

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Teori Dasar**

##### **2.1.1 Efektivitas**

Efektivitas dapat didefinisikan sebagai kesesuaian antara tingkat keefektifan suatu program atau kegiatan dengan tingkat kontribusi output terhadap pencapaian tujuan. Ini karena hubungan antara output dan tujuan didefinisikan sebagai tingkat keefektifan, di mana tingkat kontribusi *output* terhadap pencapaian tujuan lebih besar. antara pencapaian tujuan dan hasil yang diperoleh. Semakin sesuai dengan harapan output, semakin efektif (Umasugi et al., n.d.)

##### **2.1.2 *Cnc Plate Cutting***

*CNC plate cutting* merupakan teknologi yang memanfaatkan sistem pengontrol numerik komputer (*CNC*) untuk memotong bahan logam dengan menggunakan plasma. Proses ini melibatkan pemancaran gas inert atau gas campuran melalui nozzle yang terhubung dengan sumber listrik berdaya tinggi. Ketika gas tersebut dilewatkan melalui arus listrik yang tinggi, terjadi pembakaran yang menghasilkan plasma panas yang mampu memotong bahan logam dengan presisi tinggi. Keunggulan *CNC plate cutting* termasuk kecepatan, akurasi, dan kemampuan untuk memotong berbagai bentuk dan ketebalan material, menjadikannya pilihan utama dalam industri fabrikasi logam (Dafa Ashari et al., 2022a)

### 2.1.3 Metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

*Overall Equipment Effectiveness* (OEE) adalah cara untuk mengukur kinerja keseluruhan mesin produksi yang melibatkan mengukur efektivitas waktu, kinerja mesin, dan kualitas produk yang dihasilkan. Metode ini dipilih karena membantu program terus-menerus peningkatan perusahaan (Sirait, 2020).

OEE menggabungkan tiga faktor kunci: *availability*, *performance*, dan *quality*, untuk memberikan gambaran yang komprehensif tentang efektivitas peralatan (Musyafa'ah & Sofiana, 2022a).

#### 2.1.3.1 Perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

Formula matematis untuk OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) dirumuskan sebagai berikut:

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

#### **Rumus 2.1** *Overall Equipment Effectiveness*

Dalam rumus ini, ketersediaan, kinerja, dan kualitas masing-masing merupakan faktor yang penting dalam mengukur efektivitas keseluruhan peralatan produksi.

##### 1. *Availability*

*Availability* merupakan salah satu metrik penting dalam mengukur efektivitas peralatan produksi. Ini mengacu pada rasio antara waktu operasi aktual peralatan dengan total waktu yang tersedia untuk operasi, termasuk waktu beban atau *loading* (Sakti Mahardika & Naubnome, 2024) Rumus untuk menghitung *availability* adalah:

$$\text{Availability rate} = \frac{\text{operation time}}{\text{loading time}} \times 100 \%$$

### **Rumus 2.2** *Availability*

*Loading time* adalah waktu tersedia untuk operasi mesin dalam satu periode, dikurangi waktu downtime yang telah direncanakan sebelumnya.

Itu menunjukkan interval optimal untuk produksi yang tanpa gangguan.

Yang dimana :

$$\text{Operation time} = \text{loading time} - \text{downtime}$$

$$\text{Loading time} = \text{running time} - \text{planned downtime}$$

### 2. *Performance Rate*

*Performance Rate* adalah indikator kinerja yang digunakan untuk mengevaluasi sejauh mana mesin atau peralatan mencapai tingkat produktivitas yang diinginkan. Dalam konteks produksi, *Performance rate* mengukur rasio antara output aktual dan output yang diharapkan atau standar (Hutabarat & Muhsin, 2020a). Rumus umumnya adalah:

$$\text{Perfromance rate} = \frac{\text{Quantity product} \times \text{ideal cylce time}}{\text{Operation time}} \times 100 \%$$

### **Rumus 2.3** *Performance Rate*

Dengan memantau *Performance Rate*, perusahaan dapat mengidentifikasi sejauh mana produksi sesuai dengan target yang telah ditetapkan. Ratio yang tinggi menunjukkan kinerja yang baik, sementara ratio rendah menandakan adanya potensi untuk perbaikan dalam efisiensi dan produktivitas operasional. Evaluasi terus menerus terhadap

*Performance rate* membantu optimalisasi proses produksi (Hapid Maksum & Taufiq Rachmat, 2023a).

### 3. *Quality Rate*

*Quality Rate* adalah metrik yang digunakan untuk mengevaluasi kualitas produk yang dihasilkan oleh suatu proses produksi. Ini adalah rasio antara jumlah produk berkualitas dengan total produksi, biasanya diukur dalam persentase (Saharani & Sukanta, 2021). Rumus umumnya adalah:

$$\text{Quality rate} = \frac{\text{jumlah produksi} - \text{jumlah defect}}{\text{jumlah produksi}} \times 100 \%$$

#### **Rumus 2.4 *Quality Rate***

*Quality rate* memberikan wawasan tentang seberapa baik proses produksi dalam menghasilkan produk yang memenuhi standar kualitas yang ditetapkan. Semakin tinggi *Quality rate*, semakin tinggi pula tingkat kepuasan pelanggan dan reputasi merek yang dihasilkan (Gusniar & Sidik, 2022).

#### **2.1.4 *Six Big Loss***

*Six Big Losses* adalah konsep kritis dalam manajemen produksi yang mengidentifikasi enam kerugian utama yang dapat mempengaruhi efisiensi operasional. Adapun *six big losses* adalah sebagai berikut yang digolongkan menjadi 3 macam yaitu (Dwi Saputra et al., 2022).

##### 1. *Downtime Losses*

*Downtime Losses* mengacu pada waktu henti yang tidak direncanakan dari mesin atau peralatan dalam proses produksi. Kerugian ini

dapat disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk gangguan mesin, kegagalan peralatan, dan masalah teknis lainnya. Downtime Losses menyebabkan penurunan produktivitas, peningkatan biaya produksi, dan penundaan dalam pengiriman produk. Memantau dan mengurangi Downtime Losses menjadi fokus penting dalam manajemen operasional. Dengan memahami penyebab downtime dan mengambil langkah-langkah preventif untuk menguranginya, perusahaan dapat meningkatkan efisiensi operasional, mengoptimalkan waktu produksi, dan meningkatkan kepuasan pelanggan.

*a. Equipment failure losses*

*Equipment failure losses* mengacu pada waktu yang terbuang karena kegagalan atau kerusakan mesin selama proses produksi. Ini mencakup waktu yang hilang akibat gangguan operasional, perbaikan, atau penggantian komponen mesin yang rusak. Dalam konteks produksi, "*losses*" merujuk pada waktu yang tidak produktif dan dapat mengurangi efektivitas penggunaan mesin serta produktivitas keseluruhan operasi. Rumus umumnya adalah:

$$\text{Equipment failure} = \frac{\text{Total breakdown time}}{\text{Loading time}} \times 100\%$$

**Rumus 2.5** *Equipment failure losses*

*b. Set up and Adjustment Losses*

*Setup and adjustment losses* merujuk pada waktu yang hilang karena proses penyiapan dan penyesuaian mesin sebelum memulai produksi aktual. Rumus umumnya adalah:

$$\text{Set up and adjustment losses} = \frac{\text{Set up \& Adjustment}}{\text{Loading time}} \times 100\%$$

**Rumus 2.6** *Set up and Adjustment Losses*

2. *Speed Losses*

*Speed Losses* adalah salah satu dari *Six Big Losses* dalam manajemen produksi yang merujuk pada kerugian waktu yang terjadi ketika mesin beroperasi di bawah tingkat kecepatan yang diharapkan. Faktor-faktor seperti pengaturan yang tidak optimal, kerusakan mesin, atau perawatan yang tidak terjadwal dapat menyebabkan *Speed Loss*. Hal ini mengakibatkan penurunan produktivitas dan kinerja keseluruhan dalam proses produksi. Memahami penyebab *Speed Loss* dan mengambil tindakan untuk meminimalkannya menjadi kunci penting dalam meningkatkan efisiensi operasional dan memaksimalkan produktivitas mesin serta peralatan dalam lingkungan produksi. Kehilangan kecepatan termasuk dalam dua kelompok:

a. *Idle and minor stoppages losses*

*Idle and minor stoppages losses* adalah waktu yang terbuang karena mesin tidak beroperasi atau mengalami berhenti singkat yang tidak signifikan selama proses produksi. Rumus umumnya adalah:

*Idling and Minor Stoppages Losses*

$$= \frac{\text{Nonproductive time}}{\text{Loading time}} \times 100 \%$$

**Rumus 2.7** *Idle and minor stoppages losses*

Ada pun rumus yang dapat digunakan untuk menghitung jumlah waktu yang tidak produktif:

$$\text{Nonproductive time} = \text{Operation time} - \text{Actual production time}$$

**Rumus 2.8** *Nonproductive time*

Sebaliknya, nilai waktu produksi sebenarnya dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Actual production time} = \text{Operation time} - \text{Downtime}$$

**Rumus 2.9** *Actual production time*

b. *Reduced speed losses*

*Reduced speed losses* mengacu pada waktu yang terbuang akibat mesin beroperasi pada kecepatan yang lebih lambat dari yang seharusnya selama proses produksi. Rumus umumnya adalah:

$$= \frac{(\text{Actual cycle time} - \text{ideal cycle time}) \times \text{Target produksi}}{\text{Loading time}} \times 100\%$$

**Rumus 2.10** *Reduced speed losses*

Ada pun rumus yang dapat digunakan untuk menghitung waktu *actual* mesin beroperasi yang diperoleh dari perhitungan berikut:

$$\text{Actual cycle time} = \frac{\text{Operation time}}{\text{Output proses}}$$

**Rumus 2.11** *Actual cycle time*

3. *Defect Losses*

*Defect Losses* merujuk pada salah satu dari *Six Big Losses* dalam manajemen produksi, yang terjadi ketika produk yang dihasilkan tidak memenuhi standar kualitas yang ditetapkan. Hal ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk kesalahan proses produksi, peralatan yang rusak,

atau kurangnya pelatihan operator. *Defect Losses* menghasilkan biaya tambahan untuk perbaikan, pengujian ulang, dan penanganan produk cacat. Selain itu, mereka dapat menyebabkan kerugian reputasi perusahaan dan kehilangan pelanggan. Mengidentifikasi akar penyebab *Defect Losses* dan mengambil langkah-langkah untuk meminimalkannya menjadi penting dalam meningkatkan kualitas produk, meningkatkan kepuasan pelanggan, dan mempertahankan kepercayaan mereka (Akmal, n.d.-a). Dua jenis kerugian kualitas adalah:

a. *Defect losses*

Merujuk pada kerugian yang disebabkan oleh adanya cacat atau produk yang tidak memenuhi standar kualitas selama proses produksi. Rumus umumnya adalah:

$$Defect\ losses = \frac{ideal\ cycletime\ x\ rework}{Loading\ time} \times 100\%$$

**Rumus 2.12** *Defect losses*

b. *Reduced yield losses*

*Reduced yield losses* adalah kerugian yang terjadi karena hasil produksi yang kurang optimal atau rendah selama proses produksi (Susanto et al., 2022). Rumus umumnya adalah:

$$Reduce\ yield = \frac{ideal\ cycletime\ x\ scrap}{Loading\ time} \times 100\%$$

**Rumus 2.13** *Reduced yield losses*

#### ***2.1.4 Total Productive Maintenance***

*Total Productive Maintenance* (TPM) merupakan suatu sistem pemeliharaan mesin yang melibatkan semua elemen organisasi dalam upaya untuk meningkatkan efisiensi dan kinerja peralatan produksi (Delta et al., 2023). Dikembangkan sebagai bagian integral dari manajemen kualitas total, TPM tidak hanya berfokus pada perawatan mesin, tetapi juga mendorong partisipasi aktif dari seluruh tingkatan organisasi, mulai dari operator hingga manajemen puncak (Primula & Hamdy, 2023).

*Total Productive Maintenance* (TPM) memiliki fungsi utama untuk memelihara mesin dan peralatan agar selalu berada dalam kondisi prima. Total Productive Maintenance, terbentuk dari tiga kata pembentuk yang meliputi "*Total*", "*Productive*", dan "*Maintenance*".

##### *1. Total*

Mengacu pada keterlibatan menyeluruh dari semua level organisasi dalam memelihara peralatan produksi.

##### *2. Productive*

Menekankan pada upaya meningkatkan produktivitas melalui optimalisasi kinerja peralatan produksi. Ini melibatkan pemeliharaan yang terjadwal, pemeliharaan preventif, dan pengurangan waktu henti mesin.

##### *3. Maintenance*

Merujuk pada praktik perawatan yang terencana dan preventif terhadap peralatan produksi. Ini mencakup pemeliharaan rutin, inspeksi berkala, dan tindakan pencegahan untuk menjaga peralatan tetap beroperasi optimal,

meminimalkan gangguan produksi, dan meningkatkan umur pakai peralatan (Gianfranco et al., 2022b).

### **2.1.5 Perawatan *Maintenance***

#### **2.1.5.1 Pengertian *Maintenance***

Pemeliharaan atau *Maintenance* adalah kegiatan yang perlu dilakukan untuk menjaga dan memulihkan mesin serta peralatan kerja ke kondisi terbaik. Tujuan utamanya adalah memastikan bahwa semua peralatan beroperasi optimal agar produksi dapat berjalan lancar. Dalam konteks ini, pemeliharaan melibatkan tindakan pencegahan dan perbaikan guna memperpanjang umur mesin serta menghindari kegagalan yang tidak diinginkan. Dengan melakukan pemeliharaan secara teratur, dapat dihindari potensi kerusakan yang dapat mengganggu efisiensi produksi. Oleh karena itu, pemeliharaan merupakan strategi proaktif untuk memastikan kelancaran operasional dan kinerja optimal dari mesin dan peralatan kerja (Waluyo & Widyaningrum, n.d.-a).

#### **2.1.5.2 Tujuan Perawatan (*Maintenance*)**

TPM bertujuan untuk meningkatkan efektivitas manufaktur secara keseluruhan. Kerusakan mesin sering dan throughput di bawah standar akan berdampak buruk dan merugikan perusahaan karena lebih banyak jam kerja operator dan biaya operasional yang meningkat (Jurnal et al., 2022)

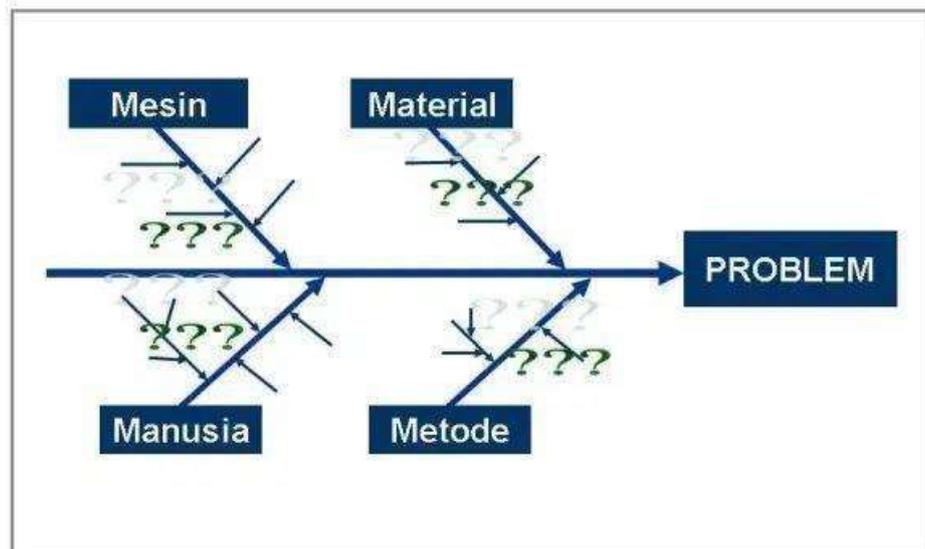
#### **2.1.5.3 Jenis Perawatan**

Secara umum, manfaat maintenance pada mesin tentunya untuk memperbaiki dan menambah usia pakai/keproduktivitasan sebuah unit mesin.

1. Memperpanjang daya guna sebuah aset mesin untuk menjaga kapasitas produksi dan kualitas input tetap terjaga.
2. Menjaga kualitas pada tingkat yang tepat untuk memenuhi kebutuhan produk dan menjaga kelancaran kegiatan produksi.
3. Mengurangi pemakaian dan penyimpangan yang diluar batas, serta menjaga modal yang diinvestasikan.
4. Menjaga biaya pemeliharaan serendah mungkin tanpa membahayakan keselamatan pekerja.
5. Menghindari kegiatan pemeliharaan yang membahayakan keselamatan pekerja.
6. Menjalin kerja sama erat dengan fungsi-fungsi utama lainnya dalam perusahaan untuk mencapai tujuan utama perusahaan, yaitu tingkat keuntungan yang optimal dan total biaya yang minimal.

### ***2.1.7 Fishbone Diagram***

Diagram sebab-akibat atau yang juga dikenal sebagai *fishbone diagram* merupakan alat analisis yang digunakan untuk menemukan dan menjelaskan komponen yang berkontribusi pada suatu masalah. Faktor-faktor yang relevan ditemukan melalui penguraian yang cermat, yang digunakan sebagai dasar untuk membuat program perbaikan. Sumber masalah dapat berupa manusia, material, mesin, metode, dan lingkungan. (Sibarani et al., 2020).



Gambar 2.1 Fishbone Diagram

### 2.1.8 Penerapan TPM dengan OEE

Pada penelitian yang dilakukan oleh Hadi Ariyah mengenai Penerapan Metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) Dalam Peningkatan Efisiensi Mesin Batching Plant (Studi Kasus: PT. Lutvindo Wijaya Perkasa) PT. Lutvindo Wijaya Perkasa adalah salah satu perusahaan dalam industri pembuatan. PT. Lutvindo Wijaya Perkasa memproduksi beton dan aspal. Perusahaan ini menghadapi masalah dengan kurangnya perawatan mesin, yang mengakibatkan banyaknya waktu tunggu yang menyebabkan mesin tidak bekerja dengan baik. *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) adalah nilai dari besarnya efektivitas yang dimiliki oleh sebuah peralatan atau mesin. Metode ini digunakan untuk melakukan penelitian.

Studi ini membahas penerapan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dalam meningkatkan efisiensi mesin *Batching Plant* di PT. Lutvindo Wijaya Perkasa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai OEE mesin *Batching Plant*

adalah 80,45%, sedangkan standar internasional adalah 85%. Faktor yang perlu diperbaiki adalah kinerja mesin dalam memproduksi beton. Metode penelitian meliputi studi literatur, pengumpulan data, pengolahan data, analisis, kesimpulan, dan saran. Tingkat ketersediaan, kinerja, dan kualitas mesin *Batching Plant* di PT. Lutvindo Wijaya Perkasa selama satu tahun terakhir adalah 94,60%, 80,45%, dan 95,68% secara berturut-turut. Nilai OEE rata-rata adalah 80,45%, di bawah standar internasional 85,40%. Perbaikan diperlukan untuk meningkatkan nilai OEE. Diagram *fishbone* menunjukkan faktor-faktor yang mempengaruhi rendahnya OEE, termasuk masalah mesin, manusia, metode, lingkungan, dan jadwal produksi. Nilai OEE mesin *Batching Plant* di PT. Lutvindo Wijaya Perkasa sebesar 80,45%, masih perlu diperbaiki karena masih di bawah standar internasional 85%. Kurangnya perawatan mesin menjadi penyebab rendahnya nilai OEE, dengan faktor *performance* menjadi prioritas perbaikan. Beberapa referensi terkait analisis OEE dan perawatan mesin juga disertakan dalam daftar Pustaka (Ariyah Jurusan Teknik Industri et al., 2022).

## **2.2 Penelitian Terdahulu**

Penelitian sebelumnya yang relevan dengan judul penelitian ini menjadi referensi dan panduan dalam penyusunan penelitian ini. dan tabel 2.2 menunjukkan sumber penelitian.

**Tabel 2.1** Penelitian Terdahulu

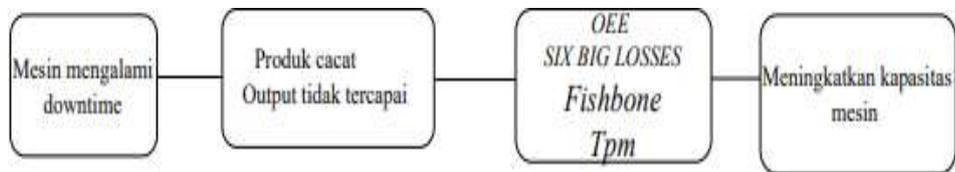
No	Judul Penelitian	Peneliti	Metodologi	Hasil Penelitian
1	Analisis kinerja mesin <i>Amg cnc plate cutting</i> menggunakan metode OEE ( <i>overall equipment effectiveness</i> )	(Dafa Ashari et al., 2022b)	<i>Overall Equipment Effectiveness (OEE) dan Six Big Losses</i>	Metode OEE ( <i>Overall Equipment Effectiveness</i> ) digunakan untuk mengevaluasi kinerja mesin pemotong plat CNC.
2	Analisis Efektivitas Mesin Shearing menggunakan Metode <i>Overall Equipment Effectiveness</i> pada PT. Anugrah Damai Mandiri	(Hapid Maksum & Taufiq Rachmat, 2023b)	<i>Overall Equipment Effectiveness (OEE)</i>	Nilai OEE yang rendah dapat disebabkan oleh ketersediaan yang kurang optimal. Sementara, performa adalah komponen yang berkontribusi pada peningkatan nilai OEE
3	Analisis pemeliharaan mesin <i>konecrane paper roll vacuum lifter</i> dengan metode <i>overall equipment effectiveness</i>	(Akmal, n.d.-b)	<i>Overall Equipment Effectiveness (OEE), six big loss</i>	Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai OEE mesin <i>Paper Roll Vacuum Lifter</i> melebihi rata-rata, dengan <i>Availability</i> mencapai 99,4594%, <i>Performance Efficiency</i> sebesar 99,8739%, dan <i>Rate Of Quality</i> sebesar 99,9937%, sehingga OEE mencapai 99,3277%. Mesin ini juga tidak mengalami kerugian karena <i>breakdown, rework, idle</i> , dan kerugian minor, hanya mengalami kerugian <i>yield</i> sebesar 0,062%, kerugian kecepatan reduksi sebesar 0,1876%, dan kerugian setup dan

No	Judul Penelitian	Peneliti	Metodologi	Hasil Penelitian
				penyesuaian sebesar 0,543%.
4	Analisis efektivitas mesin produksi <i>pulse tube filter</i> pada proses pengolahan <i>fatty acid hydrogenation</i> dengan menggunakan metode <i>overall equipment effectiveness</i> (OEE)	(Delta et al., 2023b)	<i>Overall Equipment Effectiveness (OEE), Six Big Losses</i>	Hasil perhitungan OEE mesin <i>Pulse Tube Filter</i> menunjukkan bahwa nilai <i>availability ratio</i> sesuai dengan standar OEE kelas dunia (90%), berkisar antara 96,56% hingga 97,96%. Ditemukan bahwa kerugian kecepatan reduksi memiliki tingkat persentase sebesar 41,66%.
5	Analisis Penerapan <i>Total Productive Maintenance</i> (TPM) Menggunakan Nilai <i>Overall Equipment Effectiveness</i> (OEE) dan <i>Six Big Losses</i> pada Mesin Disematik PT. XYZ	(Musyafa'ah & Sofiana, 2022b)	<i>OEE (Overall Equipment Effectiveness) dan Six Big Losses</i>	Pilar TPM seperti <i>autonomous maintenance</i> , pelatihan untuk operator, dan menjalankan <i>preventive maintenance</i> dengan benar. <i>Preventive maintenance</i> dapat mengurangi <i>downtime</i> , memaksimalkan sumber daya, mengurangi biaya perbaikan dan dapat memperpanjang umur mesin.
6	Perbaikan Sistem Perawatan Mesin Forming dengan Metode FMECA dan RCM Berdasarkan Analisis OEE Pada PT XYZ	(Waluyo & Widyaningrum, n.d.-b)	<i>Overall Equipment Effectiveness (OEE)</i>	Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai OEE mesin forming sebesar 83,79%, yang berada di bawah standar. Berdasarkan analisis FMECA, teridentifikasi dua komponen yang

No	Judul Penelitian	Peneliti	Metodologi	Hasil Penelitian
				dianggap kritis, yaitu proses pemuatan lembaran dan proses pembentukan cetakan.
7	Analisis Tingkat Efektivitas Kerja pada Mesin <i>Auto Hanger</i> dengan Menggunakan Metode <i>Overall Equipment Effectiveness</i> (OEE)	(Hutabarat & Muhsin, 2020b)	<i>OEE, Six big loss, Fishbone</i>	Hasil perhitungan OEE diharapkan dapat digunakan sebagai dasar evaluasi untuk meningkatkan efektivitas di masa mendatang. Berdasarkan penelitian, keseluruhan efektivitas peralatan pada ketiga mesin belum mencapai standar kelas dunia, yaitu di atas 85%
8	Pengukuran <i>total productive maintenance</i> (tpm) menggunakan metode <i>overall equipment effectiveness</i> (OEE) pada mesin reaktor produksi	(Gianfranco et al., 2022a)	<i>Total Productive Maintenance, Overall Equipment Effectiveness (OEE) dan Six Big Losses</i>	Hasil perhitungan menunjukkan bahwa rata-rata ketersediaan dan kualitas berada di bawah 75%, tingkat kinerja 89,21%, dan tingkat kualitas 94,3%. Dari hasil perhitungan tersebut, dapat disimpulkan bahwa kedua tingkat ketersediaan dan kualitas masih belum memenuhi standar OEE kelas dunia.

### 2.3 Kerangka Pemikiran

Kerangka pemikiran adalah representasi konseptual yang disusun oleh peneliti untuk mengklarifikasi suatu penelitian. Dengan mengidentifikasi dan menyelesaikan masalah yang terkait dengan kinerja mesin *cnc plate cutting* dan mengidentifikasi sumber kegagalannya. Adapun struktur pemikiran penelitian yang bertujuan untuk menunjukkan cara meningkatkan kinerja mesin *cnc plate cutting*.



Gambar 2.2 Kerangka Pemikiran