatan deskriptif digunakan untuk menjelaskan kondisi perawatan mesin, fungsi sistem, mode kegagalan, konsekuensi kegagalan, dan usulan kebijakan perawatan berdasarkan metode RCM.

Untuk memperjelas tahapan penelitian, prosedur analisis dilakukan secara sistematis mulai dari pengumpulan data downtime sampai penyusunan keputusan perawatan berbasis RCM. Alur metodologi penelitian ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Metodologi Penelitian

Data utama yang digunakan adalah data downtime mesin screw compressor selama periode Januari sampai Desember 2025)

Table 1. Total downtime kerusakan mesin screw compressor

No	Bulan	Total Downtime Kerusakan (Jam)
1	Januari	67
2	Februari	3
3	Maret	88
4	April	120
5	Mei	54
6	Juni	99
7	Juli	69
8	Agustus	107
9	September	5
10	Oktober	24
11	November	75
12	Desember	29
Total		740

Sumber: Data perusahaan, 2025

Berdasarkan Tabel 1, data downtime digunakan sebagai dasar awal untuk mengetahui tingkat gangguan operasional mesin. Downtime menunjukkan waktu ketika mesin tidak dapat beroperasi karena mengalami kerusakan atau gangguan teknis. Semakin tinggi downtime, semakin besar potensi kehilangan waktu produksi yang dapat menurunkan produktivitas perusahaan. Total downtime dihitung dengan menjumlahkan seluruh waktu kerusakan selama periode pengamatan menggunakan Persamaan.

Rumus total downtime:

$$Dt = D1 + D2 + D3 + \dots + Dn \quad (1)$$

Keterangan:

Dt = total downtime selama periode pengamatan

D1, D2, D3, ..., Dn = downtime pada setiap periode pengamatan

n = jumlah periode pengamatan

Rata-rata downtime per bulan dihitung untuk mengetahui kecenderungan waktu henti mesin selama satu tahun. Rumus rata-rata downtime adalah sebagai berikut:

$$D \text{ rata - rata} = \frac{Dt}{n} \quad (2)$$

Keterangan:

D rata-rata = rata-rata downtime per bulan

Dt = total downtime selama periode pengamatan

n = jumlah bulan pengamatan

Tahap berikutnya adalah melakukan analisis keandalan mesin menggunakan indikator Mean Time Between Failure (MTBF), Mean Time To Repair (MTTR), dan availability. MTBF digunakan untuk mengetahui rata-rata waktu operasi mesin sebelum mengalami kerusakan berikutnya. Nilai MTBF yang semakin tinggi menunjukkan bahwa mesin memiliki tingkat keandalan yang lebih baik karena jarak waktu antar kerusakan lebih panjang. Rumus MTBF adalah sebagai berikut:

$$MTBF = \frac{(T - Dt)}{Nf} \quad (3)$$

Keterangan:

MTBF = Mean Time Between Failure atau rata-rata waktu antar kerusakan

T = total waktu tersedia selama periode pengamatan

Dt = total downtime

Nf = jumlah kejadian kerusakan

MTTR digunakan untuk mengetahui rata-rata waktu yang dibutuhkan dalam melakukan perbaikan setiap kali terjadi kerusakan. Nilai MTTR yang rendah menunjukkan bahwa proses perbaikan dapat dilakukan lebih cepat dan sistem perawatan memiliki respons yang lebih baik. Rumus MTTR adalah sebagai berikut:

$$MTTR = \frac{Dt}{Nf} \quad (3)$$

Keterangan:

MTTR = Mean Time To Repair atau rata-rata waktu perbaikan

Dt = total downtime

Nf = jumlah kejadian kerusakan

Availability digunakan untuk mengetahui tingkat ketersediaan mesin dalam mendukung proses produksi. Availability menunjukkan persentase waktu mesin berada dalam kondisi siap digunakan dibandingkan dengan total waktu operasional.

$$Availability = \frac{MTBF}{(MTBF + MTTR)} \times 100\% \quad (4)$$

Selain analisis downtime dan keandalan, penelitian ini menggunakan metode Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) untuk mengidentifikasi mode kegagalan dan menentukan tingkat prioritas risiko. FMEA dilakukan dengan menilai tiga parameter utama, yaitu severity, occurrence, dan detection. Severity menunjukkan tingkat keparahan dampak kegagalan terhadap sistem produksi. Occurrence menunjukkan frekuensi atau kemungkinan terjadinya kegagalan. Detection menunjukkan kemampuan sistem dalam mendeteksi kegagalan sebelum menimbulkan dampak yang lebih besar.

Skala penilaian FMEA menggunakan rentang 1 sampai 10. Semakin tinggi nilai RPN, maka semakin tinggi prioritas perbaikan yang harus dilakukan. Jenis rework dengan nilai RPN tertinggi ditetapkan sebagai failure mode kritis dan menjadi prioritas utama dalam pengendalian proses.

Table 2. Skala penilaian FMEA

Nilai	Severity	Occurrence	Detection
1-3	Dampak rendah terhadap kualitas produk	Jarang terjadi	Sangat mudah dideteksi
4-6	Dampak sedang terhadap kualitas produk	Kadang terjadi	Cukup mudah dideteksi
7-8	Dampak tinggi terhadap kualitas produk	Sering terjadi	Sulit dideteksi
9-10	Dampak sangat tinggi dan berpotensi menyebabkan produk gagal fungsi	Sangat sering terjadi	Sangat sulit dideteksi

Nilai prioritas risiko atau Risk Priority Number (RPN) dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$RPN = S \times O \times D \quad (5)$$

Keterangan:

RPN = Risk Priority Number

S = severity atau tingkat keparahan dampak kegagalan

O = occurrence atau tingkat kemungkinan terjadinya kegagalan

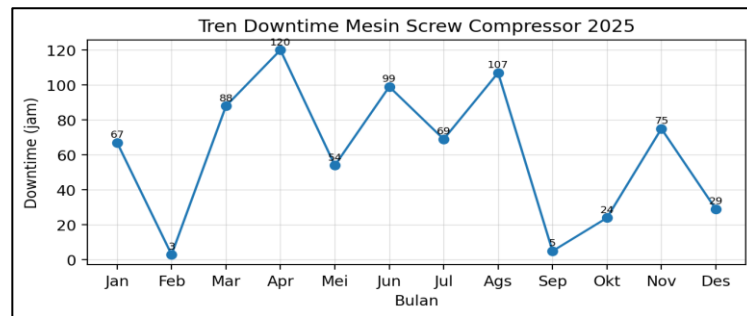
D = detection atau tingkat kemampuan deteksi kegagalan

Keterangan: RPN adalah Risk Priority Number; S adalah severity; O adalah occurrence; dan D adalah detection. Semakin tinggi nilai RPN, semakin tinggi prioritas kegagalan untuk ditangani. Setelah FMEA dilakukan, analisis dilanjutkan dengan LTA untuk mengklasifikasikan konsekuensi kegagalan berdasarkan dampaknya terhadap keselamatan, lingkungan, dan operasi produksi. Hasil FMEA dan LTA kemudian digunakan sebagai dasar penyusunan RCM decision table yang terdiri atas condition-based maintenance, preventive maintenance, time-based maintenance, dan inspection task.

Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan data downtime mesin screw compressor selama periode Januari sampai Desember 2025, diperoleh total downtime sebesar 740 jam dengan rata-rata downtime sebesar 61,67 jam per bulan. Nilai downtime tertinggi terjadi pada April sebesar 120 jam, sedangkan downtime terendah terjadi pada Februari sebesar 3 jam. Kondisi ini menunjukkan bahwa kerusakan mesin tidak terjadi secara merata setiap bulan, tetapi memiliki fluktuasi yang cukup tinggi.

Downtime yang tinggi pada Maret, April, Juni, Agustus, dan November menunjukkan adanya periode kritis yang perlu menjadi perhatian dalam sistem perawatan. Identifikasi periode kritis penting dilakukan karena dapat menjadi dasar dalam penyusunan jadwal inspeksi dan perawatan. Pada periode dengan kecenderungan downtime tinggi, perusahaan perlu meningkatkan inspeksi sistem pendingin, pembersihan cooler, pengecekan fan, pemeriksaan pelumasan, serta pemantauan getaran dan suara abnormal. Dengan demikian, data downtime tidak hanya berfungsi sebagai catatan historis, tetapi juga sebagai dasar dalam menentukan waktu dan prioritas perawatan.



Gambar 2. Tren downtime bulanan mesin screw compressor

Analisis lebih lanjut dilakukan dengan mengelompokkan jenis kerusakan, frekuensi kejadian, lama perbaikan, total downtime, dan persentase kontribusi setiap jenis kerusakan terhadap total downtime. Hasil pengelompokan jenis kerusakan ditampilkan pada Tabel 3.

Table 3. Jenis kerusakan dan total downtime mesin screw compressor

No	Jenis Kerusakan	Frekuensi	Lama Perbaikan per Kejadian (Jam)	Total Downtime (Jam)	Persentase
1	Filter lifetime	8	3	24	3,24%
2	Screw noise	4	48	192	25,94%
3	Motor compressor short	3	48	144	19,45%
4	Temperatur tinggi	11	24	264	35,67%
5	Fan getar	3	32	96	12,97%
6	Trouble electrical	4	5	20	2,70%
Total		33		740	100%

Berdasarkan Tabel 3, jenis kerusakan dengan kontribusi downtime terbesar adalah temperatur tinggi sebesar 264 jam atau 35,67% dari total downtime. Kerusakan ini memiliki frekuensi tertinggi, yaitu 11 kejadian selama periode pengamatan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa gangguan pada sistem pendingin menjadi salah satu masalah utama pada mesin screw compressor. Temperatur tinggi dapat disebabkan oleh cooler yang kotor, fan yang tidak bekerja optimal, sirkulasi udara yang terganggu, atau sistem pelumasan yang tidak berjalan dengan baik.

Jenis kerusakan dengan kontribusi terbesar kedua adalah screw noise dengan total downtime 192 jam atau 25,94%. Meskipun frekuensinya hanya 4 kejadian, setiap kejadian membutuhkan waktu perbaikan 48 jam. Hal

ini menunjukkan bahwa screw noise memiliki dampak besar terhadap downtime karena berkaitan dengan komponen utama dalam proses kompresi udara. Kerusakan terbesar ketiga adalah motor compressor short dengan total downtime 144 jam atau 19,45%. Jika digabungkan, temperatur tinggi, screw noise, dan motor compressor short menyumbang 600 jam downtime atau sekitar 81,06% dari total downtime tahunan. Oleh karena itu, upaya perbaikan sistem perawatan perlu difokuskan pada tiga mode kegagalan tersebut.

Table 4. Hasil perhitungan indikator keandalan mesin screw compressor

No	Parameter	Nilai	Interpretasi
1	Total downtime	740 jam	Waktu henti mesin masih tinggi
2	Jumlah kejadian kerusakan	33 kejadian	Frekuensi kerusakan cukup tinggi
3	Waktu operasi efektif	8.020 jam	Waktu operasi setelah dikurangi downtime
4	MTBF	243,03 jam	Mesin mengalami kerusakan rata-rata setiap 243,03 jam operasi
5	MTTR	22,42 jam	Rata-rata waktu perbaikan setiap kerusakan sebesar 22,42 jam
6	Availability	91,55%	Ketersediaan mesin masih perlu ditingkatkan

Nilai MTBF sebesar 243,03 jam menunjukkan bahwa rata-rata mesin mengalami kerusakan setiap 243,03 jam operasi atau sekitar 10 hari sekali. Nilai ini menunjukkan bahwa frekuensi kerusakan mesin masih cukup tinggi. Semakin rendah nilai MTBF, semakin sering mesin mengalami gangguan dalam periode operasionalnya. Oleh karena itu, diperlukan strategi perawatan yang mampu memperpanjang interval waktu antar kerusakan, terutama pada komponen yang memiliki kontribusi besar terhadap downtime.

Nilai MTTR sebesar 22,42 jam menunjukkan bahwa rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki mesin setiap kali terjadi kerusakan adalah 22,42 jam. Nilai ini mengindikasikan bahwa proses perbaikan masih membutuhkan waktu cukup lama. Lamanya waktu perbaikan dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti keterlambatan identifikasi kerusakan, keterbatasan suku cadang, belum optimalnya prosedur perbaikan, atau tingkat kerusakan yang cukup berat. MTTR yang tinggi perlu dikurangi karena semakin lama waktu perbaikan, semakin besar pula downtime yang ditanggung oleh perusahaan.

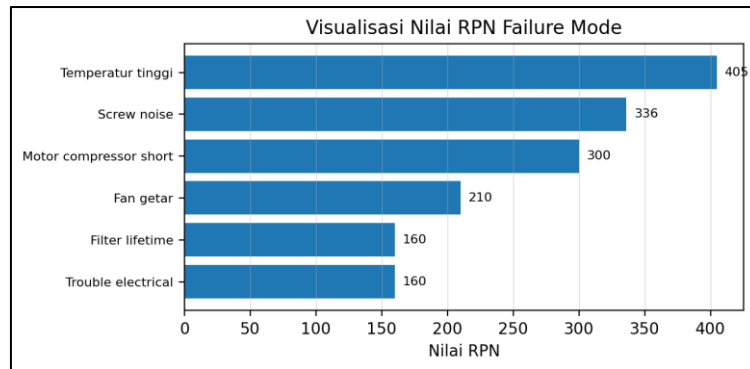
Availability mesin sebesar 91,55% menunjukkan bahwa mesin tersedia untuk digunakan sebesar 91,55% dari total waktu operasional. Walaupun nilai tersebut menunjukkan bahwa mesin masih dapat beroperasi, tingkat ketersediaan ini belum optimal untuk peralatan utilitas yang memiliki peran penting dalam mendukung proses produksi. Pada mesin utilitas seperti screw compressor, availability yang rendah dapat memberikan dampak luas karena pasokan udara bertekanan dibutuhkan oleh berbagai aktivitas produksi. Oleh karena itu, peningkatan availability menjadi salah satu tujuan utama dalam penerapan Reliability Centered Maintenance.

Setelah dilakukan analisis downtime dan keandalan, tahap berikutnya adalah melakukan Failure Mode and Effects Analysis (FMEA). FMEA digunakan untuk mengidentifikasi mode kegagalan, penyebab kegagalan, dampak kegagalan, serta menentukan prioritas risiko berdasarkan nilai Risk Priority Number (RPN). Nilai RPN diperoleh dari perkalian severity, occurrence, dan detection. Hasil perhitungan RPN ditampilkan pada Tabel 5.

Table 5. Hasil perhitungan Risk Priority Number (RPN)

No	Komponen atau Subsistem	Failure Mode	Penyebab Potensial	S	O	D	RPN
1	Sistem pendingin	Temperatur tinggi	Fan tidak optimal, cooler kotor, sirkulasi udara terganggu	9	9	5	405
2	Air end atau mekanisme kompresi	Screw noise	Bearing aus, pelumasan tidak optimal, misalignment rotor	8	7	6	336
3	Motor penggerak	Motor compressor short	Overload, isolasi rusak, gangguan tegangan	10	6	5	300
4	Sistem pendingin atau fan	Fan getar	Ketidakseimbangan baling-baling, mounting longgar	7	5	6	210
5	Filter intake	Filter lifetime	Filter kotor atau tersumbat, penggantian terlambat	5	8	4	160
6	Sistem kontrol dan kelistrikan	Trouble electrical	Kabel longgar, relay rusak, sensor error	8	4	5	160

Hasil FMEA menunjukkan bahwa tiga failure mode dengan nilai RPN tertinggi adalah temperatur tinggi sebesar 405, screw noise sebesar 336, dan motor compressor short sebesar 300. Nilai tersebut menunjukkan bahwa ketiga failure mode menjadi prioritas utama dalam tindakan perbaikan. Temperatur tinggi memiliki nilai RPN tertinggi karena memiliki frekuensi kejadian tinggi dan berdampak langsung pada overheating serta shutdown mesin. Screw noise memiliki risiko tinggi karena berkaitan dengan komponen utama pada mekanisme kompresi, sedangkan motor compressor short memiliki severity tinggi karena dapat menghentikan operasi mesin secara total.



Gambar 3. Visualisasi nilai RPN failure mode mesin screw compressor

Failure mode dengan nilai RPN tertinggi kedua adalah screw noise dengan nilai RPN sebesar 336. Gangguan ini perlu diperhatikan karena berkaitan dengan komponen utama pada proses kompresi. Jika tidak segera ditangani, screw noise dapat menyebabkan kerusakan lanjutan pada bearing, rotor, atau air end. Selain itu, waktu perbaikan yang lama menyebabkan kerusakan ini memberikan kontribusi besar terhadap total downtime. Strategi perawatan yang tepat untuk kondisi ini adalah pemantauan kondisi secara berkala, terutama pada suara abnormal, getaran, pelumasan, dan kondisi bearing.

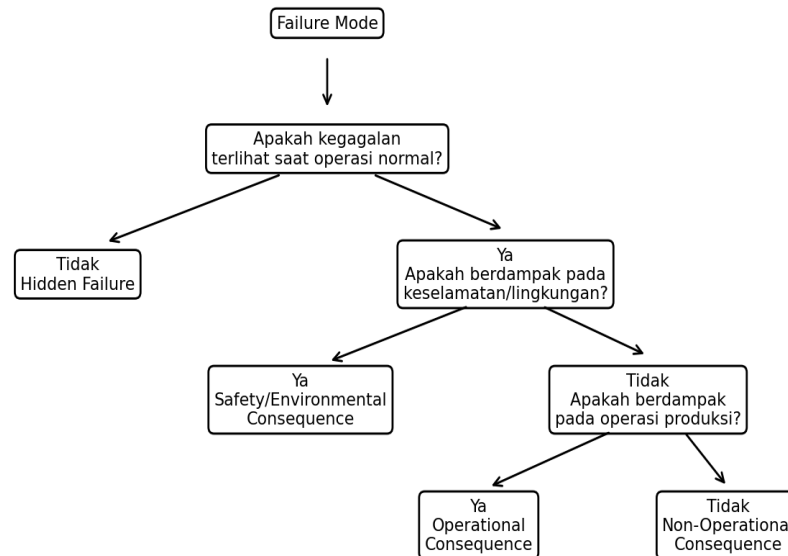
Failure mode berikutnya adalah motor compressor short dengan nilai RPN sebesar 300. Kegagalan ini memiliki nilai severity tertinggi karena dapat menyebabkan mesin berhenti total dan menimbulkan risiko terhadap sistem kelistrikan. Walaupun frekuensi kejadiannya tidak setinggi temperatur tinggi, dampaknya terhadap operasi sangat signifikan. Oleh karena itu, diperlukan preventive maintenance pada sistem kelistrikan, pengecekan isolasi motor, pemeriksaan beban arus, serta sistem proteksi terhadap overload dan gangguan tegangan.

Setelah FMEA dilakukan, analisis dilanjutkan dengan Logic Tree Analysis (LTA). LTA digunakan untuk mengklasifikasikan konsekuensi kegagalan berdasarkan dampaknya terhadap keselamatan, lingkungan, dan operasi produksi. Hasil analisis LTA ditampilkan pada Tabel 6.

Table 6. Logic Tree Analysis mesin screw compressor

No	Failure Mode	Evident atau Hidden	Dampak Safety atau Environment	Dampak Operasional	Kategori LTA
1	Temperatur tinggi	Evident	Tidak langsung, tetapi berpotensi merusak mesin	Ya, menyebabkan overheating dan shutdown	Operational consequence
2	Screw noise	Evident	Tidak langsung	Ya, menurunkan efisiensi dan berpotensi menyebabkan kerusakan besar	Operational consequence
3	Motor compressor short	Evident	Ya, berpotensi menimbulkan gangguan kelistrikan	Ya, menghentikan operasi mesin total	Safety and operational consequence
4	Fan getar	Evident	Tidak langsung	Ya, menurunkan performa pendinginan	Operational consequence
5	Filter lifetime	Evident	Tidak	Dapat menurunkan efisiensi dan kualitas udara masuk	Non-operational to operational consequence
6	Trouble electrical	Evident	Ya, berpotensi korsleting atau trip sistem	Ya, mengganggu kontrol dan operasi mesin	Safety and operational consequence

Hasil LTA menunjukkan bahwa sebagian besar mode kegagalan pada mesin screw compressor termasuk dalam kategori operational consequence karena kegagalan tersebut secara langsung memengaruhi kemampuan mesin dalam menyediakan udara bertekanan untuk sistem produksi. Motor compressor short dan trouble electrical termasuk dalam kategori safety and operational consequence karena selain menghentikan operasi mesin, keduanya berpotensi menimbulkan risiko pada sistem kelistrikan. Diagram pohon logika pada Gambar 4 digunakan untuk memperjelas tahapan klasifikasi konsekuensi kegagalan.



Gambar 4. Diagram logic tree analysis

Integrasi antara FMEA dan LTA menjadi dasar dalam menentukan kebijakan perawatan berbasis RCM. FMEA memberikan informasi mengenai prioritas risiko berdasarkan nilai RPN, sedangkan LTA memberikan informasi mengenai konsekuensi kegagalan. Dengan menggabungkan kedua analisis tersebut, kebijakan perawatan dapat ditentukan secara lebih tepat. Mode kegagalan dengan nilai RPN tinggi dan konsekuensi operasional atau keselamatan perlu mendapatkan tindakan perawatan yang lebih ketat dibandingkan mode kegagalan dengan risiko yang lebih rendah. Hasil keputusan perawatan berbasis RCM ditampilkan pada Tabel 6.

Table 7. RCM decision table mesin screw compressor

No	Failure Mode	RPN	Kategori LTA	Jenis Perawatan	Aktivitas dan Interval Perawatan
1	Temperatur tinggi	405	Operational consequence	Condition-based maintenance	Monitoring temperatur, pembersihan cooler, pengecekan fan dan airflow
2	Screw noise	336	Operational consequence	Condition-based maintenance	Monitoring getaran dan suara, inspeksi bearing dan pelumasan
3	Motor compressor short	300	Safety and operational consequence	Preventive maintenance	Inspeksi sistem kelistrikan, pengecekan isolasi, dan overload protection
4	Fan getar	210	Operational consequence	Preventive maintenance	Balancing fan, pengecekan mounting, dan inspeksi mekanik
5	Filter lifetime	160	Non-operational to operational consequence	Time-based maintenance	Penggantian filter udara secara berkala
6	Trouble electrical	160	Safety and operational consequence	Preventive maintenance dan inspection task	Pengecekan panel, kabel, relay, dan sensor

Berdasarkan Tabel 7, temperatur tinggi dan screw noise direkomendasikan menggunakan condition-based maintenance karena keduanya memiliki gejala awal yang dapat dipantau melalui peningkatan temperatur, perubahan suara, getaran abnormal, dan penurunan performa mesin. Motor compressor short dan trouble electrical dikendalikan melalui preventive maintenance dan inspection task karena memiliki dampak operasional sekaligus risiko keselamatan. Fan getar ditangani melalui inspeksi mekanik dan balancing fan, sedangkan filter lifetime ditangani melalui time-based maintenance karena komponen ini memiliki umur pakai tertentu dan mudah diganti secara berkala.

Table 8. Indikator Keberhasilan implementasi perawatan berbasis RCM

No	Indikator	Kondisi Awal	Target/Arah Perbaikan	Keterangan
1	Total downtime	740 jam	Menurun menjadi 513 jam	Mengukur efektivitas penurunan waktu henti mesin

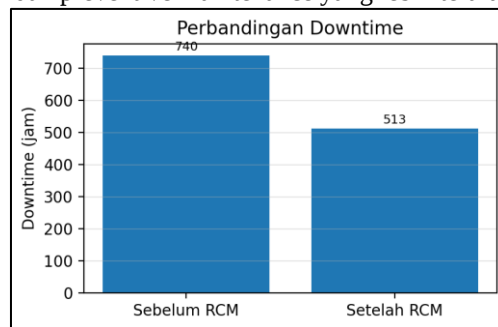
2	Availability	91,55%	Meningkat menjadi 94,14%	Mengukur kesiapan mesin untuk beroperasi
3	MTBF	243,03 jam	Meningkat	Mengukur peningkatan jarak waktu antar kerusakan
4	MTTR	22,42 jam	Menurun	Mengukur kecepatan proses perbaikan
5	Failure mode kritis	3 mode utama	Risiko menurun	Mengukur efektivitas penanganan prioritas
6	Kepatuhan inspeksi	Belum terstruktur	Sesuai jadwal	Mengukur konsistensi implementasi perawatan
7	Ketersediaan suku cadang	Belum dievaluasi rutin	Tersedia untuk komponen kritis	Mengurangi waktu tunggu perbaikan

Agar implementasi rekomendasi perawatan berbasis RCM dapat dievaluasi secara terukur, indikator keberhasilan perlu ditetapkan. Indikator utama yang digunakan adalah penurunan downtime, peningkatan availability, peningkatan MTBF, penurunan MTTR, pengurangan risiko pada failure mode kritis, kepatuhan jadwal inspeksi, serta kesiapan suku cadang kritis. Indikator tersebut membantu perusahaan menilai apakah tindakan perawatan yang diterapkan benar-benar memberikan perbaikan terhadap kinerja mesin.

Table 9. Perbandingan downtime sebelum dan setelah usulan RCM

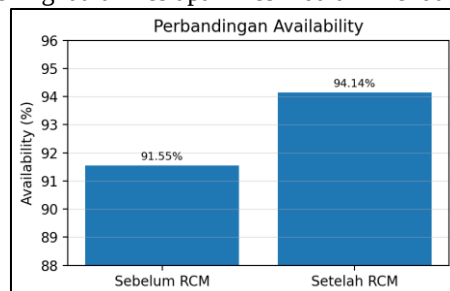
No	Jenis Kerusakan	Downtime Awal (Jam)	Estimasi Penurunan	Downtime Setelah RCM (Jam)
1	Temperatur tinggi	264	40%	158
2	Screw noise	192	30%	134
3	Motor compressor short	144	25%	108
4	Fan getar	96	20%	77
5	Filter lifetime	24	20%	19
6	Trouble electrical	20	15%	17
	Total	740		513

Berdasarkan Tabel 9, total downtime setelah usulan RCM diperkirakan menurun dari 740 jam menjadi 513 jam. Dengan demikian, terdapat penurunan downtime sebesar 227 jam atau 30,68%. Penurunan terbesar berasal dari temperatur tinggi karena mode kegagalan ini memiliki kontribusi downtime terbesar dan mendapatkan tindakan perawatan berbasis kondisi. Penurunan downtime juga diperoleh dari screw noise dan motor compressor short melalui monitoring kondisi dan preventive maintenance yang lebih terarah.



Gambar 5. Perbandingan downtime sebelum dan setelah usulan RCM

Penurunan downtime tersebut berdampak pada peningkatan availability mesin. Sebelum penerapan usulan RCM, availability mesin sebesar 91,55%. Setelah downtime diperkirakan menurun menjadi 513 jam, waktu operasi efektif meningkat menjadi 8.247 jam dari total waktu tersedia 8.760 jam. Dengan demikian, availability setelah usulan RCM menjadi 94,14%. Peningkatan availability sebesar 2,59% menunjukkan bahwa usulan perawatan berbasis RCM dapat meningkatkan kesiapan mesin dalam mendukung proses produksi.



Gambar 6. Perbandingan availability sebelum dan setelah usulan RCM

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa metode RCM mampu memberikan pendekatan yang lebih sistematis dalam pengelolaan perawatan mesin screw compressor. Melalui analisis downtime, FMEA, LTA, dan penyusunan RCM decision, perusahaan dapat mengetahui mode kegagalan yang paling kritis, menentukan prioritas perawatan, serta menyusun tindakan perawatan yang lebih tepat. Perawatan yang sebelumnya cenderung reaktif dapat diarahkan menjadi lebih proaktif melalui condition-based maintenance, preventive maintenance, dan time-based maintenance. Dengan demikian, penerapan RCM berpotensi menurunkan downtime, meningkatkan availability, dan mendukung peningkatan produktivitas sistem produksi.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, objek penelitian hanya difokuskan pada satu unit mesin screw compressor sehingga hasil penelitian belum dapat digeneralisasikan untuk seluruh mesin utilitas pada industri manufaktur. Kedua, data yang digunakan hanya mencakup periode satu tahun, yaitu Januari sampai Desember 2025, sehingga pola kegagalan jangka panjang belum dapat dianalisis secara lebih mendalam. Ketiga, penelitian ini masih berfokus pada aspek teknis keandalan mesin, sedangkan evaluasi ekonomi seperti biaya perawatan, biaya downtime, dan penghematan biaya akibat penurunan downtime belum dibahas secara rinci. Penelitian lanjutan disarankan mencakup lebih banyak mesin utilitas, durasi pengamatan yang lebih panjang, serta evaluasi dampak ekonomi dan produktivitas secara holistik. Integrasi sensor atau Internet of Things juga dapat dipertimbangkan untuk mendukung condition-based maintenance secara real-time, terutama pada parameter temperatur, getaran, tekanan, dan arus motor.

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, mesin screw compressor mengalami total downtime sebesar 740 jam selama periode Januari sampai Desember 2025 dengan jumlah kejadian kerusakan sebanyak 33 kali. Hasil perhitungan menunjukkan nilai MTBF sebesar 243,03 jam, MTTR sebesar 22,42 jam, dan availability sebesar 91,55%. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa mesin masih mengalami frekuensi kerusakan yang cukup tinggi dan waktu perbaikan yang relatif lama, sehingga sistem perawatan yang diterapkan perlu ditingkatkan agar ketersediaan mesin dapat lebih optimal dalam mendukung proses produksi.

Hasil analisis FMEA menunjukkan bahwa mode kegagalan paling kritis pada mesin screw compressor adalah temperatur tinggi dengan nilai RPN sebesar 405, screw noise dengan nilai RPN sebesar 336, dan motor compressor short dengan nilai RPN sebesar 300. Ketiga mode kegagalan tersebut memberikan kontribusi terbesar terhadap total downtime mesin, sehingga menjadi prioritas utama dalam penyusunan kebijakan perawatan. Hasil LTA menunjukkan bahwa sebagian besar mode kegagalan termasuk dalam kategori operational consequence, sedangkan motor compressor short dan trouble electrical termasuk dalam kategori safety and operational consequence karena berpotensi mengganggu operasi mesin sekaligus menimbulkan risiko pada sistem kelistrikan.

Usulan perawatan berbasis RCM menghasilkan beberapa kebijakan perawatan, yaitu condition-based maintenance untuk temperatur tinggi dan screw noise, preventive maintenance untuk motor compressor short, fan getar, dan trouble electrical, serta time-based maintenance untuk filter lifetime. Penerapan usulan tersebut diperkirakan mampu menurunkan downtime dari 740 jam menjadi 513 jam atau terjadi penurunan sebesar 30,68%. Selain itu, availability mesin meningkat dari 91,55% menjadi 94,14%. Dengan demikian, metode RCM dapat digunakan sebagai pendekatan sistematis untuk mengidentifikasi kegagalan kritis, menentukan prioritas perawatan, menurunkan downtime, dan meningkatkan ketersediaan mesin screw compressor dalam mendukung produktivitas sistem produksi.

Keterbatasan penelitian ini terletak pada penggunaan satu objek mesin dan periode pengamatan satu tahun. Oleh karena itu, penelitian lanjutan disarankan untuk melibatkan lebih banyak mesin utilitas, menggunakan periode data yang lebih panjang, serta menambahkan analisis ekonomi perawatan agar manfaat penurunan downtime dan peningkatan availability dapat diukur secara lebih komprehensif.

Daftar Pustaka

- [1] W. R. Fernando and H. S. D. Putri, "Optimalisasi Keandalan Robot Sealer Menggunakan Metode FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) Dan RCM (Reliability Centered Maintenance) Di Line Body Shop Di Industri Otomotif," vol. 5, no. 2, pp. 1313–1320, 2026.
- [2] Taqwanur and Mega Bilqis Suryawantiningtyas, "G-Tech : Jurnal Teknologi Terapan," *G-Tech J. Teknol. Terap.*, vol. 6, no. 2, pp. 295–305, 2022.
- [3] M. Alif Andrian and W. Wahyudin, "Penerapan Perawatan Mesin Die Cut Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) di PT Empat Perdana Carton," *STRING (Satuan Tulisan Ris. dan Inov. Teknol.*, vol. 9, no. 2, p. 194, 2024, doi: 10.30998/string.v9i2.25462.
- [4] E. Krisnaningsih, G. Kristiyanto, S. Dwiyatno, and D. Cahyadi, "The New Framework Maintenance Optimization Using Reliability Centered Maintenance-FMEA," vol. 7, no. 2, 2025.

- [5] H. G. Azhari Jimmy Greei; Nisah, Firda Ainun, "Analisis Perawatan Mesin Kapal dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) di PT Jasa Armada Indonesia Tbk," *Ind. J. Ilm. Tek. Ind.*, no. Vol. 8 No. 2 (2024): Industri: Jurnal Ilmiah Teknik Industri, pp. 407–417, 2024, [Online]. Available: <https://jurnal.utb.ac.id/index.php/indstrk/article/view/1261/811>
- [6] A. S. Margana, W. S. Ayu, and E. I. Khoirunnisaa, "Maintenance System Analysis Using the Reliability Centered Maintenance Method with the Help of Failure Mode Effect Analysis on the Air Handling Unit G4," *J. Mek. Terap.*, vol. 5, no. 1, pp. 16–24, 2024, doi: 10.32722/jmt.v5i1.6299.
- [7] F. F. Adsa and A. Ishak, "Jurnal Sistem Teknik Industri Planning of a Preventive Maintenance System for Lathe Machines Using the RCM II and FMECA," vol. 28, no. 1, pp. 47–56, 2026.
- [8] J. Optimasi and S. Industri, "Jurnal Optimasi Sistem Industri Attribution-NonCommercial 4.0 International. Some rights reserved Analisis Pemeliharaan Mesin Blowmould Dengan Metode RCM Di PT. CCAI," *J. Optimasi Sist. Ind.*, vol. 16, no. 2, pp. 167–176, 2017.
- [9] H. H. Azwir, A. I. Wicaksono, and H. Oemar, "Manajemen Perawatan Menggunakan Metode RCM Pada Mesin Produksi Kertas," *J. Optimasi Sist. Ind.*, vol. 19, no. 1, pp. 12–21, 2020, doi: 10.25077/josi.v19.n1.p12-21.2020.
- [10] 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," *Ind. J. Ilm. Tek. Ind.*, vol. 8, no. 2, pp. 407–417, 2024, doi: 10.37090/indstrk.v8i2.1261.
- [11] I. H. Denur, MM, Legisnal Hakim and S. Rahmad, "1709-3582-1-Pb," vol. 4, no. 1, pp. 27–34, 2017.
- [12] F. Samharil, E. Ismiyah, and E. Dhartikasari Priyana, "Perancangan Pemeliharaan Mesin Filter Press dengan metode FMECA dan Reliability Centered Maintenance (RCM) (Studi Kasus PT. XYZ)," *J. Tek. Ind. J. Has. Penelit. dan Karya Ilm. dalam Bid. Tek. Ind.*, vol. 8, no. 2, p. 335, 2022, doi: 10.24014/jti.v8i2.20094.
- [13] D. P. Sari, "Evaluasi Manajemen Perawatan dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) II pada Mesin Cane Cutter 1 dan 2 di Stasiun Gilingan PG Meritjan - Kediri," *Rekayasa*, vol. 10, no. 2, p. 99, 2017.
- [14] D. S. Dhamayanti, J. Alhilman, and N. Athari, "Usulan Preventive Maintenance Pada Mesin Komori Ls440 (Rcm Ii) Dan Risk Based Maintenance (Rbm) Di Pt Abc," *J. Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 3, no. April, pp. 31–37, 2016.
- [15] A. R. JokoPurnomo, Naufal Affandi, "Jurnal Taguchi," *J. Ilm. Tek. dan Manaj. Ind.*, vol. 1, no. 2, pp. 154–169, 2021, [Online]. Available: <https://taguchi.ipmbinabangsa.id/index.php/home>
- [16] R. M. Simanungkalit, S. Suliawati, and T. Hernawati, "Analisis Penerapan Sistem Perawatan dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) pada Cement Mill Type Tube Mill di PT Cemindo Gemilang Medan," *Blend Sains J. Tek.*, vol. 2, no. 1, pp. 72–83, 2023, doi: 10.56211/blendsains.v2i1.199.
- [17] F. Rahman, F. Herlina, I. Trianiza, and S. Arief, "Integrasi Analisis Reliability dan Availability dalam Penentuan Interval Perawatan Optimal Excavator: Studi Kasus Unit PC200 pada Tambang Batu Bara," vol. 14, no. 1, 2026.
- [18] A. Rasyid, A. Mokodompit, and N. I. Aprilia, "PERencanaan Pemeliharaan Mesin First Press Expeller P03 Dengan Menggunakan Metode Rcm Di Pt. Multi Nabati Sulawesi," *J. Ekon. Sos. Hum.*, vol. 2, no. 05, pp. 104–110, 2020, [Online]. Available: <https://jurnalintelektiva.com/index.php/jurnal/article/view/392>
- [19] G. Omozuhomwen Egbe, H. Kure, E. Obi, S. Ebenuwa, G. Ijamaru, and A. Nwajana, "Reliability–Centered Maintenance Using Reliability Parameters on Gas Compressors," *Int. J. Manuf. Mater. Mech. Eng.*, vol. 14, pp. 1–31, Jan. 2025, doi: 10.4018/IJMMME.367256.
- [20] P. Studi *et al.*, "metode RCM dan FMEA pada industri tekstil . 217 Rangga Putra , Irdian , dkk . ; Analisis keandalan mesin jet dyeing menggunakan metode RCM dan FMEA pada industri tekstil .," vol. 12, no. 1, pp. 216–222, 2026.