

Pengukuran Produktivitas Mesin Menggunakan Pendekatan *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* Pada Mesin Embossing Di UD. XYZ Magetan

Muhammad Kafid Mubarak, Aan Zainal Muttaqin, Doni Susanto

Fakultas Teknik, Universitas PGRI Madiun

kafidmubarak@gmail.com

Abstract

Measurement Methods: 1. Overall Equipment Effectiveness (OEE) Calculation Analysis. 2. Analysis of the OEE calculation of six big losses, the results of the six big losses as a whole above the losses that significantly affect the value of effectiveness are Idling and Minor Stoppage 29%, Reduced Spread 22%. 2. The performance of the embossing machine is not in accordance with OEE standards. World standards for each factor vary. Here are the world standards for each variable. OEE (%) Availability 90.0 Performance Rate 95.0 Quality Rate 99.9. the average value of Overall equipment Effectiveness is 67%. The average Availability value is 92%, Performance is 77%, Quality is 89%. 3. The most common problem with the embossing machine is damage to the hydraulic seal components. 4. The highest frequency of damage lies in the activity of changing seals for 12 hours and leaking hydraulic hoses for 8 hours.

Abstrak

Metode Pengukuran: 1. Analisa Perhitungan Overall Equipment Effectiveness (OEE). 2. Analisa Perhitungan OEE six big losses, Hasil Enam Kerugian Besar secara keseluruhan diatas kerugian secara signifikan mempengaruhi nilai efektifitas adalah *Idling* and *Minor Stoppage* 29%, *Reduced Spead* 22%. 2. Kinerja mesin embossing belum sesuai dengan standar OEE. Standar dunia untuk masing-masing faktor berbeda-beda. Berikut adalah standar dunia dari masing-masing variabel. OEE (%) Availability 90,0 Performance Rate 95,0 *Quality Rate* 99,9. rata-rata nilai Overall equipment Effectiveness adalah 67%. Rata-rata nilai *Availability* 92%, *Performance* 77%, *Quality* 89%. 3. Permasalahan pada mesin emboss paling tinggi mengalami kerusakan pada komponen seal hidrolis. 4. Frekuensi kerusakan tertinggi terletak pada aktifitas pergantian seal selama 12 jam dan selang hidrolis bocor 8 jam.

Article History

Submitted: 15 Agustus 2023

Accepted: 26 Agustus 2023

Published: 27 Agustus 2023

Key Words

Overall Equipment Effectiveness, Six Big Losses, Idling and Minor Stoppage Losses, Reduced Spread

Sejarah Artikel

Submitted: 15 Agustus 2023

Accepted: 26 Agustus 2023

Published: 27 Agustus 2023

Kata Kunci

Efektivitas Peralatan Secara Keseluruhan, *Six Big Losses*, *Idling* dan *Minor Stoppage Losses*, *Reduced Spread*.

Pendahuluan

Meningkatkan efisiensi produksi memiliki signifikansi yang besar bagi perusahaan guna meraih kesuksesan dalam operasi bisnisnya. Salah satu contohnya adalah melalui peningkatan produktivitas dengan menilai performa fasilitas produksi yang dimiliki oleh perusahaan. Kendala yang mungkin muncul pada fasilitas produksi, yang bisa mengakibatkan gangguan atau bahkan henti produksi, dapat dikelompokkan menjadi tiga aspek, yakni akibat intervensi manusia, kondisi mesin, dan lingkungan operasional. Ketiga faktor ini memiliki potensi untuk saling memengaruhi dan berinteraksi.

Salah satu strategi untuk mengatasi tantangan di bidang fasilitas produksi dan mendukung peningkatan produktivitas adalah melalui pelaksanaan evaluasi dan perawatan yang intensif terhadap peralatan dan mesin produksi, dengan tujuan untuk memaksimalkan penggunaannya. Namun, tidak jarang ditemui situasi di mana upaya perbaikan atau pemeliharaan tidak mengarah

pada sasaran yang sesungguhnya, seperti pemeliharaan yang dilakukan pada komponen yang tidak mengalami masalah atau pemeliharaan yang dijalankan setelah timbul masalah. Dampaknya, banyak perusahaan menghadapi isu di mana kontribusi paling besar terhadap total biaya produksi berasal dari biaya yang terkait dengan pelaksanaan pemeliharaan peralatan, baik secara langsung maupun tidak langsung.

Maintenance atau pemeliharaan merupakan aktivitas yang dilakukan secara berulang dengan maksud agar peralatan selalu mempertahankan kondisi yang serupa dengan keadaannya pada awalnya. Tujuan utama dari maintenance adalah menjaga agar peralatan tetap beroperasi dalam kondisi yang dapat diterima oleh pengguna. Hal ini menjadi faktor menarik untuk diukur melalui evaluasi kinerja mesin dengan melakukan perhitungan tertentu.

Dalam memproses pesanan pelanggan di UD. XYZ Magetan Selalu memerlukan durasi yang panjang, yang mengakibatkan keterlambatan dalam menyelesaikan pekerjaan atau bahkan melebihi batas waktu maksimal (due date). Lama waktu total proses ini dapat merugikan perusahaan, karena mengganggu kelancaran operasional normal. Jadwal pekerjaan yang seharusnya terlaksana sesuai rencana akhirnya mengalami perubahan signifikan, serta dampaknya terhadap rangkaian aktivitas terkait.

Pada umumnya, dalam proses produksi, gangguan yang terjadi sering kali disebabkan oleh beberapa mesin yang kerap mengalami kerusakan (breakdown) akibat usia mesin yang sudah lanjut. Dampak dari kondisi ini bisa menyebabkan kerugian lain seperti waktu yang dibutuhkan dalam set-up dan penyesuaian, risiko kegagalan produk, frekuensi berhentinya mesin secara tiba-tiba, serta kerugian akibat menunggu lama hingga mesin kembali beroperasi dalam kondisi normal. Oleh karena itu, dalam upaya pencegahan, kegiatan pemeliharaan sering kali mencakup tindakan perbaikan, prediksi kerusakan (predictive), dan inspeksi menyeluruh (overhaul). Pada UD. XYZ terdapat mesin embossing pada bagian produksi berhenti beroperasi karena adanya breakdown yang harus dilakukan kegiatan perbaikan dengan mencari dan memperbaiki komponen yang rusak dan menggantinya dengan komponen yang baru. Pemeliharaan (maintenance) adalah suatu penggabungan setiap tindakan atau kegiatan yang dilaksanakan untuk mempertahankan atau memulihkan suatu alat atau mesin.

Metode Penelitian

Tahap penelitian ini berisi informasi tentang tahapan studi yang menyajikan tahapan dari awal hingga akhir.

1. Identifikasi Masalah Proses identifikasi masalah dilakukan dengan cara melakukan pengamatan mengenai masalah pada mesin embossing dalam proses produksi pembuatan kulit
2. Pengumpulan Data Proses pengolahan data dilakukan untuk mengetahui sebab dan akibat dari permasalahan pada proses produksi kulit dengan cara observasi, interview.
3. Mencari penyebab terjadinya kerusakan pada mesin embossing. Proses ini dilakukan untuk mengetahui lebih lanjut sebab-sebab permasalahan dan akibat

yang ditimbulkan pada proses produksi yang nantinya akan digunakan untuk menentukan solusi terbaik dalam mengatasi masalah.

Teknik Pengumpulan Data menggunakan wawancara, Peninjauan Lapangan, dan Studi Pustaka.

Data yang diperoleh dari pengumpulan data akan diolah dengan metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) dan mengikuti tahapan-tahapan sebagai berikut.

1. Perhitungan OEE six big losses. Dimana akan dilakukan perhitungan Downtime Losses, Speed Losses, dan Deffect Losses
2. Perhitungan Avaibility Avaibility adalah rasio operation time terhadap loading time-nya.
3. Perhitungan Performance Efficiency, Performance Efficiency adalah rasio kuantitas produk yang dihasilkan dikalikan dengan waktu siklus idealnya terhadap waktu yang tersedia untuk melakukan proses produksi (operation time).
4. Perhitungan Rate of Quality, Rate of Quality product adalah rasio produk yang baik yang sesuai dengan sfesifikasi kualitas produk yang telah ditentukan terhadap jumlah produk yang diproses.
5. Perhitungan Overall Equipmentt Effectiveness (OEE), Perhitungan Overall Equipmentt Effectiveness (OEE) dilakukan untuk tingkat efesiensi mesin.
6. Evaluasi dan usulan pemecahan masalah.

Menganalisa hasil pengolahan data untuk mengetahui seberapa besar perubahan tingkat efektivitas penggunaan mesin/peralatan produksi dan utuk memperoleh penyelesaian dari masalah yang ada antara lain:

1. Analisa perhitungan OEE Six Bix Losses.
2. Analisa perhitungan Overall Equipmentt Effectiveness (OEE).
3. Analisa bagian manakah yang sering terjadi kerusakan

Hasil dan Pembahasan

Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Bertempatan di Dusun Tulung Desa Ringinagung Kecamatan Magetan Kabupaten Magetan.

Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini akan menggunakan metode *Overal Equipment Effectiveness* (OEE) untuk menganalisa dan mengidentifikasi komponen kritis agar memperoleh jadwal perawatan yang dapat meminimalkan terjadinya downtime. Pada UD. XYZ Magetan terdapat mesin embossing pada bagian produksi sering berhenti beroperasi karena adanya breakdown yang harus dilakukan kegiatan perbaikan. Berdasarkan pengambilan data pada mesin embossing yang ada dalam proses produksi dapat diperjelas melalui tabel rincian dibawah ini :

Tabel 4 1 Jam Kerja Mesin Embossing

| Weeks | Jumlah Hari | Total Shift/Hari | Jam Kerja/Shift (jam) |
|-------|-------------|------------------|-----------------------|
| 1 | 6 | 1 | 8 |
| 2 | 6 | 1 | 8 |
| 3 | 6 | 1 | 8 |
| 4 | 4 | 1 | 8 |
| 5 | 6 | 1 | 8 |

| | | | |
|----|---|---|---|
| 6 | 6 | 1 | 8 |
| 7 | 6 | 1 | 8 |
| 8 | 6 | 1 | 8 |
| 9 | 6 | 1 | 8 |
| 10 | 6 | 1 | 8 |

Tabel 4 2 Jumlah Produksi Mesin Embossing

| Weeks | Jumlah Produksi Mesin Embossing (veet) |
|-------|--|
| 1 | 3850 |
| 2 | 4200 |
| 3 | 4150 |
| 4 | 2000 |
| 5 | 3800 |
| 6 | 3400 |
| 7 | 2700 |
| 8 | 4300 |
| 9 | 4150 |
| 10 | 3500 |

Tabel 4 3 Jumlah Produk Cacat Mesin Embossing

| Weeks | Produk cacat (veet) |
|-------|---------------------|
| 1 | 470 |
| 2 | 430 |
| 3 | 340 |
| 4 | 230 |
| 5 | 430 |
| 6 | 340 |
| 7 | 260 |
| 8 | 400 |
| 9 | 380 |
| 10 | 340 |

Tabel 4 4 Data Downtime Mesin Embossing

| Tanggal | Downtime (Jam) | Keterangan |
|---------------|----------------|--------------------------|
| 31 Maret 2023 | 4 | Mengganti Fanbelt |
| 17 April 2023 | 1 | Menambahkan oli hidrolis |
| 19 April 2023 | 7 | Mengganti seal |
| 28 April 2023 | 3 | Mengaanti oli hidrolis |
| 06 Mei 2023 | 5 | Mengganti seal |
| 07 Mei 2023 | 8 | Selang hidrolis bocor |
| 22 Mei 2023 | 2 | Menambahkan oli hidrolis |
| 30 Mei 2023 | 5 | Mengganti seal |

Sesuai data pengamatan diatas dapat disimpulkan bahwa mesin embhosing selama 27 Maret – 03 Juni 2023 memiliki banyak permasalahan sehingga mengakibatkan *downtime* saat proses produksi.

Teknik Pengolahan Data

Kunci obyektif TPM adalah menghilangkan atau meminimalisasi semua losses yang berhubungan dengan sistem manufaktur untuk meningkatkan OEE. Pada tahap awal inisiatif TPM fokus pada menghilangkan six big losses yang meliputi:

1. *Equipment Failure Losses*

Untuk menghitung *equipment failure losses* membutuhkan data *downtime* dan *loading time* proses produksi rumus yang digunakan untuk menghitung *equipment failure losses* adalah sebagai berikut:

$$\text{Equipment Failure} = \frac{\text{Downtime}}{\text{Loading time}} \times 100\%$$

- *Loading time* adalah waktu yang diperlukan untuk memuat suatu perangkat atau mesin agar siap untuk digunakan atau mengoprasikannya.
- *Downtime* didefinisikan sebagai waktu suatu komponen sistem tidak dapat digunakan (tidak berada dalam kondisi yang baik).
- *Equipment failure* adalah kegagalan peralatan.

Jadi nilai *Equipment Failure* pada mesin embhosing pada tanggal 27 Maret – 03 Juni 2023 dapat diketahui sebagai berikut:

$$\text{Week 1 : Equipment Failure} = \frac{4}{48} \times 100\% = 8\%$$

$$\text{Week 2 : Equipment Failure} = \frac{0}{48} \times 100\% = 0\%$$

$$\text{Week 3 : Equipment Failure} = \frac{0}{48} \times 100\% = 0\%$$

$$\text{Week 4 : Equipment Failure} = \frac{8}{32} \times 100\% = 2\%$$

$$\text{Week 5 : Equipment Failure} = \frac{3}{48} \times 100\% = 6\%$$

$$\text{Week 6 : Equipment Failure} = \frac{5}{48} \times 100\% = 10\%$$

$$\text{Week 7 : Equipment Failure} = \frac{8}{48} \times 100\% = 17\%$$

$$\text{Week 8 : Equipment Failure} = \frac{0}{48} \times 100\% = 0\%$$

$$\text{Week 9 : Equipment Failure} = \frac{2}{48} \times 100\% = 4\%$$

$$\text{Week 10 : Equipment Failure} = \frac{5}{48} \times 100\% = 10\%$$

Tabel 4 5 Equipment Failure

| Week | Loading Time (jam) | Downtime (Jam) | Equipment Failure Losses (%) |
|------|--------------------|----------------|------------------------------|
| 1 | 48 | 4 | 8% |
| 2 | 48 | 0 | 0% |
| 3 | 48 | 0 | 0% |
| 4 | 32 | 8 | 25% |
| 5 | 48 | 3 | 6% |
| 6 | 48 | 5 | 10% |
| 7 | 48 | 8 | 17% |
| 8 | 48 | 0 | 0% |
| 9 | 48 | 2 | 4% |
| 10 | 48 | 5 | 10% |

2. *Set up and adjustment losses*

Setup and Adjustment Losses, merupakan kerugian yang terjadi akibat waktu pembebanan mesin yang digunakan untuk mempersiapkan peralatan tetapi belum memberikan output. Untuk menghitung *set up and adjustment losses* membutuhkan data *set up time* dan *loading time* proses produksi.

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

Loading time adalah waktu yang diperlukan untuk memuat suatu perangkat atau mesin agar siap untuk digunakan atau mengoprasikannya.

Jadi nilai *Set up and Adjustment losses* pada mesin embhosing pada tanggal 27 Maret – 03 Juni 2023 dapat diketahui sebagai berikut:

$$\text{Week 1 : Set up and adjustment losses} = \frac{0}{48} \times 100\% = 0\%$$

$$\text{Week 2 : Set up and adjustment losses} = \frac{0}{48} \times 100\% = 0\%$$

$$\text{Week 3 : Set up and adjustment losses} = \frac{0}{48} \times 100\% = 0\%$$

$$\text{Week 4 : Set up and adjustment losses} = \frac{0}{32} \times 100\% = 0\%$$

$$\text{Week 5 : Set up and adjustment losses} = \frac{0}{48} \times 100\% = 0\%$$

$$\text{Week 6 : Set up and adjustment losses} = \frac{0}{48} \times 100\% = 0\%$$

$$\text{Week 7 : Set up and adjustment losses} = \frac{0}{48} \times 100\% = 0\%$$

$$\text{Week 8 : Set up and adjustment losses} = \frac{0}{48} \times 100\% = 0\%$$

$$\text{Week 9 : Set up and adjustment losses} = \frac{0}{48} \times 100\% = 0\%$$

$$\text{Week 10 : Set up and adjustment losses} = \frac{0}{48} \times 100\% = 0\%$$

Tabel 4 6 Data Set Up And Adjustment Losses

| Week | Set up (Jam) | Loading time (Jam) | Set up adjustment Losses (%) |
|------|--------------|--------------------|------------------------------|
| 1 | 0 | 48 | 0% |
| 2 | 0 | 48 | 0% |
| 3 | 0 | 48 | 0% |
| 4 | 0 | 32 | 0% |
| 5 | 0 | 48 | 0% |
| 6 | 0 | 48 | 0% |
| 7 | 0 | 48 | 0% |
| 8 | 0 | 48 | 0% |
| 9 | 0 | 48 | 0% |
| 10 | 0 | 48 | 0% |

3. *Idling and Minor Stoppage*

Idling and minor stopages losses merupakan kerugian yang disebabkan oleh kejadian – kejadian seperti berhentinya mesin sejenak, idle time mesin dan lain sebagainya. Untuk menghitung *Losses* ini dibutuhkan nilai target dengan pengurangan hasil output yang di kali dengan ideal kecepatan mesin menghasilkan 1 produk. Rumus yang digunakan untuk menghitung *idling and minor stopages* adalah sebagai berikut:

$$\text{Idling and Minor Stoppages} = \frac{(\text{Jumlah target} - \text{jumlah produksi}) \times \text{ideal cycle time}}{\text{Loading time}} \times 100\%$$

- *Ideal cycle time* adalah waktu ideal mesin beroperasi yang datanya diperoleh dari standar time.
- *Loading time* adalah waktu yang diperlukan untuk memuat suatu perangkat atau mesin agar siap untuk digunakan atau mengoperasikannya.

Jadi nilai *Idling and Minor Stoppages losses* pada mesin embhosing pada tanggal 27 Maret – 03 Juni 2023 dapat diketahui sebagai berikut:

$$\text{Week 1 : Idling and Minor Stoppages} = \frac{(5000 - 3850) \times 0,01}{44} \times 100\% = 26\%$$

$$\text{Week 2 : Idling and Minor Stoppages} = \frac{(5000 - 4200) \times 0,01}{48} \times 100\% = 17\%$$

$$\text{Week 3 : Idling and Minor Stoppages} = \frac{(5000 - 4150) \times 0,01}{48} \times 100\% = 18\%$$

$$\text{Week 4 : Idling and Minor Stoppages} = \frac{(3000 - 2000) \times 0,01}{24} \times 100\% = 42\%$$

$$\text{Week 5 : Idling and Minor Stoppages} = \frac{(5000 - 3800) \times 0,01}{45} \times 100\% = 27\%$$

$$\text{Week 6 : Idling and Minor Stoppages} = \frac{(5000 - 3400) \times 0,01}{43} \times 100\% = 37\%$$

$$\text{Week 7 : Idling and Minor Stoppages} = \frac{(5000 - 2700) \times 0,01}{40} \times 100\% = 58\%$$

$$\text{Week 8 : Idling and Minor Stoppages} = \frac{(5000 - 4300) \times 0,01}{48} \times 100\% = 15\%$$

$$\text{Week 9 : Idling and Minor Stoppages} = \frac{(5000 - 4150) \times 0,01}{46} \times 100\% = 18\%$$

$$\text{Week 10 : Idling and Minor Stoppages} = \frac{(5000 - 3500) \times 0,01}{43} \times 100\% = 35\%$$

Tabel 4 7 Data Indling and Minor Stoppage

| Week | Jumlah target | Jumlah Produksi | Loading Time (jam) | Ideal Cycle Time (jam) | Indle and Minor Stoppages Losses |
|------|---------------|-----------------|--------------------|------------------------|----------------------------------|
| 1 | 5000 | 3850 | 44 | 0,01 | 26% |
| 2 | 5000 | 4200 | 48 | 0,01 | 17% |
| 3 | 5000 | 4150 | 48 | 0,01 | 18% |
| 4 | 3000 | 2000 | 24 | 0,01 | 42% |
| 5 | 5000 | 3800 | 45 | 0,01 | 27% |
| 6 | 5000 | 3400 | 43 | 0,01 | 37% |
| 7 | 5000 | 2700 | 40 | 0,01 | 58% |
| 8 | 5000 | 4300 | 48 | 0,01 | 15% |
| 9 | 5000 | 4150 | 46 | 0,01 | 18% |
| 10 | 5000 | 3500 | 43 | 0,01 | 35% |

4. Reduced Speed losses

Reduced Speed losses merupakan kerugian terhadap pembebanan mesin sebagai akibat terserapnya waktu karena penurunan kecepatan *cycle time* maupun *standard time* sebagai dampak dari berbagai hal.

$$\text{Reduced Speed losses} = \frac{\text{Operation time} - (\text{ideal cycle time} \times \text{Total produksi})}{\text{Loading time}} \times 100\%$$

- *Operation time* adalah waktu operasi yang tersedia.
- *Ideal cycle time* adalah waktu ideal mesin beroperasi yang datanya diperoleh dari standar time.
- Total produksi adalah banyaknya produksi yang dihasilkan.

- Loading time adalah waktu yang diperlukan untuk memuat suatu perangkat atau mesin agar siap untuk digunakan atau mengoprasikannya.
- Reduced Speed losses adalah kerugian berhubungan dengan kecepatan operasi aktual yang rendah, dibawah kecepatan operasi ideal.

Jadi nilai *Reduced Speed losses* pada mesin emboss pada tanggal 27 Maret – 03 Juni 2023 dapat diketahui sebagai berikut:

$$\text{Week 1 : Reduced Speed losses} = \frac{48 - (0,01 \times 3850)}{44} \times 100\% = 22\%$$

$$\text{Week 2 : Reduced Speed losses} = \frac{48 - (0,01 \times 4200)}{48} \times 100\% = 13\%$$

$$\text{Week 3 : Reduced Speed losses} = \frac{48 - (0,01 \times 4150)}{48} \times 100\% = 14\%$$

$$\text{Week 4 : Reduced Speed losses} = \frac{32 - (0,01 \times 2000)}{24} \times 100\% = 50\%$$

$$\text{Week 5 : Reduced Speed losses} = \frac{48 - (0,01 \times 3800)}{45} \times 100\% = 22\%$$

$$\text{Week 6 : Reduced Speed losses} = \frac{48 - (0,01 \times 3400)}{43} \times 100\% = 33\%$$

$$\text{Week 7 : Reduced Speed losses} = \frac{48 - (0,01 \times 2700)}{40} \times 100\% = 53\%$$

$$\text{Week 8 : Reduced Speed losses} = \frac{48 - (0,01 \times 4300)}{48} \times 100\% = 10\%$$

$$\text{Week 9 : Reduced Speed losses} = \frac{48 - (0,01 \times 4150)}{46} \times 100\% = 14\%$$

$$\text{Week 10 : Reduced Speed losses} = \frac{48 - (0,01 \times 3500)}{43} \times 100\% = 30\%$$

Tabel 4 8 Data Reduced Speed Losses

| WEEK | Operation time (jam) | loading Time (Jam) | Total Produksi (Veet) | Ideal Cycle time (Jam) | Reduced Spees Losses |
|------|----------------------|--------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|
| 1 | 48 | 44 | 3850 | 0,01 | 22% |
| 2 | 48 | 48 | 4200 | 0,01 | 13% |
| 3 | 48 | 48 | 4150 | 0,01 | 14% |
| 4 | 32 | 24 | 2000 | 0,01 | 50% |
| 5 | 48 | 45 | 3800 | 0,01 | 22% |
| 6 | 48 | 43 | 3400 | 0,01 | 33% |
| 7 | 48 | 40 | 2700 | 0,01 | 53% |
| 8 | 48 | 48 | 4300 | 0,01 | 10% |
| 9 | 48 | 46 | 4150 | 0,01 | 14% |
| 10 | 48 | 43 | 3500 | 0,01 | 30% |

5. Defect Losses

Defect losses mencerminkan seberapa lama waktu yang tersedia pada waktu pembebanan mesin yang terserap untuk menghasilkan produk yang rusak. Perhitungannya dilakukan dengan mengalikan total produk rusak dengan actual cycle time dibagi dengan waktu pembebanan mesin.

$$\text{Defect losses} = \frac{\text{Total Reject} \times \text{ideal Cycle Time}}{\text{Loading time}} \times 100\%$$

- *Total Reject* adalah jumlah keseluruhan produk atau barang yang ditolak atau tidak

memenuhi standart kualitas yang diharapkan.

- *Ideal Cycle Time* adalah waktu ideal mesin beroperasi yang datanya diperoleh dari standar time.
- *Loading Time* adalah waktu yang diperlukan untuk memuat suatu perangkat atau mesin agar siap untuk digunakan atau mengoprasikannya.

Jadi nilai *Defect losses* pada mesin embossing pada tanggal 27 Maret – 03 Juni 2023 dapat diketahui sebagai berikut:

$$\text{Week 1 : Defect losses} = \frac{470 \times 0,01}{44} \times 100\% = 11\%$$

$$\text{Week 2 : Defect losses} = \frac{430 \times 0,01}{48} \times 100\% = 9\%$$

$$\text{Week 3 : Defect losses} = \frac{340 \times 0,01}{48} \times 100\% = 7\%$$

$$\text{Week 4 : Defect losses} = \frac{230 \times 0,01}{24} \times 100\% = 10\%$$

$$\text{Week 5 : Defect losses} = \frac{430 \times 0,01}{45} \times 100\% = 10\%$$

$$\text{Week 6 : Defect losses} = \frac{340 \times 0,01}{43} \times 100\% = 8\%$$

$$\text{Week 7 : Defect losses} = \frac{260 \times 0,01}{40} \times 100\% = 7\%$$

$$\text{Week 8 : Defect losses} = \frac{400 \times 0,01}{48} \times 100\% = 8\%$$

$$\text{Week 9 : Defect losses} = \frac{380 \times 0,01}{46} \times 100\% = 8\%$$

$$\text{Week 10 : Defect losses} = \frac{340 \times 0,01}{43} \times 100\% = 8\%$$

Tabel 4.9 Data Defect Losses

| Week | Total Reject | Ideal Cycle time (Jam) | loading Time (Jam) | Defect Losses |
|------|--------------|------------------------|--------------------|---------------|
| 1 | 470 | 0,01 | 44 | 11% |
| 2 | 430 | 0,01 | 48 | 9% |
| 3 | 340 | 0,01 | 48 | 7% |
| 4 | 230 | 0,01 | 24 | 10% |
| 5 | 430 | 0,01 | 45 | 10% |
| 6 | 340 | 0,01 | 43 | 8% |
| 7 | 260 | 0,01 | 40 | 7% |
| 8 | 400 | 0,01 | 48 | 8% |
| 9 | 380 | 0,01 | 46 | 8% |
| 10 | 340 | 0,01 | 43 | 8% |

6. Rework Losses

Rework Losses merupakan kerugian yang disebabkan oleh adanya produk cacat atau aktivitas kerja ulang yang menyebabkan kehilangan waktu produksi dan bisa menyebabkan kerugian material. Dan untuk mengetahui nilai kerugian yang disebabkan oleh *Rework Losses* dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Rework Losses} = \frac{\text{Ideal cycle time} \times \text{Total rework}}{\text{Loading time}} \times 100\%$$

- *Ideal cycle time* adalah waktu ideal mesin beroperasi yang datanya diperoleh dari standar

time.

- *Total rework* adalah total biaya yang dilapangan yang dikeluarkan selain biaya dan sumber daya awal.
- *Loading time* adalah waktu yang diperlukan untuk memuat suatu perangkat atau mesin agar siap untuk digunakan atau mengoprasikannya.
- *Rework Losses* adalah kerugian akibat timbul produk yang harus dikerjakan ulang karena tidak memenuhi standar output produk, tetapi masih bisa diperbaiki dengan proses ulang.

Jadi nilai *Rework Losses* pada mesin emboss pada tanggal 27 Maret – 03 Juni 2023 dapat diketahui sebagai berikut:

$$\text{Week 1 : Rework Losses} = \frac{0,001 \times 0}{44} \times 100\% = 0\%$$

$$\text{Week 2 : Rework Losses} = \frac{0,001 \times 0}{48} \times 100\% = 0\%$$

$$\text{Week 3 : Rework Losses} = \frac{0,001 \times 0}{48} \times 100\% = 0\%$$

$$\text{Week 4 : Rework Losses} = \frac{0,001 \times 0}{24} \times 100\% = 0\%$$

$$\text{Week 5 : Rework Losses} = \frac{0,001 \times 0}{45} \times 100\% = 0\%$$

$$\text{Week 6 : Rework Losses} = \frac{0,001 \times 0}{43} \times 100\% = 0\%$$

$$\text{Week 7 : Rework Losses} = \frac{0,001 \times 0}{40} \times 100\% = 0\%$$

$$\text{Week 8 : Rework Losses} = \frac{0,001 \times 0}{44} \times 100\% = 0\%$$

$$\text{Week 9 : Rework Losses} = \frac{0,001 \times 0}{46} \times 100\% = 0\%$$

$$\text{Week 10 : Rework Losses} = \frac{0,001 \times 0}{43} \times 100\% = 0\%$$

Tabel 4 9 Data Defect Losses

| <i>Week</i> | <i>loading Time (Jam)</i> | <i>Ideal Cycle time (Jam)</i> | <i>Total Rework (veet)</i> | <i>Rework Losses (%)</i> |
|-------------|---------------------------|-------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| 1 | 44 | 0,01 | 0 | 0% |
| 2 | 48 | 0,01 | 0 | 0% |
| 3 | 48 | 0,01 | 0 | 0% |
| 4 | 24 | 0,01 | 0 | 0% |
| 5 | 45 | 0,01 | 0 | 0% |
| 6 | 43 | 0,01 | 0 | 0% |
| 7 | 40 | 0,01 | 0 | 0% |
| 8 | 48 | 0,01 | 0 | 0% |
| 9 | 46 | 0,01 | 0 | 0% |
| 10 | 43 | 0,01 | 0 | 0% |

Hasil perhitungan *Six Big Losses* diatas secara keseluruhan dapat dilihat pada tabel berikut:

Perhitungan Six Big Losses

| Week | Equipment Failure (%) | Set up and adjustment (%) | Idling and Minor Stoppage (%) | Reduced Speed (%) | Defect Losses (%) | Rework (%) |
|---------|-----------------------|---------------------------|-------------------------------|-------------------|-------------------|------------|
| 1 | 8% | 0% | 26% | 22% | 11% | 0% |
| 2 | 0% | 0% | 17% | 13% | 9% | 0% |
| 3 | 0% | 0% | 18% | 14% | 7% | 0% |
| 4 | 25% | 0% | 42% | 50% | 10% | 0% |
| 5 | 6% | 0% | 27% | 22% | 10% | 0% |
| 6 | 10% | 0% | 37% | 33% | 8% | 0% |
| 7 | 17% | 0% | 58% | 53% | 7% | 0% |
| 8 | 0% | 0% | 15% | 10% | 8% | 0% |
| 9 | 4% | 0% | 18% | 14% | 8% | 0% |
| 10 | 10% | 0% | 35% | 30% | 8% | 0% |
| Total | 80% | 0% | 293% | 216% | 86% | 0% |
| average | 8% | 0% | 29% | 22% | 9% | 0% |

Dimana berdasarkan hasil perhitungan tabel Six Big Losses secara keseluruhan diatas, losses yang secara signifikan mempengaruhi nilai efektifitas adalah Indling and Minor Stoppage 29%, Reduced Speed 22%.

Analisa Hasil OEE

Setelah seluruh data seperti jam kerja produksi, jumlah produksi, jumlah produk cacat dan waktu *downtime* mesin emboss, maka dapat dihitung tingkat efektivitasnya, diperlukan nilai *availability*, *performance* dan *quality*.

1. Perhitungan Availability Time

Availability merupakan rasio dari *operation time*, dengan mengeliminasi *downtime* terhadap *loading time*. Dalam perhitungan OEE, *breakdown*, *setup & adjustment* dikategorikan sebagai kerugian *downtime*. Rumus yang digunakan untuk mengukur *availability* adalah:

$$Availability = \frac{Loading\ time - down\ time}{Loading\ Time} \times 100\%$$

- *Loading Time* adalah waktu yang diperlukan untuk memuat suatu perangkat atau mesin agar siap untuk digunakan atau mengoprasikannya.
- *Downtime* didefinisikan sebagai waktu suatu komponen sistem tidak dapat digunakan (tidak berada dalam kondisi yang baik).

Nilai *Availability* mesin emboss pada tanggal 27 Maret 2023 – 03 Juni 2023 adalah sebagai berikut :

$$Operation\ Time = loading\ Time - Downtime$$

$$= 48 - 4 = 44$$

$$Availability\ Ratio = \frac{Loading\ time - down\ time}{Loading\ Time} \times 100\%$$

$$= 44/48 \times 100\% = 91\%$$

$$Week\ 1 = 44 : 48 \times 100\% = 91\%$$

$$Week\ 2 = 48 : 48 \times 100\% = 100\%$$

$$Week\ 3 = 48 : 48 \times 100\% = 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Week 4} &= 24 : 32 \times 100\% = 75\% \\ \text{Week 5} &= 45 : 48 \times 100\% = 94\% \\ \text{Week 6} &= 43 : 48 \times 100\% = 90\% \\ \text{Week 7} &= 40 : 48 \times 100\% = 83\% \\ \text{Week 8} &= 48 : 48 \times 100\% = 100\% \\ \text{Week 9} &= 46 : 48 \times 100\% = 96\% \\ \text{Week 10} &= 43 : 48 \times 100\% = 90\% \end{aligned}$$

Tabel 4 10 Data Availability Time

| WEEK | Loading Time (jam) | Downtime (jam) | Operation time (jam) | Availability ratio (%) |
|------|--------------------|----------------|----------------------|------------------------|
| 1 | 48 | 4 | 44 | 91% |
| 2 | 48 | 0 | 48 | 100% |
| 3 | 48 | 0 | 48 | 100% |
| 4 | 32 | 8 | 24 | 75% |
| 5 | 48 | 3 | 45 | 94% |
| 6 | 48 | 5 | 43 | 90% |
| 7 | 48 | 8 | 40 | 83% |
| 8 | 48 | 0 | 48 | 100% |
| 9 | 48 | 2 | 46 | 96% |
| 10 | 48 | 5 | 43 | 90% |

2. Perhitungan *Performance Efficiency*

Performance Efficiency adalah rasio kuantitas produk dikalikan dengan waktu siklus idealnya terhadap waktu yang tersedia untuk melakukan proses produksi (*operation time*). Untuk menghitung nilai *performance efficiency* dimulai dengan perhitungan *Ideal Cycle Time*. *Ideal cycle time* merupakan waktu siklus proses yang dapat dicapai mesin dalam proses produksi dengan keadaan mesin tidak mengalami hambatan produksi, kapasitas yang dihasilkan dalam 1 hari 600 veet. Maka dapat dihitung *ideal cycle time*:

$$\text{Ideal Cycle Time} = \frac{\text{WAKTU PROSES}}{\text{JUMLAH PRODUKSI}} = (8\text{jam})/(600\text{veet}) = 0,01 \text{ jam/veet}$$

$$\text{Performance Efficiency} = \frac{\text{Processed Amount} \times \text{Ideal Cycle Time}}{\text{Operator Time}} \times 100\%$$

$$\text{Performance efficiency} = 3850 \times 0,01/48=80\%$$

Dengan cara yang sama, maka hasil *Performa Efficiency* mesin emboss seperti berikut :

$$\text{Week 1 : Performance Efficiency} = \frac{3850 \times 0,01}{48} \times 100\% = 80\%$$

$$\text{Week 2 : Performance Efficiency} = \frac{4200 \times 0,01}{48} \times 100\% = 87\%$$

$$\text{Week 3 : Performance Efficiency} = \frac{3850 \times 0,01}{48} \times 100\% = 86\%$$

$$\text{Week 4 : Performance Efficiency} = \frac{3850 \times 0,01}{32} \times 100\% = 62\%$$

$$\text{Week 5 : Performance Efficiency} = \frac{3850 \times 0,01}{48} \times 100\% = 79\%$$

$$\text{Week 6 : Performance Efficiency} = \frac{3850 \times 0,01}{48} \times 100\% = 70\%$$

$$\text{Week 7 : Performance Efficiency} = \frac{3850 \times 0,01}{48} \times 100\% = 56\%$$

$$\text{Week 8 : Performance Efficiency} = \frac{3850 \times 0,01}{48} \times 100\% = 89\%$$

$$\text{Week 9 : Performance Efficiency} = \frac{3850 \times 0,01}{48} \times 100\% = 86\%$$

$$\text{Week 10 : Performance Efficiency} = \frac{3850 \times 0.01}{48} \times 100\% = 72\%$$

Tabel 4 11 Performance Efficiency

| Week | Input | Cycle Time | Operation Time | Loading Time | Performance Ratio |
|------|-------|------------|----------------|--------------|-------------------|
| 1 | 3850 | 0.01 | 48 | 44 | 80% |
| 2 | 4200 | 0.01 | 48 | 48 | 87% |
| 3 | 4150 | 0.01 | 48 | 48 | 86% |
| 4 | 2000 | 0.01 | 32 | 24 | 62% |
| 5 | 3800 | 0.01 | 48 | 45 | 79% |
| 6 | 3400 | 0.01 | 48 | 43 | 70% |
| 7 | 2700 | 0.01 | 48 | 40 | 56% |
| 8 | 4300 | 0.01 | 48 | 48 | 89% |
| 9 | 4150 | 0.01 | 48 | 46 | 86% |
| 10 | 3500 | 0.01 | 48 | 43 | 72% |

3. Perhitungan Rate of Quality Product

Rate of Quality Product merupakan suatu rasio yang menggambarkan kemampuan mesin dalam menghasilkan produk yang sesuai dengan standart. Formula yang digunakan untuk pengukuran rasio ini adalah:

$$\text{Rate of Quality Product} = \frac{\text{processed Amount} - \text{Defect Amount}}{\text{Processed Amount}} \times 100\%$$

- *Processed Amount* adalah jumlah produk yang diproses.
- *Defect Amount* adalah jumlah produk cacat.

$$\text{Quality Product} = (3850-470)/3850 \times 100\% = 87\%$$

$$\text{Week 1: Quality Product} = (3850-470)/3850 \times 100\% = 87\%$$

$$\text{Week 2: Quality Product} = (4200-430)/4200 \times 100\% = 89\%$$

$$\text{Week 3: Quality Product} = (4150-340)/4150 \times 100\% = 91\%$$

$$\text{Week 4: Quality Product} = (2000-230)/2000 \times 100\% = 88\%$$

$$\text{Week 5: Quality Product} = (3800-430)/3850 \times 100\% = 88\%$$

$$\text{Week 6: Quality Product} = (3400-340)/3850 \times 100\% = 90\%$$

$$\text{Week 7: Quality Product} = (2700-260)/2700 \times 100\% = 90\%$$

$$\text{Week 8: Quality Product} = (3850-470)/3850 \times 100\% = 90\%$$

$$\text{Week 9: Quality Product} = (3850-470)/3850 \times 100\% = 90\%$$

$$\text{Week 10: Quality Product} = (3850-470)/3850 \times 100\% = 90\%$$

Tabel 4 12 Rate of Quality

| Week | Processed Amount | Defect Amount | Rate Of Quality (%) |
|------|------------------|---------------|---------------------|
| 1 | 3850 | 470 | 87% |
| 2 | 4200 | 430 | 89% |
| 3 | 4150 | 340 | 91% |
| 4 | 2000 | 230 | 88% |
| 5 | 3800 | 430 | 88% |
| 6 | 3400 | 340 | 90% |
| 7 | 2700 | 260 | 90% |
| 8 | 4300 | 400 | 90% |
| 9 | 4150 | 380 | 90% |
| 10 | 3500 | 340 | 90% |

4. Perhitungan *Overall Equipment Effectiveness*

OEE merupakan nilai yang dinyatakan sebagai rasio antara output aktual dan input maksimum dari mesin pada kondisi kinerja yang terbaik. Tujuan dari OEE adalah mengukur performa dari suatu maintenance, yang sering digunakan sebagai kunci matrik dengan pendekatan TPM sehingga nantinya dapat diketahui apakah produktivitas mesinsudah mencapai standart yang ditetapkan atau tidak. Dalam pengukuran OEE terdapat tiga faktor utama yang mempengaruhi perhitungannya yaitu ketersediaan mesin atau peralatan (*availability*). Efisiensi produksi (*performance*) dan kualitas output mesin atau peralatan (*quality*). Untuk itu hubungan dari ketiga faktor tersebut dapat dilihat pada rumus berikut ini:

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

Berikut ini adalah tabel hasil perhitungan Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Tabel 4 13 Perhitungan Overall Equipment Effectiveness (OEE)

| Week | Available Ratio (%) | Performance Ratio (%) | Rate of Quality Product (%) | OEE (%) |
|---------|---------------------|-----------------------|-----------------------------|---------|
| 1 | 91% | 80% | 87% | 63% |
| 2 | 100% | 87% | 89% | 77% |
| 3 | 100% | 86% | 91% | 78% |
| 4 | 75% | 62% | 88% | 41% |
| 5 | 94% | 79% | 88% | 65% |
| 6 | 90% | 70% | 90% | 57% |
| 7 | 83% | 56% | 90% | 42% |
| 8 | 100% | 89% | 90% | 80% |
| 9 | 96% | 86% | 90% | 74% |
| 10 | 90% | 72% | 90% | 58% |
| Average | 92% | 77% | 89% | 64% |

Berdasarkan hasil perhitungan OEE pada tabel diatas dapat dilihat bahwa rata-rata nilai efektivitas (OEE) mesin emboss *Week 1 – Week 10* (27 maret 2023 – 03 Juni 2023) adalah 67%. Pada kategori OEE dapat dikatakan bahwa mesin memiliki efektivitas yang tinggi dan baik dikarenakan menurut standar dunia (*Word Class*) OEE harus memiliki nilai diatas 85%. Dari nilai *availability*, *performance*, dan *quality* bahwa tidak ada nilai yang memenuhi standar dunia OEE.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari pengamatan dan pengolahan data pada mesin embhosing nilai OEE dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil *Six Big Losses* secara keseluruhan diatas losses yang secara signifikan mempengaruhi nilai efektivitas adalah *Indling and Minor Stoppage* 29%, *Reduced Spead* 22%.
2. Kinerja mesin embhosing belum sesuai dengan standar OEE.Standar dunia untuk masing-masing faktor berbeda-beda. Berikut adalah standar dunia dari masing-masing variabel.

| | |
|--|------|
| OEE | (%) |
| <i>Availability</i> | 90,0 |
| <i>Performance Rate</i> | 95,0 |
| <i>Quality Rate</i> | 99,9 |
| <i>Overall Equipment Effectiveness</i> | 85,0 |

◆ Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan rata-rata nilai nilai *Overall equipment Effectiveness* adalah 67%. Hal ini disebabkan karena adanya nilai yang tidak mencapai standar untuk 3 komponen perhitungan nilai OEE. Pada kinerja mesin emboss selama 10 minggu rata-rata nilai *Availability rate* 92%, *Performance Rate* 77%, *Quality Rate* 89%.

3. Permasalahan pada mesin emboss paling tinggi mengalami kerusakan pada komponen bagian seal hidrolis.
4. Frekuensi kerusakan tertinggi terletak pada aktifitas mengganti *seal* selama 12 jam dan selang hidrolis bocor selama 8 jam.

Daftar Pustaka

- Aikin, A. R. (2021). Predictive maintenance best practices: Best practice strategies involve reducing maintenance costs and improving equipment performance. *Plant Engineering*, 75(5), 26–32.
- Anusha, C., & Umasankar, V. (2020). Performance prediction through OEE-model. *International Journal of Industrial Engineering and Management*, 11(2), 93.
- Ariyah, H. (2022). Penerapan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) Dalam Peningkatan Efisiensi Mesin Batching Plant (Studi Kasus: PT. Lutvindo Wijaya Perkasa). *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Industri Terapan*, 1(2), 70–77.
- Arsyad, M., & Sultan, A. Z. (2018). *Manajemen perawatan*. Deepublish.
- Govindan, K., Kumar, H., & Yadav, S. (2022). *Advances in Mechanical and Materials Technology: Select Proceedings of EMSME 2020*. Springer Nature Singapore. https://books.google.co.id/books?id=_2RXEAAAQBAJ
- Haming, M. (2022). *Manajemen Produksi Modern: Operasi Manufaktur dan Jasa (Buku 2 Edisi 3)*. Bumi Aksara. <https://books.google.co.id/books?id=fZ5kEAAAQBAJ>
- Harahap, U. N., & Nasution, C. (2021). Analisis peningkatan produktivitas kerja mesin dengan menggunakan metode Total Productive Maintenance (TPM) di PT. Casa Woodworking Industry. *Jurnal VORTEKS*, 2(2), 110–114.
- Hudori, M. (2019). Pengukuran Kinerja Pemeliharaan Mesin Produksi Pabrik Kelapa Sawit Menggunakan Overall Equipment Effectiveness (OEE). *Jurnal Citra Widya Edukasi*, 11(3), 239–252.
- Kumar, A., Garza-Reyes, J. A., & Khan, S. A. R. (2020). *Circular Economy for the Management of Operations*. CRC Press. <https://books.google.co.id/books?id=CToLEAAAQBAJ>
- Manik, R. F. (2018). Analisis Produktivitas Dengan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEF) dalam Penerapan Total Productive Maintenance (TPM) Pada Mesin Oukymer Extrusion.
- Muhaemin, G., & Nugraha, A. E. (2022). Penerapan Total Productive Maintenance (TPM) Pada Perawatan Mesin Cutter di PT. XYZ. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 8(9), 205–219.
- Nur, M., & Haris, H. (2019). Usulan Perbaikan Efektifitas Mesin Melalui Analisa Penerapan TPM Menggunakan Metode OEE Dan Six Big Losses Di PT. P&P Bangkinang. *Industrial Engineering Journal*, 8(1).

- Sayuti, M. (2019). Analysis of the overall equipment effectiveness (OEE) to minimize six big losses of pulp machine: a case study in pulp and paper industries. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 536(1), 12061.
- Singh, S., Singh, K., Mahajan, V., & Singh, G. (2020). Justification of overall equipment effectiveness (OEE) in Indian sugar mill industry for attaining core excellence. *International Journal of Advance Research and Innovation*, 8(1), 34–36.
- Soliman, M. H. A. (2020). Overall Equipment Effectiveness Simplified: Analyzing OEE to find the Improvement Opportunities. [personal-lean.org. https://books.google.co.id/books?id=V6-1EAAAQBAJ](https://books.google.co.id/books?id=V6-1EAAAQBAJ)
- Sugiyono, D. (2018). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif dan R & D/Sugiyono*. Bandung: Alfabeta, 15(2010).
- Tertaroza, V. L., Santoso, D. T., Setiawan, R., & Sumarjo, J. (2023). Pengukuran Efektivitas Mesin dengan Metode Overall Equipment Effectiveness Pada Mesin Stamping. *Jurnal Serambi Engineering*, 8(3).
- Tsarouhas, P. (2019). Improving operation of the croissant production line through overall equipment effectiveness (OEE) A case study. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 68(1), 88–108.
- Ummah, N. H., & Dahda, S. S. (2022). Analisis Efektifitas Kinerja Mesin Cutting Manual Dan Otomatis Menggunakan Metode OEE (Overall Equipment Effectiveness) Di PT. XYZ. *Jurnal Teknik Industri: Jurnal Hasil Penelitian Dan Karya Ilmiah Dalam Bidang Teknik Industri*, 8(2), 345–354.
- Zulfatri, M. M., Alhilman, J., & Atmaji, F. T. D. (2020). Pengukuran Efektivitas Mesin Dengan Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (Oee) Dan Overall Resource Effectiveness (Ore) Pada Mesin P11250 Di Pt Xzy. *JISI: Jurnal Integrasi Sistem Industri*, 7(2), 123. <https://doi.org/10.24853/jisi.7.2.123-131>
- Adesta, E.Y.T., Prabowo, A.H., & Agusman, D. 2018, Evaluating 8 Pillars Of Total Productive Maintenance (TPM) Implementation And Their Contribution To Manufacturing Performance. *IOP*, doi:10.1088/1757- 899X/290/1/012024.
- Sudrajat, A. 2011. *Pedoman Praktis: Manajemen Perawatan Mesin Industri*. Bandung: PT. Refika Aditama.
- Nakajima, S. 1988. *Introduction to Total Productive Maintenance (TPM)*. Cambridge: Produktivity Press.