

ANALISIS DAN PENINGKATAN KINERJA MESIN BUBUT MENGGUNAKAN *FAILURE MODE EFFECTS CRITICALITY ANALYSIS* DI BENGKEL XYZ

ANALYSIS AND IMPROVEMENT OF LATHE MACHINE PERFORMANCE USING FAILURE MODE EFFECTS CRITICALITY ANALYSIS IN XYZ WORKSHOPS

Yogi Purnomo¹, Indro Prakoso^{*2}, Ayu Anggraeni Sibarani³

*Email: prakosoindro@unsoed.ac.id

¹Jurusan Teknik Industri, Universitas Jenderal Soedirman, Indonesia

Abstrak—Bengkel XYZ merupakan perusahaan yang memproduksi dan memperbaiki produk komponen. Bengkel XYZ sering menghadapi masalah *downtime* sehingga aktivitas produksi menjadi terhambat dan menyebabkan tertundanya pengiriman pesanan konsumen. Perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) menunjukkan terdapat mesin bubut yang memiliki nilai OEE dibawah 85%, yang berarti kinerjanya belum baik berdasarkan standard yang ditetapkan oleh *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM), yaitu pada mesin bubut IK, mesin bubut IIS, dan mesin bubut IIIS. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab dan dampak yang ditimbulkan oleh mesin bubut yang memiliki kinerja belum baik menggunakan *failure mode effect and criticality analysis* (FMECA). Hasil analisis identifikasi FMECA menunjukkan: (1) pada mesin bubut IK *potential failure modes* terdapat 1 kategori *tolerable* dan 8 kategori *unacceptable* memiliki *critical priority* tertinggi, yaitu ketidak-precisian pada *chuck* dengan nilai RPN sebesar 900, (2) pada mesin bubut IIS *potential failure modes* terdapat 1 kategori *tolerable* dan 7 kategori *unacceptable* memiliki *critical priority* tertinggi yaitu kerusakan pada *main bearing* dan kerusakan pada *gearbox* dengan nilai RPN a sebesar 900, (3) pada mesin bubut IIIS *potential failure modes* terdapat 2 kategori *tolerable* dan 9 kategori *unacceptable* dengan *critical priority* tertinggi, yaitu kerusakan pada internal dinamo motor memiliki nilai RPN 900. Perbaikan yang dilakukan Bengkel XYZ adalah dengan membuat perencanaan perawatan mesin bubut, standar kebersihan mesin, tanggung jawab bagi operator, dan pelatihan bagi operator serta untuk mempertahankan kondisi mesin agar tetap terkontrol dapat melakukan *daily checklist* untuk memeriksa keadaan mesin.

Kata kunci — *Criticality Matrix, Failure Mode Effect and Criticality Analysis* (FMECA), Mesin Bubut, *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

Abstract —XYZ Workshop is a factory and repair business for mechanical parts. Production issues and subsequent delays in fulfilling customer orders are commonplace at XYZ factory due to frequent downtime. According to calculations of Overall Equipment Effectiveness (OEE), some lathes, specifically IK lathes, IIS lathes, and IIIS lathes, have an OEE value below 85%, indicating that their performance is not good in comparison to standards established by the Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM). The purpose of this investigation is to employ failure mode effect and criticality analysis (FMECA) to determine the origins of and consequences for underperforming lathes. The FMECA identification analysis revealed the following: (1) in the case of the IK lathe, there is one tolerable category and eight unacceptable categories with the highest critical priority, with inaccuracy in the chuck having an RPN value of 900; (2) in the case of the IIS lathe, there is one tolerable category and seven unacceptable categories with the highest critical priority, with damage to the main bearing and damage to the gearbox having an RPN value of 900; (3) finally, on the IIIS lathe, there are two tolerable categories and six unacceptable categories with the highest critical priority. Lathe maintenance, machine cleanliness standards, operator accountability, and operator training are all areas where the XYZ Workshop could stand to improve, and a daily checklist checkup would go a long way toward ensuring that the situation is kept under control.

Keywords — *Criticality Matrix, Failure Mode Effect and Criticality Analysis* (FMECA), Lathes, *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

I. PENDAHULUAN

Perkembangan di sektor industri khususnya manufaktur terus mengalami peningkatan yang semakin pesat, ditandai dengan semakin ketatnya tingkat persaingan antara perusahaan [1]. Keadaan ini menimbulkan tantangan bagi perusahaan untuk menciptakan strategi maupun meningkatkan yang sudah ada agar tetap bersaing secara kompetitif. Salah satu hal yang mendukung kelancaran kegiatan operasional suatu perusahaan adalah mesin produksi yang digunakan harus dalam kondisi siap pakai untuk menjalankan tugasnya [2]. Mesin dan peralatan produksi merupakan salah satu faktor utama dalam menjaga keberlangsungan proses produksi [3].

Bengkel XYZ merupakan perusahaan perbengkelan yang memproduksi dan memperbaiki produk kompon menggunakan mesin bubut. Berdasarkan pengamatan secara langsung dan analisis nilai hasil *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) pada masing-masing mesin bubut diperoleh bahwa kinerja mesin bubut yang belum baik dengan nilai OEE belum mencapai standar yang ditetapkan oleh JIPM sebesar 85% pada mesin bubut IK (CDE6140A), mesin bubut IIS (CS6250B), dan mesin bubut IIIS (CS6266B).

Tabel-1. Kinerja Mesin Bubut Berdasarkan Nilai OEE

Mesin	OEE
Mesin Bubut IK (CDE6140A)	64,89%
Mesin Bubut IS (C6163B)	87,28%
Mesin Bubut IIS (CS6250B)	70,56%
Mesin Bubut IIIS (CS6266B)	66,29%
Mesin Bubut IB (CQ6280C)	85,46%
Mesin Bubut IIB (CW6280E)	87,01%

Sumber: Pengolahan data

Pada Tabel-1 terdapat tiga mesin bubut yang memiliki nilai OEE yang belum dikatakan ideal. Oleh karena itu diperlukan suatu tindakan yang dapat dilakukan untuk mengatasi rendahnya kinerja mesin salah satunya dengan metode *Failure Mode Effect and Criticality Analysis* (FMECA). Menurut Rouabhia-Essalhi et al, FMECA adalah metode yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisis kemungkinan mode kegagalan potensial dari berbagai sistem, penyebab, dan dampak dari mode kegagalan yang ditimbulkan, dan semua mode kegagalan diklasifikasikan dan dinilai secara komprehensif sesuai dengan tingkat kegagalan dan kemungkinan terjadinya atau kekritisan [4]. Menurut Octavia, metode FMECA mampu mengurangi atau menghilangkan kemungkinan mode kegagalan yang terjadi di masa mendatang melalui tindakan

terstruktur [5]. FMECA merupakan *tools* yang efektif untuk melakukan identifikasi mode kegagalan potensial [6]. Penelitian terdahulu mengenai FMECA sudah banyak dilakukan. Pada penelitian penerapan metode FMECA terdahulu, terdapat penelitian yang melakukan analisis kekritisan mode kegagalan pada peralatan handling industri untuk mengurangi potensi kegagalan peralatan penanganan industri, sehingga menghindari potensi risiko dan mengurangi *downtime* [4]. Selain itu, juga terdapat penelitian yang menganalisis cacat struktur komposit pada sayap pesawat, kekritisan mode kegagalan pada sayap pesawat diidentifikasi dan hasilnya dapat memberikan referensi yang berguna untuk pengambilan keputusan dan saran yang tepat untuk perbaikan [7].

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab dan dampak yang ditimbulkan oleh mesin bubut yang memiliki kinerja belum baik menggunakan FMECA. Sehingga diharapkan dapat memberikan usulan perbaikan pada mesin bubut kepada Bengkel Mesin Bubut.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

Overall Equipment Effectiveness (OEE) adalah alat ukur yang digunakan dalam *Total Production Maintenance* (TPM), dimana pengukuran dilakukan secara menyeluruh berdasarkan kerugian yang diperoleh karena adanya *six big losses* [8]. OEE adalah suatu nilai yang disajikan dalam bentuk rasio antara actual output dibagi dengan maximum output dari peralatan yang digunakan dalam kondisi performance terbaik [9].

B. *Failure Mode Effect and Criticality Analysis* (FMECA)

Failure Modes Effect and Criticality Analysis (FMECA) merupakan pengembangan dari *Failure Modes and Effect Analysis* (FMEA) dengan adanya *Criticality Analysis* (CA). CA adalah cara untuk mengevaluasi suatu *equipment* mengalami kegagalan dan berdampak untuk kinerja perusahaan [10]. *Failure Mode Effect and Criticality Analysis* (FMECA) adalah teknik yang digunakan sebagai metodologi untuk mengidentifikasi dan menganalisis mode kegagalan dari berbagai bagian sistem, dampak kegagalan tersebut terhadap sistem, menghindari kegagalan dan atau mengurangi dampak dari kegagalan pada sistem [11]. Berikut langkah-langkah yang dilakukan dalam analisis FMECA yaitu [12]:

- 1) Menentukan komponen dari sistem/mesin yang akan dianalisis dan identifikasi fungsinya.
- 2) Mengisi dan melengkapi header pada FMECA *worksheet*, seperti nama sistem/mesin yang akan dianalisis.
- 3) Mengidentifikasi mode kegagalan (*failure mode*) dari mesin yang diamati.
- 4) Mengidentifikasi dampak (*failure effect*) yang diakibatkan oleh failure mode.
- 5) Mengidentifikasi penyebab (*cause of failure*) dari *failure mode* yang terjadi.
- 6) Menetapkan *rating* dari *Severity* (S), dan *Occurrence* (O), *Detection* (D).
- 7) Menghitung nilai *Risk Priority Number* (RPN).
- 8) Menetapkan tingkat *Criticality* (C) berdasarkan *criticality matrix*.
- 9) Menentukan tindakan perbaikan terhadap mode kegagalan potensial yang terjadi.

C. Menentukan Severity, Occurrence, dan Detection

Dalam penentuan *rating* FMECA dengan memberikan peringkat terhadap 3 parameter yaitu *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D).

1. *Severity*

Severity adalah dampak atau tingkat keparahan mode kegagalan yang ditimbulkan terhadap keseluruhan mesin. Lamanya *downtime* yang disebabkan oleh mode kegagalan terjadi akan mempengaruhi saat menentukan nilai *rating severity* [12].

Tabel-2. Rating Severity [13]

Level	Kriteria Severity	Non-productive	Rating
Minor	Tidak ada efek sam sekali	≤ 15 min	1
	Terjadi sedikit gangguan yang tidak berarti	15 - 29 min	2
Low	Terjadi sedikit gangguan	30 - 59 min	3
	Terdapat gangguan kecil	60 - 179 min	4
Moderate	Menimbulkan kegagalan pada sistem	180 - 239 min	5
	Terdapat komponer yang tidak dapat berfungsi	240 - 299 min	6
Critical	Mesin tidak dapat dijalankan secara penuh	300 - 359 min	7
	Mesin tidak dapat beroperasi	360 - 479 min	8
Catas trophic	Mesin gagal beroperasi	480 - 599 min	9

Level	Kriteria Severity	Non-productive	Rating
	Mesin tidak layak dioperasikan	≥ 600 min	10

2. *Occurrence*

Occurrence adalah tingkat ukuran seberapa sering penyebab mode kegagalan terjadi [14]. Nilai *occurrence* berupa nilai 1 sampai 10, nilai 1 menunjukkan tingkat kejadian rendah atau tidak sering dan 10 menunjukkan tingkat kejadian sering.

Tabel-3. Rating Occurrence [15]

Level	Kriteria Occurrence	Failure Probability	Rating
Very Unlikely Remote	Kerusakan hampir tidak dapat terjadi	<1 in 1.500.000	1
	Kerusakan jarang terjadi	1 in 150.000	2
Occasional	Kerusakan yang terjadi sangat sedikit	1 in 15.000	3
	Kerusakan yang terjadi sedikit	1 in 2000	4
Probable	Kerusakan yang terjadi pada tingkat rendah	1 in 400	5
	Kerusakan yang terjadi pada tingkat medium.	1 in 80	6
Frequent	Kerusakan yang terjadi cukup tinggi	1 in 20	7
	Kerusakan yang terjadi tinggi	1 in 8	8
	Kerusakan yang terjadi sangat tinggi	1 in 3	9
	Kerusakan selalu terjadi	> 1 in 2	10

3. *Detection*

Detection adalah parameter yang dapat mendeteksi kegagalan sebelum dilakukannya tindakan *corrective* atau *preventive* [16].

Tabel-4. Rating Detection [15]

Kriteria Detection	Probability of detection	Rating
Kontrol selalu dapat mendeteksi	>90%	1
Kontrol kemungkinan sangat tinggi	80%	2
Kontrol kemungkinan tinggi	70%	3
Kontrol kemungkinan cukup tinggi	60%	4
Kontrol kemungkinan sedang	50%	5
Kontrol kemungkinan rendah	40%	6
Kontrol kemungkinan sangat rendah	30%	7
Kontrol kemungkinan kecil	20%	8
Kontrol kemungkinan sangat kecil	10%	9
Kontrol selalu tidak dapat terdeteksi	0%	10

D. Menghitung Nilai RPN (Risk Priority Number)

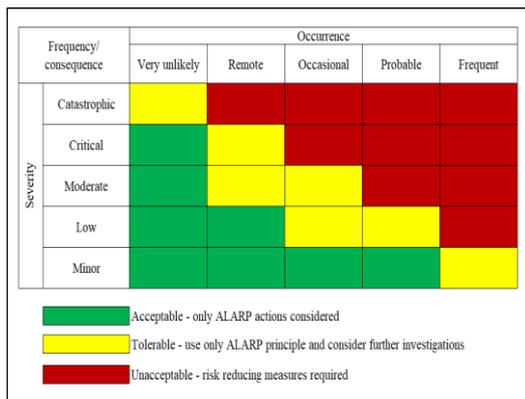
RPN (*Risk Priority Number*) merupakan angka yang digunakan sebagai pedoman dalam melaksanakan kegiatan terencana yang mengidentifikasi skala prioritas risiko kualitas [17].

$$RPN = Severity \times Occurrence \times Detection \quad (1)$$

Nilai RPN 1 hingga 1000. Semakin tinggi nilai RPN, maka semakin tinggi resiko proses menghasilkan produk sesuai spesifikasi yang diinginkan

E. Menentukan Criticality Matrix

Criticality matrix pada gambar 1 metode representasi visual yang melibatkan pemeringkatan tingkat keparahan (*severity*) dan frekuensi (*occurrence*) semua kemungkinan mode kegagalan untuk setiap komponen dalam sistem atau subsistem tertentu [18].



Gambar-1. Criticality Matrix [17]

III. METODE

Metode yang dilakukan adalah berdasarkan observasi langsung. Pada observasi langsung ini dilakukan perhitungan OEE untuk mengetahui kinerja pada masing-masing mesin bubut. Mesin bubut yang memiliki nilai OEE di bawah standar JIPM akan dilakukan identifikasi penyebab dan dampak yang ditimbulkan oleh mesin. Diagram alir penelitian merupakan langkah-langkah yang dilalui dalam melakukan penelitian ini.

1. Mengidentifikasi Kinerja Mesin Bubut
Langkah ini diperoleh untuk mengetahui mesin bubut yang memiliki kinerja yang belum baik akan dilakukan analisis FMECA.
2. Mengidentifikasi mode kegagalan
Langkah ini diperoleh untuk mengetahui mode kegagalan yang terjadi pada mesin bubut selama penelitian berlangsung.
3. Mengidentifikasi dampak
Langkah ini diperoleh untuk mengetahui dampak yang terjadi pada mesin bubut kepada proses produksi.
4. Mengidentifikasi penyebab
Langkah ini diperoleh untuk mengetahui penyebab mesin bubut mengalami mode kegagalan selama proses produksi berlangsung.
5. Menetapkan rating
Langkah ini dilakukan untuk menetapkan rating pada masing-masing mode kegagalan terjadi berdasarkan aturan rating severity, occurrence, dan detection.
6. Menghitung risk priority number
Langkah ini dilakukan untuk menghitung RPM dengan mengalikan rating severity, occurrence, dan detection.
7. Menentukan critical priority
Langkah ini dilakukan untuk menentukan critical priority berdasarkan criticality matrix.
8. Memberikan rekomendasi.
Langkah ini dilakukan untuk memberikan rekomendasi pada hasil failure mode effect criticality analysis.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

Hasil identifikasi penyebab dan dampak yang ditimbulkan oleh mesin bubut menggunakan Failure Modes Effect and Criticality Analysis didapatkan untuk memberikan rekomendasi perbaikan. Berikut ini merupakan hasil identifikasi FMECA Tabel-3, Tabel-4, dan Tabel-5.

Tabel-5. Failure Modes Effect and Criticality Analysis Mesin Bubut IK (CDE6140A)

No	Potential Failure Modes	Potential Failure Effects	Potential Failure Causes	S	O	D	RPN
1	Mengalami kelonggaran pada tool post saat pengecam pahat	Mengakibatkan getaran pada mesin, mesin berhenti beroperasi dan menghasilkan produk tidak halus	Pemahaman operator yang kurang mengenai pentingnya menjaga kualitas komponen yang rentan rusak Kurang dilakukan inspeksi bagian tool post oleh operator 1 secara rutin Sering dilakukan bongkar pasang mata pahat	10	9	9	810

No	Potential Failure Modes	Potential Failure Effects	Potential Failure Causes	S	O	D	RPN
2	Mengalami kesulitan dalam mengendalikan eretan	Mengakibatkan kesulitan untuk mengendalikan mesin dan proses produksi terganggu	Pemahaman operator yang kurang mengenai permasalahan pada eretan Kurang dilakukan inspeksi pada bagian eretan oleh oprerator secara rutin Kurang diberikan cairan pelumas	8	8	9	576
3	Mengalami keausan gear eretan	Mengakibatkan putaran mesin atau laju kecepatan eretan terganggu	Kurang dilakukan inspeksi pada bagian gear eretan oleh oprerator secara rutin Kurang diberikan cairan pelumas	6	8	7	336
4	Mengalami kerusakan pahat seperti tumpul, pecah, dan aus	Mengakibatkan mata pahat sering diganti dan produk yang dihasilkan tidak sesuai spesifikasi	Pemahaman operator yang kurang mengenai penggunaan mata pahat yang baik Penggunaan mata pahat tidak sesuai dengan benda kerja Frekuensi penggunaan mata pahat	9	9	10	810
5	Mengalami ketidak-precisian pada chuck dalam pencekaman benda kerja	Mengakibatkan mesin bubut berhenti beroperasi dan produk yang dihasilkan tidak sesuai spesifikasi (produk tidak presisi, simetris, dll)	Pemahaman operator yang kurang mengenai standar kualitas chuck yang baik Kurang dilakukan inspeksi pada bagian chuck oleh oprerator secara rutin	10	9	10	900
6	Mengalami kelonggaran tailstock terlalu longgar pada engkol pemutar	Mengakibatkan kesulitan pada saat proses pekerjaan dan getaran pada tailstock	Pemahaman operator yang kurang mengenai tailstock yang baik dan siap digunakan Perbaikan hanya pada saat ada kerusakan taiilstock Frekuensi penggunaan yang cukup tinggi	8	8	9	512
7	Mengalami keausan pada bolt & nut toolpost sehingga dapat mudah kendur	Mengakibatkan sambungan antar komponen dapat mudah terlepas dan pencekaman mata pahat tidak kencang	Perbaikan bolt & nut tidak terjadwal dengan baik Memberikan tekanan pengencangan yang berlebih	6	8	8	288
8	Mengalami kerusakan pada main bearing seperti kelonggaran atau goyang dan aus	Mengakibatkan kerusakan poros, getaran, dan perputaran mesin terganggu	Beban yang dikerjakan berlebihan Kurang dilakukan inspeksi pada bagian main bearing oleh oprerator secara rutin Frekuensi penggunaan yang cukup tinggi	5	7	5	175
9	Mengalami kerusakan pada v-belt seperti kendur dan pecah yang berdampak pada putaran poros tidak maksimal	Mengakibatkan putaran pulley menuju roda tidak stabil dan v-belt tidak dapat mentransmisikan daya yang diberikan motor	Frekuensi dan kecepatan rpm terlalu tinggi Gesekan, debu, menyebabkan v-belt mengeras atau getas	3	7	1	21

Tabel-6. Failure Modes Effect and Criticality Analysis Mesin Bubut IIS (CS6250B)

No	Potential Failure Modes	Potential Failure Effects	Potential Failure Causes	S	O	D	RPN
1	Mengalami kerusakan mata pahat seperti tumpul, pecah, dan aus	Mengakibatkan produk yang dihasilkan tidak sesuai spesifikasi	Penggunaan mata pahat tidak sesuai dengan benda kerja Frekuensi dan beban penggunaan mata pahat	7	9	8	504
2	Mengalami kerusakan pada selang coolant	Mengakibatkan mata pahat menjadi overheating dan volume cairan pendingin menjadi berkurang	Kurang dilakukan inspeksi pada bagian selang coolant oleh oprerator secara rutin Kerusakan pada tutup radiator yang rusak atau bocor	3	7	10	210
3	Mengalami kerusakan pada main bearing seperti kelonggaran atau goyang dan aus	Mengakibatkan kerusakan poros, getaran, perputaran laju kecepatan mesin terganggu dan mesin bubut berhenti beroperasi.	Pemahaman operator yang kurang mengenai permasalahan pada main bearing Kurang dilakukan inspeksi pada bagian main bearing oleh oprerator secara rutin Frekuensi dan beban penggunaan yang cukup tinggi	10	9	10	900

No	Potential Failure Modes	Potential Failure Effects	Potential Failure Causes	S	O	D	RPN
4	Mengalami kerusakan pada tuas pengunci, tuas pengunci berfungsi mengunci tailstock tetap pada posisinya, tidak bergeser pada saat pengerjaan	Mengakibatkan tailstock tidak center dengan kepala tetap dan getaran pada tailstock	Pemahaman operator yang kurang mengenai standar kualitas tailstock yang baik dan siap digunakan Kurang dilakukan inspeksi pada bagian tailstock oleh operator secara rutin Kerusakan ulir pada pengunci yang disebabkan karena sering terlalu digunakan atau karena gaya pengencangan yang berlebihan	10	9	9	810
5	Mengalami kerusakan pada electric system kontraktor dan relay	Mengakibatkan mesin tidak dapat menyala dan proses produksi tidak dapat dilakukan	Pemahaman operator yang kurang mengenai permasalahan pada electric system Kurang dilakukan inspeksi pada bagian electric system oleh operator secara rutin Disebabkan beban arus listrik dan plat sudah lemah/putus	9	8	10	720
6	Mengalami kerusakan pada roda gigi gearbox	Mengakibatkan putaran mesin atau laju spindle terganggu dan mesin bubut berhenti beroperasi	Pemahaman operator yang kurang mengenai permasalahan pada gearbox Perbaikan hanya pada saat ada kerusakan gearbox Kurang diberikan cairan pelumas	10	9	10	900
7	Mengalami keausan pada bolt & nut eretan sehingga mudah kendur	Mengakibatkan sambungan antar komponen dapat mudah terlepas, goyangan pada eretan, dan roda gigi.	Bolt & nut mengalami keausan dan kerusakan pada ulir Memberikan tekanan pengencangan yang berlebih	5	8	8	320
8	Mengalami kesulitan dalam mengendalikan eretan	Mengakibatkan kesulitan untuk mengendalikan mesin dan proses terganggu	Pemahaman operator yang kurang mengenai permasalahan pada eretan Kurang dilakukan inspeksi pada bagian eretan oleh operator secara rutin Kurang diberikan cairan pelumass	4	7	5	140

Tabel-7. Failure Modes Effect and Criticality Analysis Mesin Bubut IIS (CS6266B)

No	Potential Failure Modes	Potential Failure Effects	Potential Failure Causes	S	O	D	RPN
1	Mengalami kerusakan pada internal dinamo mengakibatkan dinamo berhenti	Mengakibatkan dinamo menjadi overheating dan perputaran tidak stabil	Keterampilan operator yang kurang mengenai pengendalian mesin bubut Sering start-stop tanpa memperhitungkan jeda antar start dan stop Putusnya sekering atau konrsleting dibagian internal dinamo	10	9	10	900
2	Mengalami kerusakan pada v-belt seperti kendur dan pecah yang berdampak pada putaran poros tidak maksimal	Mengakibatkan putaran pulley menuju roda tidak stabil dan v-belt tidak dapat mentransmisikan daya yang diberikan motor	Pemahaman operator yang kurang mengenai pentingnya menjaga dan mencegah terjadinya kerusakan v-belt Gesekan, debu, menyebabkan v-belt mengeras atau getas Frekuensi dan kecepatan rpm yang tinggi	9	8	10	720
3	Mengalami kerusakan mata pahat seperti tumpul, pecah, dan aus	Mengakibatkan produk yang dihasilkan tidak sesuai spesifikasi	Penggunaan mata pahat tidak sesuai dengan benda kerja Frekuensi dan beban penggunaan mata pahat	8	9	8	576
4	Mengalami kerusakan pada main bearing seperti kelonggaran atau goyang dan aus	Mengakibatkan kerusakan poros, getaran, dan perputaran mesin terganggu	Pemahaman operator yang kurang mengenai permasalahan pada main bearing Kurang dilakukan inspeksi pada bagian main bearing oleh operator secara rutin Frekuensi dan beban penggunaan yang cukup tinggi	9	8	8	576
5	Mengalami kerusakan internal spindle yang menimbulkan suara yang asing dan getaran	Mengakibatkan perputaran spindle terganggu dan getaran pada produk	Pemahaman operator yang kurang mengenai standar kualitas main spindle yang baik Kurang dilakukan inspeksi pada bagian main spindle oleh operator secara rutin	9	8	6	432

No	Potential Failure Modes	Potential Failure Effects	Potential Failure Causes	S	O	D	RPN
6	Mengalami keausan pada bolt & nut dudukan motor sehingga dapat mudah kendur	Mengakibatkan sambungan antar komponen dapat mudah terlepas dan getaran pada mesin	Tidak ada sensor kerusakan pada mesin Bolt & nut mengalami keausan dan kerusakan pada ulir Memberikan tekanan pengencangan yang berlebih	5	8	7	280
7	Mengalami ketidak-precisian pada chuck dalam pencekaman benda kerja	Mengakibatkan produk yang dihasilkan tidak sesuai spesifikasi	Pemahaman operator yang kurang mengenai standar kualitas chuck yang baik Kurang dilakukan inspeksi pada bagian chuck oleh operator secara rutin	7	8	7	392
8	Mengalami keausan pada bolt & nut toolpost sehingga dapat mudah kendur	Mengakibatkan sambungan antar komponen dapat mudah terlepas dan pencekaman mata pahat tidak kencang	Bolt & nut mengalami keausan dan kerusakan pada ulir Memberikan tekanan pengencangan yang berlebih	3	7	10	210
9	Mengalami keausan gear eretan dikarenakan kurang cairan pelumas	Mengakibatkan putaran mesin atau laju eretan terganggu	Pemahaman operator yang kurang mengenai permasalahan pada gearbox Perbaikan hanya pada saat ada kerusakan gear eretan	8	8	8	512
10	Mengalami kesulitan dalam mengendalikan eretan	Mengakibatkan kesulitan untuk mengendalikan mesin dan proses terganggu	Kurang diberikan cairan pelumas Kurang dilakukan inspeksi pada bagian eretan oleh operator secara rutin Kurang diberikan cairan pelumas	3	7	10	210
11	Mengalami keausan pada bolt & nut eretan sehingga mudah kendur	Mengakibatkan sambungan antar komponen dapat mudah terlepas, goyangan pada eretan, dan roda gigi	Bolt & nut mengalami keausan dan kerusakan pada ulir Memberikan tekanan pengencangan yang berlebih	5	8	7	280

Criticality matrix, Dari rating severity dan occurrence kemudian diubah menjadi severity level dan occurrence level. Setelah itu hasil dari pengolahan criticality matrix kemudian dilakukan visualisasi criticality matrix, cara ini dengan menempatkan nomor potential failure modes ke dalam criticality matrix berdasarkan severity level untuk bagian vertikal dan occurrence level untuk bagian horizontal. Gambar 1,2 dan 3 hasil criticality matrix untuk tiga mesin.

Frequency/ consequence	Occurrence				
	Very unlikely	Remote	Occasional	Probable	Frequent
Catastrophic					1;4;5
Critical				2;6	
Moderate				3;7;8	
Low				9	
Minor					

Gambar-2. Criticality Matrix Mesin Bubut IK

Frequency/ consequence	Occurrence				
	Very unlikely	Remote	Occasional	Probable	Frequent
Catastrophic				5	3;4;6
Critical					1
Moderate				7;8	
Low				2	
Minor					

Gambar-3. Criticality Matrix Mesin Bubut IIS

Frequency/ consequence	Occurrence				
	Very unlikely	Remote	Occasional	Probable	Frequent
Catastrophic				2;4;5	1
Critical				7;9	3
Moderate				6;11	
Low				8;10	
Minor					

Gambar-4. Criticality Matrix Mesin Bubut IIIS

B. Pembahasan

Pembahasan identifikasi penyebab dan dampak yang ditimbulkan oleh mesin bubut menggunakan *Failure Modes Effect and Criticality Analysis*.

1) Mesin Bubut IK

Berdasarkan hasil penelitian *Failure Modes Effect and Criticality Analysis* pada mesin bubut. Berdasarkan hasil identifikasi menggunakan metode FMECA dapat diketahui bahwa terdapat 9 *potential failure mode* yang menyebabkan rendahnya nilai OEE pada mesin bubut IK diantaranya, kerusakan pada tool post saat pengecam pahat, kesulitan dalam mengendalikan eretan, kerusakan pada gear eretan, kerusakan pada mata pahat, ketidak-precisian pada *chuck*, kerusakan pada *tailstock*, kerusakan pada *bolt & nut toolpost*, kelonggaran pada *main bearing*, dan kerusakan pada *v-belt*.

Critical priority tertinggi untuk *potential failure mode* pada mesin bubut IK yaitu ketidak-precisian pada *chuck* memiliki nilai RPN 900 dengan kategori *unacceptable*. Nilai RPN tersebut didapatkan dari tingkat keparahan sebesar 10 yang mengakibatkan mesin bubut berhenti beroperasi dan produk yang dihasilkan tidak sesuai spesifikasi (produk tidak presisi, simetris, dll), sehingga menimbulkan waktu *downtime* 912 menit untuk proses perbaikan. Tingkat kejadian *potential failure mode* pada mesin ini sangat tinggi sebesar 9 yang disebabkan oleh pemahaman operator yang kurang mengenai standar kualitas *chuck* yang baik, kurang dilakukan inspeksi pada bagian *chuck* secara rutin dan tidak ada sensor kerusakan pada mesin. Tingkat deteksi sebesar 10 dikarenakan penyebab *potential failure mode* memiliki kemungkinan tidak dapat terdeteksi oleh operator.

2) Mesin Bubut IIS

Berdasarkan hasil identifikasi menggunakan metode FMECA dapat diketahui bahwa terdapat 8 *potential failure mode* yang menyebabkan rendahnya nilai OEE pada mesin bubut IIS diantaranya, kerusakan pada mata pahat, kerusakan pada selang *coolant*, kerusakan pada *main bearing*, kerusakan mata pada pahat, kerusakan pada *tailstock*, kerusakan pada *electric system*, kerusakan pada *gearbox*, kerusakan pada *bolt & nut eretan*, dan kerusakan pada *eretan*.

Critical priority tertinggi untuk *potential failure mode* pada mesin bubut IIS yaitu kerusakan pada *main bearing* memiliki nilai RPN 900 dengan kategori *unacceptable*. Nilai RPN tersebut didapatkan dari tingkat keparahan sebesar 10 yang mengakibatkan kerusakan poros, getaran, perputaran

laju kecepatan mesin terganggu dan mesin bubut berhenti beroperasi, sehingga menimbulkan waktu *downtime* 993 menit untuk proses perbaikan. Tingkat kejadian *potential failure mode* pada mesin ini sangat tinggi sebesar 9 yang disebabkan pemahaman operator yang kurang mengenai permasalahan pada *main bearing*, kurang dilakukan inspeksi pada bagian *main bearing* oleh operator secara rutin, frekuensi dan beban penggunaan yang cukup tinggi. Tingkat deteksi sebesar 10 dikarenakan penyebab *potential failure mode* memiliki kemungkinan tidak dapat terdeteksi oleh operator.

Critical priority kedua untuk *potential failure mode* pada mesin bubut IIS yaitu kerusakan pada *gearbox* memiliki nilai RPN 900 dengan kategori *unacceptable*. Nilai RPN tersebut didapatkan dari tingkat keparahan sebesar 10 yang mengakibatkan putaran mesin atau laju *spindle* terganggu dan mesin bubut berhenti beroperasi, sehingga menimbulkan waktu *downtime* 704 menit untuk proses perbaikan. Tingkat kejadian *potential failure mode* pada mesin ini sangat tinggi sebesar 9 yang disebabkan pemahaman operator yang kurang mengenai permasalahan pada *gearbox*, perbaikan hanya pada saat ada kerusakan *gearbox*, dan kurang diberikan cairan pelumas. Tingkat deteksi sebesar 10 dikarenakan penyebab *potential failure mode* memiliki kemungkinan tidak dapat terdeteksi oleh operator.

3) Mesin Bubut IIIS

Berdasarkan hasil identifikasi menggunakan metode FMECA dapat diketahui bahwa terdapat 11 *potential failure mode* yang menyebabkan rendahnya nilai OEE pada mesin bubut IIIS (CS6266B) diantaranya, kerusakan pada internal dinamo motor, kerusakan pada *v-belt*, kerusakan mata pahat, kerusakan pada *main bearing*, kerusakan *main spindle*, kerusakan pada *bolt & nut* dudukan motor, kerusakan pada *chuck*, kerusakan pada *bolt & nut toolpost*, kerusakan *gear eretan*, kerusakan *eretan*, kerusakan pada *bolt & nut eretan*.

Critical priority tertinggi untuk *potential failure mode* pada mesin bubut IIIS (CS6266B) yaitu kerusakan pada internal dinamo motor memiliki nilai RPN 900 dengan kategori *unacceptable*. Nilai RPN tersebut didapatkan dari tingkat keparahan sebesar 10 yang mengakibatkan dinamo motor menjadi *overheating* dan perputaran tidak stabil, sehingga menimbulkan waktu *downtime* 1037 menit untuk proses perbaikan. Tingkat kejadian *potential failure mode* pada mesin ini sangat tinggi sebesar 9 yang disebabkan keterampilan operator yang kurang mengenai pengendalian mesin bubut, putusya

sekring atau konrsleting dibagian internal dinamo dan sering *start-stop* tanpa memperhitungkan jeda antar *start* dan *stop*. Tingkat deteksi sebesar 10 dikarenakan penyebab *potential failure mode* memiliki kemungkinan tidak dapat terdeteksi oleh operator.

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan *Failure Modes Effect and Criticality Analysis* pada mesin bubut diperoleh bahwa Mesin Bubut IK (CDE6140A) terdapat 9 *potential failure modes*, 1 dengan kategori *tolerable* dan 8 dengan kategori *unacceptable*. Mesin bubut ini memiliki *critical priority* tertinggi pada mode kegagalan nomor 5 yaitu ketidak-presisian pada *chuck* dengan nilai RPN 900. Mesin Bubut IIS (CS6250B) terdapat 8 *potential failure modes*, 1 dengan kategori *tolerable* dan 7 dengan kategori *unacceptable*. Mesin bubut ini memiliki *critical priority* tertinggi pada mode kegagalan nomor 3 dan 6 yaitu kerusakan pada *main bearing* dan kerusakan pada *gearbox* dengan nilai RPN yang sama sebesar 900. Mesin Bubut IIIS (CS6266B) terdapat 11 *potential failure modes*, 2 dengan kategori *tolerable* dan 9 dengan kategori *unacceptable*. Mesin bubut ini memiliki *critical priority* tertinggi pada mode kegagalan nomor 1 yaitu kerusakan pada internal dinamo motor memiliki nilai RPN 900.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cendani, A. S. 2021. Perbaikan Sistem Pemeliharaan Mesin Thresher Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance dan Failure Mode Effect and Criticality Analysis. *Skripsi*. Sumatera Utara: Universitas Sumatera.
- [2] Angraini, M., & Maulana, R. 2016. Pengaruh Pemeliharaan mesin terhadap kualitas sepatu pada PT. Nikomas Gemilang. *Sains: Jurnal Manajemen dan Bisnis*, 9(1), 59-74.
- [3] Adiratna, T. 2017. Reduksi Six Big Losses Menggunakan Pendekatan Overall Equipment Effectiveness (OEE) pada Pabrik AMDK K3PG. *Doctoral dissertation*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [4] Rouabhia-Essalhi, R., Boukrouh, E. H., & Ghemari, Y. 2022. Application of failure mode effect and criticality analysis to industrial handling equipment. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 120(7), 5269-5280.
- [5] Octavia, L. 2010. Aplikasi Metode Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) untuk Pengendalian Kualitas pada Proses Heat Treatment PT. Mitsuba Indonesia. *Doctoral dissertation*. Universitas Mercu Buana.
- [6] Catelani, M., Ciani, L., Galar, D., & Patrizi, G. 2020. Risk assessment of a wind turbine: A new FMECA-based tool with RPN threshold estimation. *IEEE Access*, 8, 20181-20190.
- [7] Wang, Q., Xia, R., Liu, Q., & Hu, Q. 2020. An application of failure mode, effects and criticality analysis (FMECA) for composite structures of airplanes' wings. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 784(1), 1-6.
- [8] Daman, A., & Nusraningrum, D. 2020. Analysis of Overall Equipment Effectiveness (OEE) on Excavator Hitachi Ex2500-6. *Dinasti International Journal of Education Management and Social Science*, 1(6), 847-855.
- [9] Nallusamy, S., Kumar, V., Yadav, V., Prasad, U. K., & Suman, S. K. 2018. Implementation of total productive maintenance to enhance the overall equipment effectiveness in medium scale industries. *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development*, 8(1), 1027-1038.
- [10] Afefy, I. H. 2010. Reliability-Centered Maintenance Methodology and Application: A Case Study. *Engineering*, 2(11), 863-873.
- [11] Ahmadi, A., Ciptomulyono, U., & Hartanto, E. T. 2016. Aplikasi Failure Mode Effect and Criticality Analysis (FMECA) Dalam Penentuan Interval Waktu Penggantian Komponen Kritis Radar JRC JMA 5310 Pada KRI Satuan Kapal Patroli Koarmatim. *JOURNAL ASRO*, 6, 1-12.
- [12] Yssaad, B., Khiat, M., & Chaker, A. 2014. Reliability centered maintenance optimization for power distribution systems. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 55, 108-115.
- [13] Herwinto. 2014. Pengukuran Overall Equipment Effectiveness (OEE) Sebagai Upaya Meningkatkan Nilai Efektivitas Mesin Carding (Studi kasus: PT. Industri Sandang Nusantara Unit Patal Lawang). *Skripsi*. Malang: Universitas Brawijaya.
- [14] Muliana, M., & Hartati, R. 2022. Penentuan Komponen Kritis Mesin pada Stasiun Press Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) di PT. Surya Panen Subur 2. *Jurnal Serambi Engineering*, 7(3). 3439 – 3445.
- [15] Ahmed, S., & Gu, X. C. 2020. Accident-based FMECA study of Marine boiler for risk prioritization using fuzzy expert system. *Results in Engineering*, 6, 100123.
- [16] Renjith, V. R., Kumar, P. H., & Madhavan, D. 2018. Fuzzy FMECA (failure mode effect and criticality analysis) of LNG storage facility. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 56, 537-547.
- [17] Shanks, K., Hamad, A., & Ameer, A. 2020. Failure modes effects and criticality analysis and fault tree analysis case study of waste heat recovery plant in a

- cement factory, United Arab Emirates. *Journal of Failure Analysis and Prevention*, 20(1), 40-50.
- [18] Army, U. S. 2006. Failure modes, effects and criticality analysis (FMECA) for command, control, communications, computer, intelligence, surveillance, and reconnaissance (C4ISR) facilities. *Department of the Army, Technical Manual No. TM*, 5-698