

Analisa Perawatan Mesin CNC Milling Menggunakan Metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA)

CNC Milling Machine Maintenance Analysis Using Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) Method

Ardiansyah Eko Saputra¹⁾, Tedjo Sukmono ^{*,2)}

¹⁾Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾ Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: thedjoss@umsida.ac.id

Abstract. Milling machines are essential in machining processes, producing high-precision components in the manufacturing industry. However, their performance is often hindered by technical issues due to component failures, emphasizing the need for effective maintenance analysis to ensure operational continuity. This study analyzes the maintenance of CNC milling machines at PT. IJA Surabaya using the Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) methodology. The approach involves identifying potential failure modes, assessing their effects and causes, and calculating the Risk Priority Number (RPN) for various components. Data collection includes evaluating severity (S), occurrence (O), and detection (D) scores on a scale of 1 to 10, which are then used to derive the RPN. The analysis reveals that the spindle component is the most critical, with failure modes of wear or seizing impacting production accuracy. The primary causes identified are inadequate lubrication and overloading, resulting in an RPN of 933, categorized as very high risk. The air supply and drill bit components also have the highest RPN and need require better maintenance. Recommended preventive measures include establishing a routine lubrication schedule and implementing load monitoring protocols. The findings of this study aim to guide the company in developing more effective and efficient maintenance strategies.

Keywords - FMEA, Machine Maintenance, CNC Milling, Risk Priority Number

Abstrak. Mesin milling sangat penting dalam proses permesinan yang menghasilkan komponen dengan presisi tinggi dalam industri manufaktur. Kinerja mesin ini sering terganggu oleh masalah teknis akibat kegagalan komponen, sehingga analisis perawatan yang efektif sangat penting untuk menjaga operasional. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perawatan mesin CNC milling di PT. IJA Surabaya dengan menggunakan metode Failure Mode and Effects Analysis (FMEA). Pendekatan ini meliputi identifikasi potensi mode kegagalan, menilai efek dan penyebabnya, dan menghitung Nomor Prioritas Risiko (RPN) untuk berbagai komponen. Pengumpulan data meliputi evaluasi skor severity (S), occurrence (O), dan detection (D) pada skala 1 hingga 10, yang kemudian digunakan untuk memperoleh RPN. Hasil analisis menunjukkan bahwa komponen spindle merupakan yang paling kritis, dengan mode kegagalan berupa aus atau macet yang berdampak pada ketidakpresisian hasil produksi dengan RPN tertinggi mencapai 933, yang dikategorikan sebagai sangat tinggi. Komponen air supply dan mata bor juga memiliki RPN tertinggi sehingga memerlukan perawatan lebih baik. tindakan pencegahan yang direkomendasikan meliputi penjadwalan pelumasan rutin dan monitoring beban. Hasil penelitian ini dapat menjadi acuan bagi perusahaan dalam merumuskan strategi perawatan yang lebih efektif dan efisien.

Kata Kunci - FMEA, Perawatan Mesin, CNC Milling, Risk Priority Number

I. PENDAHULUAN

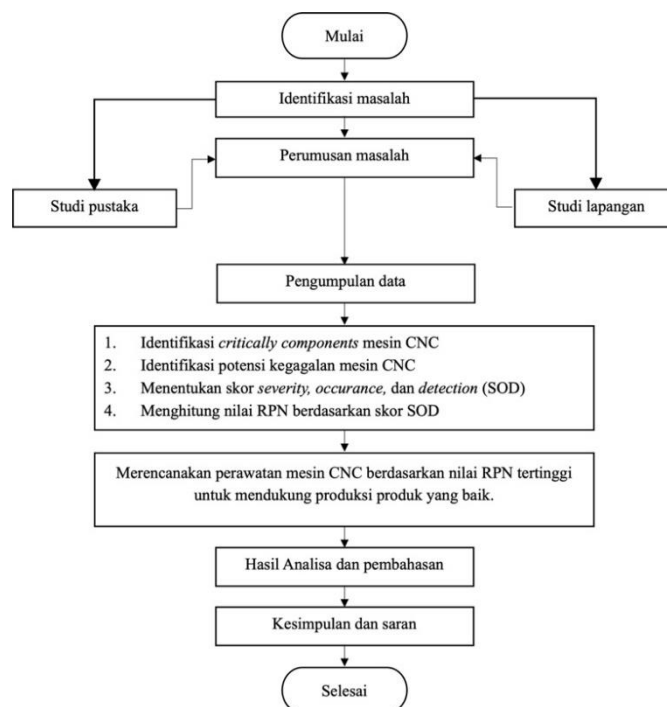
Mesin yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis mesin CNC *milling*. Mesin digunakan untuk memotong alumunium. Mesin ini beroperasi secara terus-menerus sehingga rentan mengalami kerusakan. Hasil studi lapangan diketahui dalam waktu dua tahun mesin CNC *milling* memiliki jumlah frekuensi kerusakan yang cukup banyak, yaitu sebanyak 31 kali. Berdasarkan pengamatan di lokasi, kerusakan yang sering terjadi adalah mesin *cutter* yang digunakan untuk pemotongan alumunium mudah tumpul dan kerusakan *bearing* rel yang mudah berkarat (permukaannya tidak lagi rata). Hal tersebut berdampak beberapa kerugian bagi PT. IJA Surabaya. Kerugian ini berupa penurunan produktivitas mesin dan terganggunya proses produksi, sehingga berkurangnya keuntungan yang dihasilkan oleh perusahaan karena terhentinya proses produksi. Dampak kerugian yang terjadi adalah gagalnya penerapan visi perusahaan dalam upaya mengurangi tingkat *breakdown time* tahun 2023 sebesar 20,5% menjadi 10% di tahun 2024 ini. Oleh karena itu, diperlukan suatu rencana perawatan mesin CNC untuk meminimalisir terjadinya kerusakan.

Pelaksanaan perawatan (*maintenance*) merupakan salah satu faktor yang dapat memengaruhi kualitas produk serta menjadi salah satu faktor keberhasilan perusahaan. Pelaksanaan pemeliharaan ini sering kali kurang diperhatikan dan sering terlupakan dalam rangkaian kegiatan produksi. Ketidakteraturan yang terjadi dalam kegiatan *maintenance* ini dapat memengaruhi kualitas produk. *Predictive maintenance* merupakan metode dalam perawatan sebuah mesin yang dapat diartikan sebagai strategi perawatan yang pelaksanaannya didasarkan pada kondisi mesin itu sendiri [1]. Pentingnya pelaksanaan perawatan mesin CNC, mendorong kegiatan penelitian ini yang bertujuan untuk mengetahui rencana perawatan pada mesin CNC *milling* dengan metode *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA). Metode FMEA adalah metode analisis bahaya/kegagalan kualitatif yang digunakan untuk mengenali bagaimana suatu fasilitas, peralatan, atau sistem dapat gagal dan kemungkinan konsekuensinya. Metode FMEA umum digunakan untuk menganalisis potensi bahaya atau kegagalan pada setiap komponen-komponen mesin. Potensi bahaya yang teridentifikasi dikelompokkan berdasarkan tingkat keparahan dan kemungkinan dampaknya terhadap komponen mesin.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tindakan yang efektif untuk komponen perawatan mesin CNC *milling* di PT. IJA Surabaya. Berdasarkan analisis hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan dan rekomendasi kepada perusahaan dalam perawatan *breakdown* pada mesin CNC menggunakan metode *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA), sehingga dapat menentukan prioritas risiko, merancang perawatan preventif yang lebih efektif, dan meminimalkan *downtime* mesin. Dampak positif yang diharapkan meliputi pengurangan biaya tak terduga yang mungkin terjadi, perpanjangan usia pakai mesin, dan pengurangan risiko keterlambatan produksi di PT. IJA Surabaya.

II. Metode

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan sumber data primer dan sekunder. Pengambilan data primer dilakukan dengan wawancara langsung dengan *supervisor* bagian *maintenance* PT. IJA Surabaya dan observasi langsung di PT. IJA Surabaya. Data primer yang digunakan berupa data frekuensi kerusakan mesin [2]. Data sekunder yang digunakan berupa data pendukung penelitian dari berbagai sumber berupa review, penelitian terdahulu, dokumen perusahaan dan data lainnya [3]. Metode FMEA digunakan untuk mengevaluasi suatu sistem berdasarkan pola kegagalan yang terdiri dari komponen sistem serta menganalisa pengaruhnya. Tahapan penelitian ini disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Analisis FMEA dilakukan dengan menetapkan nilai *Risk Priority Number* (RPN). Nilai RPN dapat menunjukkan tingkatan prioritas kegagalan sistem untuk menetapkan tindakan perbaikan yang efektif. Penentuan tindakan untuk

mengetahui pola kegagalan masuk dalam beberapa kategori tindakan. Perhitungan nilai RPN diawali dengan identifikasi komponen mesin, identifikasi potensi kegagalan mesin, penentuan nilai *severity* (S), *occurrence* (O), dan *detection* (D) [4]. Nilai *severity* (S) didapat dari efek yang ditimbulkan dan dilakukan penilaian tingkat *severity* efek pada kinerja mesin. Skala pengukuran dari nilai *severity* (S) disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Skala dan Kriteria Nilai Severity (S)

Rank	Parameter	Skala Parameter <i>Severity</i>
		Skala
1	Tidak ada akibat	Tidak Ada Pengaruh
2	Sangat kecil	Perangkat dinilai buruk akan tetapi kinerja perangkat masih cukup baik dan sistem serta mesin dapat berjalan dengan sempurna
3	Kecil	Perangkat mengalami performa yang menurun akan tetapi sistem mesin masih dapat berjalan dengan sempurna
4	Sangat rendah	Kerusakan perangkat mesin dapat menyebabkan pengaruh yang minim pada performa sistem pada mesin yang masih dapat beroperasi
5	Rendah	Kerusakan perangkat mesin menyebabkan performa sistem menurun dengan cara bertahap akan tetapi, mesin dapat beroperasi dengan baik
6	Moderate	Kerusakan perangkat mesin menyebabkan performa sistem mengalami penurunan drastis akan tetapi mesin dapat beroperasi dengan baik
7	Tinggi	Kerusakan perangkat mesin menyebabkan sistem mati akan tetapi mesin dapat beroperasi secara normal
8	Sangat tinggi	Kerusakan perangkat mesin menyebabkan mesin mati sehingga kehilangan fungsi utama perangkat
9	Sangat berbahaya	Kerusakan perangkat mesin dapat menyebabkan kecelakaan kerja serta mesin tidak dapat beroperasi akan tetapi terdapat peringatan dini
10	Sangat berbahaya sekali	Kerusakan komponen menyebabkan kecelakaan secara tiba-tiba dan membahayakan keselamatan kerja

Sumber: [4]

REFERENSI

- [1] J. Purnomo, N. Affandi, A. Rahmatullah, J. Manajemen, dan U. Bina Bangsa, "Analisis Penerapan Perawatan Motor Konveyor Mesin XRAY dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Pada PT. Tristan Engineering," *Jurnal Ilmiah Teknik dan Manajemen Industri Jurnal Taguchi*, vol. 1, no. 2, hlm. 134–270, doi: 10.46306/tgc.v1i2.
- [2] Y. Dwianda, "Mechanical and Aerospace-Science and Engineering-30 th," *JOMase | Received*, vol. 65, no. 1, hlm. 14–18, 2021, [Daring]. Tersedia pada: www.isomase.org, Nilai *occurrence* (O) didapat dari penyebab-penyebab kegagalan dan dilakukan penilaian tingkat *occurrence* efek pada kinerja mesin. Skala nilai *occurrence* dapat dilihat pada Tabel 2. Dari penyebab kegagalan yang telah diketahui, tentukan nilai *detection* (D) dari penyebab kegagalan. Skala nilai *detection* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2 Skala dan Kriteria Nilai Occurance (O)

Rank	Parameter	Skala Parameter <i>Occurance</i>
		Skala
1	Tidak pernah terjadi	Tidak Pernah Terjadi
2	Sangat jarang terjadi	Hampir tidak pernah dalam waktu > 15001 operasi
3	Sangat jarang terjadi	Sangat jarang dalam waktu < 2001 – 15000 operasi
4	Jarang terjadi	Jarang terjadi dalam waktu < 401 – 2000 operasi
5	Jarang terjadi	Rendah terjadi dalam waktu < 81 – 400 operasi
6	Jarang terjadi	Menengah terjadi < 21 – 80 operasi

7	Sering terjadi	Cukup tinggi dalam waktu < 9-20 operasi
8	Sering terjadi	Cukup tinggi dalam waktu < 5-8 operasi
9	Sangat Sering Terjadi	Sangat tinggi terjadi dalam waktu < 3-4 operasi
10	Sering terjadi dan tidak dapat dihindari	Hampir setiap saat terjadi dalam waktu < 1-2 kali operasi

Sumber: [4]

Tabel 3 Skala dan Kriteria Nilai *Detection* (D)

Rank	Akibat	Skala Parameter Detection
		Kriteria verbal
1	Deteksi dapat ditemukan dengan mudah	Dapat menduga seringnya terjadi menyebabkan pada potensi penyebab dan kejadian
2	Sangat mudah terdeteksi	Sangat mudah dikontrol guna menemukan penyebab potensi serta jenis kegagalan
3	Mudah terdeteksi	Mudah terkontrol guna menemukan penyebab potensi dan ragam kegagalan selanjutnya
4	Untuk mendeteksi menengah ke atas	Hampir mudah guna menemukan penyebab potensi dan ragam kegagalan yang dapat terjadi selanjutnya
5	Untuk terdeteksi sedang	Hampir tidak mudah guna menemukan penyebab potensi serta ragam kegagalan yang dapat terjadi selanjutnya
6	Untuk terdeteksi rendah	Rendah untuk menemukan penyebab potensi serta ragam kegagalan selanjutnya
7	Untuk terdeteksi sangat rendah	Sangat rendah untuk menemukan penyebab potensi serta ragam kegagalan yang dapat terjadi selanjutnya
8	Sulit untuk terdeteksi	Sulit untuk mengkontrol modifikasi untuk menemukan penyebab potensi dan ragam kegagalan yang dapat terjadi selanjutnya
9	Sangat sulit untuk terdeteksi	Sangat sulit guna menemukan modifikasi untuk menemukan penyebab potensi dan ragam kegagalan yang dapat terjadi selanjutnya
10	Mustahil untuk terdeteksi	Tidak akan terkontrol dan menemukan apa penyebab potensi kegagalan serta kerusakan yang dapat terjadi selanjutnya

Sumber: [4]

Pemberian nilai SOD berupa skor dengan skala 1-10 yang kemudian digunakan untuk menentukan nilai RPN [3]. Nilai RPN didapat dari hasil perkalian ketiga nilai SOD (Persamaan 1). Nilai RPN digunakan untuk mengetahui rasio prioritas dari setiap komponen. Berdasarkan nilai RPN yang didapat dari analisis terhadap FMEA dilakukan pemilihan tindakan yang efektif untuk setiap komponen mesin CNC *milling* [16].

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

Keterangan:

S = *Severity* dengan nilai rangking 1-10O = *Occurance* dengan nilai rangking 1-10D = *Detection* dengan nilai rangking 1-10

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi Komponen Berisiko pada Mesin CNC *Milling*

Pengumpulan data dilakukan dengan wawancara pada bagian produksi terkait kegagalan yang sering terjadi pada komponen sehingga mengakibatkan cacat produk yang disajikan pada Tabel 4. Proses analisis pada metode FMEA

dilakukan dengan memberikan penilaian berdasarkan tingkat keparahan (*Severity*), tingkat potensi kejadian (*Occurrence*), dan tingkat kesulitan melakukan deteksi (*Detection*). Nilai SOD pada tiap komponen disajikan pada Tabel 5. Nilai *Severity* pada komponen mesin CNC *Milling* di PT. IJA Surabaya berkisar pada 6 hingga 10. Nilai tertinggi pada mode komponen kabel power dengan mode kegagalan kabel putus atau terbakar sehingga memiliki nilai tingkat keparahan mencapai 10. Skala nilai *Severity* dikategorikan dari 1 hingga 10, di mana nilai 1 menunjukkan dampak minimal, sedangkan nilai 10 menunjukkan dampak sangat kritis yang dapat menyebabkan kerugian besar. Skala yang digunakan dapat mengidentifikasi dan memprioritaskan risiko secara efektif, memungkinkan pengambilan langkah perbaikan yang tepat [5].

Tabel 4 Daftar Nama Responden dan Jumlah Cacat Produk yang Dihasilkan

No	Nama	Divisi	Pengalaman kerja	Jumlah cacat
1	Pak Andi	Produksi	15 tahun	7 ton
2	Pak Hariadi	Produksi	11 tahun	13 ton
3	Pak Irwin	Produksi	8 tahun	11 ton

Tabel 5 Nilai RPN Komponen Mesin CNC *Milling* di PT. IJA Surabaya

No	Komponen	Mode Kegagalan	S	Efek Kegagalan	O	Penyebab Kegagalan	D	RPN	Total RPN
1	Spindel	Aus atau macet	9	Penurunan efisiensi	7	Pelumasan buruk	6	378	933
		Bearing wear	8	Kebisingan tinggi	6	Overloading	5	240	
		Overheating	9	Getaran berlebihan	7	Kontaminasi debu	5	315	
2	Filter udara	Tersumbat	7	Overheating mesin	6	Debu atau kotoran menumpuk	5	210	510
		Kebocoran	6	Penurunan efisiensi sistem filtrasi	5	Paparan terus-menerus terhadap polutan dengan konsentrasi tinggi	5	150	
		Filter saturation	6	Tidak dapat menahan partikel tambahan	5	Pemasangan yang tidak benar	5	150	
3	Air supply	Bocor	8	Kinerja pneumatik terganggu	7	Konektor rusak	6	336	882
		Kontaminasi udara	7	Udara tidak stabil	6	Filter udara aus	5	210	
		Kegagalan regulator udara	8	Udara tidak stabil	7	Filter udara aus	6	336	

4	Pompa coolant	Tidak mengalirkan coolant	7	Overheating pada alat	5	Penumpukan kotoran	6	210	
		Kebocoran	7	Penurunan efisiensi	6	Kerusakan pada pipa pompa	5	210	630
		Penyumbatan saluran pompa	7	Penurunan efisiensi	6	Kerusakan pada pipa pompa	5	210	
5	Servo	Tidak responsif	9	Kerusakan posisi alat	7	Kabel atau motor rusak	6	378	
		Kerusakan pada motor servo	8	Motor servo tidak berputar	6	Bearing rusak	6	288	666
6	Kabel power	Kabel putus atau terbakar	10	Kerusakan kelistrikan mesin	5	Kelebihan arus	5	250	
		Isolasi kabel rusak	7	Paparan suhu tinggi	6	Korsleting	5	210	460
7	V belt pada alat pencekam	Slip atau putus	8	Alat pencekam tidak bekerja optimal	6	Tegangan terlalu tinggi atau rendah	6	288	
		Kelebihan ketegangan	7	Alat pencekam tidak bekerja optimal	6	Pemasangan terlalu tinggi atau rendah	5	210	498
8	Mata bor	Aus	9	Proses pengeboran tidak efektif	7	Penggunaan berlebihan	6	378	
		Patah atau retak	8	Proses pengeboran tidak efektif	7	Gaya pemotongan terlalu besar	6	336	714
9	Spindel belt	Slip atau putus	8	Mesin tidak berfungsi optimal	7	Tegangan tidak sesuai	6	336	
		Aus	7	Spindel belt tidak berputar	6	Penggunaan terlalu lama	5	210	546
10	Filter mesin	Tersumbat	7	Kerja mesin terganggu	7	Kotoran menumpuk	6	294	
		Filter lepas	6	Udara tidak terfilter dengan baik	5	Instalasi tidak tepat	5	150	444

Hasil analisis tingkat keparahan *Severity* tertinggi terdapat pada mode kegagalan kabel putus atau terbakar. Hal ini menunjukkan bahwa kabel power yang mengalami kegagalan putus atau terbakar dapat mengakibatkan konsekuensi serius, seperti kerusakan kelistrikan mesin serta penghentian total operasional mesin yang menyebabkan downtime signifikan dan kerugian ekonomi. *Occurrence* atau tingkat kejadian merupakan parameter penting yang

menggambarkan seberapa sering suatu mode kegagalan kemungkinan akan terjadi. Pada penelitian ini nilai *occurrence* komponen berkisar pada nilai 5 – 7. Nilai *occurrence* tertinggi tertinggi dari hasil pengamatan pada mesin CNC *milling* yaitu mencapai nilai 7 (sering terjadi). Mode kegagalan dengan nilai 7 seperti aus atau macet, *overheating*, dan putus atau terbakar pada komponen mesin CNC *milling* di PT. IJA Surabaya diketahui dapat menyebabkan *breakdown* pada 10 hingga 16 operasi mesin. Hal ini menandakan bahwa mode kegagalan tersebut adalah masalah yang sering terjadi dan memerlukan perhatian khusus [6]. Hasil ini sejalan dengan penelitian Fauzia *et al.* [7] yang menyatakan bahwa nilai *occurrence* berhubungan dengan estimasi jumlah kegagalan kumulatif yang muncul akibat suatu penyebab tertentu pada mesin. Mitigasi yang dapat dilakukan antara lain jadwal pemeliharaan rutin, seperti pembersihan komponen, inspeksi visual untuk mendeteksi kebocoran, dan penggantian filter yang sudah aus. Selain itu, memastikan pemasangan komponen yang benar juga dapat mengurangi risiko kegagalan akibat kebocoran. Langkah-langkah ini dirancang untuk menurunkan tingkat kejadian mode kegagalan, sehingga meningkatkan keandalan sistem dan mengurangi downtime mesin CNC *milling* [8].

Nilai *occurrence* tinggi yang menyebabkan kejadian *breakdown* mesin tinggi juga ditemukan pada mode kegagalan tersumbat pada filter mesin dengan kejadian *breakdown* mencapai 15 hingga 18 operasi. Tingginya tingkat kejadian *breakdown* pada filter mesin menjadikan masuk dalam kategori sering terjadi. Filter mesin adalah komponen penting dalam sistem yang berfungsi untuk menyaring kotoran dan partikel dari fluida yang mengalir melalui mesin [9]. Tingginya tingkat kejadian *breakdown* pada filter mesin disebabkan oleh beberapa faktor utama, seperti akumulasi partikel kotoran dan instalasi komponen yang tidak tepat. Selain itu, kondisi lingkungan kerja yang penuh debu atau polutan, serta penggunaan mesin secara terus-menerus tanpa jeda pemeliharaan, mempercepat proses penyumbatan atau kerusakan filter. Hasil ini sejalan dengan penelitian Candra dan aquarista menunjukkan bahwa kegagalan pada sistem filtrasi dapat berdampak negatif pada kinerja mesin *milling*, mengakibatkan penurunan produktivitas dan kualitas hasil akhir.

Dampak dari kegagalan filter mesin sangat signifikan. Filter yang tidak berfungsi optimal dapat mengurangi efisiensi sistem pendinginan atau filtrasi, memungkinkan kontaminan masuk ke dalam sistem mesin, yang berisiko merusak komponen vital seperti pompa, motor, atau aktuator. Kondisi ini dapat mengganggu proses pemesinan, meningkatkan risiko *downtime*, dan mengakibatkan biaya perbaikan yang lebih tinggi [10]. Untuk mengurangi risiko ini, pemeliharaan preventif harus menjadi prioritas. Langkah-langkah seperti pembersihan filter secara rutin, penggantian filter pada interval yang ditentukan, dan pemeriksaan berkala terhadap kondisi filter sangat penting untuk memastikan kinerja optimal dan meminimalkan kemungkinan *breakdown*. Hal ini juga menekankan pentingnya pemilihan filter berkualitas tinggi yang sesuai dengan kebutuhan operasional mesin CNC *milling* [8].

Detection (Deteksi) dalam metode FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) merujuk pada kemampuan sistem atau proses untuk mendeteksi kegagalan atau masalah yang terjadi pada suatu komponen atau sistem sebelum kegagalan tersebut menyebabkan kerusakan lebih lanjut atau dampak negatif yang besar [2]. Nilai *detection* pada mode kegagalan di komponen mesin CNC *Milling* PT. IJA Surabaya berkisar pada 5 hingga 6 dengan 5 masuk dalam kategori terdeteksi sedang dan 6, terdeteksi rendah. Mode kegagalan dapat berdampak signifikan, termasuk penurunan efisiensi mesin yang memengaruhi produktivitas, peningkatan kebisingan yang menandakan masalah pada bearing atau komponen lainnya, serta getaran berlebihan akibat ketidakseimbangan atau keausan yang berpotensi merusak komponen lain. Penyebab utama kegagalan pada penelitian ini meliputi penggunaan yang melampaui spesifikasi, kondisi lingkungan buruk seperti debu, kelembapan, atau suhu ekstrem, serta kurangnya pelumasan yang memadai, yang meningkatkan gesekan dan mempercepat keausan pada bearing. Deteksi dini dapat dilakukan dengan pemantauan suara, analisis getaran, dan pemeriksaan visual untuk mengidentifikasi tanda-tanda awal kerusakan atau keausan [11]. Pemahaman ini penting untuk mendukung penerapan langkah-langkah pemeliharaan yang tepat, sehingga kerusakan lebih lanjut dapat dicegah dan kinerja optimal mesin *spindel* dapat dipertahankan [12].

Nilai Risk Priority Number (RPN)

Nilai RPN tiap-tiap komponen disajikan pada Tabel 6. Berdasarkan hasil analisis identifikasi penyebab kegagalan mesin *milling* menggunakan metode FMEA, menunjukkan komponen *spindel* memiliki total nilai RPN paling tinggi diantara komponen mesin yang lain. Total nilai RPN dari *spindel* yaitu 933, komponen *air supply* menjadi komponen kedua yang memiliki total nilai RPN tertinggi yaitu 882, serta komponen mata bor memiliki nilai RPN 714. Pelumasan yang tidak memadai dapat menyebabkan gesekan berlebih antara komponen bergerak, sedangkan overloading dapat terjadi jika beban kerja melebihi kapasitas desain mesin. Pemeliharaan yang tidak teratur dan kurangnya pemantauan terhadap kondisi mesin sering kali menjadi faktor penyebab utama kerusakan pada komponen mesin CNC [13], [14].

Tabel 6 Nilai RPN Komponen Mesin CNC Milling di PT. IJA Surabaya

Komponen	Nilai RPN
Spindel	933
Air supply	882
Mata bor	714

Total nilai RPN untuk spindel adalah 933, yang menunjukkan tingkat risiko yang sangat tinggi. Untuk mengurangi risiko kegagalan pada spindel, beberapa tindakan pencegahan yang diusulkan meliputi: (1) Jadwal Pelumasan Rutin: Melakukan pelumasan secara berkala untuk memastikan bahwa semua bagian bergerak mendapatkan pelumasan yang cukup. (2) Monitoring Beban: Memantau beban kerja secara real-time untuk memastikan bahwa tidak ada overloading pada komponen spindel.

Total nilai RPN pada komponen air supply menunjukkan bahwa risiko kegagalan air supply tergolong tinggi yaitu 882. Untuk mengurangi risiko kegagalan air supply, beberapa tindakan pencegahan dan perbaikan yang direkomendasikan meliputi: (a) Lakukan inspeksi rutin pada komponen air supply untuk mendeteksi kerusakan lebih awal. (b) penggantian atau penambalan pada bagian yang bocor maupun aus. (c) implementasikan program pemeliharaan preventif untuk memastikan semua komponen berfungsi dengan baik dan terjaga kebersihannya [10].

Hasil analisis risiko pada komponen mata bor memiliki total nilai RPN sebesar 714. Total nilai RPN yang tinggi ini menunjukkan bahwa perhatian serius diperlukan untuk mencegah terjadinya kegagalan lebih lanjut. Sebuah studi oleh Nasution *et al.* [15], menjelaskan bahwa penggunaan mata bor yang tidak sesuai dengan spesifikasi dapat mempercepat proses keausan dan menyebabkan kerusakan yang lebih cepat pada alat, sehingga penting untuk melakukan pengawasan dan penggantian secara berkala [6]. Studi yang dilakukan oleh Nasution *et al.* [15] menunjukkan bahwa penggunaan mata bor yang tidak sesuai dengan spesifikasi dapat mempercepat proses keausan dan menyebabkan kerusakan yang lebih cepat pada alat, sehingga penting untuk melakukan pengawasan dan penggantian secara berkala. Untuk mengatasi risiko kegagalan ini, tindakan pencegahan yang disarankan adalah mengganti mata bor secara berkala. Pemeliharaan rutin dan penggantian mata bor yang sudah aus dapat membantu memastikan efektivitas proses pengeboran dan mencegah kerugian akibat downtime. Penelitian menunjukkan bahwa pemantauan kondisi mata bor dan penerapan jadwal penggantian yang tepat dapat secara signifikan meningkatkan efisiensi operasional serta kualitas hasil pengeboran.

VII. SIMPULAN

Komponen pada mesin CNC Milling yang memiliki nilai RPN tertinggi yaitu spindel, *air supply*, dan mata bor sehingga memerlukan perawatan lebih baik. Tindakan pencegahan seperti pemeliharaan rutin, pemeriksaan berkala, dan penggantian komponen yang aus sangat penting untuk menjaga kinerja sistem mesin dan mengurangi risiko kegagalan. Dengan menerapkan tindakan pencegahan yang sesuai berdasarkan analisis RPN, perusahaan dapat meningkatkan keandalan operasional mesin, mengurangi downtime, dan meningkatkan efisiensi produksi secara keseluruhan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan terselesaikannya penelitian ini penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh jajaran dosen Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, khususnya Prodi Teknik Industri. Serta juga tak luput dari ingatan atas dukungan dari orang tua, keluarga, sahabat dan rekan yang telah membantu hingga terselesaikannya penelitian ini.

- [3] B. D. Cahyabuana dan A. Pribadi, "Konsistensi Penggunaan Metode FMEA (Failure Mode Effects and Analysis) terhadap Penilaian Risiko Teknologi Informasi (Studi kasus: Bank XYZ)," *Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)*, 2015.
- [4] R. I. Yaqin, Z. Z. Zamri, J. P. Siahaan, Y. E. Priharanto, M. S. Alirejo, dan M. L. Umar, "Pendekatan FMEA dalam Analisa Risiko Perawatan Sistem Bahan Bakar Mesin Induk: Studi Kasus di KM. Sidomulyo," *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, vol. 9, no. 3, hlm. 189–200, Okt 2020, doi: 10.26593/jrsi.v9i3.4075.189-200.
- [5] M. F. Nasrulloh, K. Kurniawan, dan R. Rustono, "Identifikasi Kerusakan Mesin CNC Milling First MCV-1100 Menggunakan Metode FMEA dan FTA di Satuan Pelayanan Bandung UPTD Industri Logam," *Journal of Industrial Engineering and Operation Management*, vol. 6, no. 1, Jun 2023, doi: 10.31602/jieom.v6i1.10892.
- [6] M. Hernadi, "Analisis Faktor Kerusakan Mesin CNC Thermoforming T10 dan Mesin CNC Milling FZ2000 dengan Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA)," Surakarta, 2022.

- [7] A. Rahma Fauzia, M. Yusuf Santoso, A. Nadia Rachmat, P. Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, J. Teknik Permesinan Kapal, dan P. Perkapalan Negeri Surabaya, "Penerapan FMECA Untuk Analisis Kegagalan Komponen CNC Plasma Cutting Di Perusahaan Galangan Kapal," dalam *"Raising Safety and Health Awareness in the Manufacturing Industry: Best Practices and Strategies for a Healthy Worker"*, Surabaya: 7th Conference an Safety Engineering And It's Application 7 Oktober 2023, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, 2023.
- [8] B. O. Billy Oktavian, "Perencanaan dan Penerapan Preventive Maintenance Mesin CNC Milling FZ 2000," *Accurate: Journal of Mechanical Engineering and Science*, vol. 4, no. 02, hlm. 15–25, Okt 2023, doi: 10.35970/accurate.v4i02.2355.
- [9] T. Jaya Suteja, S. Candra, dan Y. Aquarista, "Optimasi Proses Pemmesinan Milling Fitur Pocket Material Baja Karbon Rendah Menggunakan Response Surface Methodology."
- [10] G. Yudhica, "Analisis Kerusakan Mesin Bubut CNC Yungsan Cyk-660/1500 Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)," *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, vol. 9, no. 4, hlm. 170–177, 2023, doi: 10.5281/zenodo.7678315.
- [11] A. I. Utomo dan D. T. Santoso, "Implementasi FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) Pada Mesin Bubut Konvensional Di PT. Raja Ampat Indotim," *Jurnal Teknik Mesin Pembelajaran*, vol. 5, no. 1, hlm. 17–24, 2022.
- [12] B. Ismoyo, M. Ridwan, dan A. Cahyono, "Modifikasi Sistem Kendali Pneumatik Alat Press Tread Pada Building Section Mesin 02.03 Tire Motorcycle," 2021. [Daring]. Tersedia pada: <https://journal.unesa.ac.id/index.php/inajet>
- [13] G. Pratama dan N. Lokajaya, "Analisis Perawatan Mesin CNC Milling dengan Metode Failure Mode Effect Analysis (FMEA) di PT. ABC dan untuk Menghitung Biaya Perawatan," Surabaya.
- [14] F. Tamimy, F. Aswin, dan P. Manufaktur Negeri Bangka Belitung, "PROSIDING SEMINAR NASIONAL INOVASI TEKNOLOGI TERAPAN PENERAPAN METODE FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA) PADA MESIN CNC TURNING MORI SEIKI SL-25."
- [15] A. R. Nasution, F. S. Wahyudi, C. A. Siregar, A. Affandi, dan Z. Fuadi, "Pengaruh sudut twist drill terhadap kekasaran dan kebulatan pada proses pemmesinan drilling," *SINTEK JURNAL: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, vol. 17, no. 1, hlm. 1, Jun 2023, doi: 10.24853/sintek.17.1.1-6.
- [16] N. M. Hidayatulloh dan T. Sukmono, "Pemantauan Interval Perawatan Peralatan Instrumentasi Produksi Pada Industri Kertas," *Prozima*, vol. 4, no. 1, hlm 23-31, 2020.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.