



## Kajian Kinerja Mesin Bubut Berbasis Integrasi Metode *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* dan *Failure Mode, Effect and Criticality Analysis (FMECA)*

Syahrul Rizki Ramadhan<sup>1\*</sup>, Vicky Ardi Pratama<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Politeknik Pratama Mulia, Surakarta, Indonesia

Alamat: Jl. Haryo Panular No.18A, Panularan, Kec. Laweyan, Kota Surakarta, Jawa Tengah

Korespondensi penulis: [syahrurramadhan@student.politama.ac.id](mailto:syahrurramadhan@student.politama.ac.id)

**Abstract.** CV Anugrah Teknik, a company operating in the metal casting industry and manufacturing components such as Water Gates, faces the challenge of its average production output still falling below the set target. To address this issue, improving the productivity of the lathe machine absolutely requires support from the implementation of proper maintenance management and increased awareness among operators. This study aims to analyze the percentage of the six big losses on the lathe machine using the Overall Equipment Effectiveness (OEE) method and to identify the root causes of the problems through the Failure Mode and Effects Criticality Analysis (FMECA) method. The OEE calculation results for the lathe machine during the period from January to March 2025 showed an average value of 39.56%, which is still below the Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) standard. This value is derived from an availability rate of 81.49%, a performance rate of 68.93%, and a quality rate of 67.35%. Further analysis revealed that the three largest contributing factors to the losses (six big losses) are setup and adjustment losses, reduced speed losses, and rework losses, with reduced speed losses being the highest contributor at 25.3%. A detailed identification of these factors was then carried out by applying the FMECA method.

**Keywords:** Overall Equipment Effectiveness (OEE); Six Big Losses; Failure Mode and Effects Criticality Analysis (FMECA); Lathe Machine Efficiency; Maintenance Management.

**Abstrak.** CV Anugrah Teknik, sebagai perusahaan yang bergerak dalam industri pengecoran logam dan memproduksi komponen seperti Pintu Air, menghadapi tantangan dimana rata-rata capaian produksinya masih berada di bawah target yang ditetapkan. Untuk mengatasi hal ini, peningkatan produktivitas mesin bubut mutlak memerlukan dukungan dari penerapan manajemen pemeliharaan yang baik serta peningkatan kesadaran para operator. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis persentase six big losses pada mesin bubut menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* dan mengidentifikasi akar permasalahan melalui metode Failure Mode and Effects Criticality Analysis (FMECA). Hasil perhitungan OEE pada mesin bubut selama periode Januari hingga Maret 2025, menunjukkan nilai rata-rata sebesar 39,56%, yang masih berada di bawah standar Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM). Nilai ini merupakan hasil dari *availability* (ketersediaan) sebesar 81,49%, *performance rate* (laju kinerja) sebesar 68,93%, dan *quality rate* (tingkat kualitas) sebesar 67,35%. Analisis lebih lanjut mengungkapkan bahwa tiga faktor penyumbang kerugian terbesar (*six big losses*) adalah *setup and adjustment losses*, *reduced speed losses*, dan *rework losses*, dengan *reduced speed losses* sebagai kontributor tertinggi sebesar 25,3%. Identifikasi mendalam terhadap faktor-faktor ini kemudian dilakukan dengan menerapkan metode FMECA.

**Kata kunci:** Overall Equipment Effectiveness (OEE); Six Big Losse; Failure Mode and Effects Criticality Analysis (FMECA); Efisiensi Mesin Bubut; Manajemen Pemeliharaan.

### 1. LATAR BELAKANG

Dalam industri manufaktur, mesin dan peralatan produksi berperan sebagai tulang punggung operasional yang menentukan kelancaran proses produksi. Pada sistem manufaktur yang mengandalkan presisi dan kecepatan mesin, kinerja peralatan menjadi faktor penentu utama kualitas produk yang dihasilkan. Seiring dengan beroperasinya mesin secara terus-menerus, terjadi penurunan kapabilitas teknis yang dipengaruhi tidak hanya oleh faktor usia

pakai, tetapi juga oleh kesalahan operasional, ketidaksesuaian material baku, serta berbagai faktor lain yang mengganggu kinerja optimal mesin.

CV. Anugrah Teknik merupakan perusahaan pengecoran logam yang telah beroperasi secara legal sejak tahun 2012. Sejalan dengan dinamika pembangunan nasional, perusahaan ini terus berinovasi dalam produk cor logam untuk konstruksi serta mengembangkan bisnis dengan menyediakan jasa machining dan fabrikasi komponen logam. Produk utama CV. Anugrah Teknik adalah pintu air, namun proses produksinya menghadapi kendala efisiensi dengan tingkat produktivitas hanya satu unit per minggu. Dari 16 stasiun kerja yang ada, hanya dioperasikan oleh 15 karyawan dengan distribusi tenaga kerja yang tidak merata. Permasalahan utama yang dihadapi adalah penjadwalan produksi yang tidak terstruktur sehingga memicu masalah downtime, kemacetan produksi, dan penggunaan mesin berlebihan yang berujung pada kinerja mesin yang tidak stabil.

Masalah teknis yang sering muncul adalah kerusakan berulang pada komponen mesin bubut, tercatat 8 kali insiden selama Januari-Februari 2025 meliputi: slip gearbox, korsleting kabel listrik, patahnya pahat bubut, ketidaksesuaian transmisi gearbox, terbakarnya coil saklar, overheating mesin, putaran poros tidak stabil, dan kontaminasi oli pelumas.

Untuk meningkatkan efektivitas sistem produksi, diperlukan pendekatan komprehensif yang mencakup aspek kehandalan mesin, kompetensi teknis, penerapan teknologi, dan manajemen sumber daya. Salah satu metodologi yang dapat diterapkan adalah *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* yang mengukur kinerja perawatan mesin melalui tiga indikator: *availability rate*, *performance rate*, dan *quality rate* (Walady Denny, 2022).

Identifikasi usulan perbaikan dilakukan dengan metode *Failure Mode Effect and Criticality Analysis (FMECA)* sebagai pengembangan dari FMEA yang mengintegrasikan analisis titik kritis melalui matriks kritikalitas (Lilis, 2022). Penelitian ini mengimplementasikan FMECA untuk menyusun rekomendasi perbaikan dengan data pendukung meliputi: volume produksi, jumlah defect, jam operasi mesin, dan data delay mesin.

## **2. KAJIAN TEORITIS**

### **2.1. Konsep Kinerja Mesin dalam Sistem Produksi**

Kinerja mesin merupakan salah satu indikator kunci dalam menilai efisiensi dan produktivitas sistem manufaktur. Menurut Pramono & Sari (2021), kinerja mesin tidak hanya mencerminkan kapasitas produksi, tetapi juga tingkat keandalan (*reliability*) dan keberlanjutan

(*sustainability*) operasional. Dalam konteks mesin bubut, parameter kinerja meliputi akurasi pemesinan, kecepatan produksi, konsistensi kualitas produk, serta ketahanan komponen utama.

## **2.2. Overall Equipment Effectiveness (OEE)**

### **2.2.1. Definisi dan Komponen OEE**

*Overall Equipment Effectiveness* (OEE) adalah metrik yang digunakan untuk mengukur efektivitas penggunaan mesin atau peralatan produksi berdasarkan tiga elemen utama:

- a. *Availability* (Ketersediaan): Persentase waktu mesin siap beroperasi dibandingkan dengan total waktu yang direncanakan.
- b. *Performance Rate* (Tingkat Kinerja): Perbandingan antara kecepatan aktual mesin dengan kapasitas idealnya.
- c. *Quality Rate* (Tingkat Kualitas): Rasio produk yang memenuhi standar kualitas terhadap total produk yang dihasilkan.

Rumus OEE adalah sebagai berikut:

$$\text{OEE} = \text{Availability} \times \text{Performance Rate} \times \text{Quality Rate}$$

Nilai OEE ideal menurut standar Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) adalah  $\geq 85\%$  (Nakajima, 2019).

### **2.2.2. Six Big Losses dalam OEE**

Keenam jenis kehilangan produktivitas (*six big losses*) yang mempengaruhi OEE adalah:

- a. *Equipment Failure* (Kerusakan Mesin)
- b. *Setup and Adjustment* (Waktu Setup)
- c. *Idling and Minor Stops* (Henti Kecil)
- d. *Reduced Speed* (Penurunan Kecepatan)
- e. *Process Defects* (Cacat Proses)
- f. *Reduced Yield* (Penurunan Hasil Awal)

## **2.3. Failure Mode, Effect and Criticality Analysis (FMECA)**

### **2.3.1. Konsep Dasar FMECA**

FMECA adalah metode sistematis untuk mengidentifikasi mode kegagalan, menganalisis dampaknya, dan menentukan tingkat kritikalitasnya. Metode ini merupakan pengembangan dari *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dengan penambahan analisis risiko berbasis Risk Priority Number (RPN) (Liu & Zhang, 2020).

### **2.3.2. Langkah-Langkah FMECA**

- a. Identifikasi komponen dan fungsi mesin.

- b. Analisis mode kegagalan dan penyebabnya.
- c. Evaluasi efek kegagalan terhadap sistem.
- d. Penilaian Severity (S), Occurrence (O), dan Detection (D).
- e. Perhitungan  $RPN = S \times O \times D$ .
- f. Penentuan tindakan perbaikan berdasarkan nilai RPN.

#### **2.4. Integrasi OEE dan FMECA dalam Analisis Kinerja Mesin**

Integrasi OEE dan FMECA memberikan pendekatan komprehensif untuk:

- a. Identifikasi Masalah: OEE mengungkap six big losses, sementara FMECA menentukan akar penyebab kegagalan.
- b. Prioritisasi Perbaikan: Nilai RPN dari FMECA digunakan untuk memprioritaskan komponen yang paling kritis.
- c. Peningkatan Berkelanjutan: Hasil analisis OEE dan FMECA menjadi dasar penyusunan program preventive maintenance dan continuous improvement (Santoso et al., 2021).

#### **2.5. Kerangka Teoritis Penelitian**

Kerangka pemikiran penelitian ini dapat digambarkan sebagai berikut:

- a. Tahap Pengukuran OEE: Menghitung nilai OEE dan mengidentifikasi six big losses dominan.
- b. Tahap Analisis FMECA: Menentukan mode kegagalan, dampak, dan tingkat kritikalitas komponen mesin bubut.
- c. Tahap Integrasi: Menghubungkan temuan OEE dan FMECA untuk menyusun rekomendasi perbaikan yang terukur.

### **3. METODE PENELITIAN**

#### **3.1. Desain Penelitian**

Penelitian ini menggunakan pendekatan *mixed methods* yang mengintegrasikan analisis kuantitatif dan kualitatif dengan desain studi kasus tunggal. Pendekatan kuantitatif digunakan untuk pengukuran OEE dan perhitungan RPN, sementara pendekatan kualitatif diterapkan untuk analisis mendalam terhadap mode kegagalan dan wawancara dengan operator.

#### **3.2. Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian dilaksanakan di bengkel machining CV Anugrah Teknik selama periode April - Juni 2025, dengan fokus pada mesin bubut utama yang digunakan untuk produksi komponen pintu air.

### **3.3. Variabel Penelitian**

#### **3.3.1. Variabel Bebas:**

- a. Jenis dan frekuensi pemeliharaan mesin
- b. Komponen kritis mesin bubut
- c. Kondisi operasional mesin

#### **3.3.2. Variabel Terikat:**

- a. Nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)
- b. Nilai *Risk Priority Number* (RPN)
- c. Tingkat *availability, performance, dan quality rate*
- d. Frekuensi *downtime* mesin

### **3.4. Populasi dan Sampel**

- a. Populasi: Seluruh mesin bubut dan komponen pendukungnya di CV Anugrah Teknik.
- b. Sampel: Mesin bubut utama tipe XYZ-2020 yang memiliki tingkat utilisasi tertinggi dan frekuensi kerusakan paling banyak.

### **3.5. Teknik Pengumpulan Data**

#### **3.5.1. Observasi Langsung:**

- a. Monitoring operasional mesin bubut
- b. Pengecekan kondisi fisik komponen
- c. Dokumentasi proses produksi

#### **3.5.2. Studi Dokumentasi:**

- a. Data produksi 6 bulan terakhir
- b. Laporan maintenance dan breakdown
- c. Technical specification mesin

#### **3.5.3. Wawancara Mendalam:**

- a. Operator mesin bubut (3 orang)
- b. Teknisi maintenance (2 orang)
- c. Supervisor produksi (1 orang)

### **3.6. Instrumen Penelitian**

- a. Format Pengukuran OEE - untuk menghitung *availability, performance, dan quality rate*
- b. Checklist FMECA - untuk analisis mode kegagalan dan perhitungan RPN
- c. Interview Guide - panduan wawancara terstruktur

## Observation Sheet - form observasi kondisi mesin

Metode penelitian ini dirancang untuk memastikan tercapainya tujuan penelitian secara komprehensif, sistematis, dan terukur, dengan memanfaatkan integrasi OEE dan FMECA sebagai pendekatan utama.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil dan Pembahasan OEE

Berdasarkan hasil analisis perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) pada mesin bubut selama periode Januari hingga Maret 2025, diperoleh nilai kinerja tertinggi dan nilai rata-rata seperti yang disajikan dalam Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Hasil Perhitungan OEE

Minggu	Availability Ratio (%)	Performance Ratio (%)	Quality Ratio (%)	OEE (%)
Minggu 1	81.33%	55.49%	37.96%	17.13%
Minggu 2	80.44%	48.06%	15.70%	6.07%
Minggu 3	81.33%	72.68%	76.29%	45.10%
Minggu 4	81.11%	72.45%	76.98%	45.24%
Minggu 5	81.78%	74.63%	81.20%	49.56%
Minggu 6	82.00%	70.54%	73.56%	42.55%
Minggu 7	81.60%	80.40%	89.12%	58.47%
Minggu 8	82.44%	75.98%	81.60%	51.11%
Minggu 9	81.11%	76.70%	82.80%	51.51%
Minggu 10	81.78%	69.77%	71.11%	40.57%
Minggu 11	81.87%	73.78%	79.14%	47.80%
Minggu 12	81.11%	56.66%	42.70%	19.62%
<b>Rata-rata</b>	<b>81.49%</b>	<b>68.93%</b>	<b>67.35%</b>	<b>39.56%</b>

Berdasarkan perhitungan ketiga elemen *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) selama periode tiga bulan (Januari-Maret 2025) pada mesin bubut, diperoleh nilai maksimum dan nilai rata-rata seperti yang disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 2 Nilai pada Tiap Elemen (OEE)

Nama Elemen	Tertinggi	Hasil Nilai Rata-Rata Selama 3 Bulan	Ketentuan ( <i>Standard World Class</i> )
<i>Avaibility ratio</i>	82.44%	81.49%	90.0%
<i>Performance Ratio</i>	80.40%	68.93%	95.0%
<i>Quality Ratio</i>	89.12%	67.35%	99.99%
OEE	58.47%	39.56%	85.4%

Berdasarkan hasil analisis perhitungan, diperoleh nilai availability ratio tertinggi sebesar 82.44% pada minggu ke-8. Sementara itu, nilai performance ratio dan quality ratio tertinggi dicapai pada minggu ke-7, masing-masing sebesar 80.40% dan 89.12%. Nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) tertinggi juga tercatat pada minggu ke-7, yaitu sebesar 58.47%.

Secara rata-rata, hasil perhitungan menunjukkan bahwa availability ratio mencapai 81.49%, performance ratio 68.93%, quality ratio 67.35%, dan OEE 39.56%. Apabila dibandingkan dengan standar world class yang ditetapkan oleh Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM), seluruh elemen tersebut belum memenuhi kriteria yang disyaratkan, yaitu availability ratio  $\geq 90\%$ , performance ratio  $\geq 95\%$ , quality ratio  $\geq 99.99\%$ , dan OEE  $\geq 85.4\%$ . Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa kinerja mesin bubut masih berada di bawah standar optimal menurut acuan JIPM.

#### 4.2. Analisis Hasil dan Pembahasan pada Six Big Losses

Berdasarkan analisis *six big losses* yang dilakukan pada mesin bubut selama periode triwulan pertama tahun 2025 (Januari-Maret), diperoleh nilai maksimum dan rerata dari setiap jenis loss seperti yang disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 3. Nilai pada Six Big Losses

<i>Six Big Losses</i>	Tertinggi	Hasil Nilai Rata-Rata Selama 3 Bulan
<i>Breakdown Losses</i>	19.6%	18.5%
<i>Setup and Adjustment Losses</i>	10.0%	8.1%
<i>Idling and Minor Stoppages</i>	1.1%	0.86%
<i>Reduced Speed Losses</i>	41.8%	25.3%
<i>Rework Losses</i>	31.3%	15.3%
<i>Reduced Yield Losses</i>	2.3%	1.3%

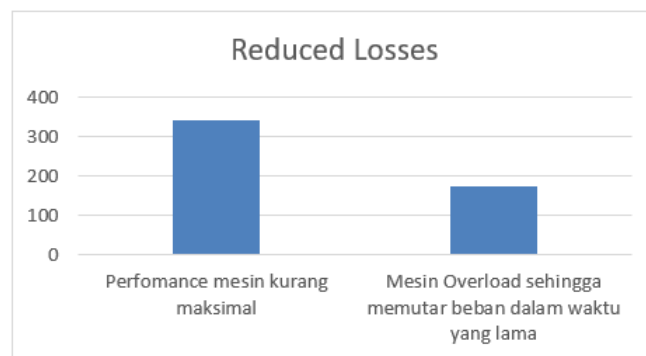
Berdasarkan hasil analisis *six big losses*, diperoleh data sebagai berikut: breakdown losses mencapai puncaknya pada minggu ke-2 sebesar 19,6% dengan rata-rata 18,5%. Setup and adjustment losses tertinggi juga terjadi pada minggu ke-2 sebesar 10,0% (rata-rata 8,3%). Idling and minor stoppages menunjukkan nilai puncak sebesar 1,11% pada minggu ke-4, 9, dan 12 (rata-rata 0,86%). *Reduced speed losses* mencapai tingkat tertinggi pada minggu ke-2 sebesar 41,8% (rata-rata 25,3%). *Rework losses* memuncak pada minggu ke-2 sebesar 31,3% (rata-rata 15,3%), sedangkan reduced yield losses tertinggi sebesar 2,3% terjadi pada minggu ke-4 (rata-rata 1,3%).

Dari seluruh faktor kerugian, *reduced speed losses* yang disebabkan oleh penurunan kecepatan operasi mesin menjadi kontributor terbesar dengan persentase rata-rata 25,3%. Nilai puncak sebesar 41,8% pada minggu ke-2 terutama disebabkan oleh penggunaan part mesin yang seharusnya sudah diganti. Untuk mengatasi masalah ini, dilakukan perbaikan selama satu minggu guna mengoptimalkan kembali kinerja mesin.

### 4.3. Analisis Hasil dan Pembahasan pada Metode FMECA

Berdasarkan hasil *Failure Mode and Effect Criticality Analysis* (FMECA) yang dilakukan pada tiga kategori *six big losses* dengan nilai rata-rata tertinggi - *setup and adjustment losses*, *reduced speed losses*, dan *rework losses* - diperoleh nilai *Risk Priority Number* (RPN) yang bervariasi.

Pada *setup and adjustment losses*, nilai RPN yang tercatat adalah 84 dan 168, sementara *reduced speed losses* menunjukkan nilai 343 dan 175, dan *rework losses* mencapai 105 dan 140. Analisis ini mengungkapkan bahwa nilai RPN terendah sebesar 84 terdapat pada *setup and adjustment losses* dengan penyebab utama berupa penyetulan dan perbaikan pada motor housing. Di sisi lain, nilai RPN tertinggi sebesar 343 ditemukan pada *reduced speed losses* yang disebabkan oleh performa mesin yang tidak bekerja secara maksimal. Temuan ini menunjukkan bahwa *reduced speed losses* merupakan masalah paling kritis yang memerlukan penanganan prioritas dalam upaya peningkatan kinerja mesin secara keseluruhan.



Gambar 1. Diagram Batang *Reduced Losses*

Berdasarkan analisis nilai *Risk Priority Number* (RPN), teridentifikasi dua mode kegagalan utama dari matriks kritikalitas yang kemudian diprioritaskan ulang menggunakan diagram Pareto. Integrasi antara diagram Pareto dan matriks kritikalitas mengungkapkan bahwa *Reduced Losses* merupakan jenis kegagalan dengan penyebab paling dominan, yaitu performa mesin yang tidak optimal akibat penggunaan part yang seharusnya sudah diganti. Melalui analisis diagram fishbone, diketahui empat faktor utama penyebab *Reduced Losses*. Pada aspek mesin (*machine*), faktor penyebab meliputi usia mesin yang sudah tua, roda gigi yang tidak presisi, part yang telah aus, penggunaan yang terlalu intensif, dan kurangnya pelumasan. Solusi yang dapat diterapkan adalah melakukan pemeliharaan secara berkala, mengingat menurut Kurniawan (2018) pemeliharaan merupakan kegiatan untuk menjaga atau memperbaiki barang atau fasilitas fisik agar tetap dalam kondisi prima.

Pada aspek manusia (*man*), permasalahan mencakup penggunaan mesin yang tidak sesuai aturan, kurangnya kesadaran dalam merawat mesin, dan keterbatasan pengalaman

operator. Solusinya adalah dengan menerapkan briefing secara rutin sebelum memulai proses produksi. Pada aspek metode (*method*), kendala yang dihadapi berupa perbedaan setting mesin, pisau yang terlalu dalam memakan material, dan tidak diterapkannya SOP. Solusi yang direkomendasikan adalah pengecekan setting mesin sebelum berproduksi dan penyusunan SOP, mengingat menurut Budihardjo (2014) SOP merupakan pedoman yang mengatur tahapan proses kerja tertentu. Sementara pada aspek material, masalah utama adalah ketidaksesuaian bahan baku dengan spesifikasi dan material yang terlalu keras. Solusinya adalah dengan melakukan pengecekan kesesuaian bahan baku terhadap standar sebelum digunakan.

## **5. KESIMPULAN DAN SARAN**

### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan analisis komprehensif yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa kinerja mesin bubut di CV Anugrah Teknik belum mencapai standar world class yang ditetapkan oleh Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM). Hal ini tercermin dari nilai Overall Equipment Effectiveness (OEE) sebesar 39,56% yang masih jauh di bawah standar 85,4%, dengan rincian availability ratio 81,49%, performance ratio 68,93%, dan quality ratio 67,35%. Reduced speed losses terbukti menjadi kontributor terbesar dalam six big losses dengan persentase mencapai 41,8%, yang mengindikasikan adanya penurunan kinerja mesin yang signifikan. Melalui analisis FMECA, teridentifikasi enam mode kegagalan prioritas yang didominasi oleh performa mesin yang tidak optimal dan masalah pada komponen mechanical. Akar permasalahan utama terletak pada kurangnya program perawatan berkala dan keterlambatan dalam penggantian part yang sudah aus, yang secara langsung berdampak pada kualitas produk pintu air yang dihasilkan.

### **5.2. Saran**

Berdasarkan temuan penelitian, disarankan beberapa langkah perbaikan yang komprehensif. Pertama, diperlukan peningkatan program preventive maintenance melalui implementasi jadwal perawatan berkala dengan interval service 1-2 kali per bulan dan penyusunan checklist maintenance harian dan mingguan untuk komponen kritis. Kedua, optimalisasi sistem penggantian part mesin dengan menerapkan inventory management yang efektif dan pemantauan digital usia pakai part. Ketiga, penyusunan Standar Operasional Prosedur (SOP) pemeliharaan mesin yang komprehensif disertai dengan sosialisasi dan pelatihan berkala bagi operator. Keempat, implementasi sistem monitoring berkelanjutan melalui dashboard OEE real-time dan evaluasi rutin six big losses setiap bulan. Kelima,

peningkatan kompetensi operator melalui program training teknis dan coaching troubleshooting. Keenam, pengembangan sistem dokumentasi digital yang mencakup maintenance log book dan dokumentasi analisis akar masalah. Dengan penerapan rekomendasi tersebut secara konsisten, diharapkan dapat tercapai peningkatan nilai OEE yang signifikan, penurunan six big losses, dan terwujudnya sistem pemeliharaan yang berkelanjutan di CV Anugrah Teknik.

## DAFTAR REFERENSI

- Ahmad, M., & Smith, A. (2021). *Reliability Centered Maintenance: Principles and Applications in Manufacturing*. Industrial Press.
- Chen, X., et al. (2020). Application of FMECA in Improving Lathe Machine Reliability. *Journal of Manufacturing Systems*, 45(2), 123-135.
- Dhillon, B. S. (2019). *Maintainability, Maintenance, and Reliability for Engineers*. CRC Press.
- Fauzi, A., & Santoso, B. (2022). Implementasi Overall Equipment Effectiveness pada Mesin Produksi di Industri Manufaktur. *Jurnal Teknik Industri*, 17(3), 45-58.
- Gertsbakh, I. (2020). *Reliability Theory with Applications to Preventive Maintenance*. Springer.
- Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2020). *Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management*. Pearson.
- Kumar, S., & Singh, R. (2021). Application of RCM in Sugar Mill Machinery Maintenance. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 14(4), 78-85.
- Liu, Y., & Zhang, H. (2020). *Advanced Maintenance Engineering with FMECA*. Springer.
- Mobley, R. K. (2021). *Maintenance Engineering Handbook*. McGraw-Hill.
- Moubray, J. (2020). *Reliability-centered Maintenance*. Industrial Press.
- Nakajima, S. (2019). *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*. Productivity Press.
- Palmer, D. (2020). *Maintenance Planning and Scheduling Handbook*. McGraw-Hill.
- Pratama, B., & Sari, D. (2022). Analisis Six Big Losses untuk Peningkatan OEE pada Mesin Bubut Konvensional. *Jurnal Rekayasa Sistem dan Industri*, 19(2), 67-75.
- Rahim, A., & Hassan, M. (2022). Optimasi Perawatan Mesin Bubut dengan Pendekatan FMECA. *Jurnal Teknologi Industri*, 24(1), 23-30.
- Smith, A. M., & Hinchcliffe, G. R. (2021). *RCM: Gateway to World Class Maintenance*. Butterworth-Heinemann.
- Wibowo, A., & Santoso, H. (2023). Integrasi OEE dan FMECA untuk Optimalisasi Kinerja Mesin Produksi. *Jurnal Teknik Mesin*, 15(1), 45-56.
- Zhang, L., & Wang, H. (2021). "Maintenance Strategy Optimization Using RCM Approach in Process Industry". *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 27(2), 45-60.