



Analisis Reliabilitas dan Usulan Strategi Pemeliharaan pada Mesin Bor Duduk dengan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) di Workshop Teknik Mesin Politeknik Negeri Kupang

Desi Natalia Ratu*, Dedy Nataniel Ulyy, Jonri Lomi Ga

Politeknik Negeri Kupang, Indonesia

Email: Queenratu30@gmail.com*

Keywords:

Reliability;
RCM;
MTBF;
MTTR;
Preventive Maintenance.

Abstract

A drill press is one of the primary pieces of equipment used in practical activities at the Mechanical Engineering Workshop of Politeknik Negeri Kupang; therefore, its reliability and availability are essential to ensuring the continuity of learning activities. Recurrent failures of machine components may cause downtime, disrupt practical schedules, and increase safety risks for users. This study aimed to analyze drill press reliability, identify critical components and failure modes, and formulate an appropriate maintenance strategy using the *Reliability Centered Maintenance* (RCM) method. A descriptive qualitative approach was employed using historical failure data from 2022–2024 collected through field observations, structured interviews, and document analysis. The analysis applied RCM System Breakdown, Pareto analysis, Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), Mean Time Between Failure (MTBF), Mean Time To Repair (MTTR), and the RCM Decision Worksheet. The results showed an MTBF of 166.7 hours, an MTTR of 2.9 hours, and machine availability of 98.3%. The motor and V-belt were categorized as operationally critical components, while the switch was identified as safety-critical. Recommended maintenance strategies included preventive maintenance, condition-based maintenance, routine inspection, and functional checks. The study concludes that RCM provides a systematic basis for developing a structured maintenance program to improve machine reliability, operational continuity, and user safety within an educational workshop environment.

Kata Kunci:

Reliabilitas;
RCM;
MTBF;
MTTR;
Pemeliharaan Preventif.

Abstrak

Mesin bor duduk merupakan salah satu peralatan utama dalam kegiatan praktikum di Workshop Teknik Mesin Politeknik Negeri Kupang, sehingga keandalan dan ketersediaannya sangat menentukan kelancaran proses pembelajaran. Kerusakan berulang pada komponen mesin dapat menyebabkan *downtime*, mengganggu jadwal praktikum, serta meningkatkan risiko keselamatan pengguna. Penelitian ini bertujuan menganalisis reliabilitas mesin bor duduk, mengidentifikasi komponen kritis dan mode kegagalan, serta merumuskan strategi pemeliharaan yang sesuai menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dengan data historis kerusakan periode 2022–2024 yang diperoleh melalui observasi, wawancara terstruktur, dan analisis dokumen. Analisis dilakukan menggunakan RCM System Breakdown, diagram Pareto, *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), perhitungan *Mean Time Between Failure* (MTBF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR), serta RCM Decision Worksheet. Hasil penelitian menunjukkan MTBF sebesar 166,7 jam, MTTR sebesar 2,9 jam, dan *availability* sebesar 98,3%. Motor dan V-belt dikategorikan kritis secara operasional, sedangkan saklar merupakan komponen kritis terhadap keselamatan. Strategi

yang direkomendasikan mencakup *preventive maintenance*, *condition-based maintenance*, inspeksi, dan pemeriksaan fungsi secara berkala. Disimpulkan bahwa penerapan RCM dapat menjadi dasar penyusunan sistem pemeliharaan yang lebih terstruktur untuk meningkatkan reliabilitas, keselamatan, dan kontinuitas operasional mesin.

PENDAHULUAN

Fasilitas workshop di institusi pendidikan teknik memegang peran penting dalam mendukung pembelajaran praktik mahasiswa. Mesin bor duduk (*drill press*) merupakan salah satu peralatan penting yang digunakan secara intensif dalam kegiatan praktikum Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Kupang. Mesin ini berfungsi untuk membuat lubang pada benda kerja dengan presisi tinggi dan merupakan standar peralatan di setiap workshop teknik mesin modern (Abernethy et al., 2014; Bangun, 2014; Christi & Adi, 2019; Ebeling, 2015; Hadikusumo & Al-Gahtani, 2014). Efektivitas pembelajaran praktik mahasiswa sangat bergantung pada ketersediaan dan fungsi optimal dari peralatan workshop, khususnya mesin-mesin perkakas yang menjadi tulang punggung kegiatan belajar-mengajar di bidang manufaktur dan teknik mesin (Wibowo et al., 2018).

Pengalaman operasional menunjukkan bahwa mesin bor duduk di *workshop* Teknik Mesin PNK mengalami berbagai permasalahan teknis yang berulang, termasuk keausan pada komponen transmisi, gangguan pada motor penggerak, dan ketidakstabilan spindle. Permasalahan ini mengakibatkan *downtime* yang tinggi, mengganggu jadwal praktikum mahasiswa, dan meningkatkan risiko keselamatan kerja (Mobley, 2015; Morad et al., 2016; Sinurat, 2021; Smith, 2017; Stamatis, 2015; Tsang, 2016). Data awal menunjukkan bahwa mesin mengalami rata-rata 9 kali kerusakan per tahun dengan waktu perbaikan yang tidak terprediksi, menyebabkan ketidakpastian dalam perencanaan kegiatan akademik dan mempengaruhi pencapaian learning outcomes yang telah ditetapkan (Kurniawan, 2013).

Downtime mesin merupakan isu kritis yang tidak hanya berdampak pada kontinuitas pembelajaran tetapi juga pada aspek keselamatan kerja pengguna. Setiap kegagalan mesin yang tidak terduga mengakibatkan gangguan pada jadwal praktikum yang telah dirancang, pemindahan beban pekerjaan ke waktu lain, dan potensi keterlambatan dalam penyelesaian modul pembelajaran (Alamri & Mo, 2022; Alshboul et al., 2024; Cancemi et al., 2025; Ervural & Ayaz, 2023; Geisbush & Ariaratnam, 2023; Yun et al., 2014). Lebih signifikan lagi, ketidakpastian operasional mesin dapat meningkatkan risiko kecelakaan kerja karena operator terpaksa memaksimalkan penggunaan mesin yang beroperasi dalam kondisi suboptimal. Studi literatur menunjukkan bahwa downtime yang tidak terencana meningkatkan risiko keselamatan hingga 3 kali lipat dibandingkan dengan mesin yang dirawat secara terstruktur (Kurniawan, 2013).

Reliability Centered Maintenance (RCM) adalah metodologi sistematis yang telah terbukti efektif dalam mengoptimalkan strategi pemeliharaan aset industri modern. Metode ini menggabungkan analisis kegagalan fungsional, penilaian risiko, dan perencanaan pemeliharaan berbasis data untuk mencapai keandalan maksimal dengan biaya operasional minimal. RCM bekerja dengan mengidentifikasi fungsi kritis setiap sistem, menganalisis mode kegagalan potensial, mengevaluasi konsekuensi kegagalan, dan merekomendasikan strategi

pemeliharaan yang paling efektif untuk setiap komponen berdasarkan prioritas risiko. Pendekatan ini telah mengalami evolusi signifikan sejak dikembangkan pada 1960-an di industri penerbangan dan kini menjadi standar best practice dalam manajemen aset di berbagai sektor industri (Panoto, 2015).

Penerapan RCM telah sukses diterapkan di berbagai sektor industri dengan hasil yang konsisten menunjukkan peningkatan reliabilitas aset secara signifikan. Studi implementasi RCM pada industri manufaktur menunjukkan peningkatan Mean Time Between Failure (MTBF) hingga 40-60%, pengurangan downtime tidak terencana hingga 50-70%, dan peningkatan keselamatan operasional secara keseluruhan. Penelitian Sinurat (2021) pada mesin penggilingan karet menunjukkan hasil konkret bahwa implementasi RCM dapat meningkatkan MTBF dari 72 jam menjadi 320 jam, sementara penelitian Wibowo et al. (2018) pada industri karet menunjukkan pengurangan downtime hingga 65%. Kesuksesan implementasi RCM ini mendorong eksplorasi penerapannya di sektor pendidikan, khususnya untuk manajemen peralatan workshop yang digunakan secara intensif.

Namun demikian, penerapan metodologi pemeliharaan berbasis data masih terbatas di lingkungan institusi pendidikan teknik di Indonesia. Kebanyakan *workshop* pendidikan masih mengandalkan sistem pemeliharaan reaktif (*reactive maintenance*) yang hanya melakukan perbaikan ketika mesin rusak, atau pemeliharaan berkala yang tidak berbasis analisis data historis kegagalan. Sistem pemeliharaan reaktif terbukti menghasilkan biaya operasional yang lebih tinggi, *downtime* yang lebih lama, dan risiko keselamatan yang lebih besar dibandingkan dengan pemeliharaan preventif yang terstruktur. Kurangnya dokumentasi sistematis mengenai riwayat kerusakan mesin dan data operasional menjadi hambatan utama dalam mengidentifikasi pola kegagalan dan merumuskan strategi pemeliharaan yang optimal (Maria Christy & Adi, 2019).

Penelitian ini dirancang untuk mengisi gap penelitian tersebut dengan menerapkan metodologi RCM secara komprehensif pada mesin bor duduk di Workshop Teknik Mesin PNK. Melalui penelitian ini, akan dilakukan analisis mendalam terhadap pola kerusakan historis mesin selama 3 tahun terakhir, identifikasi komponen-komponen kritis menggunakan tools analisis sistematis seperti *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Pareto analysis*, serta perhitungan metrik reliabilitas standar industri seperti MTBF dan MTTR. Hasil analisis ini akan menjadi dasar untuk merumuskan strategi pemeliharaan yang disesuaikan dengan kondisi operasional mesin, karakteristik kegagalan, dan konsekuensi potensial dari setiap mode kegagalan.

Kontribusi penelitian ini bukan hanya pada aspek teknis semata, tetapi juga pada dimensi praktis dan akademis. Secara praktis, penelitian ini akan menghasilkan rekomendasi konkret mengenai jadwal pemeliharaan, interval pemeliharaan, dan prosedur pemeliharaan spesifik yang dapat langsung diimplementasikan di workshop. Secara akademis, penelitian ini menyediakan studi kasus aplikasi RCM di lingkungan institusi pendidikan, mendemonstrasikan bagaimana tools dan metodologi industrial engineering dapat digunakan untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran praktik. Selain itu, penelitian ini akan menghasilkan dokumentasi sistematis mengenai pola kerusakan dan karakteristik reliabilitas mesin yang dapat menjadi referensi bagi institusi pendidikan teknik lainnya.

Tujuan penelitian ini adalah: (1) Menganalisis sistem mesin bor duduk menggunakan RCM System Breakdown untuk mengidentifikasi semua sistem dan sub-sistem yang ada serta

fungsi-fungsinya; (2) Mengukur tingkat reliabilitas mesin bor duduk berdasarkan data kerusakan historis dengan perhitungan MTBF (*Mean Time Between Failure*) dan MTTR (*Mean Time To Repair*) untuk mengetahui performa reliabilitas saat ini; (3) Mengidentifikasi komponen-komponen kritis dan penyebab utama kegagalan menggunakan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) serta diagram Pareto untuk memprioritaskan komponen yang memerlukan perhatian; (4) Menganalisis konsekuensi kegagalan dari setiap komponen kritis terhadap keselamatan, operasional, dan kualitas hasil; (5) Merumuskan strategi pemeliharaan yang optimal (*preventive, condition-based, atau predictive maintenance*) dan interval pemeliharaan yang sesuai dengan kondisi operasional mesin menggunakan *RCM Decision Worksheet*; (6) Memberikan rekomendasi implementasi sistem pemeliharaan terstruktur untuk meningkatkan keselamatan, efektivitas operasional, dan reliabilitas penggunaan mesin di lingkungan kampus; dan (7) Mengusulkan sistem monitoring dan dokumentasi berkelanjutan untuk mendukung program pemeliharaan yang optimal.

METODE PENELITIAN

Desain dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dengan focus pada analisis data historis kerusakan mesin. Lokasi penelitian adalah Workshop/Laboratorium Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Kupang, Indonesia. Obyek penelitian adalah mesin bor duduk tipe General Drill Press yang dijelaskan secara detail pada Tabel 1.

Tabel 1. Identitas Mesin Bor Duduk

Parameter	Keterangan
Nama Mesin	Mesin Bor Duduk
Merek/Tipe	General Drill Press
Kapasitas	Ø 13 mm
Daya Motor	550 Watt
Tegangan	220 V
Kecepatan Putar	500 - 3000 rpm
Sistem Transmisi	Pulley dan V-Belt
Tahun Operasi	2018
Lokasi	Workshop Teknik Mesin
Jam Operasi	± 6 jam/hari

Pengumpulan Data

Data dikumpulkan melalui tiga metode utama: (1) Observasi lapangan untuk melihat kondisi aktual mesin dan lingkungan operasionalnya; (2) Wawancara terstruktur dengan teknisi workshop dan operator mesin untuk memahami riwayat kerusakan, pola kegagalan, dan waktu perbaikan; (3) Analisis dokumen meliputi laporan perawatan historis, log kerusakan, dan catatan operasional mesin selama 3 tahun terakhir (2022-2024). Data kerusakan mencakup jenis kerusakan, tanggal kejadian, komponen yang rusak, dan durasi perbaikan.

Metode Analisis

Data dianalisis menggunakan beberapa teknik sistematis: (1) *RCM System Breakdown* untuk mengidentifikasi sistem dan sub-sistem mesin; (2) Diagram Pareto untuk mengidentifikasi komponen-komponen kritis; (3) *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA);

(4) Perhitungan reliabilitas dengan metode MTBF dan MTTR; (5) RCM Decision Worksheet untuk menentukan strategi pemeliharaan optimal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem dan Sub-Sistem Mesin Bor Duduk

Mesin bor duduk terdiri dari enam sistem utama yang saling terhubung, sebagaimana tercantum pada Tabel 2. Setiap sistem memiliki fungsi spesifik dalam operasional keseluruhan mesin.

Tabel 2. Sistem dan Sub-Sistem Mesin Bor Duduk

No	Sistem	Sub Sistem
1	Sistem Penggerak	Motor listrik
2	Sistem Transmisi	Pulley, V-Belt
3	Sistem Spindle	Spindle, Bearing
4	Sistem Pemotongan	Chuck, Mata bor
5	Sistem Struktur	Meja bor, Kolom
6	Sistem Keselamatan	Saklar ON/OFF, Pelindung

Fungsi dan Kegagalan Fungsional Mesin

Analisis fungsi dan kegagalan fungsional dilakukan untuk setiap sistem pada mesin bor duduk. Tabel 3 menunjukkan hubungan antara fungsi sistem dan jenis kegagalan fungsional yang mungkin terjadi.

Tabel 3. Fungsi dan Kegagalan Fungsional (*Functional Failure*)

Sistem	Fungsi	Kegagalan Fungsional
Motor listrik	Menggerakkan spindle	Motor tidak berputar
V-Belt	Mentransmisikan daya	Slip / putus
Spindle	Menahan dan memutar mata bor	Getaran berlebih
Chuck	Menjepit mata bor	Mata bor tidak stabil
Saklar	Menghidupkan mesin	Mesin tidak dapat dinyalakan

Analisis Mode Kegagalan dan Penyebab (FMEA)

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) mengidentifikasi lima mode kegagalan utama pada mesin bor duduk seperti ditunjukkan pada Tabel 4. Analisis ini mencakup penyebab dan dampak dari setiap mode kegagalan yang telah terjadi.

Tabel 4. Mode Kegagalan dan Penyebab (*Failure Mode & Effect Analysis - FMEA*)

No	Komponen	Failure Mode	Penyebab	Dampak
1	Motor	Overheating	Beban berlebih, Ventilasi kotor	Mesin mati
2	V-Belt	Aus / putus	Umur pakai, Ketegangan salah	Spindle tidak berputar
3	Bearing	Aus	Pelumasan buruk	Getaran & suara bising
4	Chuck	Longgar	Pemakaian berulang	Hasil bor tidak presisi
5	Saklar	Kontak rusak	Debu, umur pakai	Mesin gagal start

Perhitungan MTBF dan MTTR

Dari data operasional mesin bor duduk selama periode penelitian, dilakukan perhitungan reliabilitas menggunakan metrik MTBF dan MTTR. *Mean Time Between Failure* (MTBF) dihitung dengan formula: $MTBF = \text{Total Jam Operasi} / \text{Jumlah Kerusakan}$. Dengan

total jam operasi 1500 jam per tahun dan 9 kegagalan dalam periode penelitian, didapatkan: $MTBF = 1500/9 = 166,7$ jam. Mean Time To Repair (MTTR) dihitung dengan formula: $MTTR = \text{Total Durasi Downtime} / \text{Jumlah Kerusakan}$. Total durasi downtime dari 9 insiden kerusakan adalah 26 jam, sehingga: $MTTR = 26/9 = 2,9$ jam.

Nilai MTBF 166,7 jam menunjukkan bahwa mesin rata-rata akan mengalami kerusakan setiap 166,7 jam operasi atau sekitar setiap 4 minggu kerja. Nilai MTTR 2,9 jam menunjukkan bahwa waktu rata-rata yang diperlukan untuk memperbaiki mesin setiap kali terjadi kerusakan adalah 2,9 jam. Availability mesin dapat dihitung sebagai: $\text{Availability} = MTBF / (MTBF + MTTR) = 166,7 / (166,7 + 2,9) = 0,983$ atau 98,3%. Meskipun nilai availability terkesan tinggi, frekuensi gangguan setiap 166 jam menghasilkan dampak signifikan pada kontinuitas proses belajar-mengajar.

Analisis Konsekuensi Kegagalan

Analisis konsekuensi kegagalan dilakukan untuk mengklasifikasi dampak setiap komponen terhadap keselamatan, operasional, dan kualitas hasil produksi. Tabel 5 menunjukkan kategori dampak dari kegagalan masing-masing komponen.

Tabel 5. Analisis Konsekuensi Kegagalan Mesin Bor Duduk

Komponen	Dampak Kegagalan	Kategori
Motor	Mesin berhenti total	Operasional Kritis
V-Belt	Produksi terhenti	Operasional Kritis
Bearing	Getaran & kualitas menurun	Operasional Sedang
Chuck	Akurasi menurun	Non-Critical
Saklar	Risiko keselamatan pengguna	Safety Critical

Strategi Pemeliharaan Mesin Bor Duduk

Berdasarkan RCM Decision Worksheet dan analisis konsekuensi kegagalan, strategi pemeliharaan yang direkomendasikan untuk setiap komponen mesin bor duduk disajikan pada Tabel 6. Strategi ini dirancang untuk mengoptimalkan keandalan mesin sambil mempertimbangkan aspek keselamatan dan efisiensi biaya operasional.

Tabel 6. Strategi Pemeliharaan Mesin Bor Duduk

Komponen	Strategi Pemeliharaan	Interval Pemeliharaan
Motor	<i>Preventive Maintenance</i> (pembersihan ventilasi, pemeriksaan isolasi, pengujian fungsi)	Setiap 6 bulan
V-Belt	<i>Condition-Based Maintenance</i> (inspeksi visual, pengukuran ketegangan)	Setiap 3 bulan
Bearing	<i>Preventive Maintenance</i> + Lubrikasi teratur (menggunakan grease berkualitas)	Setiap 2 bulan
Chuck	<i>Inspection</i> (deteksi kendoran dan penyetelan)	Bulanan
Saklar	<i>Functional Check</i> (pemeriksaan kontak elektrik)	Bulanan

Implementasi strategi pemeliharaan ini diharapkan dapat meningkatkan MTBF mesin hingga 400+ jam dan mengurangi total downtime hingga 60%. Preventive maintenance untuk motor dan bearing harus dilakukan secara berkala sesuai jadwal. Condition-based maintenance

untuk V-belt memungkinkan intervensi hanya ketika kondisi kritis terdeteksi. Inspection rutin untuk chuck dan saklar memastikan keselamatan pengguna dan akurasi hasil pengerjaan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, penerapan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) pada mesin bor duduk di Workshop Teknik Mesin Politeknik Negeri Kupang mampu mengidentifikasi sistem, mode kegagalan, tingkat keandalan, serta komponen yang memerlukan prioritas pemeliharaan. Hasil perhitungan menunjukkan nilai *Mean Time Between Failure* (MTBF) sebesar 166,7 jam, *Mean Time To Repair* (MTTR) sebesar 2,9 jam, dan *availability* sebesar 98,3%. Meskipun tingkat ketersediaan mesin relatif tinggi, frekuensi gangguan setiap sekitar 166,7 jam operasi masih berpotensi mengganggu kontinuitas kegiatan praktikum. Analisis FMEA dan konsekuensi kegagalan menunjukkan bahwa motor dan V-belt termasuk komponen kritis secara operasional, sedangkan saklar memiliki tingkat kekritisan terhadap keselamatan pengguna. Oleh karena itu, strategi pemeliharaan yang direkomendasikan meliputi preventive maintenance pada motor dan bearing, condition-based maintenance pada V-belt, serta inspeksi dan pemeriksaan fungsi secara rutin pada chuck dan saklar.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan evaluasi empiris terhadap efektivitas strategi pemeliharaan yang diusulkan setelah diterapkan dalam periode tertentu, sehingga peningkatan MTBF, penurunan downtime, biaya pemeliharaan, dan perubahan tingkat availability dapat diukur secara aktual. Cakupan penelitian juga dapat diperluas dengan melibatkan beberapa jenis mesin perkakas dan periode pengamatan yang lebih panjang agar pola kegagalan yang diperoleh lebih representatif. Selain itu, penelitian berikutnya dapat mengintegrasikan metode RCM dengan pemantauan kondisi berbasis sensor, analisis Weibull, atau pendekatan *predictive maintenance* sehingga keputusan pemeliharaan tidak hanya didasarkan pada riwayat kerusakan, tetapi juga pada kondisi aktual mesin. Pengembangan sistem dokumentasi dan monitoring digital juga penting untuk menghasilkan basis data pemeliharaan yang lebih konsisten dan mendukung pengambilan keputusan pemeliharaan secara berkelanjutan. Hal ini sejalan dengan tujuan penelitian untuk membangun sistem monitoring dan dokumentasi yang mendukung peningkatan keselamatan, efektivitas operasional, dan reliabilitas mesin.

REFERENSI

- Abernethy, R. B., Breneman, J. E., Medlin, C. H., & Reinman, G. L. (2014). *Weibull analysis handbook*. Reliability Analysis Center.
- Alamri, T. O., & Mo, J. P. T. (2022). Failure mode structured preventive maintenance scheduling with changing failure rates in Industry 4.0 environment. *Frontiers in Manufacturing Technology*, 2, 828986. <https://doi.org/10.3389/fmtec.2022.828986>
- Alshboul, O., Al Mamlook, R. E., Shehadeh, A., & Munir, T. (2024). Empirical exploration of predictive maintenance in concrete manufacturing: Harnessing machine learning for enhanced equipment reliability in construction project management. *Computers & Industrial Engineering*, 190, 110046. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2024.110046>
- Bangun, M. (2014). Analisis keandalan sistem dengan metode failure mode and effect analysis (FMEA): studi kasus pada kapal ikan. *Jurnal Sistem Industri*, 8(1), 23–31.
- Cancemi, S., Angelucci, M., Chierici, A., Paci, S., & Frano, R. L. (2025). Hybrid neural

- network and statistical forecasting methodology for predictive monitoring and residual useful life estimation in nuclear power plant components. *Nuclear Engineering and Design*, 433, 113900. <https://doi.org/10.1016/j.nucengdes.2025.113900>
- Christi, M. D., & Adi, P. (2019). Perancangan jadwal maintenance untuk menurunkan downtime mesin produksi. *Jurnal Titra*, 7(2), 45–52.
- Ebeling, C. E. (2015). *An introduction to reliability and maintainability engineering* (2nd ed. (ed.)). Waveland Press.
- Ervural, B., & Ayaz, H. I. (2023). A fully data-driven FMEA framework for risk assessment on manufacturing processes using a hybrid approach. *Engineering Failure Analysis*, 152, 107525. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2023.107525>
- Geisbush, J., & Ariaratnam, S. T. (2023). Reliability centered maintenance (RCM): literature review of current industry state of practice. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 29(2), 313–337. <https://doi.org/10.1108/JQME-02-2021-0018>
- Hadikusumo, B. H., & Al-Gahtani, K. (2014). Inspection and condition assessment: towards strategic asset management framework. *Facilities*, 32(5/6), 288–308.
- Kurniawan, A. (2013). *Konsep perawatan dan pemeliharaan sistem mesin produksi*. Erlangga.
- Mobley, R. K. (2015). *An introduction to predictive maintenance* (2nd ed. (ed.)). Butterworth-Heinemann.
- Morad, S., Rahman, A., Mustaffa, Z., & Yaacob, N. (2016). Development and implementation of predictive maintenance system for manufacturing equipment. *Journal of Advances in Technology and Engineering Research*, 2(5), 180–189.
- Panoto, L. (2015). Reliability centered maintenance implementation: a study in manufacturing industry. *International Journal of Engineering and Management*, 3(4), 267–275.
- Sinurat, D. A. (2021). Analisis perawatan mesin produksi menggunakan metode reliability centered maintenance II (RCM II) pada mesin penggiling. *Jurnal Teknik Mesin*, 10(3), 215–228.
- Smith, D. J. (2017). *Reliability, maintainability and risk: practical methods for engineers* (8th ed. (ed.)). Butterworth-Heinemann.
- Stamatis, D. H. (2015). *Failure mode and effect analysis: FMEA from theory to execution* (2nd ed. (ed.)). ASQ Quality Press.
- Tsang, A. H. C. (2016). A strategic approach to managing maintenance spare parts inventory. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 23(2), 228–240.
- Wibowo, H., Sidiq, A., & Ariyanto, D. (2018). Penjadwalan perawatan komponen kritis dengan pendekatan reliability centered maintenance (RCM) pada perusahaan karet. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 6(2), 145–156.
- Yun, W. Y., Kim, M. W., & Kim, D. K. (2014). Analysis of equipment failure patterns in manufacturing plants using reliability engineering methods. *IEEE Transactions on Reliability*, 48(3), 290–300.