

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Maintenance (Pemeliharaan)**

Menurut Pranowo (2019, p. 3) Pemeliharaan atau perawatan adalah kegiatan yang dibutuhkan untuk menjaga kinerja mesin sehingga dapat bekerja dengan optimal seperti kondisi normalnya. Pemeliharaan (*maintenance*) adalah kegiatan yang dilakukan untuk mempertahankan keadaan mesin dan peralatan agar dapat selalu bekerja. Pemeliharaan juga adalah kegiatan yang mendukung keberlangsungan mesin dan peralatan sehingga dapat bekerja secara optimal saat diperlukan. Menurut Hadi Pranoto (2015), pemeliharaan atau perawatan merupakan kegiatan untuk menjaga peralatan dan mesin untuk dapat memenuhi fungsi yang diharapkan. Pendapat lain menurut Nursanti, dkk. (2019, p. 1) pemeliharaan atau *maintenance* merupakan suatu kegiatan yang dilakukan dan bertujuan dalam memperbaiki output yang dihasilkan dan dapat diterima dengan hasil yang baik. Dalam industri, pemeliharaan juga dapat diartikan sebagai pemeliharaan pada mesin dan peralatan yang dianggap mengalami kerusakan dan tidak layak.

Perawatan atau pemeliharaan (*maintenance*) merupakan kegiatan untuk mengembalikan fungsi dari mesin dan peralatan atau sistem ke fungsi normal atau optimal (Kusnanto & Sugianto, 2021). Pengertian lain menurut Nurchayo & Nurdini (2024, p. 2) menjelaskan bahwa *maintenance* adalah suatu gabungan dari beberapa kegiatan yang dilakukan untuk menjaga mesin dan peralatan atau memperbaiki sampai waktu yang dapat diterima. Menurut Pasaribu, dkk. (2021) *maintenance* diartikan sebagai kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas seperti mesin dan peralatan yang digunakan dan melakukan perbaikan pada mesin dan peralatan agar terdapat suatu keadaan operasi produksi yang memuaskan sesuai dengan yang direncanakan.

Pemeliharaan (*maintenance*) merupakan gabungan dari semua tindakan atau kegiatan, administratif dan manajemen terhadap suatu komponen yang berfungsi mempertahankan kinerja mesin dan peralatan sesuai dengan fungsi-fungsi kerjanya

(Soepardi & Chaeron, 2019). Menurut Harahap & Nasution (2021) dalam (Muhaemin & Nugraha, 2022) menyatakan bahwa pemeliharaan adalah suatu kegiatan yang memiliki tujuan untuk menjaga kelangsungan sistem produksi dan diharapkan sistem produksi menghasilkan kinerja yang diinginkan perusahaan dan dapat berjalan sesuai dengan rencana.

### 2.1.1 Jenis-Jenis Pemeliharaan

Menurut Suyadi Prawirosentono (2009), pemeliharaan terdiri dari dua macam diantaranya yaitu:

a. *Planned Maintenance* (Pemeliharaan Terencana)

1. *Preventive Maintenance* (Pemeliharaan Pencegahan)

Pemeliharaan *preventive* merupakan kegiatan pemeliharaan yang dilakukan untuk menghindari terjadinya kerusakan pada mesin dan peralatan produksi saat dilakukan pengoperasian. Pemeliharaan *preventive* merupakan konsep perawatan yang dilakukan pada peralatan dan mesin untuk menjaga dan mencegah *downtime* yang tidak direncanakan dan kegagalan peralatan sehingga mesin dan peralatan dapat bekerja dengan baik dan optimal (Nurchahyo & Nurdini, 2024, p. 34).

2. *Scheduled Maintenance* (Pemeliharaan Terjadwal)

*Scheduled maintenance* merupakan kegiatan pemeliharaan yang dilakukan untuk melakukan pemeriksaan terhadap keadaan peralatan dan mesin yang telah memiliki jadwal dalam periode tertentu dengan ada atau tidaknya kerusakan pada peralatan dan mesin, pemeliharaan akan tetap dilakukan (Misriani, Riswandi, Satwarnirat, Hidayati, & Akmal, 2020).

3. *Predictive Maintenance* (Pemeliharaan Terprediksi)

*Predictive maintenance* merupakan salah satu cara efektif untuk dapat meningkatkan kinerja mesin dan peralatan dan mengurangi biaya pemeliharaan dengan perpindahan dari pemeliharaan berbasis kegagalan dan bersifat reaktif menjadi pemeliharaan berbasis prediksi dan pencegahan (Sajiwo, Prahasto, & Widodo, 2023).

b. *Unplanned Maintenance* (Pemeliharaan Tidak Terencana)

1. *Emergency Maintenance* (Pemeliharaan Darurat)

*Emergency maintenance* atau *breakdown maintenance* dijelaskan sebagai tindakan pemeliharaan yang dilakukan saat mesin dan peralatan mengalami kerusakan dan tidak dapat beroperasi kembali. Tujuan pemeliharaan darurat ini untuk dapat memperpanjang umur mesin dan peralatan dan mengurangi kerusakan (Nursanti, Avief, Sibut, & Kertaningtyas, 2019, p. 4)

2. *Corrective Maintenance* (Pemeliharaan Penangkal)

*Corrective maintenance* adalah pemeliharaan yang dilakukan apabila kerusakan telah terjadi pada peralatan dan mesin. Dimana fokus utama pada pemeliharaan ini adalah untuk mengidentifikasi penyebab utama kerusakan terjadi, memperbaiki kerusakan, dan mengembalikan kinerja mesin ke keadaan optimal (Zadeh, 2024)

## **2.2 Total Productive Maintenance**

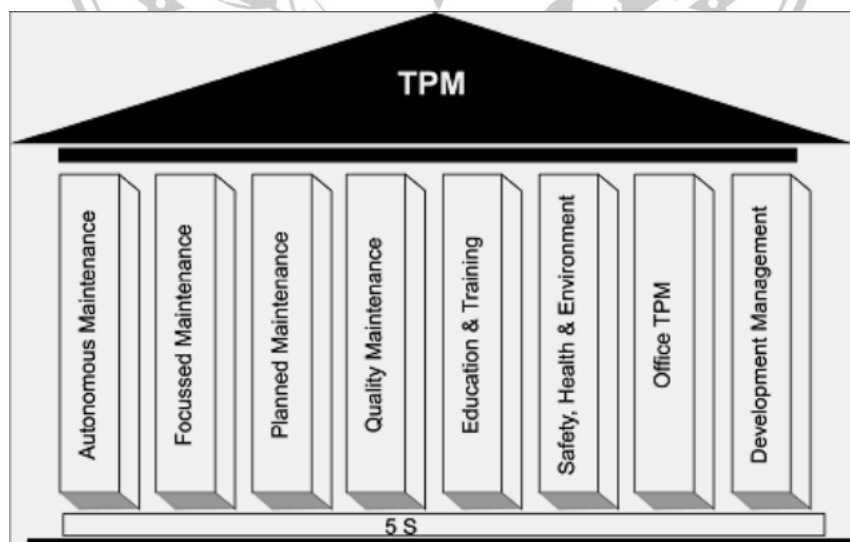
Menurut Cesarone dan Brauer (2022, p. 263), *Total Productive Maintenance* (TPM) adalah strategi sistem pemeliharaan manufaktur yang berfokus pada pemeliharaan menyeluruh pada seluruh sistem manufaktur untuk memastikan sistem dapat beroperasi secara optimal. Menurut Agustiady & Cudney (2024) *Total Productive Maintenance* (TPM) adalah pendekatan inovatif untuk pemeliharaan peralatan yang melibatkan seluruh divisi pada perusahaan untuk dapat memperbaiki kerusakan peralatan. TPM merupakan pendekatan sistematis untuk dapat meningkatkan sistem produksi dan kualitas dimana TPM berupaya untuk meningkatkan kinerja pada peralatan untuk mengurangi kerugian. Seeichi Nakajima mengembangkan TPM antara tahun 1950 dan 1970 di Jepang sebagai metode untuk meningkatkan kinerja dan produktivitas mesin dengan memanfaatkan sumber daya produksi dan pemeliharaan yang efisien.

Pada tahun 1950, TPM hanya difokuskan pada pemeliharaan preventif untuk menjaga peralatan dan mesin dalam keadaan optimal dan mencegah kerusakan. Menurut Roberts (1997) dalam (Pranowo, 2019, p. 159) mengatakan bahwa TPM

merupakan suatu kegiatan pemeliharaan yang melibatkan gambaran dasar untuk perawatan peralatan yang bertujuan untuk meningkatkan produktivitas dan meningkatkan kepuasan pelanggan. Menurut Mwanza dan Mbohwa (2015) yang dikutip dalam (Risonarta & Wardhani, 2023) penerapan TPM yang dilakukan secara terus menerus dapat meminimasi terjadinya kerusakan mesin dan kegagalan pada output yang dihasilkan. Dimana TPM dirancang untuk mencegah kerugian akibat *downtime*, akibat penyetelan atau *set-up*, pengurangan kecepatan mesin, dan kerugian cacat yang disebabkan oleh cacat pada permulaan proses dan penurunan *yield*.

### 2.2.1 Pilar-Pilar TPM

Menurut Nakajima (1988) dalam (Pranowo, 2019, p. 37), menjelaskan setiap pilar TPM dirancang untuk dapat mendukung pencapaian dari metode OEE secara maksimal. Dalam penggunaan metode OEEE, pilar-pilar TPM ini tetap relevan karena turut mendukung aspek lingkungan, efisiensi energi, serta keberlanjutan proses produksi. Pilar-pilar tersebut mencakup seperti pemeliharaan mandiri (*autonomous maintenance*), pemeliharaan terjadwal (*planned maintenance*), peningkatan berfokus (*focused improvement*), keselamatan, kesehatan, dan lingkungan (*safety, health, and environment*), dan TPM untuk manajemen kantor (*office TPM*).



(Sumber: (Pranowo, 2019)

## Gambar 2. 1 Pilar-Pilar TPM

Berikut merupakan penjelasan terkait delapan pilar TPM yaitu:

1. *Autonomous Maintenance* (Pemeliharaan Mandiri)  
*Autonomous maintenance* ini bertujuan agar operator mesin ikut secara aktif dalam perawatan mesin dan peralatan yang digunakan pada proses produksi. Dimana operator akan dilatih untuk melakukan pemeriksaan harian, pembersihan, pelumasan pada mesin, dan deteksi dini terhadap adanya kerusakan pada mesin.
2. *Focused Maintenance* (Pemeliharaan Berkelanjutan)  
*Focused maintenance* dimana berfokus pada aktivitas perbaikan secara berkelanjutan dengan cara mengidentifikasi dan mengeliminasi enam kerugian besar (*six big losses*) seperti *downtime*, hasil produk yang dihasilkan, dan kecepatan mesin saat pengoperasian.
3. *Planned Maintenance* (Pemeliharaan Terjadwal)  
*Planned maintenance* berupa perawatan yang diatur dan dilakukan dengan secara berkala berdasarkan waktu, jam, operasi atau keadaan mesin.
4. *Quality Maintenance* (Pemeliharaan Kualitas)  
*Quality maintenance* ditujukan untuk merencanakan sistem pemeliharaan yang menyediakan produk yang berkualitas dan sesuai dengan ketentuan yang ditentukan. Tujuan yang ingin dicapai pada pilar ini adalah untuk mengurangi kerusakan pada produk yang dihasilkan dan menjamin mutu produk.
5. *Education & Training* (Pendidikan & Pelatihan)  
*Education & training* bertujuan untuk meningkatkan kompetensi teknis operator agar dapat lebih memahami terkait fungsi mesin, perawatan mesin, serta dapat menangani jenis-jenis kerusakan secara baik.
6. *Safety, Health & Environment* (Keselamatan, Kesehatan, & Lingkungan)  
*Safety, health, & environment* adalah salah satu komponen penting dalam TPM yang bertujuan untuk meminimalkan kecelakaan kerja, gangguan kesehatan, dan kegiatan produksi yang mematuhi peraturan lingkungan.
7. *Office TPM* (TPM untuk Manajemen Kantor)

Kantor TPM ini dilakukan untuk dapat meningkatkan produktivitas dan efisiensi di dalam kegiatan administratif yang berfungsi untuk mengidentifikasi dan mengurangi kerugian untuk mendukung kegiatan operasi.

#### 8. *Development Management* (Manajemen Pengembangan)

Pilar ini berkaitan dengan desain dan pengembangan peralatan baru yang dimana mempertimbangkan untuk memudahkan operator dalam melakukan perawatan mesin, efisiensi energi, dan kinerja pada mesin.

### 2.3 Efektivitas Kinerja Produksi

Efektivitas adalah ukuran suatu perusahaan atau organisasi untuk dapat mencapai proses kerja yang lebih baik. Efektivitas merupakan keadaan yang menunjukkan seberapa jauh suatu target yang telah dicapai oleh perusahaan seperti kualitas, kuantitas dan waktu, dimana target tersebut sudah ditentukan terlebih dahulu. Dimana semakin banyak suatu target yang dapat dicapai oleh perusahaan, maka akan semakin efektif pula kegiatan produksi perusahaan (Syam, 2020). Salah satu pendekatan yang digunakan untuk mengukur efektivitas kinerja produksi adalah dengan menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) yang dimana pada penelitian ini menggunakan metode pengembangan OEE yaitu OEEE yang menambahkan aspek lingkungan (*environment factor*) seperti konsumsi listrik.

Dalam proses produksi dengan menggunakan mesin semi-manual pada CV. Kiki, peran operator dan mesin sama-sama menentukan efektivitas kinerja produksi. Mesin menjadi alat utama untuk memproses bahan menjadi produk jadi dan operator berperan dalam proses pengoperasian mesin, perawatan mesin, dan melakukan perbaikan pada mesin saat terjadinya kerusakan pada proses produksi. Dalam pengukuran efektivitas mesin, kinerja mesin dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kerusakan mesin yang dapat disebabkan karena kualitas material atau bahan baku yang tidak baik, kurangnya keahlian operator pada saat pengoperasian mesin, dan pelaksanaan SOP.

## 2.4 Overall Equipment Effectiveness

Menurut Alexander, Putra & Sari (2024) *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengukur efektivitas mesin atau peralatan secara keseluruhan, mengevaluasi proses produksi dan kualitas produk. *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) adalah metrik kuantitatif sebagai bentuk pengukuran tingkat produktivitas peralatan dan mesin yang digunakan suatu perusahaan sebagai pendukung dalam proses produksi. OEE digunakan untuk mengevaluasi dan memperbaiki kinerja proses produksi untuk meningkatkan produktivitas penggunaan mesin dan peralatan (Wahyudi, Ferdana, & Nugraha, 2023). Menurut Primula dan Hamdy (2023), *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) biasanya diaplikasikan sebagai indikator kerja pada peralatan dan mesin yang memiliki tiga faktor utama yaitu: *Availability* (Ketersediaan), *Performance* (Kinerja), dan *Quality* (Kualitas). Istilah-istilah tersebut membantu perusahaan dalam meningkatkan nilai efisiensi dan efektivitas dan dapat diklasifikasikan kerugian dalam proses produksi. Nilai ideal untuk metode OEE berdasarkan standar dunia yang dirumuskan oleh *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM) adalah sebagai berikut:

**Tabel 2. 1 Standar Nilai OEE**

Deskripsi	Nilai
<i>Availability</i>	>90%
<i>Performance</i>	>95%
<i>Quality</i>	>99%
OEE	>85%

(Sumber: (Wahid, 2020)

Tujuan dari penggunaan metode OEE untuk menghitung efektivitas dan performansi atau kinerja dari mesin dan peralatan yang digunakan pada proses produksi (Ihsan & Nugroho, 2022). Pengukuran OEE merupakan metode yang efektif dalam menganalisis efisiensi suatu mesin dan peralatan dalam proses produksi. Terdapat 3 faktor utama yang mempengaruhi perhitungan pada metode OEE yaitu *Availability* (Ketersediaan), *Performance* (Kinerja), dan *Quality* (Kualitas). Berikut merupakan rumus dari perhitungan OEE yaitu (Campbell, Jardine, & McGlynn, 2011):

$$OEE (\%) = Availability (\%) \times Performance (\%) \times Quality (\%) \quad (1)$$

### 2.4.1 Availability

Rasio ketersediaan (*availability ratio*) berfungsi untuk mengukur seberapa efisien waktu digunakan untuk proses produksi pada mesin dan peralatan. Untuk dapat menghitung nilai *availability*, maka diperlukan untuk mengumpulkan data waktu operasi (*operating time*), waktu tersedia atau waktu siap produksi (*loading time*), dan waktu berhenti (*downtime*) (Priyanto & Suhada, 2023). Berikut merupakan rumus perhitungan untuk *availability* yaitu:

$$Availability = \frac{Operation Time}{Loading Time} \times 100\% \quad (2)$$

$$Operation Time = Loading Time - Downtime \quad (3)$$

$$Loading Time = Running Time - Planned Downtime \quad (4)$$

Keterangan:

- *Operation Time* = Waktu produksi aktual (menit)
- *Loading Time* = Waktu siap produksi (menit)
- *Downtime* = Waktu berhenti (menit)
- *Running Time* = Waktu kerja yang dijadwalkan (menit)
- *Planned Downtime* = Waktu berhenti yang dijadwalkan (menit)

### 2.4.2 Performance

*Performance* atau kinerja berfungsi untuk mengetahui bagaimana kinerja peralatan beroperasi pada kecepatan yang maksimal. Rasio kinerja (*performance ratio*) berfungsi membandingkan antara kinerja aktual pada mesin dan peralatan dengan kinerja yang diharapkan (Kirana & Widiasih, 2024). Berikut merupakan rumus perhitungan untuk *performance* yaitu:

$$Performance = \frac{Processed Amount \times Cycle Time}{Operation Time} \times 100\% \quad (5)$$

Keterangan:

- *Processed Amount* = Jumlah produksi (kg)
- *Cycle Time* = Waktu siklus per unit (menit)

*Cycle Time* didapatkan berdasarkan waktu rata-rata yang dibutuhkan dalam proses produksi untuk menghasilkan satu unit produk.

### 2.4.3 Quality

Rasio kualitas (*quality ratio*) berfungsi untuk menunjukkan seberapa baik peralatan dan mesin dalam menghasilkan produk yang memenuhi standar ketentuan atau rasio dari produk baik yang sesuai dengan spesifikasi kualitas produk terhadap jumlah produk yang diproses (Dewi, Putra, Kurniawanto, Romli, & Khaerudin, 2024). Berikut merupakan rumus perhitungan untuk *quality* yaitu:

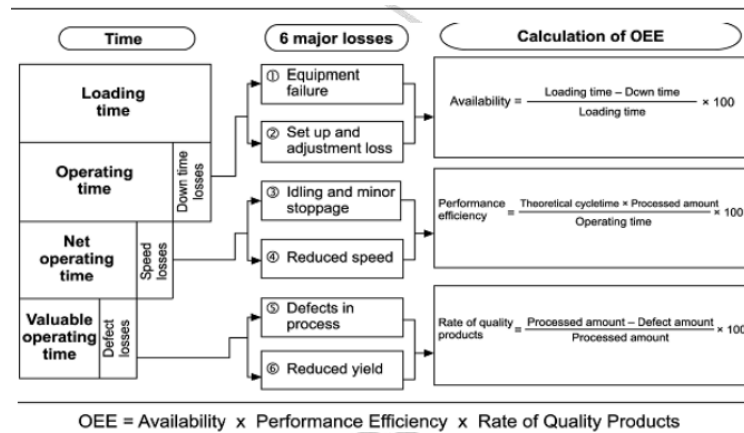
$$Quality = \frac{Processed Amount - Defect Amount}{Processed Amount} \times 100\% \quad (6)$$

Keterangan:

- *Defect Amount* = Jumlah produksi cacat (kg)

### 2.4.4 Enam Kerugian Utama (*Six Big Losses*)

Menurut Nakajima (1988) (dikutip dalam Pranowo (2019, p. 38), menjelaskan *Six Big Losses* dihitung untuk mengetahui nilai metode OEE dari suatu peralatan dan mesin agar dapat memberikan solusi perbaikan mesin dan peralatan secara efektif. Terdapat enam kerugian besar yang menyebabkan menurunnya kinerja peralatan dan mesin. Keenam kerugian terdiri dari, kerugian akibat kerusakan peralatan (*equipment failure*), kerugian penyetulan dan penyesuaian (*setup and adjustment losses*), kerugian karena menganggur dan penghentian mesin (*idle and minor stoppage*), kerugian karena kecepatan operasi rendah (*reduce speed*), kerugian cacat produk dalam proses (*defect in process*), dan kerugian akibat hasil rendah (*reduce yield*). Enam kerugian utama tersebut diidentifikasi dan dipetakan kedalam beberapa klasifikasi waktu permesinan antara lain waktu operasi yang bernilai tambah (*valuable operating time*), waktu operasi bersih (*net operating time*), waktu operasi (*operating time*), waktu proses (*loading time*).



(Sumber: (Pranowo, 2019))

**Gambar 2. 2 Perhitungan OEE berdasarkan Enam Kerugian Besar**

Keenam kerugian tersebut digolongkan menjadi tiga macam yaitu:

1. *Downtime Losses*, terdiri dari:

a. *Breakdown Losses/ Equipment Failures*, yaitu kerusakan pada mesin dan peralatan yang terjadi tiba-tiba dan tidak diinginkan dan menyebabkan kerugian dan waktu yang terbuang sia-sia. Hubungan *breakdown losses* dengan lingkungan (*environment factor*) adalah apabila mesin yang tetap menggunakan energi walaupun dalam keadaan istirahat, sehingga menyebabkan pemborosan energi listrik.

$$Downtime\ losses = \frac{Total\ Breakdown}{Available\ Time} \times 100\% \quad (7)$$

b. *Setup and Adjustment Losses*, yaitu kerugian karena pemasangan, penyetelan dan penyesuaian yang dilakukan pada mesin dimulai dari pemanasan sampai pendinginan, hingga mesin dapat bekerja secara optimal. Hubungan *setup and adjustment losses* dengan lingkungan (*environment factor*) adalah dimana setup biasanya menggunakan energi tinggi untuk pemanasan dan dapat menghasilkan produk awal yang *defect* dan menjadi limbah.

$$Setup\ and\ adjustment = \frac{Total\ Setup\ and\ adjustment}{Available\ Time} \times 100\% \quad (8)$$

2. *Speed Losses*, terdiri dari:

- a. *Idling and Minor Stoppage Losses*, yaitu kerugian yang disebabkan oleh pemberhentian pada mesin sejenak, kemacetan mesin, dan *idle time* dari mesin. Hubungan *idling and minor stoppage losses* dengan lingkungan (*environment factor*) adalah dimana komponen seperti kompresor pada mesin yang tetap bekerja walau proses produksi berhenti dan mengakibatkan pemborosan energi listrik.

$$\text{Idling and minor stoppage} = \frac{(\text{Target-Hasil}) \times \text{Cycle time}}{\text{Available Time}} \quad (9)$$

- b. *Reduce Speed Losses*, yaitu kerugian karena mesin tidak dapat bekerja secara optimal karena terjadinya penurunan kecepatan pada saat proses operasi. Hubungan *reduce speed losses* dengan lingkungan (*environment factor*) adalah dengan waktu operasi mesin yang lebih panjang untuk menghasilkan produk dan mengakibatkan energi yang digunakan lebih tinggi dan efisiensi lingkungan akan menurun.

$$\text{Reduce speed and losses} = \frac{(\text{Operating time}-\text{Ideal cycle time}) \times \text{Jumlah Produksi}}{\text{Available Time}} \times 100\% \quad (10)$$

3. *Defect Losses*, terdiri dari:

- a. *Process Defect*, yaitu kerugian yang disebabkan karena adanya produk cacat maupun karena kerja produk yang diproses ulang. Hubungan *defect losses* dengan lingkungan (*environment factor*) adalah dengan adanya produk cacat (*defect*) akan tetap mengkonsumsi energi, bahan baku, dan waktu yang akan menghasilkan limbah.

$$\text{Process defect} = \frac{\text{Total Reject} \times \text{Ideal cycle time}}{\text{Available Time}} \times 100\% \quad (11)$$

- b. *Reduce Yield*, kerugian yang disebabkan material yang tidak terpakai atau sampah material atau bahan baku. Hubungan *reduce yield* dengan

lingkungan (*environment factor*) adalah dimana produk cacat tetap menggunakan energi listrik, bahan baku, dan waktu. Sehingga menyebabkan pemborosan energi listrik dan bahan baku.

$$Reduce\ Yield = \frac{Ideal\ cycle\ time\ x\ Scrap}{Available\ Time} \times 100\% \quad (12)$$

## 2.5 Overall Environment Equipment Effectiveness

Dijelaskan bahwa metode OEEE yang dimana menggabungkan antara tiga faktor utama dari OEE klasik atau tradisional yaitu *Availability*, *Performance*, dan *Quality* dengan faktor dampak lingkungan seperti konsumsi energi, emisi karbon, dan penggunaan bahan baku yang ramah lingkungan. Menurut Domingo & Aguado (2015) dimana OEEE merupakan suatu indikator kinerja yang menyatukan antara efisiensi lingkungan ke dalam evaluasi efektivitas dari peralatan dan mesin proses produksi, melengkapi aspek produktivitas dari metode OEE tradisional seperti *availability*, *performance*, dan *quality* dengan faktor efisiensi energi dan dampak lingkungan. Menurut Domingo & Aguado, metode *Overall Environmental Equipment Effectiveness* (OEEE) merupakan pengembangan dari metode OEE konvensional. Selain itu metode OEEE menggunakan pengembangan pada aspek lingkungan seperti pada penggunaan energi pada perusahaan. Interpretasi range untuk metode OEEE di memiliki pengukuran yang berbeda karena skala OEEE yang diusulkan memerlukan skala yang lebih mendalam dan analisis untuk mencapai perspektif yang kontras. Tabel interpretasi untuk metode OEEE ditunjukkan pada tabel berikut.

**Tabel 2. 2 Interpretasi Metode OEEE**

OEEE	Result	Status
OEEE < 60%	Bad	Low competitiveness
60% < OEEE < 70%	Acceptable	Moderate competitiveness
70% OEEE < 85%	Good	Improving competitiveness
85% < OEEE	Excellent	High competitiveness

Selain sebagai alat efisiensi operasional yang diperlukan, OEEE memiliki tujuan untuk mengarahkan perusahaan agar lebih mempertimbangkan faktor lingkungan selama proses produksi dilakukan. Metode OEEE ini memiliki prinsip

yang menyatakan bahwa peningkatan efektivitas peralatan dan mesin harus dilakukan secara hati-hati untuk meminimalkan dampak buruk terhadap lingkungan. Oleh karena itu, penerapan metode OEEE dianggap sebagai langkah strategis dalam menerapkan manufaktur yang ramah lingkungan (Mahmood, Abdullah, & MdFauadi, 2015).

### **2.5.1 Maintenance dengan Metode OEEE**

Efektivitas kinerja mesin tidak hanya dipengaruhi oleh kerusakan pada mesin, tetapi juga dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti ketidaksesuaian bahan baku atau material yang digunakan, kesalahan operator saat pengoperasian mesin, pelaksanaan SOP, dan lingkungan kerja perusahaan. *Maintenance* atau pemeliharaan dilakukan untuk dapat mengidentifikasi kerusakan atau kegagalan yang sering terjadi pada mesin produksi yang juga memperhatikan aspek lingkungan seperti konsumsi listrik dan limbah produksi. Metode OEEE merupakan bentuk pengembangan dari metode OEE konvensional yang memiliki tiga faktor utama yaitu *availability*, *performance*, dan *quality* dimana pada metode OEEE ditambahkan variabel berupa *environment factor* atau aspek lingkungan berupa konsumsi listrik.

Setiap komponen yang terdapat dalam metode OEEE memiliki hubungan dengan sistem pemeliharaan atau perawatan pada mesin produksi. Pada *availability* atau ketersediaan dapat terjadinya penurunan ketersediaan akibat mesin yang mengalami kerusakan atau waktu henti yang tinggi, sehingga perlu dilakukan perbaikan pada mesin seperti pelumasan, penyetelan, dan penggantian komponen mesin. Pada *performance* atau kinerja dapat terjadi penurunan kinerja mesin karena mesin tidak dapat bekerja dengan baik, sehingga perlu untuk dilakukannya perbaikan seperti pengecekan mesin, pelumasan, dan lain-lain. Pada *quality* atau kualitas akan menyebabkan kecacatan pada produk yang dihasilkan, sehingga perlu untuk dilakukan perawatan pada mesin untuk menjaga kualitas produk dan mengurangi kerusakan pada produk. Pada *environment factor* berupa konsumsi listrik pada metode OEEE yang digunakan sebagai metode untuk membantu dalam mengevaluasi efektivitas pemeliharaan mesin dengan memperhatikan aspek

lingkungannya. Hasil perhitungan pada OEEE akan memberikan informasi yang dapat digunakan untuk menentukan apakah perawatan yang dilakukan oleh perusahaan saat ini berjalan dengan efektif atau perlu adanya peningkatan perawatan. Dengan hubungan antara metode OEEE dan perawatan atau *maintenance* tidak hanya memberikan gambaran terkait keadaan mesin, tetapi juga memberikan dasar terkait pemeliharaan yang dilakukan perusahaan.

### **2.5.2 Perbedaan OEEE dan OEE Konvensional**

Menurut Pampanelli, Found, & Trivedi dalam *The Green Factory: Creating Lean and Sustainable Manufacturing* (2014, pp. 90-91) menjelaskan untuk pengukuran kinerja pada peralatan dan mesin di perusahaan telah lama menggunakan metode OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) sebagai metode untuk mengukur efisiensi operasional atau mengukur kinerja pada mesin dan peralatan di perusahaan dengan berdasarkan tiga faktor utama yaitu *availability* (ketersediaan), *performance* (kinerja), dan *quality* (kualitas). Namun, seiring dengan meningkatnya kesadaran akan isu terhadap lingkungan, maka diperlukan metode yang tidak hanya mengukur kinerja pada peralatan dan mesin yang digunakan pada proses produksi, tetapi juga dapat memperhitungkan dampak lingkungan sekitar akibat proses produksi yang dilakukan oleh perusahaan. OEEE (*Overall Environment Equipment Effectiveness*) yang merupakan suatu metode pengembangan dari metode OEE konvensional sebelumnya dengan menambahkan aspek lingkungan sebagai faktor penentunya. Dengan metode OEEE ini dapat menghitung seperti konsumsi energi, emisi karbon, dan limbah hasil produksi yang dihasilkan.

Selain perbedaan sebelumnya, menurut Jha (2015, p. 78) terdapat juga perbedaan antara OEEE dan OEE Konvensional yaitu dimana metode konvensional tidak mencakup adanya indikator keberlanjutan, sedangkan OEEE memiliki parameter hijau yang akan mendukung indikator keberlanjutan. Untuk tujuan pada metode OEE konvensional adalah untuk meningkatkan produktivitas dengan mengurangi *downtime*, cacat pada produk sedangkan OEEE bertujuan untuk mencapai keberlanjutan, dengan menggabungkan aspek lingkungan ke dalam

produktivitas. Selain itu, terdapat juga perbedaan pada rumus yang digunakan yaitu (Domingo & Aguado, 2015):

Rumus OEE:

$$OEE (\%) = Availability (\%) \times Performance (\%) \times Quality (\%) \quad (13)$$

Sementara untuk OEEE yang merupakan pengembangan dari OEE konvensional yang menggabungkan aspek lingkungan ke dalam pengukuran efektivitas peralatan dan mesin. Dimana OEEE menambahkan *Environmental Factor* sebagai variabel keempat yang menggambarkan dampak lingkungan dari proses produksi, seperti konsumsi energi. Menurut Ali, Zailani, Iranmanesh & Foroughi (2019), *Environmental Factor* adalah nilai yang menggambarkan performa lingkungan dari proses produksi, yang dinormalisasi dalam rentang 0 sampai 1 dimana 1 berarti sangat ramah lingkungan.

Rumus OEEE:

$$OEEE (\%) = Availability (\%) \times Performance (\%) \times Quality (\%) \times Sustainability \quad (14)$$

$$Sustainability = 1 - \left( \frac{Environmental\ impact\ of\ workstation}{Total\ environment\ impact\ of\ initial\ production} \right) \quad (15)$$

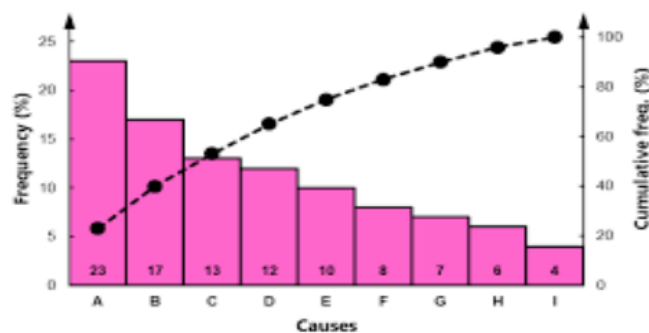
Keterangan:

- *Environment impact of workstation* → Nilai aktual dari penggunaan listrik (kWh/kg)
- *Total environment impact of initial production* → Nilai dasar (*baseline*) yang didapat dari *benchmark* untuk kondisi awal atau target efisiensi penggunaan listrik yang diharapkan

## 2.6 Diagram Pareto

Menurut Behnam (2017) dalam Irfanto (2022), menjelaskan bahwa diagram pareto atau *pareto chart* adalah teknik statistik yang digunakan untuk pengambilan keputusan yang didasari oleh frekuensi kejadian dibandingkan dengan penyebab terjadinya kejadian. Dimana diagram pareto yang telah dibuat akan dianalisa dan digunakan untuk memilih beberapa penyebab yang akan memberikan dampak yang

signifikan. Diagram pareto digambarkan dengan grafik batang yang menunjukkan jenis kegagalan berdasarkan urutan frekuensi kejadian yang terjadi. Dimana kegagalan dengan frekuensi paling banyak terjadi ditunjukkan pada grafik pertama tertinggi dan ditempatkan pada sisi paling kiri, dan seterusnya sampai kegagalan dengan frekuensi paling sedikit ditunjukkan pada grafik terakhir yang terendah dan terletak di sisi paling kanan.



(Sumber: (Sunarto & Nugroho, 2020))

**Gambar 2. 3 Contoh Diagram Pareto**

Diagram pareto pertama kali diperkenalkan oleh seorang ahli ekonomi yang berasal dari Italia bernama Vilfredo Pareto pada tahun 1897 dan kemudian diaplikasikan oleh Joseph M. Juran, seorang ahli manajemen mutu. Menurut Sunarto dan Nugroho (2020), menjelaskan bahwa hukum pareto dipopulerkan oleh Joseph M. Juran. Dimana Juran mempopulerkan konsep 80/20 yang dimana 80% dari efek yang ditimbulkan disebabkan oleh 20% dari penyebabnya.

## 2.7 Diagram *Fishbone*

*Fishbone* diagram dikemukakan pertama kali oleh prof. Dr. Kaoru Ishikawa dan konsep ini diperkenalkan kepada ikatan insinyur dan ilmuwan Jepang (Aristriyana & Fauzi, 2022). Diagram *fishbone* atau ishikawa adalah suatu pendekatan yang terorganisir yang memungkinkan untuk dapat dilakukan suatu analisa yang lebih detail untuk mengidentifikasi penyebab dari suatu masalah. *Fishbone* diagram merupakan salah satu metode dari *Seven Quality Tools* yang digunakan untuk mencari sebab dari terjadinya suatu masalah (Hidayat & Saefulloh, 2022). Diagram *fishbone* adalah suatu teknik grafis yang menunjukkan

beberapa penyebab dari suatu kejadian tertentu (Coccia, 2020). Dpat disimpulkan bahwa diagram *fishbone* merupakan pendekatan untuk menyelesaikan masalah dengan menggunakan diagram berbentuk tulang ikan untuk memodelkan kemungkinan sumber penyebab dari masalah yang terjadi dan memberikan solusi yang memungkinkan.

Faktor-faktor utama yang mempengaruhi kualitas pada diagram *fishbone* terdiri dari 5M + 1E, yaitu *machine* (mesin), *man* (manusia), *method* (metode), *material* (bahan), *measurement* (pengukuran), dan *environment* (lingkungan) (Tantri, Elitvia, & Djajanto, 2024).

## **2.8 Fault Mode Effect Analysis**

*Fault Mode Effect Analysis* (FMEA) menurut Sulistoyono dan Saifuddin (2024) adalah suatu metode sistematis yang bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab dari suatu permasalahan yang terjadi dan mencegah masalah pada proses sebelum masalah tersebut dapat terjadi. Metode FMEA digunakan untuk mengidentifikasi permasalahan yang paling parah atau dominan yang berakibat pada tidak optimalnya peralatan dan mesin dalam bekerja. Terdapat tiga komponen penting dalam membantu menentukan prioritas kegagalan yaitu *severity* (s), *occurrence* (o), dan *detection* (d). Dimana dijelaskan untuk *severity* (s) adalah menilai tingkat keparahan dari dari kegagalan yang terjadi, *occurrence* (o) adalah menilai frekuensi terjadinya kegagalan, dan *detection* (d) adalah menilai untuk dapat mendeteksi kegagalan sebelum berdampak serius.

Metode FMEA mulai diaplikasikan pada program luar angkasa Apollo pada tahun 1960. Kemudian di tahun 1970, *Ford Motor Company* mengaplikasikan metode FMEA pada industri otomotif untuk mempertimbangkan keselamatan dari pengendara. Menurut Pranowo (2019, p. 32) menyatakan *Fault Mode Effect Analysis* (FMEA) adalah metode yang bertujuan untuk menilai rancangan sistem dengan mempertimbangkan berbagai tipe kegagalan dari komponen-komponen yang ada, serta melakukan analisis terhadap dampak bagi keandalan sistem..

### 2.8.1 Langkah-Langkah Penerapan FMEA

*Fault Mode Effect Analysis* (FMEA) adalah metode umum yang digunakan untuk merangkum kemungkinan kegagalan juga dampak yang ditimbulkan. Dimana kegagalan itu dievaluasi sesuai dengan tingkat keparahannya untuk ditentukan prioritasnya, kemungkinan frekuensi terjadinya kegagalan, dan dampak dari kegagalan yang ditimbulkan pada mesin dan peralatan (Schmidt, Käß, Lichtinger, & Hülsebrock, 2025). Penerapan metode FMEA ini dapat dilakukan dengan beberapa langkah yang berguna untuk mengurangi terjadinya kegagalan sejak awal dan meningkatkan kinerja peralatan dan mesin pada proses produksi.

Langkah pertama yang dapat dilakukan untuk menerapkan FMEA menurut Hisprastin & Musfiroh (2021) yaitu dengan mengidentifikasi mesin, peralatan, produk atau proses produksi yang akan dianalisis lebih lanjut. Pada langkah pertama ini dilakukan identifikasi pada fungsi utama dan kinerja pada proses produksi yang menjadi referensi untuk mengevaluasi berhasil atau gagalnya suatu proses produksi. Seperti pada penelitian yang dilakukan pada CV. Kiki, dimana proses produksi yang akan diteliti yaitu pada proses produksi bola plastik. Dengan mesin yang digunakan pada proses produksi seperti mesin *crusher*, mesin *extruder*, mesin *mixing*, dan mesin *blowing*. Selanjutnya menurut *Automotive Industry Action Group & Verband der Automobilindustrie* (AIAG & VDA) (2019, p. 38) langkah yang dapat dilakukan yaitu dengan mengidentifikasi jenis kegagalan (*failure mode*) yang terjadi pada alat dan mesin. Jenis kegagalan yang sering terjadi pada mesin-mesin yang memproduksi bola plastik di CV. Kiki seperti dinamo yang terbakar, *overheating*, mesin yang aus, dan lain-lain. Setelah jenis-jenis kegagalan telah diidentifikasi, maka dilakukan analisis terhadap dampak dari kegagalan yang terjadi (*effect of failure*), baik dampak pada proses produksi, mesin, dan produk yang dihasilkan serta dilakukan analisis penyebab kegagalan tersebut dapat terjadi (*cause of failure*).

Langkah berikutnya yaitu dengan menilai setiap jenis-jenis kegagalan dengan tiga faktor utama dalam FMEA yaitu *Severity* (S) yang berfungsi untuk mengukur tingkat keparahan dari dampak kegagalan yang terjadi, *Occurrence* (O) yang

berfungsi untuk mengukur frekuensi terjadinya kegagalan, *Detection* (D) yang berfungsi untuk mendeteksi kemungkinan kegagalan sebelum berdampak lebih lanjut pada mesin dan peralatan. Dalam FMEA, ranking yang diberikan untuk ketiga faktor tersebut berada pada skala 1-10, dengan nilai 1 menunjukkan jenis risiko kegagalan yang paling kecil dan angka 10 menunjukkan jenis risiko paling besar. Kemudian setelah menilai dengan tiga faktor utama, dilanjutkan dengan menghitung *Risk Priority Number* (RPN), dimana RPN ini memiliki rumus perhitungan yaitu:

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

Dengan melakukan perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) ini maka akan mendapatkan nilai untuk masing-masing kegagalan. Dimana kegagalan-kegagalan yang diidentifikasi pada mesin akan diurutkan mulai dari nilai RPN terbesar hingga terkecil. Mode yang memiliki nilai RPN terbesar menjadi jenis kegagalan yang menjadi prioritas dan harus segera dilakukan perbaikan. Penentuan nilai *severity*, *occurrence*, dan *detency* berdasarkan Kartika, dkk. (2022) dalam jurnal BULLET. Dimana penilaian *severity* merupakan peringkat yang menunjukkan tingkat keparahan dari suatu kegagalan. *Severity* memiliki peringkat berupa angka 1 – 10, dimana angka 1 menunjukkan risiko kecil atau tingkat keparahan yang rendah dan angka 10 menunjukkan risiko besar atau tingkat keparahan tinggi. Kriteria untuk nilai *severity* dapat dilihat seperti pada tabel berikut:

**Tabel 2. 3 Kriteria Nilai *Severity***

Kategori Efek	Kriteria Pada Produk dan Proses	Ranking
Sangat kritis, tanpa adanya peringatan ( <i>very high</i> )	Dapat membahayakan operator dan sistem tanpa adanya peringatan lebih dulu	10
Benar-benar berbahaya, dengan adanya peringatan ( <i>very high</i> )	Dapat membahayakan operator dan sistem dengan adanya peringatan terlebih dahulu	9
Sangat berpengaruh ( <i>high</i> )	Kegagalan mengganggu sistem secara total dan perlu perbaikan secepatnya	8
Cukup berpengaruh dan pengaruhnya cukup kritis ( <i>moderate</i> )	Kegagalan mengganggu 50% kerja sistem dan menyebabkan sistem mengalami penurunan kinerja.	7
	Kegagalan mengganggu 25% kerja sistem. Mulai untuk diwaspadai	6

Masalahnya berpengaruh dan terlalu kritis ( <i>low</i> )	sedikit tidak	Kegagalan mengganggu 10% kerja sistem dan menyebabkan sedikit menurunnya kinerja sistem	5
Masalahnya berpengaruh dan terlalu kritis ( <i>very low</i> )	sedikit tidak	Kegagalan mulai terasa walaupun dalam batas toleransi. Perlu untuk melakukan penyesuaian serius pada sistem	4
Masalahnya berpengaruh dan terlalu kritis ( <i>minor</i> )	sedikit tidak	Kegagalan memberikan dampak kecil dan sedikit terasa pada sistem dan tidak mengganggu hasil output produksi. Perlu penyesuaian kecil pada sistem	3
Berpengaruh kecil ( <i>very minor</i> )		Dampak yang sangat kecil dan tidak berdampak pada kerja sistem. Hanya perlu <i>monitoring</i> dan tidak perlu untuk dilakukan perbaikan	2
Tidak berpengaruh		Tidak ada dampak pada sistem dan tidak diperlukan perbaikan pada sistem	1

(Sumber: (Kartika, Hidayah, & Muadzah, 2022))

Penentuan nilai *occurrence* adalah seberapa sering penyebab potensial dapat terjadi pada suatu mesin dan peralatan. Nilai *occurrence* berupa angka 1 – 10, dimana angka 1 menunjukkan tingkat kejadian terendah atau tidak sering terjadi dan angka 10 menunjukkan tingkat kejadian tertinggi atau sering terjadi. Kriteria *occurrence* dapat dilihat pada tabel berikut ini:

**Tabel 2. 4 Kriteria Nilai Occurrence**

Kategori Efek	Kriteria Pada Produk dan Proses	Ranking
Sangat sulit dihindari ( <i>very high</i> )	Terjadi > 1 kali dalam seminggu dan perlu tindakan segera untuk pencegahan	10
Sulit untuk dihindari ( <i>very high</i> )	Terjadi 1 kali dalam seminggu dan hampir dipastikan akan terjadi	9
Sering terjadi ( <i>high</i> )	Terjadi rutin, minimal 1 kali dalam 1 bulan. Harus ada perhatian serius	8
	Terjadi 2 kali dalam 75 hari dan gangguan pada sistem mulai terasa	7
Kadang-kadang terjadi ( <i>moderate</i> )	Terjadi 1 kali dalam 75 hari dan mulai cukup terasa dalam proses operasi normal	6
	Terjadi 3 kali dalam 100 hari (cukup sering) dan perlu untuk <i>monitoring</i>	5
Relatif sedikit terjadi ( <i>low</i> )	Terjadi 2 kali dalam 100 hari. Jarang, tetapi sedikit lebih sering dibandingkan rank 3	4
	Terjadi 1 kali dalam 100 hari (jarang terjadi) dan tidak perlu perhatian intensif	3
Sangat jarang terjadi	Terjadi 2 kali dalam 150 hari (masih sangat jarang) dan kemungkinan kejadian yang sangat kecil	2
Hampir tidak pernah terjadi	Terjadi 1 kali dalam 150 hari (sangat jarang). Kegagalan ini dianggap hampir tidak ada	1

(Sumber: (Kartika, Hidayah, & Muadzah, 2022))

Penentuan nilai *detection* adalah peringkat seberapa besar kemungkinan kerusakan akan terdeteksi sebelum terjadi kerusakan serius. *Detection* berupa angka

1 – 10, dimana angka 1 menunjukkan deteksi dengan kemampuan paling tinggi atau dipastikan jenis kegagalan dapat terdeteksi, sedangkan angka 10 menunjukkan sistem deteksi dengan kemampuan rendah atau tidak efektif untuk mendeteksi jenis kegagalan. Kriteria penilaian *detection* dapat dilihat pada tabel berikut ini:

**Tabel 2. 5 Kriteria Nilai *Detection***

Kategori Efek	Kriteria Pada Produk dan Proses	Ranking
Masalah tidak dapat diatasi ( <i>none</i> )	Tidak ada deteksi sama sekali. Masalah hanya dapat diketahui setelah kegagalan terjadi	10
Masalah mungkin tidak dapat diatasi ( <i>very low</i> )	Hampir tidak mungkin dideteksi. Masalah biasanya baru diketahui setelah dampak terjadi	9
Masalah memiliki kemungkinan kecil untuk dapat diatasi ( <i>low</i> )	Sangat kecil peluang untuk dideteksi dan membutuhkan perhatian khusus untuk mengidentifikasinya	8
	Mulai sulit untuk dideteksi tanpa alat bantu atau adanya inspeksi khusus	7
Masalah memiliki kemungkinan untuk dapat diatasi ( <i>moderate</i> )	Kegagalan cukup bisa untuk dideteksi tetapi kadang terlewat dan membutuhkan peningkatan kontrol	6
	Kemampuan deteksi kegagalan lumayan baik dengan risiko salah deteksi kecil	5
Masalah kemungkinan besar dapat diatasi ( <i>high</i> )	Tingkat deteksi cukup tinggi dan butuh pengawasan manual	4
	Hampir semua masalah dapat dideteksi. Deteksi cepat dan akurat dengan inspeksi yang cukup andal	3
Masalah dapat diatasi secepatnya ( <i>very high</i> )	Deteksi sangat cepat dan akurat. Hampir tidak ada kesalahan dan sistem inspeksi yang sangat efektif.	2
	Deteksi sempurna. Semua masalah pasti terdeteksi sebelum berdampak.	1

(Sumber: (Kartika, Hidayah, & Muadzah, 2022))

### 2.8.2 Hubungan FMEA dengan OEEE

Dalam melakukan proses optimalisasi proses produksi yang tidak hanya berfokus pada efisiensi operasional, tetapi juga mempertimbangkan aspek lingkungan seperti efisiensi energi. Dengan mengkombinasikan antara metode FMEA (*Fault Mode Effect Analysis*) dengan metode OEEE menjadi metode relevan. Dimana metode FMEA digunakan sebagai alat ukur sistematis untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan memprioritaskan jenis-jenis kerusakan yang terjadi pada mesin dan peralatan, serta melakukan pengidentifikasian usulan perbaikan untuk mengurangi kerusakan pada mesin dan peralatan dan hasil produk.

Menurut Domingo & Aguado (2015), OEEE (*Overall Environment Equipment Effectiveness*) menjelaskan bahwa dengan metode OEEE ini akan menggabungkan

tiga faktor utama pada metode OEE konvensional yaitu *availability*, *performance*, dan *quality* dengan aspek lingkungan seperti konsumsi energi, emisi, dan limbah yang dihasilkan dari proses produksi. Maka, dengan metode OEEE dapat dilakukan pengukuran efektivitas kinerja mesin dan peralatan yang juga mempertimbangkan aspek lingkungan. Hubungan antara metode FMEA dengan metode OEEE terlihat pada kemampuan metode FMEA untuk dapat mengidentifikasi potensi penyebab masalah dapat terjadi sehingga dapat meningkatkan emisi atau lamanya durasi proses produksi. Langkah-langkah mitigasi yang dipalikesikan pada metode FMEA digunakan untuk meningkatkan kinerja mesin dan peralatan pada proses produksi dan juga menjaga aspek lingkungan sekitar. Dengan adanya implementasi metode FMEA dapat memperkuat metode OEEE melalui peningkatan kinerja mesin dan penurunan kualitas lingkungan akibat proses produksi, dan menciptakan kesatuan antara produktivitas dan keberlanjutan.

## **2.9 Penelitian Terdahulu**

Penelitian ini untuk meninjau beberapa penelitian terdahulu yang penulis kutip dari berbagai jurnal yang memiliki keterkaitan dengan topik yang diangkat. Peninjauan yang dilakukan peneliti pada penelitian terdahulu digunakan penulis sebagai referensi dan acuan dalam penelitian yang akan dilakukan agar tidak keluar dari topik pembahasan. Berikut merupakan hasil peninjauan pada penelitian terdahulu.

**Tabel 2. 6 Penelitian Terdahulu**

No	Peneliti	Judul Penelitian	Sumber	Permasalahan	Metode	Hasil Penelitian
1	Sunadi, Humiras Hardi Purba, dan Else Paulina	Overall Equipment Effectiveness to Increase Productivity of Injection Molding Machine: A Case Study in Plastic Manufacturing Industry	Jurnal <i>ComTech: Computer, Mathematics and Engineering Applications</i> . Vol 12 (1). 2021	Mesin <i>injection molding</i> pada proses produksi mengalami kerusakan mesin yang dimana memakan waktu yang cukup lama karena kurangnya keterampilan teknisi sehingga menghambat proses produksi. Sehingga menyebabkan penurunan produktivitas produksi, kualitas produk yang menurun dan meningkatnya biaya operasional.	OEE dan FMEA	Dengan dilakukan perbaikan berdasarkan analisis FMEA, rata-rata OEE meningkat dari 26,43% menjadi 78,7%. Komponen OEE seperti <i>availability</i> meningkat dari 54,97% menjadi 85,35%, <i>performance</i> meningkat dari 48,54% menjadi 92,48%, dan <i>quality</i> meningkat dari 99,03% menjadi 99,92%.
2	Joumil Aidil Saifuddin, Isna Nugraha, dan Yekti Condro Winursito	Total Productive Maintenance Analysis Using OEE and FMEA Method at PT. XYZ Phosporic Acid Factory	NST <i>Proceedings</i> , vol 22, halaman 63-69	Penurunan kinerja mesin di pabrik asam fosfat. Diketahui 3 mesin utama yaitu 1st <i>Filter</i> (Fil-2321), 1st <i>Vacuum Pump</i> (C-2323) dan <i>Digester</i> (R-2302), mengalami waktu kerusakan ( <i>breakdown time</i> ) tertinggi yang menyebabkan terganggunya proses produksi dan penurunan hasil produksi. Hal ini disebabkan oleh kurangnya pengawasan, kerusakan komponen pada sistem, dan kebocoran pada mesin.	OEE dan FMEA	Nilai OEE untuk masing-masing mesin yaitu 79,85% untuk 1st <i>Filter</i> , 79,80% untuk 1st <i>Vacuum Pump</i> , dan 78,60% untuk <i>Digester</i> . Dimana perolehan nilai OEE masing berada di bawah standar OEE ideal yaitu 85%. Kerusakan roller coaster dan motor <i>fault</i> menjadi penyebab kesalahan utama pada mesin.
3	Rifky Maulana Yusron, Moh. Jufrianto, dan Saiful Arif	Analisa <i>Overall Equipment Effectiveness</i> Pada Mesin <i>Hammer</i>	Jurnal <i>STEAM: Journal of Science, Technology, Education and</i>	Masalah rendahnya efektivitas operasional mesin <i>hammer mill</i> . Karena rendahnya efektivitas mesin ini	OEE	Berdasarkan pada pengolahan data OEE, diperoleh rata-rata tahunan yaitu 85,15%. Dengan nilai <i>availability</i> , <i>performance</i> ,

Mill Di Industri Rumput Laut  
*Mechanical Engineering*. 2022.  
 Vol 3 (2)

menyebabkan terhambatnya proses produksi, penurunan output, dan rendahnya kualitas produk yang dihasilkan. Rendahnya OEE yang diperoleh disebabkan tingginya kerugian akibat *idling and stop losses* (tidak beroperasi karena terjeda) karena tidak adanya komponen cadangan yang digunakan untuk digantikan pada mesin.

dan *quality* berada pada nilai yang tinggi. Pada analisa *six big losses*, diketahui kerugian terbesar terdapat pada *reduce yield losses*, *speed reduce losses*, dan *breakdown time*. Maka diperlukan untuk dilakukannya perawatan preventif untuk memantau kinerja dari mesin *hammer mill*.

---

4	Rahayu Khasanah, Indri Susilawati, dan Imam Sodikin	Evaluasi Kinerja Mesin Bending Hidrolik Menggunakan Metode <i>Overall Equipment Effectiveness</i> (OEE), <i>Failure Mode Effect Analysis</i> (FMEA), dan <i>Fault Tree Analysis</i> (FTA)	Jurnal Teknologi. Desember 2023. Vol 16 (2)	Tingginya nilai <i>downtime</i> pada mesin bending hidrolik di PT. Hari Mukti Teknik. Dimana diketahui rata-rata downtime yang terjadi yaitu mencapai 974 menit per bulan dan menyebabkan penurunan efisiensi mesin sehingga membuat menurunnya kapasitas produksi dimana berkurangnya output sebanyak 57 unit per bulan. Dari enam jenis kerugian besar, penyebab kerugian yang paling besar adalah <i>equipment failure losses</i> yang disebabkan oleh tingginya waktu <i>breakdown</i> (waktu yang hilang karena kerusakan pada mesin). Penyebab kerusakan juga disebabkan oleh komponen yang paling sering mengalami kerusakan yaitu	OEE, FMEA, dan FTA	Perolehan nilai OEE yang belum optimal disebabkan karena seringnya terjadi kerusakan komponen yang juga berdampak pada proses produksi. Dengan menggunakan FMEA dan FTA, diberikan usulan perbaikan seperti perawatan yang dilakukan berkala, <i>predictive maintenance</i> untuk komponen utama. Dimana dengan menerapkan perawatan ini dapat menurunkan nilai <i>downtime</i> , mengurangi risiko terjadinya kerusakan pada mesin, dan dapat meningkatkan kinerja mesin produksi.
---	---	---	---	---	--------------------	---

---

				ram stroke, rendahnya kadar oli dan perawatan yang tidak dilakukan rutin.		
5	Much. Djunaidi, Calvin Attalaric, dan Hafidh Munawir	<i>The Effectiveness Level Analysis of Flask Less Molding Machine Using Overall Equipment Effectiveness (OEE) as An Improvement of Machine Productivity</i>	Jurnal Ilmiah Teknik Industri (JITI). 2022. Vol 21 (1)	Terjadi <i>downtime</i> pada mesin yang menyebabkan banyaknya hasil produk yang mengalami kegagalan, kinerja mesin yang buruk, dan produktivitas perusahaan yang menurun. Dimana penyebab utamanya disebabkan oleh penggunaan mesin yang tidak optimal, kurangnya pengetahuan operator, dan ketidaksesuaian SOP dengan pengoperasian mesin yang digunakan di perusahaan.	OEE	Memperoleh nilai OEE sebesar 46,6% yang dimana masih sangat jauh dari standar OEE ideal yaitu 85%. Sehingga direkomendasikan beberapa perbaikan yang dapat dilakukan seperti pengaturan ulang mesin agar dapat bekerja secara optimal, pelatihan kepada operator, dan penyesuaian SOP dengan pengoperasian mesin.
6	Welly Atikno dan Lien Herliani Kusumah	<i>Integration of FMEA Method and Overall Equipment Effectiveness of TS Analyzer Machine</i>	Jurnal Sistem dan Manajemen Industri. 2022. Vol 6 (1)	Rendahnya produktivitas mesin Total Sulfur Analyzer di industri jasa laboratorium batubara. Dimana disebabkan karena kerusakan internal pada bagian pemanas dan elemen dalam yang sering mengalami kerusakan atau keretakan. Selain itu disebabkan juga karena kesalahan operator saat mengoperasikan mesin, ketidakstabilan arus listrik, dan penggunaan spesifikasi gas oksigen yang tidak sesuai dengan standar.	OEE dan FMEA	Memperoleh nilai OEE sebesar 95,18% dengan waktu <i>downtime</i> yang menurun dari 14.835 menit menjadi 1.234 menit dalam setahun. Hal ini diperoleh dengan dilakukannya perbaikan seperti perbaikan SOP dan pelatihan yang diberikan kepada setiap operator mesin, penstabilan arus listrik, dan pemasangan silica gel sebagai pengering udara yang lembab.
7	Ibtissam El Hassani,	<i>Artificial Intelligence and Machine Learning to</i>	<i>Artificial Intelligence for</i>	Perusahaan mengandalkan metode OEE untuk menilai	OEE	Dengan menggunakan metode OEE untuk mengukur efektivitas

Choumicha El Mazgualdi, dan Tawfik Masrouir  
*Predict and Improve Engineering Efficiency in Science Team Manufacturing Industry* (ENSAM). 2021

kinerja mesin, tetapi perhitungan OEE pada perusahaan ini hanya dapat dilakukan setelah proses produksi selesai dilakukan. Sehingga menyebabkan tidak dapat dilakukan perbaikan secara langsung dan berakibat pada kerugian operasional dan kerusakan pada mesin produksi.

mesin. Perusahaan yang sebelumnya OEE hanya dapat dihitung setelah proses produksi telah dilakukan, menggabungkan OEE dengan AI untuk memprediksi nilai OEE secara cepat dan lebih akurat sebelum terjadinya kegagalan. Dengan mengetahui lebih dahulu kinerja mesin yang digunakan, operator dapat memperkirakan kinerja mesin dapat menurun dan dapat mengambil tindakan sebelum terjadinya kerusakan.

8	Evi Febianti, Kiki Dwi Safitri, Kulsum, Bobby Kurniawan, Putro Ferro Ferdinant, dan Hadi Setiawan	<i>Measurement of Effectiveness of Food Processing Machine Through Overall Equipment Effectiveness (OEE)</i>	<i>Journal Industrial Servicess.</i> 2022. Vol 8 (1)	Sering terjadinya <i>breakdown</i> pada mesin produksi makanan Kuroma PC-211. Berdampak pada penurunan produktivitas perusahaan karena tidak mampu mencapai target produksi. Penyebab kerusakan pada mesin seperti tingginya <i>idle time</i> , kesalahan saat analisis masalah pada mesin, tidak ada SOP yang jelas, dan kurang pengetahuan operator saat mengoperasikan mesin.	OEE dan FMEA	Memperoleh nilai rata-rata OEE mesin Kuroma PC-211 hanya mencapai 77,53% dan masih berada di bawah standar OEE ideal. Nilai terendah OEE disebabkan oleh tingginya <i>downtime</i> yang terjadi. Diberikan beberapa rekomendasi perbaikan seperti penyusunan SOP yang jelas, pelatihan bagi operator yang akan mengoperasikan mesin sehingga dapat meningkatkan efektivitas mesin untuk dapat mencapai target produksi perusahaan.
9	Rex Revian A. Guste, Klint Allen A. Mariñas, dan Ardvin Kester S. Ong	<i>Efficiency Analysis of Die Attach Machines Using Overall Equipment Effectiveness Metrics and Failure</i>	<i>Jurnal Machines.</i> 2024. Vol 12 (7)	Rendahnya efektivitas dari mesin <i>Die Attach</i> yang menyebabkan terjadinya <i>downtime</i> yang tinggi, penurunan kecepatan produksi,	OEE dan FMEA	Memperoleh nilai OEE untuk mesin <i>Die Attach</i> sebesar 74% dan masih berada di bawah nilai OEE ideal. Diketahui faktor yang paling menurunkan efektivitas

*Mode and Effects Analysis with an Ishikawa Diagram*

dan terjadinya kecacatan pada produk yang dihasilkan. Selain itu terjadinya *overheating* pada mesin dan material yang terkontaminasi yang menyebabkan produk yang dihasilkan cacat.

yaitu tingginya *downtime* yang disebabkan oleh kerusakan mesin dan kesalahan pada saat pengoperasian mesin. Diberikan usulan perbaikan seperti, pelatihan pada operator, penerapan *preventive maintenance*, peningkatan kontrol pada kualitas material atau bahan baku yang digunakan.

10	Noel Shannon, Anna Trubetskaya, Javed Iqbal, dan Olivia McDermott	<i>A Total Productive Maintenance &amp; Reliability Framework for an Active Pharmaceutical Ingredient Plant Utilising Design for Lean Six Sigma</i>	Jurnal <i>Heliyon</i> . 2023. Vol 9 (e20516)	Perusahaan mengalami berbagai kendala yang disebabkan kurangnya pemeliharaan dan keselarasan antara TPM, RCM dan <i>Lean Six Sigma</i> . Kemudian menyebabkan terjadi <i>downtime</i> , tidak tercapainya target produksi, dan meningkatnya biaya operasional karena harus memperbaiki mesin yang rusak.	OEE, RCM, <i>Lean Six Sigma</i>	Berhasil untuk meningkatkan efektivitas proses produksi dengan menggunakan OEE untuk mengevaluasi kinerja mesin. Diketahui terdapat peningkatan pada ketiga faktor OEE yaitu <i>availability</i> , <i>performance</i> , dan <i>quality</i> yang dimana berhasil untuk menurunkan terjadinya <i>downtime</i> , peningkatan efektivitas produksi, meningkatkan kualitas hasil produksi.
----	---	---	--	--	---------------------------------	---