



## Usulan Peningkatan Efektivitas Mesin *Hammer Milling* dengan Metode ORE dan FMECA

Fuad Bahrul Iلمي, Annisa Kesy Garside\*, Amelia Khoidir, Rahmad Wisnu Wardana

Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Malang, JL. Raya Tlogomas No 246 Malang, Malang 65144, Indonesia

### INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Artikel Masuk: 08 Februari 2024

Artikel direvisi: 20 Mei 2024

Artikel diterima: 25 Juni 2024

Kata kunci

*Downtime*

*Failure Mode and Effect Analysis*

*Failure Mode Effect and Critical Analysis*

*Overall Resource Effectiveness*

*Total Productive Maintenance*

Keywords

*Downtime*

*Failure Mode and Effect Analysis*

*Failure Mode Effect and Critical Analysis*

*Overall Resource Effectiveness*

*Total Productive Maintenance*

### ABSTRAK

*PT. X adalah bagian dari Kappa Group, sebuah bisnis terintegrasi dalam industri rumput laut Indonesia. Salah satu masalah dalam produksi di PT. X adalah mesin hammer milling sering mengalami downtime sehingga menurunkan efektivitas mesin tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah mengukur efektivitas dan memberikan usulan untuk meningkatkan efektivitas mesin hammer milling. Langkah-langkah penelitian terdiri dari pengukuran efektivitas mesin dengan metode Overall Resource Effectiveness (ORE), identifikasi faktor penyebab rendahnya efektivitas mesin dengan fishbone diagram, perhitungan tingkat kekritisan mode kegagalan dengan Failure Mode Effect and Critical Analysis (FMECA), dan pemberian usulan peningkatan efektivitas mesin berdasarkan critical analysis. Hasil pengolahan data didapatkan nilai ORE sebesar 55,95% yang menunjukkan efektivitas mesin hammer milling cukup baik dan terdapat beberapa indikasi yang perlu dilakukan perbaikan. Usulan peningkatan efektivitas mesin yang direkomendasikan adalah penentuan tingkat persediaan suku cadang original dengan menggunakan metode continuous review, preventive maintenance berdasarkan jadwal perawatan yang ditetapkan, dan implementasi autonomous maintenance.*

### ABSTRACT

*PT. X is part of the Kappa Group, an integrated business in the Indonesian seaweed industry. One of the problems with PT. X's production is that the hammer milling machine frequently experiences downtime, which reduces its effectiveness. This study aims to measure the effectiveness and propose suggestions to improve the effectiveness of the hammer milling machine. The research steps include measuring machine effectiveness using the Overall Resource Effectiveness (ORE) method, identifying factors causing low machine effectiveness with a fishbone diagram, calculating the criticality level of failure modes using Failure Mode Effect and Critical Analysis (FMECA), and providing suggestions for improving machine effectiveness based on critical analysis. The data processing results showed an ORE value of 55.95%, indicating that the hammer milling machine's effectiveness is quite good, but there are some indications are improvements are needed. Based on the RPN calculations and the criticality level using the FMECA method, three failure modes were found to be unacceptable: the machine stops for 10-60 minutes during repairs, maintenance is performed only after a breakdown, and the use of non-original spare parts. The recommended suggestions for improving machine effectiveness are determining the original spare parts inventory level using continuous review, preventive maintenance based on a set maintenance schedule, and implementing autonomous maintenance.*

\* Penulis Korespondensi

Annisa Kesy Garside  
E-mail: [annisa@umm.ac.id](mailto:annisa@umm.ac.id)

This is an open-access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



© 2023. Some rights reserved

### 1. PENDAHULUAN

Dalam lingkungan bisnis global yang sangat kompetitif saat ini, sangat penting bagi setiap perusahaan untuk beradaptasi, bersaing dalam hal harga, responsif dan proaktif, serta memiliki kemampuan untuk menghasilkan produk-produk berkualitas tinggi yang disesuaikan dengan beragam kebutuhan konsumen. Kinerja kelas dunia menjaga kesuksesan berkelanjutan dengan menciptakan lingkungan organisasi yang berbeda dari perusahaan sejenis dan pesaing. Meskipun telah terjadi peningkatan produktivitas yang signifikan, banyak perusahaan menyadari potensi untuk lebih mengoptimalkan mesin-mesin untuk mencapai target

produktivitas yang lebih tinggi. Salah satu pendekatan utama untuk mengatasi tantangan-tantangan ini adalah melalui *Total Productive Maintenance* (TPM). *Total Productive Maintenance* (TPM) merupakan salah satu metode yang menjadi acuan dalam mengevaluasi kinerja suatu peralatan (Hasrul et al., 2017). Oleh karena itu, sangat penting untuk menilai efektivitas mesin dan membandingkannya dengan standar kelas dunia yang akan memungkinkan untuk terus melakukan perbaikan dan menjadi organisasi kelas dunia.

Konsep TPM menyediakan metrik kuantitatif yaitu *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), untuk mengukur efektivitas mesin atau lini produksi. Faktor-faktor OEE

yang ada yaitu *availability*, *performance*, dan *quality rate* tidak cukup untuk menilai kerugian secara individual dalam sistem manufaktur. Oleh karena itu, [Eswaramurthi & Mohanram \(2013\)](#) mengembangkan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) sebagai sebuah metode untuk mengukur efektivitas sistem manufaktur dengan memasukkan faktor-faktor baru yaitu *readiness*, *changeover efficiency*, *availability of material*, dan *availability of manpower*. ORE mengatasi berbagai jenis *losses* yang terkait dengan sistem manufaktur yang dapat ditargetkan untuk memulai perbaikan. Penelitian terdahulu oleh [Chien et al. \(2015\)](#); [Garza-Reyes \(2015\)](#); [Sunarya et al. \(2022\)](#); [Wardani et al. \(2021\)](#); dan [Zulfatri et al. \(2020\)](#) telah menggunakan ORE sebagai metode untuk pengukuran efektivitas mesin.

*Failure Mode, Effects and Criticality Analysis* (FMECA) adalah alat yang sangat mudah digunakan dan efektif untuk mengidentifikasi dan menilai bagaimana kegagalan potensial dapat mempengaruhi kinerja suatu proses atau produk. Metode FMECA pertama kali dikembangkan sebagai metode desain formal pada tahun 1960 oleh industri penerbangan sebagai syarat keandalan dan keamanan mereka. Selanjutnya metode ini pun mulai dikembangkan secara luas oleh industri lain guna memastikan keandalan dan keamanan produk ([Bowles & Peláez, 1995](#)).

FMECA ditandai dengan *bottom-up approach*. FMECA memecah sistem (produk dan/atau proses produksi) menjadi komponen-komponen dasarnya untuk mendeteksi semua mode kegagalan potensial dan dampaknya ([Bertolini et al., 2006](#)). Analisis mode kegagalan memberikan informasi penting tentang: (i) subsistem dan item akhir dari sistem dalam susunan hirarkis; (ii) setiap kegagalan atau disfungsi umum, dengan daftar dan deskripsi semua mode kegagalan potensial untuk proses/produk yang sedang dianalisis; (iii) probabilitas, tingkat keparahan, dan kemampuan mendeteksi setiap mode kegagalan; (iv) Criticality Analysis (CA) yang menilai semua mode kegagalan berdasarkan tingkat kepentingannya. Dengan menggunakan FMECA dapat mengetahui prioritas saran perbaikan dan tingkat kekritisan pada setiap mode kegagalan ([Gupta et al., 2021](#); [Kuncahyo, 2014](#); [Yssaad et al., 2014](#)).

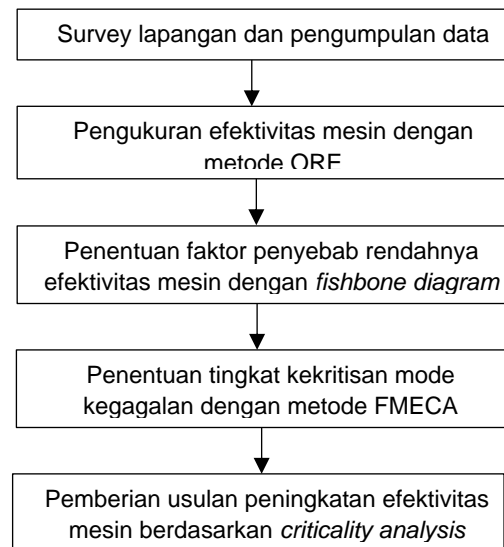
PT. X adalah bagian dari Kappa Group, sebuah bisnis terintegrasi dalam industri rumput laut Indonesia. Salah satu masalah dalam produksi tepung agar-agar di PT. X adalah mesin *hammer milling* sering mengalami *downtime* karena terjadi kerusakan. Dari hasil pencatatan kerusakan oleh departemen *maintenance* pada tahun 2022, mesin yang mengalami *downtime* tertinggi pada proses produksi adalah mesin *hammer milling* yaitu sebesar 153 jam/tahun. Hal ini menyebabkan efektivitas mesin menjadi rendah sehingga merugikan perusahaan.

Berdasarkan nilai ORE mesin *roll press* yang masih dibawah standar, [Pratama & Yuliawati \(2023\)](#) menggunakan *Root Cause Failure Analysis* (RFCA) untuk mengidentifikasi kegagalan terutama pada kerusakan mesin. Selanjutnya, [Sanjaya et al. \(2024\)](#) mengusulkan kombinasi metode ORE, *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), dan TPM. Dimana, FMEA digunakan untuk menentukan prioritas mode kegagalan yang menyebabkan rendahnya nilai ORE. Sedangkan [Sumarta et al. \(2017\)](#) menghitung nilai kekritisan dan

melakukan perangkingan berdasarkan modus kegagalan dengan menggunakan FMECA pada *drive station* alat angkut konveyor rel. Oleh karena itu, penelitian ini akan mengusulkan metode ORE dan FMECA untuk mengatasi masalah yang terjadi pada PT. X. Metode ORE digunakan untuk mengukur efektivitas mesin *hammer milling*. Selanjutnya metode FMECA digunakan untuk mengidentifikasi mode kegagalan yang menyebabkan rendahnya efektivitas mesin berdasarkan *criticality analysis*.

## 2. METODE PENELITIAN

Gambar 1 menunjukkan diagram alir penelitian dimana ada 5 tahap yang dilaksanakan. Tahap pertama penelitian adalah survey lapangan dengan teknik observasi untuk mengetahui mesin yang mengalami masalah. Selanjutnya dilakukan pengumpulan data berdasarkan data historis. Data-data yang dikumpulkan meliputi *total time*, *planned downtime*, *facilities downtime*, *setup & adjust*, *material shortages*, *manpower absence*, jumlah produksi, dan produk cacat.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Tahap kedua yaitu mengukur efektivitas mesin *hammer milling dengan metode ORE*. Menurut [Pandey & Sridhar \(2019\)](#), faktor-faktor pada metode ORE dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

### 1) Readiness (R)

*Readiness* berkaitan dengan total waktu dimana sistem tidak siap untuk dioperasikan karena *downtime* yang direncanakan (*planned down time*) akibat kegiatan persiapan atau perencanaan. *Readiness* mengindikasikan rasio *planned production time* terhadap *total time* yang tersedia.

$$\text{Planned production time} = \text{Total time} - \text{Planned downtime} \quad (1)$$

$$\text{Readiness (\%)} = \frac{\text{Planned production time}}{\text{Total time (menit)}} \times 100\% \quad (2)$$

dimana *Total time* adalah waktu atau periode shift yang ditentukan oleh manajemen; *Planned downtime* meliputi (i) pekerjaan persiapan seperti pembersihan, inspeksi mesin, inspeksi suku

cadang, pelumasan, dan pengencangan, (ii) rapat, audit, dan pelatihan operator, serta (iii) pemrosesan sampel prototipe untuk kebutuhan R&D dan studi rekayasa proses.

2) *Availability of facility* ( $A_f$ )

*Availability of facility* berkaitan dengan total waktu ketika sistem tidak beroperasi dikarenakan *downtime* pada fasilitas. *Downtime* pada fasilitas termasuk: *downtime mesin* dan komponennya; ketidaktersediaan alat, *jig*, dan perlengkapan; dan ketidaktersediaan alat ukur dan perangkat.  $A_f$  menunjukkan rasio *loading time* terhadap *planned production time*.

$$\text{Loading time} = \text{Planned production time} - \text{downtime} \quad (3)$$

$$\text{Availability of Facility (\%)} = \frac{\text{Loading Time}}{\text{Planned Production Time}} \quad (4)$$

3) *Changeover efficiency* (C)

*Changeover efficiency* berkaitan dengan total waktu ketika sistem tidak beroperasi karena *setup* dan *adjustment*. *Setup* dan *adjustment* meliputi waktu pergantian alat, cetakan, *jig*, dan perlengkapan serta *adjustment* kecil setelah pergantian. *Changeover efficiency* merupakan rasio *operation time* dengan *loading time*.

$$\text{Operation time} = \text{loading time} - \text{setup \& adjustment} \quad (5)$$

$$\text{Changeover efficiency (\%)} = \frac{\text{Operation time}}{\text{Loading time}} \quad (6)$$

4) *Availability of material* ( $A_m$ )

*Availability of material* berkaitan dengan total waktu ketika sistem tidak beroperasi karena *material shortages*. *Material shortages* meliputi: tidak tersedianya bahan baku, barang habis pakai, *part*, dan *sub-assembly*; serta tidak tersedianya *work-in-process* (WIP). *Availability of material* merupakan perbandingan antara *running time* dan *operation time*.

$$\text{Running time} = \text{operation time} - \text{Material shortages} \quad (7)$$

$$\text{Availability of material (\%)} = \frac{\text{Running time}}{\text{Operation time}} \quad (8)$$

5) *Availability of manpower* ( $A_{mp}$ )

*Availability of manpower* berkaitan dengan total waktu ketika sistem tidak beroperasi karena absennya tenaga kerja. *Manpower absence* meliputi: izin, cuti dan *absensi*, diskusi dengan *supervisor*, dan perawatan medis. *Availability of manpower* berkaitan dengan rasio *actual running time* terhadap *running time*.

$$\text{Actual running time} = \text{Running time} - \text{Manpower absence} \quad (9)$$

$$\text{Availability of manpower (\%)} = \frac{\text{Actual running time}}{\text{Running time}} \quad (10)$$

6) *Performance efficiency* (P)

*Performance efficiency* mengukur total waktu yang digunakan operator dengan efisien. *Performance efficiency* adalah rasio *earned time* terhadap *actual*

*running time*. Dimana *earned time* didapatkan dari waktu siklus per unit dikalikan dengan jumlah produksi.

$$\text{Earned time} = \text{Cycle time} \times \text{Jumlah produksi} \quad (11)$$

$$\text{Performance efficiency (\%)} = \frac{\text{Earned time}}{\text{Actual Running time}} \quad (12)$$

7) *Quality rate* (Q)

*Quality rate* tingkat produk berkualitas yang diproduksi oleh sistem. Ini adalah rasio antara *quality of parts accepted* dan *quality of parts product*. Dimana *quality of parts accepted* menyatakan jumlah produksi dikurangi *defect*.

$$\text{Quality of parts accepted} = \text{Jumlah produksi} - \text{defect} \quad (13)$$

$$\text{Quality Rate (\%)} = \frac{\text{Quality of parts accepted}}{\text{Quality of parts product}} \quad (14)$$

*Overall Resource Effectiveness* (ORE) adalah ukuran waktu efektif keseluruhan dari sistem manufaktur. ORE adalah hasil kali dari *Readiness*, *Availability of facility*, *Changeover efficiency*, *Availability of material*, *Availability of manpower*, *Performance efficiency*, dan *Quality rate*, seperti ditunjukkan pada persamaan (15):

$$\text{ORE (\%)} = R (\%) \times A_f (\%) \times C (\%) \times A_m (\%) \times A_{mp} (\%) \times P (\%) \times Q (\%) \quad (15)$$

Selanjutnya nilai ORE akan dibandingkan dengan standar nilai ORE yang ditetapkan *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM). Jika nilai ORE dibawah 85% menunjukkan proses produksi masih perlu perbaikan sehingga perlu dilakukan identifikasi faktor penyebab.

Tahap ketiga adalah menentukan faktor penyebab rendahnya efektivitas mesin *hammer milling* dengan *fishbone diagram*. Kelebihan *fishbone diagram* adalah menggunakan kondisi aktual sebagai analisis, menemukan keterkaitan hubungan antara penyebab dan masalah (Coccia, 2020). Pada tahap ini, sesi *brainstorming* dengan pihak perusahaan dilakukan untuk mengidentifikasi akar penyebab yang mempengaruhi rendahnya efektivitas pada mesin *hammer milling*. Beberapa faktor penyebab utama yang dipertimbangkan dalam pembuatan *fishbone diagram* yaitu mesin, metode, material, manusia, pengukuran, dan lingkungan.

Tahap keempat yaitu menentukan tingkat kekritisan mode kegagalan dengan metode FMECA. Mode kegagalan didapatkan dari penyebab utama pada *fishbone diagram*. Sedangkan akar penyebab (*root cause*) pada setiap penyebab utama menjadi potensi penyebab pada FMECA. Langkah-langkah yang dilakukan dengan metode FMECA sebagai berikut (Rahman & Fahma, 2021):

- (a) Mengidentifikasi mode kegagalan.
- (b) Mengidentifikasi efek dan potensi penyebab dari setiap mode kegagalan.
- (c) Menentukan tingkat *severity* atau keparahan (S) dari efek setiap mode kegagalan. Penentuan nilai *severity* mengacu pada Tabel 1. Penilaian *severity*

melalui *brainstorming* dengan pihak perusahaan.

**Tabel 1.** Parameter *Severity*

Durasi efek	Kriteria <i>Severity</i>	Nilai
>8 jam	Sangat berbahaya	8
7 jam	Berbahaya	7
6 jam	Sangat serius	6
5 jam	Serius	5
4 jam	Sedang	4
3 jam	penting	3
2 jam	Minor	2
1 jam	Sangat minor	1
30 menit	Kecil	0,6
<30 menit	Sangat kecil	0,2

- (d) Menentukan tingkat kemungkinan terjadinya (*occurrence*) dari setiap mode kegagalan. Nilai *occurrence* (O) dapat dilihat pada [Tabel 2](#).

**Tabel 2.** Parameter *Occurrence*

Kemungkinan tingkat kejadian	Kriteria <i>Occurrence</i>	Nilai
Sekali setiap 12 tahun	Kegagalan mendekati 0 atau tidak ada	1
Sekali setiap 10 tahun	Sangat rendah, jarang	2
Sekali setiap 8 tahun	Rendah, kadang terjadi	3
Sekali setiap 6 tahun		4
Sekali setiap 4 tahun	Rata-rata, sesekali terjadi	5
Sekali setiap 2 tahun		6
Sekali setiap 1 tahun	Tinggi, sering terjadi	7
Sekali setiap 6 bulan		8
Sekali setiap 1 bulan	Sangat tinggi	9
Sekali setiap 1 minggu		10

- (e) Menentukan tingkat deteksi (D) dari setiap mode kegagalan. Nilai *detection* (D) dapat dilihat [Tabel 3](#).

**Tabel 3.** Parameter *detection*

Tingkat deteksi	Kriteria <i>Detectability</i>	Nilai
Tidak terdeteksi	Tidak memungkinkan	10
Sulit terdeteksi	Sangat sulit	9
	Sangat terlambat	8
Kadang terdeteksi	Tidak yakin	7
	Sesekali	6
Bisa dideteksi	Rendah	5
	Terlambat	4
Mahir mendeteksi	Mudah	3
Dideteksi setiap saat	Sangat mudah	2
	Tindakan korektif yang mudah	1

- (f) Menghitung angka prioritas risiko atau *Risk Priority Number* (RPN) dari setiap mode kegagalan dengan

persamaan 16.

$$RPN = Severity \times Occurrence \times Detection \quad (16)$$

- (g) Mengurutkan mode kegagalan berdasarkan peringkat RPN.  
 (h) Menganalisis kekritisan dari setiap mode kegagalan berdasarkan RPN seperti ditunjukkan pada [Tabel 4](#).

**Tabel 4.** Parameter Kekritisan

Tingkat kekritisan	Nilai RPN	Risiko
Minor	0–30	Dapat diterima
Sedang	31–60	Dapat ditoleransi
Tinggi	61–180	Tidak dapat diterima
Sangat tinggi	181–252	
Kritis	253–324	
Sangat kritis	>324	

Tahap kelima adalah memberikan usulan peningkatan efektivitas mesin berdasarkan *criticality analysis* yang diperoleh dari metode FMECA. Hal ini dilakukan dengan *brainstorming* dengan pihak perusahaan dan berdasarkan penelitian terdahulu.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada [Tabel 5](#) dapat dilihat hasil perhitungan ORE pada tanggal 8 Agustus sampai 12 September 2023. Nilai ORE adalah nilai efektivitas dari proses penggilingan menggunakan mesin *hammer milling*. Berdasarkan perhitungan diperoleh nilai rata-rata ORE sebesar 55,95%. Berdasarkan penetapan standar nilai ORE yang dilakukan oleh *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM), nilai tersebut masuk dalam kategori cukup baik sehingga diperlukan perbaikan. *Performance efficiency* (P) memiliki nilai yang paling rendah dibanding faktor lainnya ([Tabel 5](#)). Sesuai dengan persamaan (15) maka nilai P ini menjadi penyebab cukup rendahnya nilai ORE.

Dalam penelitian ini, penyebab utama rendahnya efektivitas mesin *hammer milling* ditinjau berdasarkan 5 faktor yaitu manusia, mesin, lingkungan, metode dan material. Selanjutnya identifikasi akar penyebab pada masing-masing penyebab utama dilakukan melalui wawancara dengan supervisor produksi dan laporan supervisor produksi. *Fishbone* diagram yang menunjukkan penyebab utama dan akar penyebab rendahnya efektivitas mesin ([Gambar 2](#)).

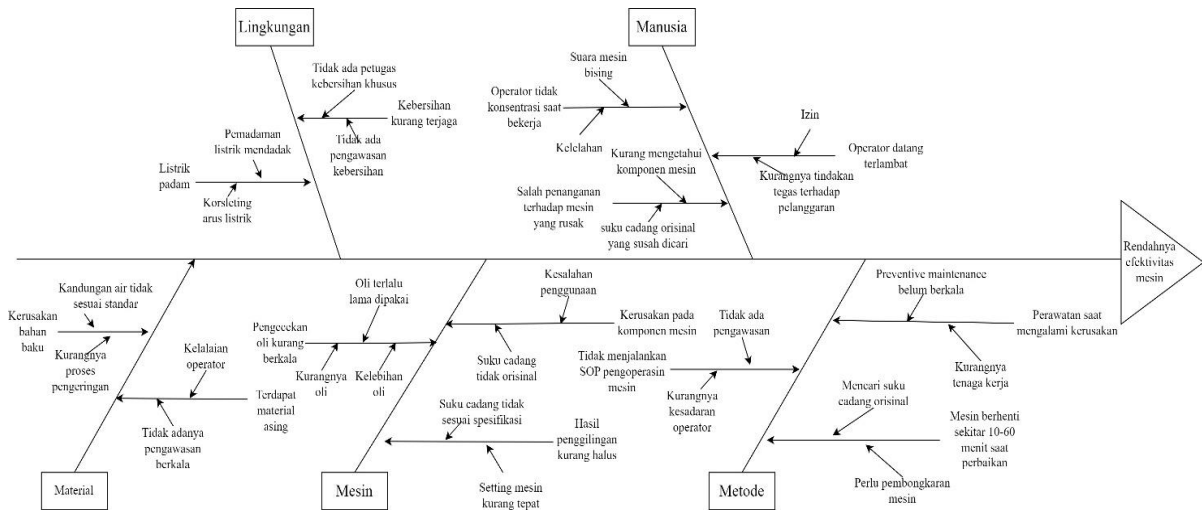
Beberapa akar penyebab rendahnya ORE dari faktor manusia adalah operator datang terlambat, operator tidak konsentrasi saat bekerja, dan salah penanganan terhadap mesin yang rusak. Kemudian pada faktor lingkungan, akar penyebab rendahnya ORE adalah kebersihan kurang terjaga dan listrik padam. Pada faktor metode, penyebab rendahnya efektivitas mesin adalah pemeliharaan dilakukan setelah ada kerusakan, mesin berhenti sekitar 10-60 menit saat perbaikan, dan tidak menjalankan SOP pengoperasian mesin *hammer milling*. Faktor mesin adalah pengecekan oli pada mesin kurang berkala, kerusakan pada komponen mesin, dan hasil penggilingan kurang halus.

FMECA digunakan untuk mengetahui prioritas perbaikan berdasarkan mode kegagalan ([Gupta et al., 2021](#)). Mode dan potensi kegagalan didapatkan dari



Tabel 5. Perhitungan Nilai Overall Resource Effectiveness Mesin Hammer Milling

No	Tanggal	R	A <sub>r</sub>	C	A <sub>m</sub>	A <sub>mp</sub>	P	Q	ORE
2	9 Agu	98,02%	96,49%	97,69%	100,00%	97,86%	60,48%	87,71%	47,97%
3	10 Agu	98,13%	98,73%	96,56%	100,00%	100,00%	75,17%	94,44%	66,41%
4	11 Agu	97,81%	98,72%	97,73%	95,03%	92,22%	69,33%	85,83%	49,22%
5	12 Agu	98,65%	96,41%	97,15%	100,00%	95,15%	65,40%	91,30%	52,50%
6	13 Agu	96,46%	96,00%	95,84%	100,00%	100,00%	74,82%	94,12%	62,50%
7	15 Agu	97,81%	99,04%	95,16%	97,18%	100,00%	67,50%	87,86%	53,13%
8	16 Agu	98,75%	97,05%	98,04%	97,34%	97,61%	61,09%	93,98%	51,25%
9	18 Agu	95,42%	97,60%	98,66%	100,00%	100,00%	71,60%	94,06%	61,88%
10	19 Agu	97,50%	99,04%	98,38%	100,00%	95,07%	66,96%	91,73%	55,47%
11	20 Agu	96,67%	99,14%	97,93%	96,45%	97,12%	70,38%	91,92%	56,88%
12	22 Agu	98,65%	97,78%	97,41%	93,35%	100,00%	74,82%	95,71%	62,81%
13	23 Agu	97,40%	98,82%	98,05%	100,00%	94,15%	68,05%	96,90%	58,59%
14	24 Agu	99,06%	98,42%	96,37%	100,00%	95,23%	67,40%	90,93%	54,84%
15	25 Agu	98,54%	98,10%	99,46%	97,94%	100,00%	74,67%	92,89%	65,31%
16	26 Agu	96,98%	98,71%	97,71%	100,00%	93,99%	68,78%	89,92%	54,38%
17	27 Agu	97,60%	98,61%	96,75%	100,00%	100,00%	72,48%	91,20%	61,56%
18	29 Agu	97,81%	96,59%	97,02%	95,80%	98,58%	73,47%	92,14%	58,59%
19	30 Agu	95,83%	97,28%	96,65%	93,76%	100,00%	73,43%	87,15%	54,06%
20	31 Agu	96,77%	97,31%	96,79%	100,00%	94,86%	63,07%	87,97%	47,97%
21	1 Sep	98,13%	98,62%	96,66%	96,10%	100,00%	76,30%	92,71%	63,59%
22	2 Sep	98,23%	98,09%	97,41%	100,00%	100,00%	74,92%	94,89%	66,72%
23	3 Sep	95,10%	96,60%	98,53%	100,00%	96,32%	71,33%	93,97%	58,44%
24	5 Sep	96,35%	96,32%	98,32%	95,21%	94,96%	64,77%	89,77%	47,97%
25	6 Sep	95,00%	96,49%	96,36%	100,00%	95,52%	68,33%	94,04%	54,22%
26	7 Sep	97,60%	99,04%	98,71%	96,51%	100,00%	73,30%	90,97%	61,41%
27	8 Sep	96,98%	97,42%	97,68%	100,00%	100,00%	68,74%	92,12%	58,44%
28	9 Sep	95,31%	93,44%	96,26%	100,00%	92,83%	71,66%	91,51%	52,19%
29	10 Sep	97,08%	96,89%	98,34%	96,40%	100,00%	63,96%	81,37%	46,41%
30	12 Sep	96,25%	99,03%	96,50%	97,85%	92,59%	67,13%	88,83%	49,69%
Rata - Rata									55,95%



Gambar 2. Fishbone Diagram

analisis fishbone diagram. Sedangkan penilaian severity, occurrence, dan detection dilakukan brainstorming dengan pihak perusahaan. Dalam perhitungan pada FMECA, nilai RPN didapat dari perkalian antara nilai efek dari potensi kegagalan (severity), potensi penyebab (occurrence) dan juga kontrol (detection). Hasil FMECA dapat dilihat pada Tabel 6.

Berdasarkan perhitungan RPN diperoleh 3 mode kegagalan dengan nilai RPN paling tinggi. Nilai RPN

tertinggi yaitu 280 pada mode kegagalan "mesin berhenti 10-60 menit selama perbaikan", kemudian nilai RPN tertinggi kedua yaitu sebesar 224 pada mode kegagalan "perawatan mesin dilakukan setelah ada kerusakan", dan tertinggi ketiga sebesar 192 pada mode kegagalan "penggunaan suku cadang yang tidak original". Setelah nilai RPN didapat, langkah selanjutnya adalah melakukan critical analysis. Penentuan tingkat kekritisan mengacu pada Tabel 4. Tingkat

kekritisian dari tiap mode kegagalan ditunjukkan pada Tabel 7.

Berdasarkan analisis tingkat kekritisian didapat 3 mode kegagalan dengan kategori tidak dapat diterima yaitu pada mode kegagalan 3.2, 3.1, dan 1.3. Usulan perbaikan untuk meningkatkan efektivitas mesin *hammer milling* berdasarkan prioritas yaitu:

1. Penentuan tingkat persediaan suku cadang original dengan menggunakan metode *continuous review* (Rusman *et al.*, 2019) sehingga perusahaan akan memesan suku cadang original sebanyak Q sebelum level persediaan mencapai titik reorder point. Kerusakan pada komponen mesin *hammer milling* di PT. X sering terjadi karena suku cadang original tidak tersedia saat rusak. Pihak *maintenance* melakukan penggantian dengan suku cadang yang mudah didapatkan dengan segera

namun kadang-kadang spesifikasinya kurang sesuai.

2. *Preventive maintenance* berdasarkan jadwal perawatan untuk mengurangi *downtime* saat waktu produksi (Hartanto *et al.*, 2023; Tinga, 2010). Untuk mendapatkan jadwal perawatan maka perlu dilakukan perhitungan interval waktu perawatan dengan mengacu data kerusakan mesin, data lama perbaikan, harga komponen, dan gaji teknisi yang diambil dari perusahaan.
3. Implementasi *autonomous maintenance* yang berarti memberikan tanggung jawab perawatan rutin kepada operator seperti pembersihan mesin, pemberian *lubricator* (diantaranya oli) dan inspeksi mesin. Operator memiliki rasa kepemilikan yang tinggi, meningkatkan pengetahuan operator terhadap peralatan yang digunakannya. Dengan pilar

**Tabel 6.** Perhitungan *Risk Priority Number* pada tiap Mode Kegagalan

No	Nomor Mode Kegagalan	Mode Kegagalan	Efek Potensi Kegagalan	S	Potensi Penyebab	O	Kontrol	D	RPN
1	1.1	Operator datang terlambat	Berkurangnya waktu produksi	1	Izin	7	Mengedukasi operator	2	14
	1.2	Operator tidak konsentrasi saat bekerja	Mesin mengalami kerusakan	2	Operator kelelahan	6	Memberikan waktu istirahat yang cukup	7	84
	1.3	Penggunaan suku cadang yang tidak original	Suku cadang tidak sesuai spesifikasi sehingga memicu kerusakan mesin	4	Suku cadang original tidak tersedia	8	Melakukan stok suku cadang original berdasarkan intuisi	6	192
2	2.1	Masuknya kotoran ke dalam produk	Memisahkan kotoran dari produk	1	Tidak ada pengawasan kebersihan	6	Melakukan Pengawasan terhadap kebersihan	6	36
	2.2	Pemadaman listrik	Mesin tidak bisa menyala	2	Pemadaman listrik mendadak	5	Membangun relasi dengan PLN untuk mendapatkan informasi pemadaman listrik	8	80
3	3.1	Perawatan mesin dilakukan setelah ada kerusakan	Mengurangi waktu produksi	4	<i>Preventive maintenance</i> mesin belum berkala	8	<i>Preventive maintenance</i> menjadi tanggung jawab bagian <i>maintenance</i>	7	224
	3.2	Mesin berhenti 10-60 menit saat perbaikan	Tidak bisa melakukan produksi	5	Mencari suku cadang original	8	Menggunakan suku cadang tidak original atau memodifikasi dari yang ada	7	280
	3.3	Tidak menjalankan SOP pengoperasian mesin <i>hammer milling</i>	menambah waktu produksi	1	Kurangnya kesadaran operator	6	Memberikan edukasi kepada operator	4	24
4	4.1	Kerusakan pada suku cadang mesin	Mesin tidak bisa berfungsi	3	Suku cadang tidak sesuai spesifikasi	8	Menggunakan suku cadang mesin original	7	168
	4.2	Pengecekan oli kurang dilakukan secara berkala	Suku cadang mudah aus sehingga menimbulkan panas dan <i>downtime</i>	1	Kekurangan oli ( <i>under lubrication</i> )	4	Mengecek kondisi oli	4	16
	4.3	Hasil penggilingan kurang halus	Perlu mengulang proses produksi	1	Terdapat komponen mesin yang bermasalah	5	Pengecekan berkala pada hasil penggilingan	3	15
5	5.1	Terdapat benda asing pada material	Menambah waktu produksi	1	Tidak ada penyortiran bahan baku secara berkala	4	Melakukan pengawasan terhadap material	3	12
	5.2	Kerusakan pada bahan baku	Mengurangi jumlah produksi	1	Kandungan air tidak sesuai standar	4	Pengecekan terhadap material	2	8

**Tabel 7.** Tingkat Kekritisan pada Tiap Mode Kegagalan

No	Nomor Mode Kegagalan	Mode kegagalan	RPN	Tingkat kekritisan
1	3.2	Mesin berhenti 10-60 menit selama perbaikan	280	Tidak dapat diterima
2	3.1	Perawatan mesin dilakukan setelah ada kerusakan	224	Tidak dapat diterima
3	1.3	Penggunaan suku cadang yang tidak original	192	Tidak dapat diterima
4	4.1	Kerusakan pada komponen mesin	168	Dapat ditoleransi
5	1.2	Operator tidak konsentrasi saat bekerja	84	Dapat ditoleransi
6	2.2	Pemadaman listrik	80	Dapat ditoleransi
7	2.1	Masuknya kotoran ke dalam produk	36	Dapat ditoleransi
8	3.3	Tidak menjalankan SOP pengoperasian mesin hammer milling	24	Dapat diterima
9	4.2	Pengecekan oli kurang dilakukan secara berkala	16	Dapat diterima
10	4.3	Hasil penggilingan kurang halus	15	Dapat diterima
11	1.1	Operator datang terlambat	14	Dapat diterima
12	5.1	Terdapat benda asing pada material	12	Dapat diterima
13	5.2	Kerusakan pada bahan baku	8	Dapat diterima

*autonomous maintenance*, mesin dan peralatan produksi dapat dipastikan bersih dan terlubrikasi dengan tepat (Borris, 2006).

Beberapa implikasi manajerial yang dapat dipertimbangkan adalah sebagai berikut:

1. Peningkatan pengelolaan perawatan: Manajemen harus mengalokasikan sumber daya yang memadai untuk meningkatkan perawatan mesin, termasuk implementasi *autonomous maintenance*, dan *preventive maintenance* yang didasarkan pada jadwal yang ditetapkan. Dengan demikian, perusahaan dapat mengurangi risiko *downtime* yang tidak terencana dan meningkatkan ketersediaan mesin untuk produksi.
2. Pemantauan dan analisis kinerja: Manajemen perlu melanjutkan pemantauan secara terus-menerus terhadap nilai *Overall Resource Effectiveness* (ORE) untuk mengukur kinerja produksi secara keseluruhan.
3. Implementasi perbaikan berbasis data: Manajemen dapat memanfaatkan hasil analisis kritis dari FMECA untuk merumuskan strategi perbaikan yang lebih efektif dan efisien. Dengan memprioritaskan tindakan perbaikan berdasarkan pada tingkat kekritisan dan potensi dampak, perusahaan dapat mengarahkan upaya perbaikan ke area-area yang paling penting bagi kinerja operasional dan keuangan yang lebih baik.

**4. KESIMPULAN**

Nilai *Overall Resource Effectiveness* diperoleh dengan mengalikan ketujuh faktor dan didapatkan nilai ORE sebesar 55,95%. Nilai tersebut termasuk dalam kategori cukup baik dan harus dilakukan perbaikan. Selanjutnya dengan *fishbone diagram* didapatkan 14 mode kegagalan yang menyebabkan *rendahnya efektivitas mesin hammer milling*. Diperoleh tiga nilai RPN tertinggi pada mode kegagalan yaitu mesin berhenti 10-60 menit selama perbaikan dengan RPN sebesar 280. Perawatan mesin dilakukan setelah ada kerusakan dengan RPN sebesar 224, dan penggunaan suku cadang yang tidak original dengan RPN sebesar 192. Usulan perbaikan yang dapat diberikan adalah penentuan tingkat persediaan suku cadang original dengan menggunakan metode *continuous review*, *preventive maintenance* berdasarkan jadwal perawatan yang ditetapkan dan implementasi *autonomous*

*maintenance*. Untuk penelitian selanjutnya, pengembangan dan implementasi *autonomous maintenance*, *preventive maintenance* dan *continuous review* perlu dievaluasi keberhasilannya. Selain itu, studi ini dapat ditingkatkan lebih lanjut dengan menyertakan beberapa parameter tambahan untuk mengevaluasi lini produksi.

**DAFTAR PUSTAKA**

Bertolini, M., Bevilacqua, M., & Massini, R. (2006). FMECA Approach to Product Traceability in the Food Industry. *Food Control*, 17(2), 137–145. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2004.09.013>

Borris, S. (2006). *Total Productive Maintenance: Proven Strategies and Techniques to Keep Equipment Running at Peak Efficiency*. McGraw Hill. <https://doi.org/10.1036/0071467335>

Bowles, J. B., & Peláez, C. E. (1995). Fuzzy Logic Prioritization of Failures in a System Failure Mode, Effects and Criticality Analysis. *Reliability Engineering and System Safety*, 50(2), 203–213. [https://doi.org/10.1016/0951-8320\(95\)00068-D](https://doi.org/10.1016/0951-8320(95)00068-D)

Chien, C. F., Chu, P. C., & Zhao, L. (2015). Overall Resource Effectiveness (ORE) Indices For Total Resource Management and Case Studies. *International Journal of Industrial Engineering*, 22(5). <https://doi.org/10.23055/ijietap.2015.22.5.2025>

Coccia, M. (2020). Fishbone diagram for technological analysis and foresight. *International Journal of Foresight and Innovation Policy*, 14(2-4), 225–247. <https://doi.org/10.1504/IJFIP.2020.111221>

Eswaramurthi, K. G., & Mohanram, P. V. (2013). Improvement of Manufacturing Performance Measurement System And Evaluation Of Overall Resource Effectiveness (ORE). *American Journal of Applied Sciences*, 10(2), 131–138. <https://doi.org/10.3844/ajassp.2013.131.138>

Garza-Reyes, J. A. (2015). From Measuring Overall Equipment Effectiveness (OEE) to Overall Resource Effectiveness (ORE). *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 21(4), 506–527. <https://doi.org/10.1108/JQME-03-2014-0014>

Gupta, G., Ghasemian, H., & Janvekar, A. A. (2021). A novel failure mode effect and criticality analysis (FMECA) using fuzzy rule-based method: A case study of industrial centrifugal pump. *Engineering*

- Failure Analysis*, 123, 105305. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2021.105305>
- Hartanto, A., Wardana, R. W., & Garside, A. K. (2023). Optimalisasi Perencanaan Perawatan Mesin Mixer Farfly Dengan Pendekatan Risk-Based Maintenance. *Jurnal Teknik Mesin Dan Pembelajaran*, 6(1), 11–18. <https://doi.org/10.17977/um05v6i12023p011-018>
- Hasrul, H., Shofa, M. J., & Winarno, H. (2017). Analisa Kinerja Mesin Roughing Stand Dengan Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) Dan Failure Mode Effect Analysis ( FMEA ). *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, 3(2), 55–60. <https://doi.org/10.30656/intech.v4i2.879>
- Kuncahyo, D. S. (2014). Pendekatan Penerapan Total Productive Maintenance (TPM) Di Stasiun Press Palm Oil Pada Mesin Digester dan Mesin Press PT. Bangkitgiat Usaha Mandiri dengan Menggunakan Indikator OEE dan Metode FMECA (Failure Mode Effect and Critical Analysis). *Jurnal PASTI (Penelitian Dan Aplikasi Sistem Dan Teknik Industri)*, VIII(3), 436–450. <https://publikasi.mercubuana.ac.id/index.php/pasti/article/view/462>
- Pandey, R., & Sridhar, K. (2019). Evaluating The Performance of Plant by Overall Equipment Effectiveness & Overall Resource Effectiveness: A Case Study. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 6(6), 2656–2663. <https://www.irjet.net/archives/V6/i6/IRJET-V6I6549.pdf>
- Pratama, A. F., & Yuliawati, E. (2023). Penerapan Metode Overall Resource Effectiveness (ORE) dan Root Cause Failure Analysis (RCFA) Untuk Meningkatkan Efektivitas Mesin. *JISO: Journal of Industrial and Systems Optimization*, 6(2), 102–109. <https://doi.org/10.51804/jiso.v6i2.102-109>
- Rahman, A., & Fahma, F. (2021). Penggunaan Metode FMECA (Failure Modes Effects Critically Analysis) Dalam Identifikasi Titik Kritis di Industri Kemasan. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 31(1), 110–119. <https://doi.org/10.24961/j.tek.ind.pert.2021.31.1.110>
- Rusman, M., Mangenggenre, S., Parenreng, S. M., Setiawan, I., & Pertiwi, A. (2019). Inventory planning analysis for vehicle spare parts by using Continuous Review method: A green engineering approach. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 343, No. 1, p. 012006). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/343/1/012006>
- Sanjaya, W. E. P., Garside, A. K., & Wardana, R. W. (2024). Usulan Peningkatan Efektivitas Mesin dengan Metode Overall Resource Effectiveness, Failure Mode Effect Analysis, dan Total Productive Maintenance. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 13(1), 69–78. <https://doi.org/10.26593/jrsi.v13i1.6520.69-78>
- Sumarta, D. M., Suweca, I. W., & Setiawan, R. (2017). Penerapan Metode Failure Mode, Effect and Criticality Analysis (FMECA) pada Drive Station Alat Angkut Konveyor Rel. *Infomatek*, 19(1), 17–22. <https://doi.org/10.23969/infomatek.v19i01.544>
- Sunarya, S., Hunusalela, Z. F., & Ruslan, H. (2022). Pengukuran Efektivitas Mesin Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness, Overall Resource Effectiveness dan Gupta Pada Mesin Injection Molding PT. Neohyolim Platech. *Jurnal KaLIBRASI-Karya Lintas Ilmu Bidang Rekayasa Arsitektur, Sipil, Industri*, 5(2), 160–170. <https://doi.org/10.37721/kalibrasi.v5i2.1036>
- Tinga, T. (2010). Application of physical failure models to enable usage and load based maintenance. *Reliability Engineering & System Safety*, 95(10), 1061–1075. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2010.04.015>
- Wardani, I. K., Atmaji, F. T. D., & Alhilman, J. (2021). An Autonomous Maintenance Design Based on Overall Resource Effectiveness (ORE) Analysis: A Case Study of Paving Molding Machine. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 20(2), 173–183. <https://doi.org/10.23917/jiti.v20i2.15627>
- Yssaad, B., Khiat, M., & Chaker, A. (2014). Reliability Centered Maintenance Optimization for Power Distribution Systems. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, 55, 108–115. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2013.08.025>
- Zulfatri, M. M., Alhilman, J., & Atmaji, F. T. D. (2020). Pengukuran Efektivitas Mesin dengan Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) dan Overall Resource Effectiveness (ORE) Pada Mesin PL1250 di PT XZY. *Jurnal Integrasi Sistem Industri*, 7(2), 123–131. <https://doi.org/10.24853/jisi.7.2.123>