

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN KERANGKA PEMIKIRAN**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

Tinjauan pustaka ini akan memberikan gambaran dan penjelasan mengenai Manajemen Pemeliharaan, *Total Productive Maintenance* (TPM), *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) serta *Six Big Losses*. Selain itu juga akan diuraikan berbagai aspek yang berkaitan dengan metode OEE terutama penggunaannya di sektor agro industri.

##### **2.1.1 Manajemen Pemeliharaan**

Dalam suatu perusahaan, aktivitas manajemen memegang peranan yang sangat penting dalam menjalankan dan mengarahkan kegiatan bisnis guna mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Kualitas penerapan fungsi manajemen yang baik akan berdampak langsung pada kelancaran dan efektivitas kegiatan operasional perusahaan. Oleh karena itu, proses produksi barang dan jasa yang efisien menuntut penerapan konsep, metode, serta teknik manajemen operasional yang tepat dan terintegrasi.

Heizer et al., (2017) menyatakan bahwa manajemen merupakan salah satu faktor produksi sekaligus sumber daya ekonomi yang memiliki peran strategis dalam organisasi. Manajemen bertanggung jawab dalam memastikan bahwa sumber daya utama, khususnya tenaga kerja, peralatan, metode, dan modal, dapat dimanfaatkan secara optimal dan efektif guna meningkatkan tingkat produktivitas.

Dengan demikian, manajemen dapat dipahami sebagai faktor yang sangat krusial bagi keberlangsungan operasional serta peningkatan kesejahteraan perusahaan. Peran tersebut tercermin dari kontribusi manajemen yang signifikan

terhadap peningkatan produktivitas perusahaan, yang sebagian besar dihasilkan melalui perbaikan berkelanjutan, pemanfaatan pengetahuan, dan penerapan teknologi.

Dalam lingkungan industri manufaktur dan pengolahan, keberhasilan operasional suatu perusahaan tidak hanya ditentukan oleh kapasitas produksi yang dimiliki, melainkan juga oleh kemampuan dalam menjaga peralatan dan mesin agar senantiasa beroperasi pada kondisi yang optimal. Pemeliharaan peralatan produksi bukan sekadar aktivitas teknis, melainkan bagian dari fungsi manajerial yang strategis karena berdampak langsung pada efektivitas mesin, kontinuitas proses produksi, kualitas *output*, dan efisiensi biaya operasional.

#### **2.1.1.1 Definisi Manajemen Pemeliharaan**

Manajemen Pemeliharaan telah didefinisikan oleh beberapa ahli-ahli terkemuka. Dalam penelitian ini, penulis mengutip definisi manajemen operasi dari beberapa ahli :

Istilah pemeliharaan atau *maintenance* dalam konteks ini diartikan sebagai pemeliharaan atau perawatan, yaitu seluruh rangkaian aktivitas yang dilakukan untuk mempertahankan mesin dan peralatan agar tetap berada pada kondisi operasional dan aman, serta memastikan bahwa apabila terjadi kerusakan, kondisi tersebut dapat dikendalikan (Ansori & Mustajib, 2014, dalam Pranowo, 2019). Pemeliharaan tidak hanya berfungsi mengembalikan kondisi mesin setelah rusak, tetapi juga merupakan kegiatan pendukung yang menjamin kesiapan fasilitas produksi pada saat dibutuhkan.

Secara lebih spesifik, manajemen pemeliharaan dapat diartikan sebagai keseluruhan kegiatan manajemen yang digunakan untuk menentukan tujuan atau prioritas pemeliharaan, strategi, dan tanggung jawab, serta melaksanakannya melalui perencanaan, pengawasan, dan perbaikan metode yang juga memperhitungkan aspek ekonomis organisasi (Pranowo, 2019). Berdasarkan definisi tersebut, terdapat empat aspek utama yang membentuk manajemen pemeliharaan, yaitu penentuan tujuan atau prioritas pemeliharaan, penentuan strategi dan tanggung jawab pelaksana, pelaksanaan kegiatan sesuai rencana dan pengawasan pemeliharaan serta upaya perbaikan metode kerja, termasuk pertimbangan aspek ekonomis dalam organisasi.

Kajian historis menunjukkan bahwa manajemen pemeliharaan bukan merupakan konsep yang statis, melainkan terus berkembang dan beradaptasi mengikuti tuntutan industri dari masa ke masa. Tinjauan literatur terhadap berbagai buku ajar manajemen pemeliharaan, mulai dari era awal, dekade 1980-an, 1990-an, hingga perkembangan terkini, menunjukkan bahwa metode pemeliharaan terus mengalami penyempurnaan untuk mencapai praktik pemeliharaan yang lebih berkelanjutan (*sustainable maintenance*) (Soesatijono & Darsin, 2021). Hal ini memperlihatkan bahwa pemahaman terhadap manajemen pemeliharaan perlu dilihat secara dinamis, sejalan dengan perkembangan teknologi dan kebutuhan organisasi.

Secara struktural, manajemen pemeliharaan dijalankan melalui interaksi lima elemen sistem pemeliharaan terpadu, yaitu fasilitas (*machine*), penggantian komponen (*material*), biaya perawatan (*money*), perencanaan kegiatan

pemeliharaan (*method*), dan operator pemeliharaan (*man*) (Pranowo, 2019). Kelima elemen tersebut saling berkaitan dan harus dikelola secara terintegrasi agar fasilitas produksi dapat berfungsi optimal. Selain itu, pelaksanaan manajemen pemeliharaan juga perlu menyesuaikan tiga tingkatan aktivitas bisnis, yaitu tingkat strategis atau penetapan target dan prioritas pemeliharaan sesuai prioritas bisnis, tingkat taktis atau penugasan sumber daya pemeliharaan seperti keterampilan, bahan, dan alat, serta tingkat operasional atau pelaksanaan tugas pemeliharaan oleh teknisi sesuai prosedur dan jadwal (Pranowo, 2019).

Adapun tujuan umum dari penerapan manajemen pemeliharaan antara lain memperpanjang umur pakai fasilitas produksi, menjamin ketersediaan optimal fasilitas, menjamin keselamatan operator, mendukung kesesuaian fungsi mesin, serta mencapai biaya pemeliharaan serendah mungkin tanpa mengabaikan efektivitas dan efisiensi operasional (Pranowo, 2019).

#### **2.1.1.2 Jenis-Jenis Pemeliharaan**

Berdasarkan strategi pelaksanaannya, pemeliharaan secara umum dapat dikelompokkan menjadi pemeliharaan terencana (*planned maintenance*) dan pemeliharaan tidak terencana (*unplanned maintenance*) (Duffuaa et al., 1999, dalam Pranowo, 2019). Dari pengelompokan tersebut, berkembang beberapa jenis pemeliharaan yang banyak diterapkan dalam praktik industri, yaitu pemeliharaan korektif, preventif, prediktif dan produktif :

##### **1. Pemeliharaan Korektif**

Pemeliharaan korektif (*corective maintenance*) merupakan kegiatan pemeliharaan yang dilakukan setelah terjadinya kerusakan pada peralatan, sehingga

digolongkan sebagai bagian dari pemeliharaan yang tidak terencana. Kegiatan ini meliputi seluruh aktivitas pengembalian kondisi sistem dari keadaan rusak hingga dapat beroperasi kembali, yang lazim diukur melalui indikator *Mean Time to Repair* (MTTR) (Pranowo, 2019). MTTR sendiri terdiri atas beberapa komponen waktu, yaitu *preparation time* (persiapan tenaga kerja dan peralatan), *active maintenance time* (kegiatan perbaikan itu sendiri), serta *delay and logistic time* (waktu tunggu ketersediaan suku cadang).

Apabila kerusakan memerlukan penyiapan suku cadang dan perlengkapan khusus, kegiatan ini disebut sebagai *breakdown maintenance*. Strategi ini juga dikenal dengan istilah *run to failure* (RTF), yaitu keputusan untuk membiarkan peralatan beroperasi hingga mengalami kegagalan dengan pertimbangan ekonomis, biasanya karena biaya pemeliharaan pencegahan dinilai lebih mahal dibandingkan biaya penggantian komponen yang rusak. Strategi ini umum diterapkan pada komponen yang relatif murah, seperti komponen elektronik tertentu (Pranowo, 2019).

## 2. Pemeliharaan Preventif

Pemeliharaan preventif adalah pemeliharaan terencana yang ditujukan untuk mencegah terjadinya potensi kerusakan serta menemukan penyebab kerusakan fasilitas produksi sebelum kerusakan tersebut benar-benar terjadi (Pranowo, 2019). Dalam praktiknya, pemeliharaan preventif dibedakan menjadi empat bentuk, yaitu *routine maintenance* (kegiatan pemeliharaan rutin seperti pembersihan dan pelumasan), *periodic maintenance* (kegiatan pemeliharaan berkala dalam jangka waktu tertentu, misalnya mingguan atau bulanan), *running*

*maintenance* (kegiatan pemeliharaan yang dilakukan ketika fasilitas produksi tetap beroperasi), dan *shutdown maintenance* (kegiatan pemeliharaan yang hanya dapat dilaksanakan ketika fasilitas produksi dihentikan sementara).

Berdasarkan basis penerapannya, pemeliharaan preventif juga dapat dibedakan menjadi *time-based*, yaitu pemeliharaan yang dilakukan setelah peralatan digunakan hingga mencapai satuan waktu tertentu, dan *used-based*, yaitu pemeliharaan yang ditentukan berdasarkan frekuensi penggunaan serta distribusi kerusakan atau tingkat keandalan peralatan (Pranowo, 2019). Penerapan pemeliharaan preventif secara konsisten memberikan sejumlah manfaat, di antaranya menurunkan waktu menganggur (*idle time*), meningkatkan ketersediaan (*availability*) fasilitas produksi, mengurangi pemakaian suku cadang di luar rencana, serta memberikan kendali yang lebih baik atas anggaran pemeliharaan.

### 3. Pemeliharaan Prediktif

Pemeliharaan prediktif, yang juga dikenal sebagai pemeliharaan berbasis kondisi (*condition-based maintenance*), dilakukan dengan cara memantau kondisi parameter-parameter kunci pada peralatan yang berpotensi memengaruhi keandalannya, seperti suhu, getaran mesin, dan kondisi pelumas (Pranowo, 2019). Terdapat dua bentuk pengukuran dalam pendekatan ini, yaitu pengukuran parameter performansi peralatan secara langsung (misalnya suhu dan tekanan) dan pengukuran terhadap akibat yang ditimbulkan dari pengoperasian peralatan melalui pengamatan, seperti getaran mesin. Pendekatan ini dinilai mampu mendeteksi indikasi awal kerusakan serta memperkirakan waktu peralatan akan mengalami

kegagalan, sehingga tindakan pemeliharaan dapat dilakukan sebelum kerusakan menjadi lebih parah.

Dalam beberapa tahun terakhir, perkembangan teknologi Industri 4.0 turut mendorong transformasi signifikan pada penerapan pemeliharaan prediktif. Pemanfaatan *Internet of Things* (IoT) yang terhubung dengan berbagai sensor pemantauan kondisi, dipadukan dengan teknik kecerdasan buatan dan pembelajaran mesin (*machine learning*), memungkinkan organisasi memprediksi potensi kegagalan peralatan secara lebih akurat dibandingkan pendekatan pemeliharaan reaktif konvensional, sekaligus menurunkan *downtime* serta biaya operasional secara keseluruhan (Hector & Panjanathan, 2024). Perkembangan ini menegaskan bahwa pemeliharaan prediktif modern tidak lagi sekadar mengandalkan inspeksi manual, tetapi telah berkembang menjadi sistem pemantauan berkelanjutan yang berbasis data.

#### 4. Pemeliharaan Produktif

Pemeliharaan produktif (*productive maintenance*) mulai dikenal setelah Perang Dunia Kedua sebagai bentuk pemeliharaan yang menggabungkan pendekatan *corrective maintenance* dan *preventive maintenance* dengan analisis berbasis data, dengan tujuan meningkatkan efisiensi produksi secara lebih luas serta menemukan akar permasalahan penyebab kerusakan (Pranowo, 2019). Konsep ini kemudian berkembang menjadi pendekatan TPM, yaitu suatu program pemeliharaan yang melibatkan seluruh pekerja melalui aktivitas kelompok kecil dengan tujuan meningkatkan produktivitas sekaligus kepuasan kerja dan moral karyawan (Nakajima, 1988; Roberts, 1997, dalam Pranowo, 2019).

TPM menempatkan kegiatan pemeliharaan sebagai bagian integral dari proses produksi sehari-hari, bukan lagi sebagai kegiatan yang dianggap tidak menguntungkan. Penerapannya mencakup beberapa pilar, di antaranya *autonomous maintenance* (pemeliharaan otonom oleh operator), perencanaan pemeliharaan yang sistematis, pelatihan staf secara berkelanjutan, hingga upaya mencapai *zero maintenance* melalui *maintenance prevention* pada tahap desain dan instalasi peralatan (Pranowo, 2019). Tujuan akhir TPM adalah meminimalkan kerugian yang disebabkan oleh *downtime*, kinerja peralatan yang buruk, dan produk berkualitas rendah, yang umumnya diukur melalui indikator OEE.

Penerapan TPM dalam praktik industri terbukti memberikan dampak positif terhadap peningkatan efektivitas peralatan. Studi pada industri pembentukan logam menunjukkan bahwa implementasi TPM yang melibatkan keterlibatan penuh operator dalam pemeliharaan otonom serta standardisasi prosedur inspeksi dan perbaikan dapat meningkatkan nilai OEE pada berbagai stasiun kerja secara konsisten, sekaligus menurunkan *downtime* dan tingkat penolakan produk atau *reject rate* (Singh et al., 2022). Temuan tersebut memperkuat bahwa pemeliharaan produktif tidak hanya berfungsi sebagai metode teknis, tetapi juga sebagai strategi manajerial yang melibatkan seluruh elemen organisasi untuk mencapai keunggulan operasional secara berkelanjutan.

### **2.1.2 Efektivitas Mesin**

Efektivitas adalah suatu tingkat keberhasilan yang dihasilkan oleh seseorang atau organisasi dengan cara tertentu sesuai dengan tujuan yang hendak



dicapai. Dengan kata lain, semakin banyak rencana yang berhasil dicapai maka suatu kegiatan dianggap semakin efektif.

Efektivitas dalam konteks mesin produksi merujuk pada sejauh mana suatu peralatan atau sistem mampu mencapai tujuan operasionalnya yaitu produksi *output* berkualitas sesuai target waktu dan sumber daya yang direncanakan. Dalam manajemen operasi, efektivitas dikaitkan dengan kemampuan organisasi menggunakan aset produksi secara optimal untuk menghasilkan nilai tambah, mengurangi pemborosan, dan meningkatkan kinerja secara keseluruhan. Evaluasi efektivitas ini sering dilakukan melalui ukuran kinerja yang mencerminkan realisasi produksi terhadap kapasitas desain dan standar mutu yang telah ditetapkan (Herawan & Mansur, 2025).

Dalam kerangka manajemen operasi, efektivitas mesin tidak hanya diukur dari produktivitas mentah tetapi juga dari ketepatan penggunaan waktu, kemampuan memenuhi standar kinerja, serta konsistensi kualitas *output*. Dalam penelitian Hermawan & Mansur (2025) OEE mengonversi pengukuran tersebut menjadi satu metrik representatif yang mencerminkan kinerja peralatan secara keseluruhan, sehingga organisasi mampu mengidentifikasi apakah mesin beroperasi pada tingkat efektivitas yang diharapkan atau terdapat *losses* yang signifikan, yang perlu ditindaklanjuti melalui perbaikan berkelanjutan.

### **2.1.3 Total Productive Maintenance (TPM)**

*Total Productive Maintenance* atau TPM merupakan pendekatan manajemen pemeliharaan yang berkembang dari kebutuhan industri untuk meningkatkan keandalan peralatan secara menyeluruh dan berkelanjutan. Berakar

pada praktik pemeliharaan produktif di industri manufaktur Jepang, TPM tidak hanya berfokus pada aktivitas perawatan teknis, tetapi juga pada keterlibatan seluruh elemen organisasi mulai dari operator hingga manajemen dalam menjaga dan meningkatkan kinerja mesin.

#### **2.1.3.1 Definisi TPM**

TPM merupakan suatu pendekatan manajemen pemeliharaan yang bertujuan untuk memaksimalkan efektivitas peralatan dan mengurangi pemborosan melalui keterlibatan seluruh elemen organisasi, mulai dari manajemen puncak hingga operator di lini produksi (Hafid et al, 2024). Konsep TPM pertama kali diperkenalkan secara sistematis oleh Seiichi Nakajima, yang mendefinisikan TPM sebagai sistem pemeliharaan terpadu yang berfokus pada pencegahan kerusakan, pengurangan kerugian produksi, dan peningkatan keandalan mesin dengan melibatkan operator sebagai bagian dari aktivitas perawatan harian. Nakajima menekankan bahwa TPM tidak hanya berorientasi pada aspek teknis mesin, tetapi juga pada perubahan budaya kerja dan pola pikir sumber daya manusia dalam organisasi (Sukmoro, 2023).

Dalam perspektif manajemen operasional modern, Heizer & Render (2014) memandang TPM sebagai strategi pemeliharaan proaktif yang mengintegrasikan fungsi operasi dan pemeliharaan untuk menjamin keandalan proses produksi serta mendukung pencapaian kinerja operasional yang unggul. TPM diposisikan sebagai bagian dari sistem perbaikan berkelanjutan yang berkontribusi langsung terhadap peningkatan produktivitas, kualitas, dan fleksibilitas operasi (Heizer & Render, 2014). Sejalan dengan pandangan tersebut, penelitian empiris pada industri

manufaktur menunjukkan bahwa TPM merupakan pendekatan sistematis yang mengaitkan pemeliharaan mesin dengan pengukuran kinerja berbasis OEE, sehingga memungkinkan perusahaan mengidentifikasi dan mengurangi berbagai sumber kerugian produksi secara terstruktur.

### **2.1.3.2 Tujuan Penerapan TPM**

Tujuan utama penerapan TPM adalah untuk mencapai kondisi *zero breakdown*, *zero defect*, dan *zero accident* melalui pengelolaan peralatan yang terencana dan berkesinambungan (Sinaga et al, 2025). Nakajima menegaskan bahwa TPM dirancang untuk memaksimalkan efektivitas mesin sepanjang siklus hidupnya dengan cara menghilangkan *Six Big Losses*, yaitu kerusakan mesin, waktu *setup* dan penyesuaian, penghentian singkat, penurunan kecepatan, cacat produk, dan kehilangan hasil awal produksi (Sukmoro, 2023)

TPM bertujuan untuk meningkatkan kinerja operasional perusahaan secara menyeluruh, tidak hanya dari sisi teknis mesin tetapi juga dari sisi organisasi dan sumber daya manusia. Penerapan TPM mendorong peningkatan keterampilan operator, memperkuat rasa kepemilikan terhadap mesin, serta menciptakan lingkungan kerja yang aman dan tertib. Studi Handayani & Suseno (2026) pada industri manufaktur menunjukkan bahwa TPM berkontribusi terhadap peningkatan nilai OEE, penurunan *downtime* tidak terencana, dan perbaikan kualitas produk, yang pada akhirnya mendukung pengambilan keputusan operasional berbasis data.

### **2.1.3.3 Prinsip Dasar TPM**

TPM dibangun atas sejumlah prinsip dasar yang menjadi landasan implementasinya.

Prinsip pertama adalah partisipasi total, yaitu keterlibatan seluruh karyawan tanpa memandang fungsi atau jabatan dalam aktivitas pemeliharaan. TPM menolak pandangan tradisional yang memisahkan secara kaku antara operator dan teknisi, dan menggantikannya dengan pendekatan kolaboratif di mana operator bertanggung jawab atas perawatan dasar mesin.

Prinsip kedua adalah pencegahan lebih utama daripada perbaikan, di mana fokus pemeliharaan diarahkan pada tindakan preventif dan prediktif untuk menghindari kerusakan sebelum terjadi. Prinsip ini sejalan dengan pandangan Heizer et al., (2017) yang menekankan bahwa sistem operasi yang andal harus dibangun melalui pemeliharaan terencana, bukan sekadar responsif terhadap kerusakan.

Prinsip ketiga adalah perbaikan berkelanjutan (*continuous improvement*), yang diwujudkan melalui identifikasi kerugian produksi secara sistematis menggunakan indikator OEE dan analisis *Six Big Losses*. Penelitian menunjukkan bahwa prinsip-prinsip ini memungkinkan TPM berfungsi sebagai kerangka kerja strategis dalam meningkatkan efektivitas mesin secara berkelanjutan.

Dalam praktiknya, TPM diimplementasikan melalui 4 pilar utama yang saling terintegrasi, yaitu :

- a. *Autonomous Maintenance*, yaitu pemberdayaan operator untuk melakukan aktivitas pemeliharaan dasar seperti pembersihan, inspeksi, dan pelumasan secara rutin. Pilar ini bertujuan meningkatkan kepekaan operator terhadap kondisi mesin serta mencegah kerusakan sejak dini.

- b. *Planned Maintenance*, yang berfokus pada penyusunan jadwal pemeliharaan preventif dan prediktif berdasarkan data historis kerusakan dan kinerja mesin. Pilar ini berperan penting dalam mengurangi *downtime* tidak terencana dan meningkatkan keandalan peralatan.
- c. *Focused Improvement* (Kaizen), yang diarahkan pada penghilangan kerugian utama melalui kegiatan perbaikan kecil namun berkelanjutan dengan melibatkan tim lintas fungsi.
- d. *Quality Maintenance*, yang bertujuan menjamin bahwa mesin beroperasi dalam kondisi optimal sehingga mampu menghasilkan produk sesuai spesifikasi mutu secara konsisten.

Pilar-pilar tersebut secara kolektif mendukung pencapaian efektivitas mesin yang tinggi, yang tercermin dalam peningkatan nilai OEE. Studi empiris menunjukkan bahwa integrasi pilar TPM dengan pengukuran OEE memungkinkan perusahaan mengidentifikasi akar penyebab penurunan kinerja mesin dan merancang strategi pemeliharaan yang lebih efektif dan berkelanjutan.

Implementasi TPM ditandai dengan keterlibatan aktif seluruh pihak dalam organisasi, mulai dari operator, teknisi, hingga manajemen puncak, dalam menjaga dan meningkatkan kondisi peralatan produksi. Melalui penerapan pilar-pilar TPM, seperti *autonomous maintenance*, *planned maintenance*, *focused improvement*, serta pelatihan dan pengembangan sumber daya manusia, perusahaan diarahkan untuk membangun budaya perbaikan berkelanjutan (*continuous improvement*) dan meningkatkan kepedulian terhadap kinerja mesin. Pendekatan ini memungkinkan organisasi mengurangi gangguan operasional, menekan variabilitas proses,

meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya, serta menjaga konsistensi kualitas produk (JIPM, 2015).

Secara konseptual, TPM berfokus pada upaya penghilangan berbagai kerugian produksi yang timbul akibat ketidakefisienan peralatan. Literatur TPM mengidentifikasi *Six Big Losses*, yaitu kerusakan mesin, waktu set-up dan penyesuaian, penurunan kecepatan operasi, waktu henti singkat, produk cacat, dan penurunan hasil awal. Eliminasi kerugian-kerugian tersebut menjadi sasaran utama implementasi TPM karena secara langsung memengaruhi stabilitas proses produksi, efektivitas pemanfaatan mesin, dan tingkat produktivitas perusahaan (Sukmoro, 2023).

Dalam konteks peningkatan kinerja operasional, TPM memiliki keterkaitan yang erat dengan OEE sebagai alat ukur efektivitas peralatan produksi. Heizer et al., (2017) menjelaskan bahwa efektivitas peralatan dapat dievaluasi melalui dimensi ketersediaan, kecepatan operasi, dan kualitas *output*, yang secara konseptual sejalan dengan komponen OEE, yaitu *availability*, *performance*, dan *quality*. Dengan demikian, OEE dapat digunakan sebagai indikator kuantitatif untuk menilai keberhasilan implementasi TPM dalam menjaga keandalan mesin, meningkatkan efisiensi proses produksi, dan mengurangi kerugian operasional. Oleh karena itu, TPM berfungsi sebagai teori yang menjembatani praktik manajemen operasi dengan pengukuran kinerja mesin secara objektif dan terukur melalui OEE (Sukmoro, 2023 ; Heizer et al., 2017).

#### **2.1.4 Overall Equipment Effectiveness (OEE)**

Dalam lingkungan industri yang semakin kompetitif, efektivitas pemanfaatan mesin dan peralatan produksi menjadi faktor krusial dalam menjaga keberlanjutan operasional perusahaan. Salah satu pendekatan yang banyak digunakan untuk mengevaluasi efektivitas dan kinerja peralatan secara komprehensif adalah OEE, yaitu metode pengukuran yang mengintegrasikan tiga komponen utama: ketersediaan (*availability*), kinerja (*performance*), dan kualitas (*quality*).

##### **2.1.4.1 Definisi Overall Equipment Effectiveness (OEE)**

*Overall Equipment Effectiveness* (OEE) adalah metrik efektivitas dalam TPM yang digunakan untuk mengukur sejauh mana peralatan atau mesin produksi beroperasi secara efektif dibandingkan dengan kapasitas maksimalnya selama waktu terjadwal. Menurut Aryanto et al, ( 2024) OEE mempertimbangkan tiga aspek utama: ketersediaan (*availability*), kinerja (*performance*), dan kualitas (*quality*), sehingga menghasilkan satu angka yang merepresentasikan tingkat efektivitas keseluruhan mesin dalam menghasilkan produk yang baik pada waktu yang tersedia. OEE sering dianggap sebagai standar praktik terbaik dalam manajemen pemeliharaan dan peningkatan produktivitas mesin karena mampu memvisualisasikan potensi dan kerugian produksi yang terjadi di rantai produksi (Wibowo & Padilah, 2022).

OEE merupakan indikator kinerja yang digunakan untuk mengukur tingkat efektivitas aktual suatu mesin atau peralatan produksi dibandingkan dengan potensi maksimalnya (Wibowo & Padilah, 2022). OEE dirancang untuk memberikan

gambaran menyeluruh mengenai seberapa baik mesin dimanfaatkan dalam proses produksi dengan mempertimbangkan aspek waktu operasi, kecepatan kerja, dan kualitas hasil produksi. Menurut Nakajima, OEE berfungsi sebagai alat kuantitatif untuk mengidentifikasi kerugian utama dalam proses produksi serta menjadi dasar dalam upaya peningkatan kinerja mesin secara sistematis.

Dalam perspektif manajemen operasional modern, OEE dipandang sebagai indikator kunci yang menghubungkan kinerja teknis mesin dengan produktivitas sistem produksi secara keseluruhan. Heizer, et al, (2014) menegaskan bahwa efektivitas peralatan merupakan faktor penting dalam pencapaian keunggulan operasional, karena mesin yang tidak bekerja optimal akan menyebabkan pemborosan sumber daya, meningkatnya biaya, dan menurunnya daya saing perusahaan. Oleh karena itu, OEE tidak hanya digunakan sebagai alat evaluasi teknis, tetapi juga sebagai dasar pengambilan keputusan operasional dan perbaikan proses.

Konsep OEE pertama kali diperkenalkan oleh Seiichi Nakajima sebagai bagian integral dari pendekatan TPM yang berkembang di industri manufaktur Jepang. Nakajima merancang OEE untuk membantu perusahaan memahami penyebab utama rendahnya kinerja mesin melalui identifikasi kerugian produksi yang terjadi selama operasi. Dalam kerangka TPM, OEE berperan sebagai indikator utama untuk mengukur keberhasilan program pemeliharaan dan perbaikan berkelanjutan (Sukmoro, 2023).

Seiring perkembangannya, OEE mengalami perluasan makna dan aplikasi dalam berbagai sektor industri. Nugroho et al., (2025) menjelaskan bahwa OEE



telah berkembang dari sekadar ukuran efektivitas mesin menjadi alat analitis yang mampu menjelaskan hubungan antara kondisi peralatan, strategi pemeliharaan, dan produktivitas sistem produksi. Literatur modern menempatkan OEE sebagai indikator kinerja yang bersifat diagnostik, karena mampu mengungkap akar permasalahan operasional yang tidak dapat dijelaskan oleh indikator tunggal seperti *output* atau efisiensi tenaga kerja.

#### **2.1.4.2 Komponen dan pengukuran nilai OEE**

OEE merupakan hasil perkalian tiga faktor yaitu, ketersediaan peralatan (*availability*), efisiensi kinerja (*performance*), tingkat pencapaian kualitas (*quality*) dengan tujuan mengukur kinerja sistem pemeliharaan yang dapat digunakan untuk memeriksa ketersediaan mesin atau sistem, efisiensi produksi, dan kualitas produksi atau mesin Stephen & Matthew, (2004). Formula OEE secara keseluruhan dirumuskan menjadi :

$$\text{OEE (\%)} = \text{Availability (\%)} \times \text{Performance (\%)} \times \text{Quality (\%)}$$

Nilai OEE yang ideal dan sesuai dengan standar dunia berdasarkan *Japanese Institute of Plant Maintenance* (JIPM) adalah :

1. *Availability* > 90%
2. *Performance* > 95%
3. *Quality* > 99%
4. Dan *Overall Equipment Effectiveness*  $\geq$  85%

Untuk memahami pernyataan di atas, komponen-komponen dalam OEE dapat dijelaskan seperti berikut :

## 1. *Availability*

*Availability* atau ketersediaan merupakan komponen pertama dalam OEE yang menggambarkan proporsi waktu mesin benar-benar tersedia untuk beroperasi dibandingkan dengan waktu produksi yang direncanakan. *Availability* dipengaruhi oleh *downtime* terencana maupun tidak terencana, seperti kerusakan mesin dan waktu *setup*. Dalam penelitiannya Khofifah et al, (2025) menunjukkan bahwa fluktuasi nilai *availability* terutama disebabkan oleh gangguan mekanik, proses *setup*, dan lemahnya implementasi pemeliharaan preventif, dan merekomendasikan penerapan TPM untuk mengurangi *downtime* dan meningkatkan *availability* mesin, pengisian dan waktu henti. Hal ini menegaskan bahwa rendahnya *availability* merupakan indikasi permasalahan pemeliharaan dan perencanaan produksi. *Availability* dapat dihitung dengan rumus Stephens (2004) berikut

$$Availability = \frac{Operating\ Time}{Loading\ Time} \times 100\%$$

$$Operating\ Time = Loading\ time - Downtime$$

*Operating Time* merupakan hasil pengurangan *Loading time* dengan *downtime* mesin, *Loading time* adalah waktu rencana mesin beroperasi yang per hari atau per *batch*. *Downtime* adalah waktu berhenti singkat mesin atau waktu yang seharusnya digunakan mesin untuk beroperasi namun karena adanya gangguan pada mesin/peralatan mengakibatkan tidak ada *output* yang dihasilkan.

## 2. *Performance*

*Performance* adalah kemampuan mesin untuk beroperasi pada kecepatan aktual dibandingkan dengan kecepatan ideal yang dirancang. Penurunan

*performance* dapat terjadi akibat *reduced speed* dan *minor stoppages* yang sering kali tidak tercatat sebagai *downtime*, tetapi berdampak signifikan terhadap *output* produksi. Nugroho et al., (2025) menekankan bahwa analisis *performance* sangat penting karena banyak perusahaan memiliki *availability* tinggi, tetapi tetap menghasilkan *output* yang rendah akibat mesin tidak berjalan pada kapasitas optimalnya. Performance dapat dihitung menggunakan rumus Stephens (2004) berikut :

$$Performance = \frac{Ideal\ Cycle\ time \times Total\ Output}{Operating\ Time} \times 100\%$$

$$Ideal\ Cycle\ Time = \frac{Operating\ Time}{Ideal\ Output}$$

*Ideal cycle time* adalah waktu minimum teoretis yang diperlukan untuk menghasilkan unit produk (satuan). *Ideal Output* adalah banyak unit maksimal yang bisa diproduksi oleh satu mesin. *Total Output* adalah total dari semua unit yang diproduksi, baik produk yang memenuhi standar kualitas atau pun tidak dalam satu *batch* jam kerja per satu mesin.

### 3. *Quality*

*Quality* merupakan komponen ketiga OEE yang mengukur proporsi produk yang memenuhi spesifikasi mutu dibandingkan dengan total produk yang dihasilkan. Produk cacat, *rework*, dan *scrap* mencerminkan ketidakefektifan proses produksi serta kondisi mesin yang tidak stabil. Heizer et al. (2014) menyatakan bahwa integrasi aspek kualitas dalam pengukuran efektivitas mesin membuat OEE menjadi indikator yang lebih komprehensif dibandingkan ukuran produktivitas konvensional, karena kualitas memiliki implikasi langsung terhadap biaya dan

kepuasan pelanggan. *Quality* dapat dihitung menggunakan rumus Stephens (2004) berikut :

$$Quality = \frac{Good\ units}{Total\ output} \times 100\%$$

*Good units* adalah jumlah produk lolos inspeksi atau produk yang memenuhi standar spesifikasi mutu yang telah ditentukan.

Hasil perhitungan OEE adalah dalam bentuk presentase (%), semakin besar nilai OEE maka efektivitas mesin semakin baik. Sebaliknya, apabila nilai OEE semakin kecil maka efektivitas mesin semakin buruk. Untuk mendapatkan nilai OEE yang besar, maka ketiga rasio utama yaitu *Availability*, *Performance*, dan *Quality* harus ditingkatkan agar mendapatkan hasil sesuai yang diharapkan perusahaan.

Menurut standar *JIPM (Japan Institute of Plant Maintenance)* nilai OEE akhir dapat diklasifikasikan dalam beberapa kategori sebagai berikut :

1.  $OEE < 40\%$  Tidak diterima, dapat menimbulkan kerugian materil signifikan dan tingkat produktivitas sangat rendah.
2.  $40\% \leq OEE < 59\%$  Rendah, maka perusahaan perlu melakukan evaluasi dan memperbaiki kinerja sistem yang ada karena dapat menimbulkan kerugian yang cukup berat.
3.  $60\% \leq OEE < 84\%$  Sedang, tetap diperlukan adanya perbaikan pada sistem agar nilai *OEE* naik menjadi di atas 85% sehingga perusahaan dapat mencapai standar internasional. Kategori ini dapat menimbulkan sedikit kerugian saja dan produktivitas yang relatif rendah.

4.  $85\% \leq OEE < 95\%$  Standar internasional, kategori ini masuk ke dalam standar yang diakui dan baik dalam daya saing, setiap perusahaan menjadikan kategori ini menjadi tujuan jangka panjang yang berkelanjutan.
5.  $OEE > 95\%$  Sempurna, kategori ini memiliki sistem yang melebihi standar internasional, mungkin tanpa adanya waktu berhenti pada sistem dan mempunyai daya produktivitas sempurna

Pengukuran OEE sangat penting untuk mengukur keberhasilan dari program TPM yang diterapkan dalam suatu perusahaan. Dengan kata lain, hasil nilai OEE merupakan KPI (*key Performance Index*) utama dari hasil penerapan TPM sehingga diperlukan upaya serius yang dilakukan oleh seluruh karyawan yang ada dalam perusahaan untuk mencapai keberhasilan dalam penerapan konsep TPM.

#### **2.1.5 Six Big Losses**

*Six Big Losses* merupakan kerangka analitis yang digunakan dalam pengukuran OEE untuk mengidentifikasi enam kategori utama kerugian produksi yang berkontribusi terhadap rendahnya efektivitas mesin. Konsep ini berasal dari literatur TPM yang diperkenalkan oleh Seiichi Nakajima sebagai bagian dari upaya sistematis untuk mengukur dan memperbaiki efektivitas peralatan produksi (Sukmoro, 2023).

Dalam penelitiannya Musyafa'ah dan Sofiana, (2022), menjelaskan bahwa *Six Big Losses* tidak diposisikan hanya sebagai daftar kerugian teknis mesin, namun juga sebagai alat diagnosa operasional yang membantu menjelaskan hubungan antara kinerja mesin, aktivitas pemeliharaan, dan upaya peningkatan produksi.

Dalam penelitian lain (A panudju, 2025) pemetaan *Six Big Losses* digunakan untuk mengidentifikasi sumber *losses* efektivitas utama, baik yang berasal dari *downtime*, penurunan kecepatan operasi, maupun kehilangan kualitas produk. Penelitian Wibowo & Padilah, (2022) menjelaskan bahwa keenam kerugian tersebut dapat dikelompokkan berdasarkan sumber terjadinya, yaitu kerugian yang berkaitan langsung dengan waktu berhentinya mesin seperti *equipment failure* dan *setup and adjustment*, kerugian yang muncul saat mesin sedang beroperasi seperti *idling and minor stops* serta *reduced speed*, dan kerugian yang berdampak pada hasil keluaran produksi berupa *process defects* dan *reduced yield*. Melalui pengelompokan ini, organisasi tidak hanya memperoleh nilai OEE secara numerik, tetapi juga pemahaman yang lebih mendalam mengenai bagaimana dan di mana waktu produksi terbuang, serta sejauh mana setiap jenis kerugian memengaruhi produktivitas sistem secara keseluruhan. Berbagai studi empiris menunjukkan bahwa pemetaan kerugian ke dalam enam kategori *Six Big Losses* memberikan gambaran yang lebih jelas tentang area operasional yang paling membutuhkan perbaikan, sehingga dapat menjadi dasar yang kuat bagi penerapan strategi peningkatan berkelanjutan seperti TPM, *Kaizen*, maupun optimasi sistem pemeliharaan untuk meningkatkan efektivitas peralatan secara sistematis (Musyafa'ah & Sofiana, 2022). Jenis kerugian tersebut dapat dikelompokkan berdasarkan sumber terjadinya, yaitu :

1. *Downtime Losses*

adalah kerugian yang menyebabkan mesin tidak tersedia untuk beroperasi, sehingga secara langsung menurunkan *availability rate* dalam perhitungan

OEE. Kerugian ini terjadi ketika mesin seharusnya siap berproduksi, tetapi tidak dapat dijalankan karena gangguan tertentu. Menurut Nakajima, *availability losses* mencerminkan hilangnya waktu produksi akibat mesin benar-benar berhenti dan tidak menghasilkan *output* sama sekali.

a. *Equipment Failure Losses*

*Equipment failure losses* adalah kerugian yang disebabkan adanya kerusakan mesin dan peralatan yang memerlukan suatu perbaikan. *Losses* ini terdiri dari waktu istirahat yang dialami oleh pekerja serta adanya waktu perbaikan dari mesin dan peralatan tersebut. Kegiatan ini sangat mengganggu kegiatan produksi karena menginterupsi proses produksi secara otomatis meskipun menyita waktu yang sedikit dengan kisaran waktu menit hingga beberapa jam.

b. *Set Up and Adjustment*

*Setup and adjustment losses* adalah waktu yang terambil untuk melakukan pemasangan, penyetelan, dan penyesuaian mesin untuk mendapatkan spesifikasi yang dibutuhkan pada saat pertama kali memulai proses produksi.

2. *Speed Losses*

*Speed losses*, yaitu kerugian yang terjadi ketika mesin tetap berjalan tetapi tidak beroperasi pada kecepatan ideal atau kapasitas rancangannya. Kerugian ini tidak selalu terlihat secara kasat mata karena mesin masih menghasilkan produk, namun secara akumulatif dapat mengurangi *output* secara signifikan.

a. *Idling and Minor Stoppages,*

*Idling And Minor Stoppages*, merupakan kerugian berhentinya mesin akibat dari tidak beroperasinya mesin bisa karena tidak adanya operator, atau tidak adanya bahan untuk diproduksi meskipun WIP (*work In Process*) tersedia. Setiap mesin harus diawasi oleh operator, sehingga kerugian akibat ketiadaan operator sangat jelas. Kerugian yang dominan terjadi yaitu *Minor Stoppages* dengan berhentinya mesin akibat tidak sempurnanya mesin dalam proses produksi

b. *Reduced Speed Losses*

*Reduced speed losses* merupakan kerugian yang terjadi akibat peralatan dioperasikan di bawah standar kecepatan. Sebagai pendekatan yang praktis untuk menentukan kerugian pada mesin, setiap parameter penyetelan yang tidak mempengaruhi kualitas produk diobservasi seperti kecepatan pengkleman serta posisi perubahan kecepatan yang mempengaruhi *cycle time*. Kemungkinan penyebab terjadinya kerugian adalah kurangnya pemahaman operator penyetelan mesin

3. *Quality Losses*

*Quality losses*, yaitu kerugian yang timbul akibat produk yang dihasilkan tidak memenuhi spesifikasi mutu.

a. *Reduced Yield*

*Reduced yield*, yaitu kehilangan produktivitas akibat cetakan cacat selama tahap awal produksi sebelum mesin beroperasi secara stabil. *Yield losses* disebabkan material yang tidak terpakai atau sampah bahan baku.



Kerugiannya dibagi menjadi dua bagian. Pertama berupa sampah bahan baku yang disebabkan kesalahan desain, metode manufaktur, dan peralatan yang mengalami gangguan. Kedua adalah kerusakan produksi yang disebabkan oleh adanya penyetelan (*adjusting*) dan juga pada saat mesin melakukan pemanasan atau belum pada kondisi kerja yang stabil sehingga banyak terjadi kegagalan (*reject*).

b. *Defect in Process*

*Defect in process* yaitu waktu peralatan yang terbuang untuk menghasilkan produk jelek serta pengerjaan ulang pada saat mesin berjalan terus menerus setelah proses penyetelan dan penyesuaian. Produk seperti ini harus dibuang atau diproduksi ulang jika memungkinkan.

### 2.1.6 Diagram Pareto

Diagram pareto atau *pareto chart* menurut Heizer & Render (2014) pertama kali dikembangkan oleh Alfredo Pareto pada (1884-1923) dan digunakan pertama kali oleh Joseph Juran. Diagram pareto merupakan suatu gambar yang mengurutkan klasifikasi data dari kiri ke kanan menurut urutan rangking tertinggi hingga terendah. Hal ini dapat membantu menemukan urutan rangking permasalahan yang terpenting untuk segera diselesaikan sampai dengan yang tidak harus segera diselesaikan.

Dalam penelitiannya Widodo & Wahyudi, (2025) menjelaskan bahwa diagram pareto adalah alat visual statistik yang digunakan untuk mengidentifikasi dan memprioritaskan faktor-faktor penyebab masalah dalam suatu proses berdasarkan frekuensi atau dampaknya terhadap kinerja secara keseluruhan. Dalam

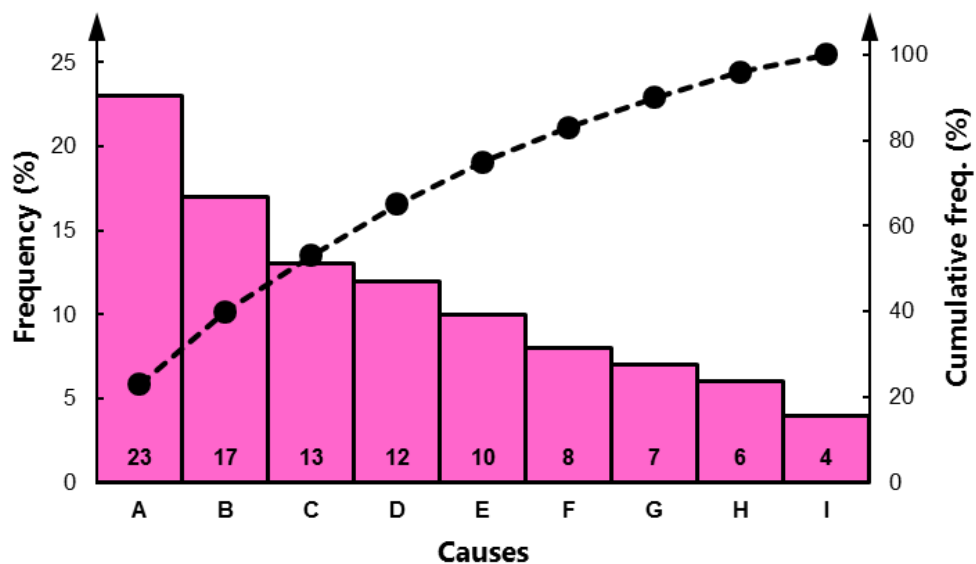
konteks manajemen operasi, Pareto Chart membantu manajer memahami bahwa faktor-faktor tertentu berkontribusi secara tidak merata terhadap masalah yang diamati, sehingga dengan fokus pada faktor-faktor yang paling signifikan organisasi dapat memperbaiki performa proses secara lebih efisien dan efektif. Diagram ini berasal dari prinsip *Pareto* atau *80/20 rule*, yang menunjukkan bahwa sebagian besar efek dalam sistem operasional berasal dari sebagian kecil penyebab utama.

Dalam penelitian Cavalcanti et al, (2025) diagram pareto secara grafis terdiri dari diagram batang yang mengurutkan kategori penyebab dari yang terbesar hingga terkecil berdasarkan frekuensi atau proporsi kontribusinya, serta garis kumulatif yang mewakili persentase total kontribusi dari penyebab tersebut. Sumbu horizontal biasanya mewakili kategori masalah, sementara sumbu vertikal menunjukkan frekuensi kejadian atau besarnya dampak dari masing-masing kategori tersebut. Garis kumulatif memudahkan pengguna untuk melihat titik di mana sebagian besar efek dicapai oleh sejumlah kecil penyebab. Dengan demikian, Pareto Chart tidak hanya membantu dalam visualisasi data tetapi juga dalam prioritisasi keputusan yang berbasis data untuk fokus perbaikan proses.

Dalam konteks manajemen operasi, diagram Pareto berfungsi sebagai alat analitis untuk mengidentifikasi dan memprioritaskan faktor dominan yang memengaruhi kinerja proses. Pareto Chart tidak hanya berperan sebagai alat visualisasi data, tetapi juga sebagai dasar pengambilan keputusan berbasis data dalam analisis akar penyebab, penentuan fokus perbaikan, serta penyusunan strategi peningkatan kinerja operasional yang lebih terarah dan efektif (Cavalcanti et al.,

2025). Singkatnya, Diagram Pareto menggabungkan grafik kolom dan garis yang berguna untuk tujuan berikut:

- Mengilustrasikan masalah utama.
- Menguraikan bagaimana setiap masalah dibandingkan dengan keseluruhan.
- Membandingkan masalah sebelum dan sesudah perbaikan



Sumber: Heizer & Render (2014)

**Gambar 2.1**  
**Diagram Pareto**

### 2.1.7 Penelitian Terdahulu

Dalam penelitian ini penulis menggunakan sejumlah penelitian terdahulu sebagai sumber informasi saat menyusun penelitian yang dimaksudkan menjadi referensi tinjauan pustaka sudut pandangnya. Berikut adalah beberapa temuan penelitian terkait penggunaan metode OEE yang ditampilkan dalam tabel 2.1

**Tabel 2.1**  
**Penelitian Terdahulu**

| No. | Peneliti, Tahun<br>dan Judul<br>penelitian                                                                                                                                                | Persamaan                                                                                                 | Perbedaan                                                                           | Hasil Penelitian                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Sumber                                                                                                            |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (1) | (2)                                                                                                                                                                                       | (3)                                                                                                       | (4)                                                                                 | (5)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | (6)                                                                                                               |
| 1.  | Prayitno et al., (2025) <i>Analysis of the Effectiveness of Fluidized Bed Dryer in Black Tea Processing Using the OEE Approach</i>                                                        | Menggunakan metode OEE dalam mengukur kinerja mesin pengering teh                                         | Objek penelitian berfokus pada mesin pengering dengan tipe <i>fluized bed dryer</i> | Penelitian ini menunjukkan OEE rata-rata sebesar 83,66%. Meskipun ketersediaan secara konsisten tinggi (94–100%) dan kualitas produk dipertahankan pada 100% sepanjang bulan, efisiensi kinerja bervariasi secara signifikan, turun menjadi 69% pada bulan Januari dan 66% pada bulan April, terutama karena penundaan operasional dan utilisasi mesin yang tidak stabil | Jurnal ELEMEN TER (Elektro dan Mesin Terapan) Vol. 11, No. 01, Mei 2025<br>P-ISSN: 2443-4167<br>E-ISSN: 2460-5263 |
| 2.  | Ariyanto & Pandu Negoro, (2024) <i>Analisis overall equipment effectiveness (oe) dan total productive maintenance (tpm) pada mesin pengupas kulit padi merk satake di ud. Sumber tani</i> | Melakukan analisis OEE terhadap mesin di bidang agro industri                                             | Penelitian berfokus pada mesin pengupas kulit padi                                  | Nilai OEE belum mencapai standar <i>World Class</i> (85%). Nilai rata-rata OEE yang diperoleh sebesar 57,56% sedangkan nilai <i>avaibility performance rate</i> sebesar 86,50% dan nilai <i>quality rate</i> sebesar 90,98%, hal ini mencerminkan adanya kendala pada ketersediaan waktu operasi, performa mesin, dan tingkat kualitas hasil produksi.                   | JUSTI (Jurnal Sistem Dan Teknik Industri) E-ISSN : 2746-0835<br>Volume 5 No 2 (2024)                              |
| 3.  | Li et al., (2021) <i>Research on improved oee measurement method based on the multiproduct production system</i>                                                                          | Menggunakan metode <i>overall equipment effectiveness</i> yang disesuaikan berdasarkan kondisi perusahaan | lebih berfokus pada penyesuaian metode OEE dengan sistem multiproduk                | Hasil penelitian utama menunjukkan bahwa MPSE yang diusulkan dapat secara signifikan meningkatkan efektivitas produksi secara keseluruhan dan meningkatkan pengukuran indikator dalam sistem produksi multiproduk, yang memperkaya teori OEE pada tingkat teoritis dan mengusulkan cara baru untuk mengukur dan meningkatkan                                             | <i>Applied Sciences</i> (Switzerland) vol. 11, 2021                                                               |

| No. | Peneliti, Tahun<br>dan Judul<br>penelitian                                                                                                                         | Persamaan                                                                          | Perbedaan                                                                             | Hasil Penelitian                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Sumber                                                                                                                            |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (1) | (2)                                                                                                                                                                | (3)                                                                                | (4)                                                                                   | (5)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | (6)                                                                                                                               |
|     |                                                                                                                                                                    |                                                                                    |                                                                                       | efektivitas sistem produksi multiproduk secara efektif pada tingkat praktis                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                   |
| 4.  | Nugroho et al., (2025). Optimasi Produktivitas Mesin Microfeed melalui Pendekatan <i>Overall Equipment Effectiveness</i> (OEE): Studi Kasus di Industri Manufaktur | Menggunakan pendekatan OEE untuk mengukur efektivitas mesin di industri manufaktur | Penelitian berfokus pada mesin microfeed                                              | Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada tahun 2022, rata-rata nilai <i>availability</i> sebesar 61,68%, <i>performance</i> 75,50%, <i>quality</i> 100%, dan OEE 45,23%. Sedangkan pada tahun 2023, nilai <i>availability</i> meningkat menjadi 81,28%, <i>performance</i> 83,41%, <i>quality</i> tetap 100%, dan OEE meningkat menjadi 67,83%. | Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan (JTMIT) Vol. 4, No. 1, Maret 2025 pp. 63 - 68 P-ISSN: 2829-0232 E-ISSN: 2829-0038 |
| 5.  | Susilawati et al., (2025). <i>Comparative Analysis of Real-time and Conventional Overall Equipment Effectiveness Applications in Manufacturing Industry</i>        | Menggunakan metode OEE untuk mengukur efektivitas mesin                            | Penelitian berfokus membandingkan pengaplikasian OEE realtime dengan OEE konvensional | Penelitian menunjukkan Meskipun metode konvensional tetap berharga, sifat dinamis produksi modern menuntut adopsi sistem waktu nyata untuk kinerja optimal.                                                                                                                                                                                    | The Journal of Ocean, Mechanical and Aerospace-science and engineering- (JOMase), November 2025. Vol. 69 No. 3                    |
| 6.  | Panudju et al., 2025), Peningkatan Efektifitas Mesin dengan Metode <i>Overall Equipment Effectiveness</i>                                                          | Menggunakan metode OEE untuk mengukur efektivitas mesin                            | Fokus penelitian untuk meningkatkan produktivitas mesin                               | Hasil perhitungan OEE terhadap produktivitas mesin di PT. SFX sebesar 0.12 (12%) dan nilai Six Big Losses diperoleh rata-rata nilai persentase masing-masing <i>losses</i> , yaitu <i>Equipment Failure Loss</i> yaitu sebesar 35.7%, <i>Reduced Speed Loss</i> dengan total persentase sebesar                                                | RIGGS: Journal of Artificial Intelligence and Digital Business. Vol. 4 No. 1 (2025) pp: 428-                                      |

| No. | Peneliti, Tahun<br>dan Judul<br>penelitian                                                                                                                                   | Persamaan                                                                        | Perbedaan                                                            | Hasil Penelitian                                                                                                                                                                                                                                                                    | Sumber                                                                                                  |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (1) | (2)                                                                                                                                                                          | (3)                                                                              | (4)                                                                  | (5)                                                                                                                                                                                                                                                                                 | (6)                                                                                                     |
|     |                                                                                                                                                                              |                                                                                  |                                                                      | 34.7%, <i>Set up adjustmen Loss</i> sebesar 27.7%, <i>Idling Minor Stoppages</i> sebesar 1.0%, <i>Rework Loss</i> sebesar 0.8% dan <i>Scrap/Yield Loss</i> sebesar 0.1%.                                                                                                            | 436 P-<br>ISSN:<br>2963-9298,<br>e-ISSN:<br>2963-914X                                                   |
| 7.  | Abdurrahman et al., (2025), Penerapan <i>Overall Equipment Effectiveness</i> (OEE) dalam Peningkatan Produktivitas Mesin CNC Lathe                                           | Menggunakan Metode OEE untuk mengukur kinerja mesin di industri manufaktur       | Penelitian berfokus untuk meningkatkan kinerja mesin                 | Hasil penelitian menunjukkan bahwa OEE mesin bubut CNC sebelum penerapan teknik pemanasan adalah 61,2% (Ketersediaan: 80%, Kinerja: 85%, Kualitas: 90%). Setelah penerapan, OEE meningkat menjadi 77,9% (Ketersediaan: 90%, Kinerja: 92%, Kualitas: 95%)                            | Journal of Technology and Engineering P-ISSN: XXXX, E-ISSN: 3025-4094 Volume 3, Nomor 1, Februari, 2025 |
| 8.  | Alfisyahr et al., (2025), Penerapan <i>Total Productive Maintenance</i> (TPM) pada Mesin Press Sinohara 60 T Menggunakan Metode <i>Overall Equipment Effectiveness</i> (OEE) | Menggunakan OEE untuk mengukur efisiensi penggunaan mesin di industri manufaktur | Penelitian berfokus pada analisis kinerja mesin metal stamping parts | Hasil penelitian nilai rata-rata OEE diperoleh sebesar 81%. Dimana untuk mencapai standar <i>world class</i> harus mencapai minimal 85%. Artinya, bahwa nilai OEE pada perusahaan masih dibawah standar kelas dunia yang berarti mesin membutuhkan pemeliharaan yang lebih optimal. | Industrika : Jurnal Ilmiah Teknik Industri. Volume 9 No. 4 Oktober 2025                                 |
| 9.  | Latifah Ahmad et al., (2025), Analisis Mesin <i>Cone Crusher</i> Menggunakan Metode <i>Overall Equipment Effectiveness</i> (OEE)                                             | Menggunakan OEE untuk menganalisis kinerja mesin dalam industri manufaktur       | Penelitian berfokus pada penilaian efektivitas mesin cone crusher    | Nilai rata rata OEE yang diperoleh sebesar 54%, yang menunjukkan bahwa kinerja mesin diukur menggunakan OEE belum mecapai standar dunia dengan <i>availability</i> 54%, <i>performance</i> 100% dan <i>quality</i> 100 %.                                                           | Jurnal Sains Ilmu Teknologi Industri (JUSTIN) Edisi Vol. 5 No. 1 (April 2025)                           |
| 10. | Riyana et al., (2025), Upaya Perbaikan <i>Downtime</i> pada                                                                                                                  | Menggunakan OEE dalam mengukur tingkat                                           | Penelitian berfokus pada pengukuran mesin dryer                      | Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai rata-rata OEE sebesar 48%, jauh di bawah standar kelas dunia sebesar                                                                                                                                                                       | JUTIN : Jurnal Teknik Industri                                                                          |

| No. | Peneliti, Tahun<br>dan Judul<br>penelitian                                                                                                                                                                                                       | Persamaan                                                       | Perbedaan                                                                                 | Hasil Penelitian                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Sumber                                                                     |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| (1) | (2)                                                                                                                                                                                                                                              | (3)                                                             | (4)                                                                                       | (5)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | (6)                                                                        |
|     | Mesin Dryer Menggunakan Metode <i>Overall Equipment Effectiveness</i> di PT. ABC                                                                                                                                                                 | efektivitas mesin pengering                                     | benih jagung di PT. ABC                                                                   | 85%. Rata-rata nilai <i>availability</i> sebesar 66%, <i>performance</i> sebesar 75%, dan <i>quality</i> sebesar 97%.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Terintegrasi Volume 8 Issue 3 2025, Page 3583-3589                         |
| 11. | Mickhael Apriliano Lie, (2025). Analisis Efektivitas Mesin Produksi Menggunakan Metode OEE pada Industri Makanan: Studi Kasus di PT "Y"                                                                                                          | Menganalisis produktifitas mesin menggunakan metode OEE         | Penelitian berfokus pada perusahaan yang memproduksi minuman siap konsumsi di PT. Y       | Hasil menunjukkan bahwa nilai OEE tertinggi terjadi pada bulan Desember (80,34%) dan terendah pada bulan Oktober (66,97%), dengan faktor utama penurunan efektivitas berasal dari <i>downtime</i> dan kecepatan produksi yang menurun                                                                                                                                                                                                                                                                  | Journal of Mechanical Engineering Vol: 2, No 1, 2025, Page: 1-9            |
| 12. | Alfaretsco Ramitsa & Dian Indrawati, (2025), Analisis dan Usulan Peningkatan Efektivitas Mesin Centrifugal dengan Pendekatan <i>Overall Equipment Effectiveness</i> (OEE), <i>Six Big Losses</i> , dan <i>Total Productive Maintenance</i> (TPM) | Menggunakan pendekatan OEE untuk menganalisis efektivitas mesin | Penelitian berfokus dalam menganalisis dan mengusulkan peningkatan pada mesin centrifugal | Hasil olah data ditemukan bahwa tingkat efektivitas mesin centrifugal di PT XYZ saat ini berada dalam kondisi wajar, namun masih menunjukkan ruang besar untuk dilakukan <i>improvement</i> . Efektivitas mesin centrifugal yang belum memenuhi standar kelas dunia ini disebabkan oleh 3 (tiga) faktor utama yaitu <i>Equipment Failure</i> (kegagalan mesin), <i>Idling and Minor Stoppages</i> (menganggur dan berhenti sebentar), serta <i>Reduced Speed Losses</i> (kecepatan mesin tidak stabil) | Widya Teknik Volume 24 No. 2, 2025                                         |
| 13. | Leke & Saifuddin, (2024). <i>Proposed Total Productive Maintenance</i> (TPM) <i>Implementation to Increase Heading Machine</i>                                                                                                                   | Menggunakan metode OEE untuk mengukur efektivitas mesin         | Penelitian berfokus pada mesin pemotong di PT. XYZ                                        | Pengukuran tingkat efektivitas dan efisiensi mesin cetak kepala di PT XYZ menggunakan metode efektivitas peralatan keseluruhan (OEE) untuk periode Januari 2022 -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | IJIEM - Indonesian Journal of Industrial Engineering and Management, Vol 5 |

| No. | Peneliti, Tahun<br>dan Judul<br>penelitian                                                                                                                                         | Persamaan                                                       | Perbedaan                                                                                     | Hasil Penelitian                                                                                                                                                                                                                                          | Sumber                                                                             |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| (1) | (2)                                                                                                                                                                                | (3)                                                             | (4)                                                                                           | (5)                                                                                                                                                                                                                                                       | (6)                                                                                |
|     | <i>Effectiveness<br/>Using Overall<br/>Equipment<br/>Effectiveness<br/>(OEE) Method on<br/>PT. XYZ</i>                                                                             |                                                                 |                                                                                               | Bulan Desember memperoleh nilai rata-rata 78,28%. Nilai yang dihasilkan masih jauh dari nilai standar OEE ideal sebesar 85% yang mengacu pada standar kelas dunia (Institut Pemeliharaan Pabrik Jepang)                                                   | No 2 Juni 2024, 359-369 Tersedia                                                   |
| 14. | Sumasto et al., (2024),<br><i>Enhancing Overall Equipment Effectiveness in Indonesian Automotive SMEs: A TPM Approach</i>                                                          | Menggunakan metode OEE untuk mengukur kinerja mesin             | Penelitian ini berfokus pada industri otomotif lebih jelasnya pada mesin blower               | Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan nilai OEE, yang semula 67,42% menjadi 77,80% dengan peningkatan komponen OEE yaitu <i>availability</i> (93%), <i>performance</i> (84%), dan <i>quality</i> (98%)                                          | Journal Européen des Systèmes Automatisés Vol. 57, No. 2, April, 2024, pp. 383-396 |
| 15. | Syahabuddin et al., (2023),<br><i>Analisis Total Productive Maintenance (TPM) dengan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) pada Mesin Ekstrusi di PT. Polymindo Permata</i> | Menggunakan metode OEE untuk mengukur efektivitas mesin         | Penelitian berfokus pada PT. Polymindo Permata yang bergerak dalam industri plastik ekstrusi. | Hasil pengukuran OEE saat ini menunjukkan bahwa tingkat efektivitas pada mesin ekstrusi sebesar 76,18 %. Nilai tersebut menunjukkan bahwa tidak mencapai nilai standar worldclass                                                                         | JITMI Vol. 6 Nomor 1, Maret 2023. p-ISSN : 2620 - 5793 e-ISSN : 2685 - 6123        |
| 16. | Azizah & Rinaldi, (2022), <i>Effort to Improve Overall Equipment Effectiveness Performance with Six Big Losses Analysis in the</i>                                                 | Menggunakan metode OEE untuk mengukur tingkat efektivitas mesin | Penelitian berfokus pada mesin yang memproduksi kemasan di PT, BPMJ                           | hasil penelitian menunjukan sebelum perbaikan, nilai OEE sangat rendah sebesar 18,84% yang disebabkan oleh rendahnya <i>availability</i> (48,87%), <i>performance</i> (40,83%), dan <i>quality</i> (96,23%). namun setelah implementasi perbaikan terjadi | IJIEM (Indonesia Journal of Industrial Engineering & Management) Vol 3             |



| No. | Peneliti, Tahun<br>dan Judul<br>penelitian                                                                                            | Persamaan                                                           | Perbedaan                                                                                                                        | Hasil Penelitian                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Sumber                                                              |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| (1) | (2)                                                                                                                                   | (3)                                                                 | (4)                                                                                                                              | (5)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | (6)                                                                 |
|     | <i>Packaging Industry PT BMJ</i>                                                                                                      |                                                                     |                                                                                                                                  | peningkatan availability sebesar 7,87%, performance sebesar 3,54%, dan quality sebesar 1,36%, sehingga nilai OEE meningkat sebesar 7,13%.                                                                                                                                                                                            | No 1 February 2022, 26-34                                           |
| 17. | Febianti et al., (2022). <i>Measurement of effectiveness of food processing machine through overall equipment effectiveness (OEE)</i> | Menggunakan metode OEE untuk mengukur tingkat efektivitas mesin.    | Penelitian ini berfokus pada mesin produksi boncabe ( pc-211)                                                                    | Hasil penelitian menunjukkan rata-rata persentase tingkat ketersediaan pada mesin Kuroma PC-211 sebesar 84,40%, tingkat kinerja sebesar 93,23%, tingkat kualitas sebesar 98,59%, dan OEE sebesar 77,53%.                                                                                                                             | ournal Industrial Servicess, vol. 8, no. 1, Juni 2022, pp. 46–52 3. |
| 18. | Rastogi et al., (2022). <i>Overall Equipment Effectiveness, Efficiency and slide review analysis of high-end hematology analyzers</i> | Menggunakan metode OEE untuk mengukur efisiensi kinerja mesin       | Studi ini mengevaluasi dan membandingkan OEE, sensitivitas, spesifisitas, dan efisiensi dari alat analisis hematologi kelas atas | Penelitian menunjukkan keempat alat analisis hematologi menunjukkan OEE yang sebanding dalam evaluasi teknis. Namun, alat analisis Yumizen H2500 tampaknya lebih andal dalam mendeteksi sel abnormal karena memiliki sensitivitas, spesifisitas, dan waktu penyelesaian yang lebih singkat dibandingkan dengan alat analisis lainnya | Practical Laboratory Medicine 30 (2022) e00275 Contents             |
| 19. | Basak et al., (2022). <i>Reducing production losses in additive manufacturing using overall equipment effectiveness</i>               | Menggunakan penyesuaian pendekatan OEE untuk mengukur kinerja mesin | Penelitian berfokus pada mesin manufaktur aditif atau percetakan                                                                 | menunjukkan bahwa – dengan beberapa adaptasi konseptual – metrik OEE memang dapat digunakan dalam konteks AM. Lebih lanjut, kami mengidentifikasi pendekatan terhadap operasi AM sebagai penentu utama kinerja dalam hal OEE yang dicapai                                                                                            | Additive Manufacturing 56 (2022) 102904 Contents                    |
| 20. | Raju et al., (2022), <i>Anatomization of the overall equipment effectiveness</i>                                                      | Menggunakan metode OEE untuk mengukur                               | Penelitian berfokus pada mesin di industri manufaktur,                                                                           | Hasil pengukuran dimensi menunjukkan bahwa efektivitas mesin rata-rata belum mencapai standar                                                                                                                                                                                                                                        | Journal of Quality in Maintenance                                   |

| No. | Peneliti, Tahun<br>dan Judul<br>penelitian               | Persamaan     | Perbedaan                    | Hasil Penelitian                             | Sumber                                               |
|-----|----------------------------------------------------------|---------------|------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| (1) | (2)                                                      | (3)           | (4)                          | (5)                                          | (6)                                                  |
|     | <i>(OEE) for various machines in a tool and die shop</i> | kinerja mesin | lebih spesifiknya percetakan | >85%, tetapi masih ada ruang untuk perbaikan | Engineering<br>Vol. 28 No.<br>2, 2022 pp.<br>391-410 |

## 2.2 Kerangka pemikiran

Penelitian ini menggunakan variabel tunggal, yaitu efektivitas mesin. Dalam konteks manajemen operasi, efektivitas mesin mengacu pada kemampuan peralatan produksi untuk beroperasi sesuai kapasitas yang direncanakan dengan tingkat *losses* yang minimal. Efektivitas berbeda dari sekadar efisiensi, karena tidak hanya mempertimbangkan penggunaan sumber daya, tetapi juga pencapaian target *output* yang direncanakan secara menyeluruh.

Dalam mengukur efektivitas mesin secara kuantitatif dan terstandar, penelitian ini menggunakan pendekatan *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM) melalui konsep OEE. Konsep dan pendekatan ini dipilih karena merupakan indikator komprehensif yang mengintegrasikan tiga dimensi utama kinerja mesin, yaitu *availability*, *performance*, dan *quality*. *Availability* merefleksikan tingkat kesiapan mesin berdasarkan perbandingan antara waktu operasi aktual dengan waktu produksi yang direncanakan, *performance* menggambarkan kemampuan mesin beroperasi pada kecepatan idealnya, sedangkan *quality* menunjukkan proporsi produk yang memenuhi spesifikasi mutu terhadap total *output* yang dihasilkan (Wibowo & Padilah, 2022). Didukung oleh penelitian Abdullah et al.

(2025), yang menjelaskan ketiga komponen ini secara sistematis membentuk nilai OEE melalui perkalian matematis, sehingga menghasilkan satu indikator agregat dalam bentuk persentase.

Nilai OEE yang diperoleh selanjutnya diinterpretasikan untuk menentukan tingkat efektivitas mesin *Ball Tea*. Apabila nilai OEE berada di bawah standar industri, maka hal tersebut mengindikasikan adanya *losses* seperti *downtime* tinggi, kecepatan produksi yang tidak optimal, atau tingkat cacat produk yang signifikan. Sebaliknya, nilai OEE yang tinggi menunjukkan bahwa mesin beroperasi secara stabil dan mendekati kondisi ideal. Hal ini sejalan dengan penelitian AlfaretSCO Ramitsa & Dian Indrawati, (2025), yang menjelaskan bahwa rendahnya nilai OEE yang diperoleh menunjukkan adanya kerugian dalam proses operasional mesin yang memerlukan solusi yang efektif untuk menyelesaikan masalahnya.

Dengan demikian, kerangka pemikiran ini menunjukkan alur logis penelitian yang dimulai dari proses produksi, pengukuran efektivitas mesin melalui OEE, analisis komponen *availability*, *performance*, dan *quality*, perhitungan nilai OEE, analisis *Six Big Losses*, interpretasi hasil, hingga rekomendasi peningkatan kinerja. Struktur ini memperkuat konsistensi metodologis penelitian kuantitatif deskriptif karena menegaskan bahwa analisis berfokus pada pengukuran objektif terhadap satu variabel utama tanpa menguji hubungan sebab-akibat.