

Analisa Waktu Optimasi Perawatan Mesin CNC Milling dengan Pendekatan Value Stream Mapping Serta Perbaikan dengan Failure Mode and Effect Analysis pada Mesin CNC Milling

Ade Riyan Hidayat

Program Studi Teknik Mesin Universitas Singaperbangsa Karawang,
Jl. HS.Ronggo Waluyo, Puseurjaya, Telukjambe Timur, Karawang, Jawa Barat 41361

E-mail: 1910631150142@student.unsika.ac.id

Diajukan: 11-12-2022; Diterima: 21-08-2023; Diterbitkan: 22-12-2023

Abstrak

Dalam industri manufaktur modern, mesin CNC (*Computer Numerical Control*) memainkan peran penting dalam proses produksi yang efisien dan akurat. Pemeliharaan adalah aspek penting untuk memastikan kinerja optimal dan masa pakai mesin CNC. Studi ini bertujuan untuk mengoptimalkan waktu pemeliharaan untuk mesin penggilingan CNC dengan menggunakan pendekatan pemetaan aliran nilai dan analisis mode dan efek kegagalan (FMEA) untuk meningkatkan efisiensi produksi. Studi ini menggunakan observasi dan tinjauan literatur sebagai metode pengumpulan data. Desain penelitian mengikuti pendekatan sistematis, termasuk analisis mode dan efek kegagalan (FMEA), analisis pohon logika keandalan (LTA), dan pemilihan tugas berdasarkan pemeliharaan berpusat pada keandalan (RCM). FMEA mengidentifikasi komponen-komponen kritis dengan *Risk Priority Numbers* (RPN) tinggi seperti pisau cakram dan baut. LTA mengategorikan 55% komponen sebagai masalah gangguan, yang dapat menyebabkan kegagalan dalam sistem secara keseluruhan atau sebagian. Tindakan pemeliharaan yang diusulkan termasuk pemeliharaan yang diarahkan kondisi (CD) untuk komponen-komponen tertentu guna mendeteksi tanda-tanda kegagalan secara dini. Penelitian ini memberikan wawasan tentang mengidentifikasi dan menganalisis potensi kegagalan dalam sistem produksi mesin penggilingan CNC dan mengusulkan metode pemeliharaan baru untuk meningkatkan keandalan dan ketersediaan.

Kata kunci: CNC milling machine; failure mode and effect analysis; maintenance optimization; reliability-centered maintenance; value stream mapping

Abstract

In modern manufacturing industries, CNC (*Computer Numerical Control*) machines play a critical role in efficient and accurate production processes. Maintenance is a crucial aspect of ensuring the optimal performance and longevity of CNC machines. This study aims to optimize the maintenance time for CNC milling machines using a value stream mapping approach and failure mode and effect analysis (FMEA) in order to improve production efficiency. The study utilized observation and literature review as data collection methods. The research design followed a systematic approach, including failure mode and effect analysis (FMEA), reliability logic tree analysis (LTA), and task selection based on reliability-centered maintenance (RCM). The FMEA identified critical components with high Risk Priority Numbers (RPN) such as the disc knife and bolts. The LTA categorized 55% of components as outage problems, which could cause failure in the entire or part of the system. The proposed maintenance actions included condition-directed maintenance (CD) for specific components to detect early failure signs. The research offers insights into identifying and analyzing potential failures in CNC milling machine production systems and proposes a new maintenance method to improve reliability and availability.

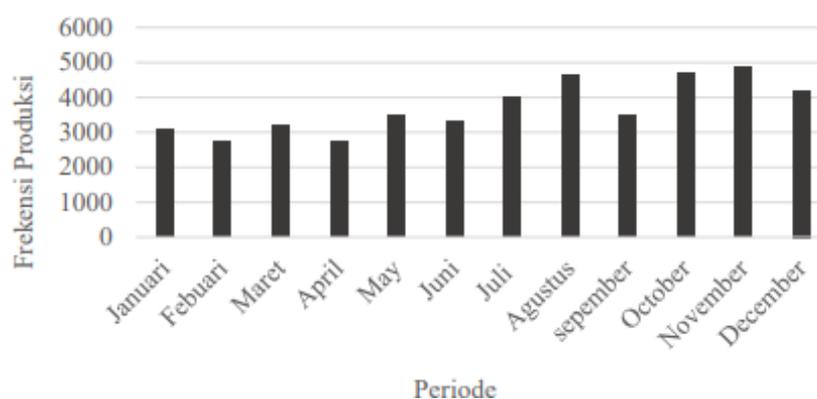
Keywords: CNC milling machine; failure mode and effect analysis; maintenance optimization; reliability-centered maintenance; value stream mapping;

1. Pendahuluan

Dalam industri manufaktur modern, mesin CNC (*Computer Numerical Control*) menjadi tulang punggung proses produksi yang efisien dan akurat. Mesin CNC adalah suatu mesin yang dikontrol oleh computer dengan menggunakan bahasa numerik (data perintah dengan kode angka, huruf dan simbol) sesuai standart ISO [1]. Mesin CNC *milling* memiliki tingkat pengoperasian yang sangat tinggi karena tidak hanya bertanggung jawab dalam pembuatan komponen utama untuk perakitan mesin, tetapi juga memproduksi komponen cadangan untuk menggantikan bagian-bagian yang

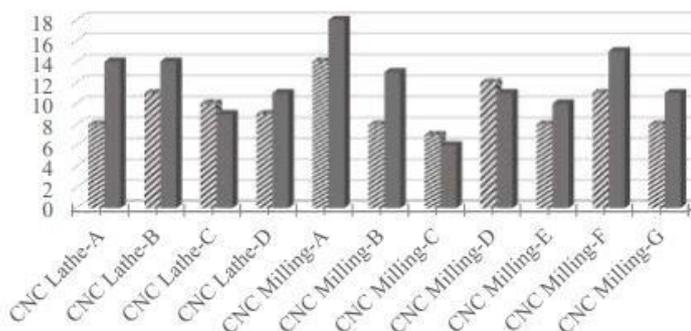
mengalami kerusakan karena penggunaan jangka panjang [2]. Mesin CNC merupakan salah satu perkakas yang banyak dipakai dalam dunia industri manufaktur yang sudah dilengkapi dengan sistem kontrol berbasis komputer yang mampu membaca bahasa pemrograman berkode G, M, T, A, dan lainnya yang akan berjalan sesuai perancangan dan program yang telah dibuat [3]. Mesin CNC *milling* merupakan perangkat pemotongan yang dikendalikan oleh komputer yang secara otomatis melakukan proses-produksi sesuai dengan instruksi yang telah diprogram dalam perangkat lunaknya, mengakomodasi beragam jenis bahan yang digunakan[4]. Dari beberapa definisi tersebut dapat disimpulkan bahwa mesin CNC *milling* tidak hanya memainkan peran penting dalam pembuatan komponen utama untuk perakitan mesin, tetapi juga memiliki kemampuan untuk menghasilkan komponen cadangan guna menggantikan bagian yang mungkin mengalami kerusakan akibat penggunaan dalam jangka waktu tertentu. Perawatan merupakan suatu fungsi dalam suatu aktivitas produksi dalam suatu industri, hal ini karena dalam suatu industri mempunyai peralatan atau fasilitas yang penggunaannya secara berkelanjutan terus-menerus untuk dapat mempergunakan peralatan tersebut, diantara kegiatan yang dilakukan seperti inspeksi pengecekan, lubrikasi, perbaikan serta penggantian komponen. Kegiatan tersebut dalam perusahaan merupakan peranan bagian manajemen perawatan yang dibentuk dari organisasi perusahaan[5]. Beberapa tujuan dan fungsi perawatan adalah mampu memenuhi kebutuhan sesuai rencana produksi, menjaga kualitas produksi, membantu mengurangi biaya modal pemakaian yang diinvestasikan sesuai kebijakan sehingga tercapainya keuntungan return of investment dan menghindari kegiatan yang dapat membahayakan keselamatan pekerja [5]. Selain itu, dengan teknologi pemrograman dan kendali komputer, mesin CNC *milling* mampu menjalankan proses-produksi secara otomatis, memungkinkan penggunaannya pada berbagai jenis bahan dengan tingkat presisi yang tinggi. Hal ini menunjukkan peran yang sangat signifikan dari mesin ini dalam industri manufaktur modern, memberikan efisiensi dan fleksibilitas dalam produksi komponen-komponen yang diperlukan. Mesin CNC *milling* merupakan salah satu peralatan kunci yang digunakan untuk menghasilkan komponen dan produk dengan presisi tinggi. Pentingnya mesin ini dalam menjaga kelancaran produksi telah mendorong perhatian yang meningkat terhadap perawatan mesin guna memaksimalkan kinerjanya.

PT. Honda Precision Part Manufacturing merupakan perusahaan yang bergerak dibidang produksi spare part dan aksesoris otomotif khususnya mobil.



Gambar 1. Data Produksi PT. Honda Precision Part Manufacturing Tahun 2021

Dalam menunjang proses produksi, perusahaan memiliki 11 mesin CNC (Computer Numerical Number) yang terdiri dari 4 CNC Lathe (2 axis) dan 7 CNC *Milling* (3 axis). Dimana seluruh mesin digunakan aktif selama 18 jam dalam sehari.



Gambar 2. Jumlah Kerusakan Mesin PT. Honda Precision Part Manufacturing

Pada Gambar 1. memperlihatkan jumlah produksi untuk produk knalpot pada tahun 2020. Sedangkan Gambar 2. memperlihatkan jumlah kerusakan masing-masing mesin pada tahun 2020 hingga 2021. Dari data terlihat bahwa mesin *CNC Milling A* memiliki jumlah kerusakan terbanyak yaitu 32 kali kerusakan dalam 2 tahun. Maka dari itu dibutuhkan upaya menjaga fungsi mesin melalui kegiatan pemeliharaan (maintenance) [6]. Buruknya penjadwalan pemeliharaan menjadi faktor yang mengakibatkan sering terjadinya pemborosan biaya pada proses. Salah satu metode untuk mengidentifikasi kerusakan mesin serta memperhitungkan interval waktu pemeliharaan yaitu menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)* [7].

Reliability Centered Maintenance (RCM) adalah menyadari bahwa konsekuensi atau resiko dari kegagalan adalah jauh lebih penting dari pada karakteristik teknik itu sendiri [8]. *Reliability Centered Maintenance* adalah sebuah proses dimana waktu dan upaya yang dilakukan jika suatu sistem tidak berjalan normal dan otomatis untuk menentukan strategi pemeliharaan menggunakan data keandalan.

Pada penelitian ini mengemukakan suatu kajian tentang analisis optimasi waktu perawatan mesin *milling CNC* dengan menggunakan *value stream* pemetaan pendekatan dan perbaikan dengan mode kegagalan dan analisis efek. Penggunaan mesin *milling CNC* semakin populer di industri manufaktur karena kemampuannya menghasilkan komponen dengan presisi tinggi dengan cepat. Namun, perawatan alat berat ini sangat penting untuk memastikan kinerja optimal dan umur panjangnya. Oleh karena itu, optimalisasi waktu perawatan mesin *milling CNC* sangat penting untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses produksi.

Beberapa penelitian telah menyelidiki optimalisasi parameter mesin *milling CNC* untuk mengurangi waktu produksi. Misalnya, sebuah penelitian menemukan bahwa kecepatan pemotongan dan kedalaman pemotongan mempunyai dampak yang signifikan terhadap proses produksi [9]. Studi lain menggunakan metodologi permukaan respons untuk mengoptimalkan parameter mesin *milling CNC* 3-sumbu untuk mencapai waktu produksi yang efektif [9]. Studi-studi ini memberikan informasi berharga mengenai optimalisasi proses penggilingan *CNC*, yang mungkin relevan dengan topik optimalisasi waktu perawatan untuk mesin penggilingan *CNC*.

Dalam penelitian ini, pendekatan *value stream map* digunakan untuk mengidentifikasi langkah-langkah kritis dalam proses produksi mesin *milling CNC*. Menurut beberapa ahli, *Value Stream Mapping* adalah suatu alat yang ideal sebagai langkah awal dalam melakukan proses perubahan untuk mendapatkan kondisi *lean manufacturing* atau *lean enterprises* [10]. *Value stream* didefinisikan sebagai aktivitas khusus didalam suatu *supply chain* yang diperlukan untuk perancangan, pemesanan dan penetapan suatu spesifik produk atau *value* [11]. sedangkan *FMEA* digunakan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan dan menganalisis dampaknya terhadap sistem. Berdasarkan pendapat ahli tentang definisi *FMEA*, *FMEA* adalah sebuah teknik rekayasa yang digunakan untuk menetapkan, mengidentifikasi, dan untuk menghilangkan kegagalan yang diketahui, permasalahan, error, dan sejenisnya dari sebuah sistem, desain, proses, dan atau jasa sebelum

mencapai konsumen[12]. Dari konsep FMEA yang telah dijelaskan sebelumnya yang berfokus pada aspek kualitas, dapat disimpulkan bahwa FMEA adalah sebuah teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi serta menganalisis potensi kegagalan suatu sistem atau komponen, serta dampaknya guna mencegah terjadinya kegagalan tersebut. Dengan menggabungkan kedua metode ini, peneliti berharap dapat mencapai waktu perawatan yang lebih singkat dan efektif untuk mesin *milling* CNC.

Manfaat dari penelitian ini antara lain optimalisasi waktu perawatan mesin *milling* CNC dengan menggunakan pendekatan value stream mapping dan FMEA. Selain itu, penelitian ini menawarkan wawasan tentang cara mengidentifikasi dan menganalisis potensi kegagalan dalam sistem produksi mesin penggilingan CNC.

Dalam kata lain, kajian analisis optimasi waktu perawatan mesin *milling* CNC dengan pendekatan value stream map dan perbaikan dengan analisis mode kegagalan dan efek sangat penting untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses produksi. Penggunaan mesin penggilingan CNC menjadi semakin populer di industri manufaktur, dan optimalisasi waktu perawatan sangat penting untuk memastikan kinerja optimal dan umur panjang mesin tersebut. Pendekatan pemetaan aliran nilai dan FMEA merupakan metode yang efektif untuk mengidentifikasi langkah-langkah penting dalam proses produksi dan potensi kegagalan. Dengan menggabungkan kedua metode ini, para peneliti berharap dapat mencapai waktu perawatan yang lebih singkat dan efektif untuk mesin *milling* CNC.

2. Material dan Metodologi

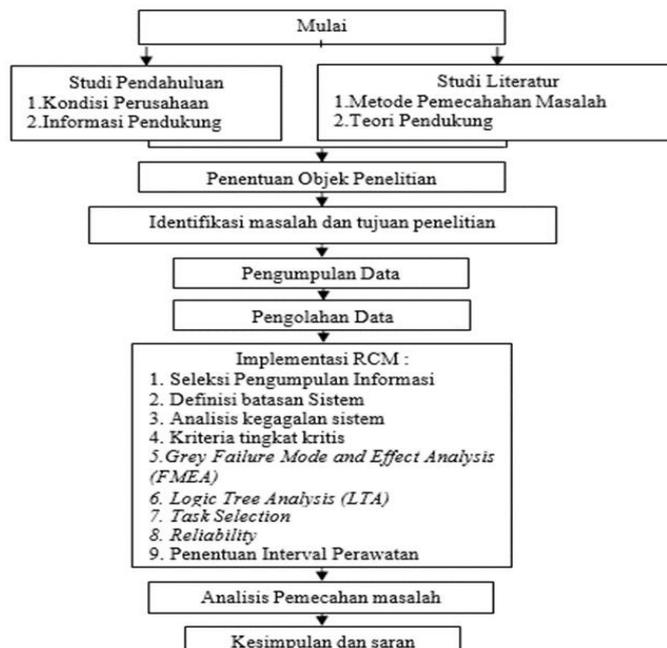
Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

2.1. Observasi

Observasi merupakan kegiatan yang dilakukan dengan cara mengamati secara langsung berbagai aktifitas dan kegiatan yang dilakukan terhadap objek penelitian yang dilakukan.

2.2. Studi Pustaka

Metode pengumpulan data dengan mengumpulkan dan mempelajari berbagai referensi dan sumber-sumber yang berkaitan dengan topik penelitian. Adapun pelaksanaan yang dilakukan melalui tahapan yang telah tersaji pada diagram alir yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 3. Diagram Alir Pelaksanaan

3. Hasil dan pembahasan

3.1 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA).

FMEA berguna untuk memprediksi komponen mana yang kritis, yang sering rusak dan jika terjadi kerusakan pada komponen tersebut maka sejauh mana pengaruhnya terhadap fungsi sistem secara keseluruhan pada produksi dispenser. FMEA dapat sangat berguna untuk mengidentifikasi kegagalan. FMEA digunakan untuk menangkap potensi kegagalan, risiko & dampak dan memprioritaskan mereka dengan nomor prioritas disebut risk priority number (RPN) yang berkisar antara 1 sampai 1000 [13]. Dengan demikian, dapat diberikan perlakuan lebih terhadap komponen tersebut dengan tindakan pemeliharaan yang tepat. Hal utama dalam FMEA adalah Risk Priority Number (RPN). RPN merupakan hasil kali dari nilai severity, occurrence, detection [14]. RPN merupakan hasil perhitungan matematis dari keseriusan effect (severity), kemungkinan terjadinya cause yang menimbulkan kegagalan yang berhubungan dengan effect (occurrence), dan kemampuan untuk mendeteksi kegagalan sebelum terjadi (detection). RPN dapat ditunjukkan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{RPN} = \text{Severity} \times \text{Occurrence} \times \text{Detection}$$

Hasil dari RPN menunjukkan tingkatan prioritas peralatan yang dianggap beresiko tinggi sebagai penunjuk ke arah tindakan perbaikan. Contoh pengisian tabel FMEA untuk komponen Disc yaitu: Mesin Cutter berhenti beroperasi.

- 1 Komponen yang mungkin menimbulkan kerusakan adalah disc.
- 2 Mode Kerusakan adalah Disc pecah.
- 3 Penyebab kerusakan (failure causes) adalah masuknya besi atau batu ke dalam disc.
- 4 Efek kegagalan adalah Mesin Cane Cutter berhenti beroperasi.
- 5 Tingkat Severity : 10 (Tidak berfungsi sama sekali)
- 6 Tingkat Occurance : 6 (21-25 per 7200 jam penggunaan)
- 7 Tingkat Detection : 5 (kesempatan yang sedang untuk terdeteksi)
- 8 RPN : $10 \times 6 \times 5 = 300$

Berdasarkan hasil penelitian menggunakan metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) terhadap komponen mesin di sistem produksi PT. Honda Precision Part Manufacturing. Maka dapat diperoleh nilai RPN (Risk Priority Number) untuk setiap komponen. Nilai RPN untuk setiap komponen yang telah diurutkan berdasarkan nilai RPN terbesar ke terkecil dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 1. Risk Priority Number

No	Komponen	RPN
1	Disc Knife	300
2	Disc Knife	240
3	Cane Knife	150
4	Mur dan Baut	336
5	Bearing	256
6	Mata Pisau	250
7	V-Belt	240
8	Cylinder	200
	Rotor	
9	Handle Freed	175
	Rotor	140

Sumber: Data diolah oleh penulis, 2022

Dari tabel. di atas, dapat dilihat bahwa terdapat sembilan komponen utama yang memiliki nilai RPN yang tinggi (> 300) dalam menyebabkan downtime produksi mesin di PT. Honda Precision Part Manufacturing, yaitu komponen disc knife mur dan baut.

3.2 Reliability (LTA)

Reliability Logic Tree Analysis (LTA) memiliki tujuan adalah dapat memisahkan Failure Mode pada beberapa kategori sehingga akan diketahui tingkatan dalam menerapkan penangan pada setiap Failure Mode yang disesuaikan dengan kategorinya [15].

Berdasarkan hasil analisis Reliability (LTA), maka dapat diperoleh kategori kegagalan masing- masing komponen mesin. Pengkategorian komponen dilakukan atas pertimbangan :

- 1 Kategori A (safety problem) yaitu komponen yang dapat mengakibatkan gangguan keselamatan pada operator dan lingkungan. Berdasarkan hasil penelitian, tidak terdapat komponen mesin dalam sistem produksi yang termasuk dalam kategori ini.
- 2 Kategori B (outage problem) yaitu komponen yang dapat mengakibatkan kegagalan pada seluruh atau sebagian sistem. Komponen yang termasuk dalam kategori ini adalah:
 - a Disc mesin Cane Cutter
 - b Mur dan baut mesin Cane Cutter
 - c Bearing mesin Cane Cutter
 - d Mata pisau mesin Cane Cutter
 - e V-Belt mesin Cane Cutter
 - f Cylinder mesin Cane Cutter
 - g Disc mesin
 - h Rotor mesin
 - i Bearing mesin
 - j Scrapper Plate mesin Mill Roll
 - k Plat mesin
 - l Baggage Elevator mesin Mill Roll
 - m Feeding Roll mesin Mill Roll
- 3 Kategori C (economic problem) yaitu komponen yang tidak menyebabkan kegagalan pada seluruh atau sebagian sistem tetapi menyebabkan kerugian pada perusahaan karena fungsi komponen berkurang. Berdasarkan hasil penelitian, tidak ada komponen yang termasuk dalam kategori ini.
- 4 Kategori D (hidden failure) yaitu komponen yang kegagalan fungsinya tidak disadari dan sulit dideteksi oleh operator karena tersembunyi dari penglihatan operator. Komponen yang termasuk dalam kategori ini adalah:
 - a Disc Knife mesin Cane Cutter
 - b Cane Knife mesin Cane Cutter
 - c Handle Freed mesin Cane Cutter
 - d Rotor mesin Cane Cutter
 - e Hammer mesin Unigrator
 - f Disc mesin Unigrator
 - g Standard Mill Check mesin Mill Roll

Hasil rekapitulasi jumlah komponen untuk masing-masing kategori dan persentase kontribusinya menyebabkan downtime dapat dilihat pada tabel dibawah ini. dapat dilihat bahwa 55% komponen di sistem produksi CNC *Milling* di PT. Honda Precision Part Manufacturing bersifat outage yang dapat mengakibatkan kegagalan terhadap keseluruhan atau sebagian sistem.

Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Penyusunan LTA Sistem Produksi CNC *Milling* di PT. Honda Precision Part Manufacturing

No.	Kategori	Jumlah Komponen	Persentase (%)
1	A	0	0
2	B	13	65
3	C	0	0
4	D/B	7	35
Total		20	100

Sumber: Data diolah oleh penulis, 2022

3.3 Usulan Pemilihan Tindakan Reliability Centered Maintenance

RCM (Reliability Centered Maintenance) merupakan pendekatan pengembangan program-program perawatan untuk pencegahan (preventive maintenance) dengan lebih fokus kepada fungsi sistem daripada suatu komponen tunggal. Pendekatan ini membuat fokus perawatan pada komponen-komponen yang kritis terhadap fungsi sistem. Hal ini membuat program perawatan lebih efisien dengan biaya yang lebih minim [16].

Reliability Centered Maintenance (RCM) ini terdiri dari tujuh tahapan sistematis, yaitu pemilihan sistem dan pengumpulan informasi, definisi batasan sistem, deskripsi sistem dan functional block diagram, penentuan fungsi sistem dan kegagalan fungsional, failure mode and effect analysis (FMEA), logic tree analysis (LTA) dan task selection [17].

Berdasarkan hasil pemilihan tindakan untuk komponen-komponen yang mengalami kegagalan di sistem produksi plywood maka dapat diperoleh tindakan pemilihan yaitu:

1 Usulan Perawatan CD (Condition Directed)

Tindakan perawatan ini bertujuan untuk mendeteksi kegagalan berdasarkan kondisi komponen dengan cara visual inspection dan pemeriksaan mesin. Apabila dalam proses pendeteksian ditemukan gejala-gejala kerusakan, maka dilanjutkan dengan proses perbaikan atau penggantian komponen.

Komponen yang direncanakan dengan tindakan perawatan ini yaitu:

- a Bearing mesin Cane Cutter
- b V-Belt mesin Cane Cutter
- c Cylinder Rotor mesin Cane Cutter
- d Rotor mesin Unigrator
- e Bearing mesin Unigrator
- f Scrapper Plate mesin Mill Roll
- g Elevator mesin Mill Roll
- h Feeding Roll mesin Mill Roll

2 Rencana tindakan perawatan CD (Condition Directed)

Prosedur usulan perbaikan pada perawatan untuk komponen yang direncanakan dengan tindakan CD (Condition Directed) yaitu:

a Judul Unit

Perawatan berdasarkan kondisi fisik komponen (Condition Directed Maintenance)

b Deskripsi Unit

Perawatan CD (Condition Directed) dilakukan untuk mendeteksi kerusakan awal pada komponen dengan visual inspection, pemeriksaan komponen, dan memonitor data-data yang ada. Jika ditemukan gejala-gejala kerusakan awal, maka dilanjutkan dengan perbaikan maupun pergantian komponen.

c Peralatan

Obeng, linggis, kunci pas, baut L, termometer, test pen, palu, tang, tachometer.

d Acuan

Manual book dan hasil pemilihan tindakan perawatan berdasarkan pendekatan RCM (Reliability Centered Maintenance).

e Prosedur

Operator yang menjalankan mesin melakukan monitoring terhadap kondisi fisik komponen mesin yang telah dijadwalkan dengan tindakan CD (Condition Directed). Jika operator menemukan gejala yang menunjukkan kondisi komponen bermasalah, maka operator mengisi form kerusakan dan mengirimkan form ke bagian Mechanical Departement. Setelah menerima laporan kerusakan dari operator, pihak mechanical department mengirimkan teknisi maintenance (mekanik) untuk menganalisis dan memperbaiki komponen. Teknisi maintenance (mekanik) kemudian melakukan penelusuran lebih lanjut untuk dapat mengidentifikasi penyebab masalah. Setelah diketahui penyebab masalahnya, teknisi maintenance mempersiapkan sumber daya (peralatan dan sparepart) yang diperlukan. Setelah sumber daya dipersiapkan, teknisi maintenance mempersiapkan rencana perawatan komponen mesin. Teknisi maintenance kemudian melakukan serangkaian kegiatan perawatan dalam memperbaiki komponen. Jika masalah terselesaikan, maka teknisi maintenance melaporkan waktu, penyebab kerusakan dan tindakan perawatan yang dilakukan ke supervisor untuk kepentingan dokumentasi. Jika tidak, maka teknisi maintenance mengidentifikasi ulang penyebab masalah dan memperbaikinya.

Dengan diterapkannya metode RCM sebagai metode perawatan yang baru, maka dapat dilihat adanya potensi penurunan downtime sebesar 23,24%, peningkatan Reliability dan availability komponen.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis pemecahan masalah maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan yaitu: Berdasarkan hasil penyusunan FMEA (Failure Mode and Effect Analysis), komponen- komponen yang memiliki Risk Priority Number (RPN) besar (≥ 300) yaitu: Disc Knife, dan Mur Baut. Hasil penyusunan Reliability (LTA) menunjukkan komponen sebesar 55% tergolong kategori B (outage problem). Operator yang menjalankan mesin melakukan monitoring terhadap kondisi fisik komponen mesin yang telah dijadwalkan dengan tindakan CD (Condition Directed). Jika operator menemukan gejala yang menunjukkan kondisi komponen bermasalah, maka operator mengisi form kerusakan dan mengirimkan form ke bagian Mechanical Departement. Setelah menerima laporan kerusakan dari operator, pihak mechanical department mengirimkan teknisi maintenance (mekanik) untuk menganalisis dan memperbaiki komponen.

Teknisi maintenance (mekanik) kemudian melakukan penelusuran lebih lanjut untuk dapat mengidentifikasi penyebab masalah. Setelah diketahui penyebab masalahnya, teknisi maintenance mempersiapkan sumber daya (peralatan dan sparepart) yang diperlukan. Setelah sumber daya dipersiapkan, teknisi maintenance mempersiapkan rencana perawatan komponen mesin. Teknisi maintenance kemudian melakukan serangkaian kegiatan perawatan dalam memperbaiki komponen. Jika masalah terselesaikan, maka teknisi maintenance melaporkan waktu, penyebab kerusakan dan tindakan perawatan yang dilakukan ke supervisor untuk kepentingan dokumentasi. Jika tidak, maka teknisi maintenance mengidentifikasi ulang penyebab masalah dan memperbaikinya.

Daftar Pustaka

- [1] M. Rizqi Aulia Hasibuan, S. Hardi, and P. Studi Teknologi Rekayasa Instrumentasi dan Kontrol, “RANCANG BANGUN MESIN CNC MILLING 3-AXIS UNTUK ANGGRAVE PCB BERBASIS ARDUINO UNO,” *Jurnal TEKTR0*, vol. 3, no. 1, Nov. 2019, doi: 10.30811/TEKTRO.V3I1.1543.
- [2] D. F. Hidayat, J. Hardono, and W. A. Wijaya, “Analisa Total Productive Maintenance (TPM) Menggunakan Overall Equipment Effectiveness (OEE) Pada Mesin CNC Milling,” *Jurnal Teknik*, vol. 9, no. 2, p. 2020, Dec. 2020, doi: 10.31000/JT.V9I2.3689.
- [3] R. Hermana, Y. Setyoadi, and M. F. Aza, “KAJI EKSPRIMENTAL PEMBANDINGAN KETELITIAN MESIN CNC MILLING DENGAN KONTROL SMC DAN MESIN CNC MILLING DENGAN KONTROL ESP32 WIFI,” *Majalah Ilmiah Gema Maritim*, vol. 24, no. 2, pp. 105–113, Sep. 2022, doi: 10.37612/GEMA-MARITIM.V24I2.299.
- [4] M. Jufrizaldy, M. D. Prodi, and I. Teknologi Rekayasa Manufaktur, “RANCANG BANGUN MESIN CNC MILLING MENGGUNAKAN SYSTEM KONTROL GRBL UNTUK PEMBUATAN LAYOUT PCB,” *Jurnal Mesin Sains Terapan*, vol. 4, no. 1, pp. 37–44, Feb. 2020, doi: 10.30811/JMST.V4I1.1743.
- [5] H. Ninny Siregar and S. Munthe, “Analisa Perawatan Mesin Digester dengan Metode Reliability Centered Maintenance pada PTPN II Pagar Merbau,” *Jime (Journal of Industrial and Manufacture Engineering)*, vol. 3, no. 2, pp. 87–94, [Online]. Available: <http://ojs.uma.ac.id/index.php/jime>.
- [6] F. T. D. Atmaji, A. A. Noviyanti, W. Juliani, and M. Fajrian, “IMPLEMENTATION OF MAINTENANCE SCENARIO FOR CRITICAL SUBSYSTEM IN AIRCRAFT ENGINE Case study: NTP CT7 engine,” *International Journal of Innovation in Enterprise System*, vol. 2, no. 01, pp. 50–59, doi: 10.25124/ijies.v2i01.17.
- [7] W. H. Afiva, F. T. D. Atmaji, and J. Alhilman, “Penerapan Metode Reliability Centered Maintenance (Rcm) Pada Perencanaan Interval Preventive Maintenance Dan Estimasi Biaya Pemeliharaan Menggunakan Analisis Fmeca (Studi Kasus : Pt,” *Xyz). Jurnal PASTI*, vol. 13, no. 3, p. 298, doi: 10.22441/pasti.2019.v13i3.007.
- [8] 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 Jurnal Teknik*, vol. 2, no. 1, pp. 72–83, Jul. 2023, doi: 10.56211/BLENDSAINS.V2I1.199.
- [9] M. Aziz, R. Saraswati, and U. W. R. Supratman, “Optimalisasi Parameter Mesin CNC Milling 3 Axis terhadap Waktu Produksi dengan Menggunakan Response Surface Methodology,” *Formosa Journal of Applied Sciences*, vol. 1, no. 4, pp. 293–304, Sep. 2022, doi: 10.55927/FJAS.V1I4.1089.

- [10] W. M. Goriwondo, S. Mhlanga, and A. Marecha, "Use of the Value Stream Mapping tool for Waste Reduction In Manufacturing. Case Study for Bread Manufacturing In Zimbabwe.," 2011.
- [11] P. Hines and D. Taylor, "Going Lean: A Guide to Implementation," *Lean Enterprise Research Centre Cardiff Business School*, p. 54, 2000, Accessed: Nov. 23, 2023. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/324210390_Going_lean
- [12] R. Y. Hanif, H. S. Rukmi, and S. Susanty, "PERBAIKAN KUALITAS PRODUK KERATON LUXURY DI PT. X DENGAN MENGGUNAKAN METODE FAILURE MODE and EFFECT ANALYSIS (FMEA) dan FAULT TREE ANALYSIS (FTA)," *REKA INTEGRRA*, vol. 3, no. 3, Jul. 2015, Accessed: Nov. 23, 2023. [Online]. Available: <https://ejournal.itenas.ac.id/index.php/rekaintegra/article/view/879>
- [13] R. Budiarto, "Penerapan Metode FMEA Untuk Keamanan Sistem Informasi (Studi Kasus: Website POLRI)," *Prosiding 2nd Seminar Nasional IPTEK Terapan (SENIT) 2017*, vol. 2, no. 1, pp. 73–78, May 2017, Accessed: Nov. 23, 2023. [Online]. Available: <https://ejournal.poltekharber.ac.id/index.php/SENIT2017/article/view/541>
- [14] H. Martin and L. Priscila, "The World technological capacity to store, communicate and compute information," *Science (1979)*, vol. 332, no. 6025, pp. 60–65,.
- [15] J. Energy, R. D. Irawan, R. Dwi Irawan, and P. T. Eratex Djaja -Probolinggo, "Analisis Perawatan Mesin Yilmak Laundry dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) dan Risk Based Maintenance (RBM) (Studi Kasus : Departement Laundry PT. Eratex Djaja)," *Energy : Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik*, vol. 12, no. 1, pp. 14–17, May 2022, doi: 10.51747/ENERGY.V12I1.1029.
- [16] F. Fathurohman and S. Triyono, "RCM (RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE): THE IMPLEMENTATION IN PREVENTIVE MAINTENANCE (CASE STUDY IN AN EXPEDITION COMPANY)," *EKOMABIS: Jurnal Ekonomi Manajemen Bisnis*, vol. 1, no. 02, pp. 197–212, Dec. 2020, doi: 10.37366/EKOMABIS.V1I02.29.
- [17] S. Supriyadi, R. M. Jannah, and R. Syarifuddin, "PERENCANAAN PEMELIHARAAN MESIN CENTRIFUGAL DENGAN MENGGUNAKAN METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE PADA PERUSAHAAN GULA RAFINASI," *JISI: Jurnal Integrasi Sistem Industri*, vol. 5, no. 2, pp. 139–147, Oct. 2018, doi: 10.24853/JISI.5.2.139-147.