

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 *Lean Manufacturing*

Lean Manufacturing merupakan suatu filosofi manajemen produksi yang berorientasi pada penciptaan nilai tambah (*value creation*) dengan cara menghilangkan seluruh bentuk pemborosan (*waste*) dalam proses produksi. Konsep ini menekankan bahwa setiap aktivitas yang tidak memberikan kontribusi langsung terhadap nilai produk akhir harus diidentifikasi dan dihapus dari sistem. Lean tidak hanya berbicara tentang efisiensi, tetapi juga tentang pembentukan budaya kerja yang menumbuhkan kesadaran terhadap pentingnya peningkatan berkelanjutan di seluruh lini organisasi. Filosofi ini menempatkan pelanggan sebagai pusat dari setiap aktivitas produksi, di mana nilai didefinisikan dari perspektif kebutuhan dan harapan pelanggan.

Konsep *Lean Manufacturing* pertama kali dikembangkan oleh Toyota Motor Corporation melalui sistem produksi yang dikenal sebagai *Toyota Production System* (TPS). Sistem ini dikembangkan pasca Perang Dunia II oleh Taiichi Ohno dan Eiji Toyoda sebagai respon terhadap keterbatasan sumber daya dan kebutuhan untuk meningkatkan efisiensi dalam industri otomotif Jepang. Keberhasilan TPS dalam meningkatkan efisiensi, mengurangi pemborosan, dan menjaga kualitas produk menjadikannya model produksi yang kemudian diadopsi secara luas di berbagai sektor industri global. Saat ini, prinsip Lean telah diterapkan tidak hanya di manufaktur otomotif, tetapi juga di industri farmasi, elektronik, layanan kesehatan, dan logistik. Tujuan utama dari *Lean* adalah untuk menciptakan proses yang efisien, fleksibel, dan responsif terhadap perubahan

permintaan pasar dengan tetap mempertahankan standar kualitas tinggi dan biaya yang kompetitif (Komariah, 2022).

2.1.1 Prinsip Dasar *Lean Manufacturing*

Menurut Womack dan Jones (Wahyudi, 2023), terdapat lima prinsip utama yang menjadi fondasi implementasi *Lean Manufacturing* :

1. *Value* (Nilai)

mendefinisikan nilai dari perspektif pelanggan. Nilai dianggap sebagai segala aktivitas yang memberikan manfaat nyata terhadap produk yang dihasilkan. Aktivitas yang tidak menambah nilai, seperti waktu tunggu, transportasi berlebih, atau proses yang tidak efisien, harus diidentifikasi dan dieliminasi. Dengan memahami nilai dari sisi pelanggan, perusahaan dapat mengarahkan sumber daya hanya pada aktivitas yang benar-benar memberikan kontribusi.

2. *Value Stream* (Aliran Nilai)

tahapan untuk mengidentifikasi seluruh rangkaian aktivitas yang menciptakan nilai bagi pelanggan. Melalui teknik *Value Stream Mapping* (VSM), perusahaan dapat memetakan aliran proses secara menyeluruh, mulai dari penerimaan bahan baku hingga pengiriman produk akhir. Pemetaan ini membantu perusahaan membedakan antara aktivitas *value-added* dan *non-value-added*, sehingga memudahkan dalam menentukan area yang harus diperbaiki.

3. *Flow* (Aliran Proses)

Berfokus pada upaya menciptakan aliran kerja yang lancar tanpa hambatan atau penundaan. Setelah aktivitas *non-value-added*

dihilangkan, proses produksi harus dirancang agar *material* dan informasi dapat bergerak secara berkelanjutan. Aliran proses yang baik akan memperpendek waktu siklus (*Cycle time*), mengurangi waktu tunggu, dan meningkatkan produktivitas keseluruhan.

4. Pull (Tarikan Permintaan)

prinsip produksi berdasarkan permintaan aktual pelanggan, bukan perkiraan. Sistem *pull* mendorong produksi hanya ketika dibutuhkan, sehingga mengurangi risiko *overproduction* dan kelebihan stok, dua sumber pemborosan utama dalam sistem produksi tradisional.

5. Perfection (Kesempurnaan)

menekankan pentingnya komitmen terhadap *continuous improvement*. Prinsip ini dikenal dengan istilah *Kaizen*, yaitu filosofi perbaikan kecil yang dilakukan secara terus-menerus oleh seluruh karyawan di semua level organisasi. Dengan menerapkan prinsip ini, perusahaan didorong untuk mencapai kondisi operasi yang semakin mendekati kesempurnaan dalam hal efisiensi, kualitas, dan keandalan proses (Wahyudi, 2023)

2.1.2 Tujuan Lean Menghilangkan Pemborosan (*Waste Elimination*)

Lean Manufacturing secara fundamental berfokus pada eliminasi tiga bentuk pemborosan utama yang dikenal dengan konsep 3M: Muda, Mura, dan Muri (Ramadhani, 2022).

1. Muda (Pemborosan yang Tidak Memberikan Nilai Tambah)

Muda merupakan segala bentuk aktivitas, proses, atau penggunaan sumber daya yang tidak memberikan nilai tambah (*non-value added activities*) terhadap produk dari sudut pandang pelanggan. Artinya,

kegiatan tersebut menghabiskan waktu, tenaga, atau biaya, tetapi tidak meningkatkan kualitas maupun fungsi produk akhir.

Menurut Toyota *Production System* (TPS), terdapat tujuh jenis Muda , yaitu:

- a. *Overproduction* – Produksi melebihi kebutuhan aktual, menyebabkan penumpukan stok dan biaya penyimpanan tinggi.
- b. *Waiting* – Waktu tunggu akibat keterlambatan proses, peralatan rusak, atau menunggu bahan/tenaga kerja.
- c. *Transportation* – Perpindahan bahan atau produk yang tidak diperlukan, menambah waktu tanpa menambah nilai.
- d. *OverProcessing* – Proses berlebihan, misalnya pemeriksaan berulang atau penggunaan alat yang tidak efisien.
- e. *Inventory* – Stok bahan baku, barang setengah jadi, atau produk jadi yang menumpuk karena sistem *push*.
- f. *Motion* – Gerakan operator yang tidak efisien, seperti berjalan terlalu jauh atau mencari alat kerja.
- g. *Defect* – Produk cacat yang memerlukan rework atau dibuang, menyebabkan kehilangan waktu dan biaya.

2. Mura (Ketidakteraturan atau Variasi Proses)

Mura berarti *unevenness* atau ketidakteraturan dalam aliran proses produksi, baik dalam hal waktu, volume, maupun beban kerja. Variasi ini menyebabkan proses menjadi tidak seimbang dan menciptakan inefisiensi yang memengaruhi keseluruhan performa sistem.

Contoh Mura dapat berupa:

- a. Fluktuasi permintaan produksi yang tidak diantisipasi dengan baik sehingga mesin bekerja secara tidak konsisten.
- b. Ketidakseimbangan antara satu stasiun kerja dengan stasiun lainnya (misalnya bagian pengisian lebih cepat dari bagian pengemasan).
- c. Variasi waktu *setup* antar produk atau *Batch* yang menyebabkan keterlambatan jadwal produksi.

3. Muri (Beban Berlebihan pada Manusia atau Mesin)

Muri mengacu pada *overburden* atau kondisi ketika pekerja, mesin, maupun peralatan diberi beban kerja yang melampaui kapasitas idealnya. Kondisi ini sering muncul karena perencanaan produksi yang tidak realistis, sistem kerja yang tidak ergonomis, atau kurangnya pemeliharaan mesin.

Contoh Muri di industri manufaktur termasuk:

- a. Operator harus bekerja terlalu lama tanpa istirahat yang cukup.
- b. Mesin dipaksa beroperasi terus-menerus tanpa jadwal *maintenance* teratur.
- c. Proses *setup* atau penggantian komponen dilakukan dengan tekanan waktu yang tinggi.

2.1.3 Tools Utama *Lean Manufacturing*

Dalam konteks penelitian ini, beberapa alat (*tools*) Lean yang relevan untuk peningkatan efektivitas mesin meliputi 5S, Kaizen, TPM, *Pareto Chart* dan *Fishbone Diagram*.

1. 5S (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke)

5S merupakan pondasi utama dari penerapan *Lean* yang bertujuan menciptakan lingkungan kerja yang bersih, efisien, dan teratur.

- a. Seiri (*Sort*): Mengelompokkan dan menyingkirkan barang yang tidak diperlukan di area kerja.
- b. Seiton (*Set in Order*): Menata peralatan dan *material* agar mudah ditemukan dan digunakan.
- c. Seiso (*Shine*): Menjaga kebersihan mesin dan area kerja secara rutin.
- d. Seiketsu (*Standardize*): Menetapkan standar operasional dan visual management untuk menjaga konsistensi.
- e. Shitsuke (*Sustain*): Menumbuhkan disiplin agar budaya kerja efisien dapat dipertahankan jangka panjang.

2. Kaizen (*Continuous Improvement*)

Kaizen berarti “perbaikan berkelanjutan” yang dilakukan secara kolektif dan terus-menerus. Penerapan Kaizen melibatkan semua pihak, mulai dari operator hingga manajemen, dalam mengidentifikasi peluang perbaikan di area kerja. Melalui kegiatan seperti *small group discussion* atau *gemba kaizen*, operator diberikan ruang untuk menyampaikan ide-ide peningkatan efisiensi dan pengurangan *defect*. Hasil implementasi Kaizen di berbagai industri manufaktur menunjukkan penurunan *minor stoppage* dan *defect rate* yang signifikan, yang secara langsung berdampak positif pada *performance* dan *quality* mesin.

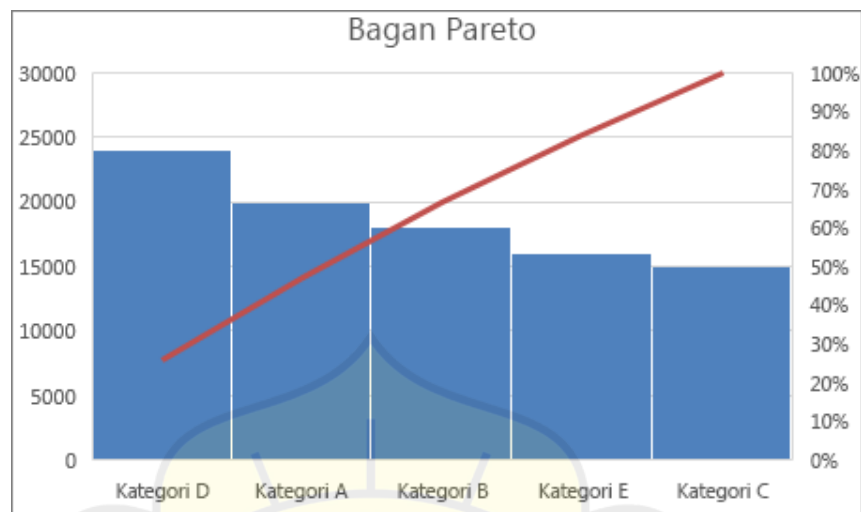
3. TPM (*Total Productive Maintenance*)

TPM merupakan pendekatan pemeliharaan yang menekankan keterlibatan penuh seluruh karyawan untuk menjaga performa mesin agar tetap dalam kondisi optimal. TPM memiliki beberapa pilar utama, di antaranya *Autonomous Maintenance*, *Planned Maintenance*, dan *Quality Maintenance*. Melalui penerapan TPM, perusahaan dapat menekan frekuensi kerusakan mesin (*breakdown*), memperpanjang umur peralatan, dan meningkatkan *availability* mesin. Studi (Dahda, 2022) menegaskan bahwa TPM berkontribusi signifikan dalam menurunkan *downtime* hingga 25% dan meningkatkan nilai OEE secara konsisten.

4. Pareto Diagram

Pareto Chart membantu menentukan prioritas masalah yang perlu segera ditangani dengan prinsip 80/20, yaitu bahwa 80% masalah biasanya disebabkan oleh 20% penyebab utama. Penggunaan Pareto memungkinkan manajemen untuk memfokuskan sumber daya pada area yang memberikan dampak terbesar terhadap peningkatan efektivitas dan nilai OEE (Wahyudi, 2023). Manfaat dari penggunaan diagram pareto antara lain:

1. Menentukan prioritas masalah utama yang memberikan dampak terbesar terhadap kinerja sistem.
2. Mengarahkan tim perbaikan agar fokus pada penyebab yang memiliki kontribusi terbesar terhadap total kerugian.
3. Menjadi dasar untuk analisis *root cause* lebih lanjut menggunakan *Fishbone Diagram*.
4. Mengevaluasi hasil perbaikan dari waktu ke waktu secara visual.



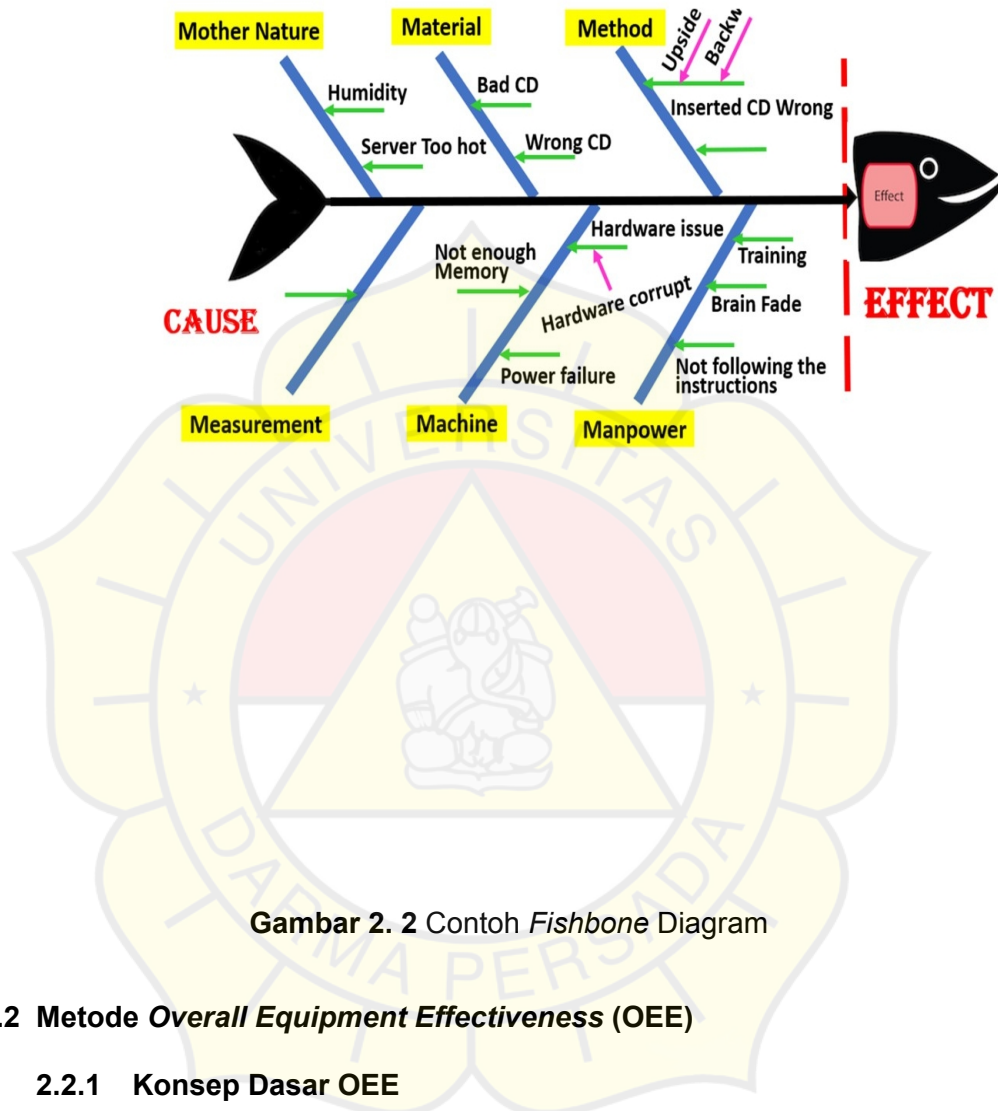
Gambar 2. 1 Contoh Pareto Diagram

5. *Fishbone* Diagram (Diagram Tulang Ikan)

Fishbone Diagram atau dikenal juga dengan nama Ishikawa Diagram merupakan salah satu alat analisis kualitas yang digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab (*root cause*) dari suatu permasalahan secara sistematis. Diagram ini pertama kali diperkenalkan oleh Kaoru Ishikawa pada tahun 1968 di Jepang, dan hingga kini menjadi salah satu alat utama dalam penerapan *Quality Control* dan *Lean Manufacturing*. Menurut (Gaspersz, 2019), tujuan utama penggunaan *Fishbone* Diagram adalah untuk:

1. Mengidentifikasi dan mengelompokkan semua kemungkinan penyebab dari suatu masalah.
2. Menunjukkan hubungan sebab-akibat antara variabel proses dan hasil yang diamati.
3. Membantu tim kerja (QCC, TPM, *Lean Team*) dalam menemukan akar masalah yang paling dominan.

4. Menjadi dasar dalam penyusunan tindakan korektif (*improvement action*) melalui pendekatan *Kaizen* atau *Continuous Improvement*.



Gambar 2. 2 Contoh Fishbone Diagram

2.2 Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE)

2.2.1 Konsep Dasar OEE

Overall Equipment Effectiveness (OEE) merupakan suatu metode pengukuran kinerja mesin yang dikembangkan oleh Seiichi Nakajima (1988) dalam kerangka *Total Productive Maintenance (TPM)* untuk menilai sejauh mana mesin atau peralatan produksi digunakan secara efektif. OEE digunakan sebagai indikator menyeluruh yang mencerminkan kondisi aktual

dari efektivitas mesin, dengan mempertimbangkan aspek ketersediaan waktu operasi, performa kecepatan, dan mutu produk yang dihasilkan.

Metode OEE membantu perusahaan mengidentifikasi sumber kehilangan produktivitas (*Losses*) yang tersembunyi di dalam proses produksi, serta memberikan dasar kuantitatif untuk perbaikan berkelanjutan (*continuous improvement*). Dengan mengukur ketiga komponen utama *availability*, *performance*, dan *quality*. OEE memberikan gambaran komprehensif mengenai seberapa efektif mesin digunakan dalam menghasilkan produk sesuai target, waktu, dan kualitas yang ditentukan.

2.2.2 Komponen-Komponen OEE

Tabel 2. 1 Komponen OEE

Komponen	Definisi	Indikator / Dimensi
Availability (A)	Menggambarkan proporsi waktu mesin benar-benar beroperasi dibandingkan dengan waktu yang dijadwalkan untuk beroperasi. Ketersediaan mesin menurun apabila terjadi <i>Downtime</i> karena kerusakan (<i>Breakdown</i>), <i>setup</i> , atau kegiatan <i>Maintenance</i> .	- Rumus: (Waktu produksi dijadwalkan – <i>Downtime</i>) / Waktu produksi dijadwalkan - Jumlah kejadian <i>Breakdown</i> , <i>setup</i> , <i>Maintenance</i> - Durasi total <i>Downtime</i>
Performance (P)	Menunjukkan kecepatan aktual mesin dibandingkan dengan kecepatan ideal atau teoritis yang seharusnya. Performa	- Rumus: Output aktual per unit waktu / Output ideal - Selisih antara kecepatan aktual dan kecepatan

	menurun apabila mesin berjalan lebih lambat dari kapasitas ideal akibat <i>Speed Loss, minor stoppages</i> , atau ketidakseimbangan <i>material</i> .	teoritis - <i>Idling</i> atau <i>minor stoppages</i>
Quality (Q)	Menggambarkan persentase produk yang memenuhi spesifikasi kualitas dibandingkan dengan total produk yang dihasilkan. Komponen ini menilai kemampuan mesin dan proses untuk menghasilkan produk yang sesuai standar tanpa cacat.	- Rumus: Jumlah produk baik / Total produk - Jumlah produk <i>reject</i> atau <i>rework</i> - Jenis dan penyebab <i>Defect</i>

Ketiga komponen tersebut saling berhubungan dan memberikan pandangan menyeluruh tentang efektivitas sistem produksi. Jika salah satu komponen rendah, maka nilai OEE secara keseluruhan akan menurun secara signifikan. Misalnya, meskipun kualitas produk tinggi, jika *Downtime* sering terjadi atau mesin berjalan lambat, efektivitas total tetap akan rendah.

2.2.3 Rumus Perhitungan OEE

Perhitungan nilai Overall Equipment Effectiveness (OEE) didasarkan pada tiga komponen utama yang merepresentasikan kinerja mesin secara komprehensif. Ketiga komponen tersebut dihitung melalui persamaan berikut:

1. *Availability (Ketersediaan Mesin)*

Menunjukkan seberapa besar proporsi waktu mesin benar-benar beroperasi dibandingkan dengan waktu yang dijadwalkan

$$\text{Operating Time} = \text{loading time} - \text{Downtime}$$

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

Keterangan:

Loading Time = Waktu total produksi yang dijadwalkan

Operating Time = *Loading Time* – *Downtime* (karena *Breakdown*, *setup*, *Maintenance*, dll.)

2. **Performance (Kinerja Mesin)**

Menunjukkan tingkat kecepatan mesin dibandingkan dengan kecepatan idealnya.

$$\text{Performance} = \frac{\text{Ideal Cycle Time} \times \text{Total Pieces}}{\text{Operating Time}} \times 100\%$$

Keterangan:

Ideal Cycle Time = Waktu ideal untuk memproduksi satu unit produk

Total Pieces = Jumlah total produk yang dihasilkan (baik dan cacat)

Operating Time = *Planned Production Time* – *Downtime* (karena *Breakdown*, *setup*, *Maintenance*, dll.)

3. **Quality (Kualitas Produksi)**

Menunjukkan proporsi produk baik (*Good products*) terhadap total produk yang dihasilkan.

$$\text{Quality} = \frac{\text{Good Pieces}}{\text{Total Pieces}} \times 100\%$$

Keterangan:

Good Pieces = Jumlah produk yang memenuhi spesifikasi

Total Pieces = Semua produk yang dihasilkan, termasuk yang cacat

Secara matematis, nilai *Overall Equipment Effectiveness* dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$OEE = Availability \times Performance \times Quality$$

Nilai ini menunjukkan bahwa mesin beroperasi dengan efektivitas sebesar 85% dari potensi maksimumnya. Dengan demikian, sekitar 15% waktu produksi hilang akibat berbagai *Losses* seperti *Downtime*, kecepatan rendah, atau cacat produk.

Menurut Japan *Institute of Plant Maintenance* (JIPM, 1999), standar *world class* untuk OEE adalah sekitar 85% atau lebih. Nilai tersebut dianggap sebagai acuan industri internasional bagi perusahaan yang telah menerapkan sistem *Total Productive Maintenance (TPM)* secara efektif. Komposisi ideal untuk masing-masing komponen adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 2 Tabel Indeks JIPM TPM

JIPM	Standard
<i>Availability</i>	≥ 90%
<i>Performance Efficiency (PE)</i>	≥ 95%
<i>Rate of Quality Product (RQ)</i>	≥ 99%
<i>Overall Equipment Effectiveness (OEE)</i>	≥ 85%

Jika dikalikan, ketiga nilai tersebut menghasilkan OEE total sekitar 85–90%, yang dianggap mencerminkan tingkat efektivitas mesin kelas dunia (*world class manufacturing*).

Tabel berikut menunjukkan kategori umum penilaian efektivitas mesin berdasarkan nilai OEE:

Tabel 2. 3 Tabel penilaian OEE

Rentang OEE (%)	Kategori	Interpretasi Umum
< 40%	Rendah	Banyak kehilangan waktu dan potensi perbaikan besar
40–60%	Cukup	Operasi stabil tetapi masih banyak <i>Downtime</i> dan kecepatan rendah
60–75%	Baik	Efisiensi meningkat, namun masih terdapat potensi <i>improvement</i>
75–85%	Sangat Baik	Efektivitas tinggi dan proses relatif stabil
≥ 85%	<i>World Class</i>	Efektivitas mesin sangat optimal, mendekati kinerja ideal

2.2.4 Six Big Losses

Tingkat efisiensi mesin atau peralatan yang rendah, sebagaimana dikemukakan oleh Denso (Denso, 2006), dipengaruhi oleh enam kategori kerugian utama yang dikenal dengan konsep *Six Big Losses*. Keenam jenis kerugian tersebut merepresentasikan sumber-sumber utama penurunan kinerja peralatan dalam proses produksi. Adapun uraian mengenai masing-masing jenis *Six Big Losses* disajikan sebagai berikut:

1. Breakdown Loss

Kerugian yang timbul akibat terjadinya kerusakan mesin pada saat proses produksi berlangsung, kerusakan tersebut menyebabkan terhentinya aktivitas produksi sehingga waktu operasi yang seharusnya dimanfaatkan menjadi tidak optimal. Untuk menentukan besarnya persentase kerugian yang disebabkan oleh kerusakan mesin, digunakan persamaan perhitungan sebagai berikut:

$$Breakdown = \frac{Total\ Breakdown\ Time}{Loading\ Time} \times 100\%$$

2. *Setup and Adjustment Loss*

Kerugian yang muncul akibat lamanya waktu *dandori* mesin, ketidaksiapan material produksi, keterbatasan tenaga kerja yang mengoperasikan mesin, kondisi tersebut menyebabkan terjadinya waktu henti yang seharusnya dapat dimanfaatkan untuk kegiatan produksi. Untuk menentukan besarnya persentase kerugian yang disebabkan oleh *setup and adjustment*, digunakan persamaan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Setup / Adjustment} = \frac{\text{Total setup/adjustment Time}}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

3. *Idling and Minor Stoppages*

Kerugian yang terjadi akibat mesin mengalami penghentian sementara dengan durasi tidak lebih dari lima menit. Kondisi ini umumnya disebabkan oleh berbagai faktor, seperti kebutuhan pembersihan mesin, keterlambatan atau hambatan dalam pengiriman material produksi, serta gangguan operasional lainnya yang bersifat singkat namun berulang. Untuk menghitung besarnya persentase kerugian yang disebabkan oleh *idling and minor stoppages*, digunakan rumus perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Idling and Minor Stoppages} = \frac{\text{Small stops}}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

4. *Reduced Speed Loss*

Kerugian yang muncul akibat terjadinya penurunan kecepatan produksi dibandingkan dengan kecepatan ideal yang telah ditetapkan. Kondisi ini

menyebabkan output yang dihasilkan tidak mencapai kapasitas optimal mesin meskipun waktu operasi tersedia. Untuk menentukan besarnya persentase kerugian yang disebabkan oleh *reduced speed*, digunakan rumus perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Reduced speed loss} = \frac{\text{Operation time} - (\text{ideal cycle time} \times \text{result processed})}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

5. Defect Loss

Kerugian yang timbul akibat adanya produk *NG (Not Good)* atau cacat selama proses produksi berlangsung. Untuk menentukan besarnya persentase kerugian yang disebabkan oleh *defect*, digunakan rumus perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Defect} = \frac{\text{Jumlah produk NG} \times \text{Cycle Time}}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

6. Startup Loss

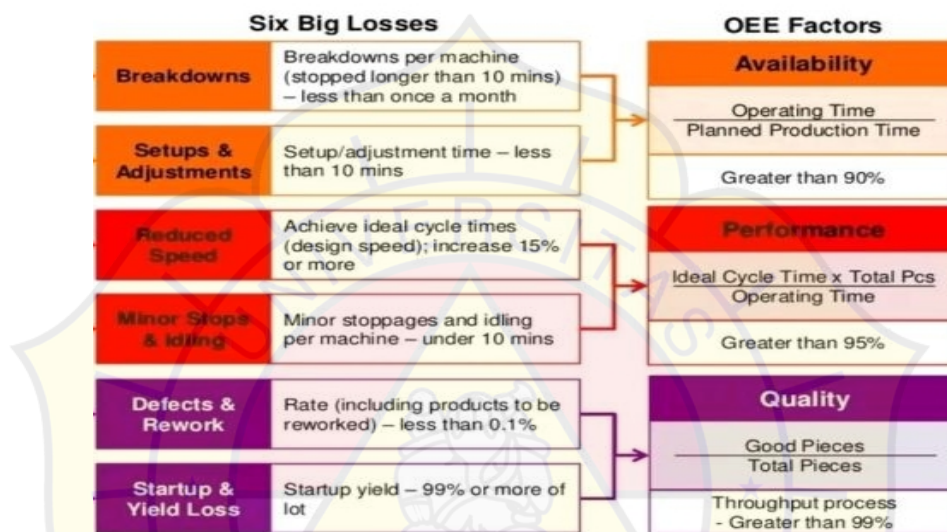
Kerugian yang terjadi pada fase awal proses produksi, di mana masih ditemukan produk *scrap* atau *reject*. Kondisi ini umumnya disebabkan oleh ketidaksempurnaan pengaturan awal (*dandori*) mesin sehingga hasil produksi belum sepenuhnya memenuhi standar kualitas yang ditetapkan. Untuk mengetahui besarnya persentase kerugian yang disebabkan oleh *startup loss*, digunakan rumus perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Startup Loss} = \frac{\text{Ideal cycle time} \times \text{scrap}}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

2.2.5 Keterkaitan Six Big Losses dengan OEE

Six Big Losses merupakan enam jenis kerugian utama dalam sistem produksi yang menyebabkan penurunan efektivitas mesin. Konsep ini

dikembangkan sebagai kerangka praktis untuk mengidentifikasi sumber utama ketidakefisienan operasional dan diklasifikasikan berdasarkan dampaknya terhadap komponen OEE.



Gambar 2.3 Equipment Losses & OEE

Berdasarkan gambar 2.3 *Six Big Losses* memiliki hubungan struktural langsung dengan tiga komponen OEE, sehingga memungkinkan proses diagnostik yang objektif terhadap sumber penurunan efektivitas mesin. Hubungan ini dijelaskan sebagai berikut:

1. *Six Big Losses* terhadap *Availability*

Availability dipengaruhi oleh kehilangan waktu produksi yang bersifat menghentikan operasi mesin, baik secara terencana maupun tidak terencana. Dua jenis *losses* yang berkontribusi langsung terhadap *availability* adalah *breakdown losses* dan *setup and adjustment losses*

2. *Six Big Losses* terhadap *Performance*

Performance mengukur kesesuaian antara kecepatan aktual mesin dengan kecepatan idealnya. Dua jenis *losses* yang memengaruhi *performance* adalah *idling and minor stoppages* dan *reduced speed losses*.

3. Six Big Losses terhadap Quality

Quality merepresentasikan proporsi produk yang memenuhi spesifikasi terhadap total output produksi. Dua jenis *losses* yang memengaruhi *quality* adalah *defect losses* dan *startup losses*.

2.3 Efektivitas dan Efisiensi Mesin

Efektivitas mesin menggambarkan sejauh mana suatu mesin mampu menjalankan fungsinya sesuai dengan tujuan operasional yang telah ditetapkan, yaitu menghasilkan produk dengan jumlah, kualitas, dan waktu produksi yang sesuai target. Menurut (Nakajima, 1988), efektivitas mesin adalah ukuran kemampuan mesin dalam menjalankan perannya untuk memproduksi barang sesuai spesifikasi, dengan meminimalkan kehilangan waktu akibat *Downtime*, *setup*, dan kegagalan kualitas. Dengan kata lain, mesin dikatakan efektif apabila mampu beroperasi dengan reliabilitas tinggi dan memberikan hasil sesuai standar produktivitas yang diharapkan.

Efektivitas juga erat kaitannya dengan *availability* mesin, di mana setiap gangguan operasi — baik yang direncanakan seperti perawatan rutin maupun yang tidak direncanakan seperti kerusakan — akan mengurangi waktu efektif produksi. Dalam konteks manajemen perawatan (*maintenance management*), efektivitas mencerminkan sejauh mana perawatan mesin mampu menjaga kestabilan operasi dan mencegah gangguan yang menyebabkan penurunan kapasitas produksi.

Efisiensi mesin berfokus pada seberapa optimal mesin menggunakan sumber daya yang tersedia waktu, energi, tenaga kerja, dan bahan baku untuk menghasilkan output yang maksimal. Menurut (Heizer, 2017), efisiensi adalah rasio antara output aktual terhadap output ideal yang dapat dicapai dengan sumber daya yang sama. Mesin yang efisien tidak hanya beroperasi tanpa waktu menganggur (*idle time*), tetapi juga bekerja mendekati kecepatan ideal (*ideal Cycle time*) dan menghasilkan produk berkualitas tinggi tanpa pemborosan energi maupun *material*.

Dengan demikian, efisiensi mesin menekankan pada upaya pengurangan berbagai bentuk *losses*, baik yang bersifat mekanis maupun non-mekanis. *Speed Loss* (penurunan kecepatan operasi), *minor stoppages* (gangguan kecil), dan *Defect Loss* (produk gagal) merupakan penyebab umum rendahnya efisiensi. Dalam praktiknya, peningkatan efisiensi tidak hanya bergantung pada performa teknis mesin, tetapi juga pada faktor manusia, metode kerja, dan pengelolaan perawatan (*maintenance management*).

2.3.1 Kaitan Efektivitas dan Efisiensi dengan OEE

Efektivitas dan efisiensi mesin memiliki keterkaitan erat dalam kerangka *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*. Metode OEE yang diperkenalkan oleh (Nakajima, 1988) dalam konsep *Total Productive Maintenance (TPM)* mengukur efektivitas mesin berdasarkan tiga komponen utama, yaitu:

1. *Availability* (Ketersediaan Mesin) — merepresentasikan efektivitas waktu operasi mesin dengan membandingkan antara waktu operasi aktual dengan waktu produksi yang direncanakan. Semakin tinggi *availability*,

semakin efektif mesin dalam menghindari kehilangan waktu akibat *Downtime*.

2. *Performance Rate* (Kinerja Kecepatan Mesin) — menggambarkan efisiensi dalam penggunaan waktu produksi. Semakin mendekati kecepatan ideal mesin, semakin efisien penggunaan energi, waktu, dan kapasitas produksi.
3. *Quality Rate* (Kualitas Produk) — menunjukkan efektivitas mesin dalam menghasilkan produk sesuai spesifikasi tanpa cacat atau *rework*.

Sementara efisiensi tercermin terutama dalam *performance rate* dan *availability*, karena keduanya berhubungan dengan kecepatan operasi, waktu pemanfaatan mesin, serta minimnya *losses*. Efisiensi yang tinggi menandakan bahwa mesin dapat menghasilkan output mendekati kapasitas idealnya dengan pemborosan yang minimal.

Nilai komponen *availability*, *performance*, dan *quality* akan menjadi dasar analisis dalam menentukan tingkat efisiensi dan mengidentifikasi sumber utama kehilangan produktivitas (*losses*). Hasil pengukuran ini diharapkan dapat memberikan pemahaman empiris mengenai kondisi aktual mesin, sekaligus menjadi dasar dalam perancangan strategi peningkatan kinerja mesin menuju standar *world class OEE* sebesar 85%.

2.4 Penelitian Terdahulu

Berikut adalah tabel yang memuat 5 jurnal atau artikel ilmiah yang relevan dengan penelitian pada studi kasus di PT. FARATU :

Tabel 2. 4 Tabel Penelitian Terdahulu

No	Peneliti & Tahun	Judul	Tujuan	Metode	Hasil Utama
1	Siregar, Suwardiyanto & Umar (2020)	Analisis Perhitungan OEE dan Menentukan <i>Six Big Losses</i> pada Mesin Spot Welding Tipe X (Jurnal JIES) (Ejurnal Ubharajaya)	Mengetahui nilai OEE mesin spot-welding dan mengidentifikasi faktor <i>Loss</i> utama.	Kuantitatif; perhitungan OEE + identifikasi <i>Six Big Losses</i> .	OEE = 70,861% ; factor terbesar adalah <i>quality/rework Loss</i> .
2	Wijaya, Hartanti & Mulyono (2022)	Pengukuran Kinerja Mesin Cetak Menggunakan Metode OEE untuk Mengurangi <i>Six Big Losses</i> (Jurnal Tekno Insentif) (jurnal.ildikti4.or.id)	Mengukur kinerja mesin cetak dan menentukan factor penyebab <i>Losses</i> menggunakan AHP.	Kuantitatif; OEE + <i>Six Big Losses</i> + AHP.	OEE hanya 37,5% (sangat rendah); faktor utama kegagalan: SDM > mesin > metode > <i>material</i> > lingkungan.
3	Ibrahim et al. (2022)	Implementasi Metode OEE Berbasis <i>Six Big Losses</i> untuk Mengevaluasi Efektivitas Mesin Cetak Flexo (Prosiding SENASTITAN) (e-Journal ITATS)	Menilai efektivitas mesin cetak flexo dengan OEE & <i>Six Big Losses</i> .	Kuantitatif; OEE + analisis <i>Losses</i> .	OEE rata-rata 61,63%; <i>Losses</i> terbesar: <i>setup</i> & <i>adjustment</i> (24,708%) & <i>idling/minor stoppages</i> (8,543%).

4	Ramadhan & Praptiwi (2023)	Analisis OEE dan <i>Six Big Losses</i> pada Mesin KBA 2 Straight 105 di PT FARATU (Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Elektro dan Komputer) (Journal Center)	Mengevaluasi kinerja mesin cetak di industri dan identifikasi <i>Loss</i> utama.	Kuantitatif; OEE + <i>Six Big Losses</i> .	OEE = 70,58%; <i>performance rate</i> hanya 85,33%; <i>Losses</i> terbesar: <i>idling & minor stoppages</i> (33,35%) dan <i>Reduced Speed</i> (12,30%).
5	Anwar, Syukriah & Muslem (2024)	Analisis OEE dalam Meminimalisir <i>Six Big Losses</i> pada Mesin Produksi di UD Hidup Baru (Malikussaleh Engineering Journal) (Open Journal Unimal)	Analisis efektivitas mesin dan bagaimana mengurangi <i>Losses</i> dalam industri minyak kelapa.	Kuantitatif; OEE + FMEA + <i>Six Big Losses</i> .	Nilai OEE tertinggi 58,35%; terendah 43,64%; signifikansi kerusakan mesin/presser tinggi.