

---

## Evaluasi Kinerja Mesin Bending Hidrolik Menggunakan Metode *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*, *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*, dan *Fault Tree Analysis (FTA)*

Rahayu Khasanah<sup>1</sup>, Indri Susilawati<sup>2</sup>, Imam Sodikin<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Industri, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Email: [rahayu.khasanah@akprind.ac.id](mailto:rahayu.khasanah@akprind.ac.id)<sup>1</sup>, [indrisusilawati05@gmail.com](mailto:indrisusilawati05@gmail.com)<sup>2</sup>, [imam@akprind.ac.id](mailto:imam@akprind.ac.id)<sup>3</sup>

---

### ABSTRACT

*PT Hari Mukti Teknik is a company engaged in the Manufacturing Industry that produces laundry machines and other mechanical engineering. The problem that occurs in the production process at PT Hari Mukti Teknik is the performance of the bending machine which has a high downtime value of an average of 994 minutes per month. The purpose of this study is to evaluate the performance of the bending machine by knowing the level of effectiveness of the performance of the bending machine using the OEE method, knowing the causes of losses that affect the level of effectiveness of machine performance, using the six big losses method and analyzing losses using the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) and Fault Tree Analysis (FTA) methods to propose improvement efforts. Based on the results of data processing, the average Overall Equipment Effectiveness (OEE) value of bending machines in one year is 84.21%, with the largest losses being equipment failure losses of 7.34%. Proposed improvements based on FMEA and FTA analysis are to carry out periodic maintenance, make a predictive maintenance list, carry out periodic re-checks, carry out periodic lubrication, check environmental cleanliness, and replace damaged components.*

**Keywords:** *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), Fault Tree Analysis (FTA), Overall Equipment Effectiveness (OEE), Six Big Losses.*

### INTISARI

PT. Hari Mukti Teknik adalah perusahaan yang bergerak di bidang Industri Manufaktur yang memproduksi mesin laundry dan rekayasa mesin lainnya. Masalah yang terjadi pada proses produksi di PT Hari Mukti Teknik adalah pada kinerja mesin bending yang memiliki nilai downtime yang tinggi yaitu rata-rata 974 menit setiap bulannya. Tujuan dari penelitian ini untuk mengevaluasi kinerja mesin bending dengan mengetahui tingkat efektivitas kinerja mesin bending menggunakan metode OEE, mengetahui penyebab losses yang mempengaruhi tingkat efektivitas kinerja mesin, menggunakan metode six big losses dan menganalisis losses menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* dan *Fault Tree Analysis (FTA)* guna untuk mengusulkan upaya perbaikan. Berdasarkan hasil pengolahan data rata-rata nilai *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* mesin bending dalam satu tahun adalah 84.21%, dengan losses terbesar adalah equipment failure losses sebesar 7.34%. usulan perbaikan yang diberikan berdasarkan analisis FMEA dan FTA adalah melakukan periodic maintenance, membuat list predictive maintenance, melakukan pengecekan ulang secara berkala, melakukan pelumasan secara berkala, mengecek kebersihan lingkungan, dan mengganti komponen yang rusak

**Kata kunci:** *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), Fault Tree Analysis (FTA), Overall Equipment Effectiveness (OEE), Six Big Losses.*

---

### PENDAHULUAN

Industri manufaktur merupakan salah satu industri yang berkembang secara pesat dengan ditunjukkannya berbagai aspek teknologi. Sistem manufaktur dalam dunia industri dapat didukung dengan pengoperasian mesin-mesin dan peralatan yang optimal, untuk mengoptimalkannya sebuah perusahaan perlu peralatan yang memadai dan tenaga kerja yang terampil dalam mendukung proses produksi yang efektif dan efisien. Stamatis (2017) menyatakan bahwa salah satu faktor yang menunjang keberhasilan suatu industri manufaktur ditentukan oleh kelancaran proses produksi. Proses produksi yang efektif dan efisien dari sebuah mesin dapat dilihat dari kemampuan produksi mesin selama jangka waktu tertentu tanpa mengalami gangguan, bekerja sesuai dengan kecepatan yang ditentukan, dan tidak terjadi *breakdown* pada mesin serta menghasilkan produk-produk dan

*output* yang baik. Salah satu faktor terpenting dalam proses produksi adalah kinerja mesin (Hasrul, Shofa, & Winarno, 2017; Rahman & Perdana, 2019).

PT Hari Mukti Teknik merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang produksi mesin *laundry* dan rekayasa mesin teknik lainnya yang dalam proses produksinya terdapat beberapa proses produksi dengan menggunakan mesin yang berbeda-beda sesuai dengan *part* yang dibutuhkan, namun pada penelitian ini akan berfokus pada proses produksi pada mesin *bending* yaitu mesin yang menghasilkan produk *case* dari mesin *laundry*.

Mesin *bending* merupakan salah satu mesin produksi penekuk di PT Hari Mukti Teknik yang pada prinsipnya mesin ini digunakan untuk menekuk atau membengkokkan lembaran plat baja yang akan membentuk suatu tikungan dengan bantuan penggerak hidrolik dan kontrol listrik. Mesin *bending* ini bertugas memproduksi bagian dari *case* produk mesin *laundry* dan produk rekayasa mesin lainnya. Menurut Bapak Amin kepala produksi PT Hari Mukti Teknik, pada pertengahan tahun 2021 perusahaan mengalami peningkatan kegiatan produksi mencapai 30% dari tahun sebelumnya, sehingga sangat berpengaruh terhadap kinerja mesin. Hal ini ditunjukkannya dengan tingginya *downtime* yang cukup tinggi yaitu rata-rata 974 menit setiap bulannya, yang diakibatkan oleh sering terjadinya kerusakan yang tidak terdeteksi selama proses produksi berlangsung, menurunnya kecepatan produksi, dan mesin mati secara mendadak. Produk *case* ini akan mengalami penurunan produksi rata-rata 57 unit/menit dalam 1 tahun akibat dari kerusakan mesin tersebut tiap kalinya. Permasalahan tersebut merupakan salah satu bentuk kerugian yang termasuk ke dalam *six big losses*. Salah satu cara untuk mengatasi dan mengurangi masalah tersebut adalah dengan melakukan kegiatan perawatan terhadap mesin maupun peralatan yang dilakukan secara rutin dengan metode *Total Productive Maintenance (TPM)* (Pradaka & Aidil SZS, 2021).

Namun perlu diingat bahwa hal yang lebih utama adalah evaluasi kinerja mesin terhadap jumlah produk yang diproduksi dalam jangka waktu tertentu yang menjadi penting (Kurniawan, Yusuf, & Parwati, 2017). Evaluasi kinerja ini dapat menunjukkan produktivitas dari mesin tersebut. Peningkatan efektivitas dan kualitas kinerja mesin akan mengurangi *downtime* mesin. Oleh karena itu, dibutuhkan adanya analisis kinerja mesin *hydraulic bending* untuk mengurangi *downtime*, mengetahui *losses* yang diakibatkan mesin, dan mengetahui penyebab terjadinya kerusakan mesin sehingga mesin dapat bekerja lebih efektif.

Berdasarkan masalah ini, salah satu pendekatan yang dapat digunakan adalah dengan metode *overall equipment effectiveness (OEE)* dalam mengukur tingkat efektivitas mesin, dengan mengetahui nilai *six big losses* (enam kerugian besar) yang berarti terdapat penurunan tingkat efektivitas yang dihasilkan oleh mesin-mesin dan peralatan karena kinerja mesin yang tidak optimal, serta melakukan analisis kerusakan dan mengidentifikasi penyebab kerusakan menggunakan metode *failure mode and effect analysis (FMEA)* dan *fault tree analysis (FTA)* untuk mengetahui akar penyebab kerusakan yang terjadi pada mesin, sehingga dapat memberikan usulan perbaikan untuk menjadi bahan evaluasi di waktu yang akan datang dan meminimalisir kerusakan.

## METODE

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

OEE adalah metode yang digunakan sebagai tolak ukur dalam penerapan TPM guna menjaga peralatan pada kondisi performa terbaik dengan menghapuskan *six big losses* (Stamatis, 2017). OEE merupakan besarnya efektivitas yang dimiliki peralatan/mesin. Berdasarkan perhitungan OEE, dapat diketahui 3 komponen penting yang mempengaruhi efektivitas mesin antara lain adalah Ketersediaan mesin (*availability*), efisiensi produksi (*performance rate*), dan kualitas output mesin (*quality rate*) dengan masing-masing variable memiliki persentase standar dunia (lihat Tabel 1).

**Tabel 1. World Class OEE**

<i>Availability</i>	90%
<i>Performance Rate</i>	95%
<i>Quality Rate</i>	99%
<i>Overall Equipment Effectiveness</i>	85%

Berdasarkan standar persentase dunia, OEE dapat dikatakan baik jika memiliki nilai persentase 85%, dengan persamaan sebagai berikut (Caswito & Hidayat Sutawijaya, 2019; Suliantoro, Susanto, Prastawa, Sihombing, & Mustikasari, 2017):

$$OEE = Availability \times Performance Rate \times Quality Rate \dots\dots\dots (1)$$

*Availability* didefinisikan sebagai rasio yang menggambarkan penggunaan waktu yang tersedia untuk aktivitas dalam operasi mesin dan peralatan.

$$Availability = \frac{operation\ time}{loading\ time} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

*Performance Rate* merupakan suatu ratio yang menggambarkan kemampuan dari peralatan dalam menghasilkan barang.

$$Performance = \frac{Jumlah\ produksi\ x\ waktu\ siklus\ ideal}{operation\ time} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

*Quality rate* merupakan suatu rasio yang menggambarkan kemampuan peralatan dalam menghasilkan produk yang sesuai dengan standard.

$$Quality = \frac{Jumlah\ produksi - jumlah\ defect}{jumlah\ produksi} \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

### **Six Big Losses**

*Six big losses* dihitung untuk mengidentifikasi tingkat kerugian berdasarkan OEE dari suatu fasilitas/peralatan pada saat proses produksi, sehingga dapat mengambil langkah-langkah perbaikan fasilitas/peralatan secara efektif (Singh, Khamba, & Singh, 2021). Secara umum terdapat enam jenis kerugian yang dapat mempengaruhi efektivitas fasilitas/peralatan. Adapun pengertian dari masing-masing *losses* adalah sebagai berikut (Alfatiyah & Bastuti, 2020; Marfinov & Pratama, 2020; Sayuti, Juliananda, Syarifuddin, & Fatimah, 2019):

*Breakdown losses* merupakan kerugian yang berhubungan dengan kegagalan dalam suatu fasilitas/peralatan pada saat proses produksi, artinya fungsi fasilitas/peralatan turun dibawah normal sehingga membutuhkan perbaikan.

$$Breakdown\ Losses = \frac{Breakdown\ time}{Loading\ Time} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

*Set up and adjustment losses* merupakan kerugian yang disebabkan oleh *set up* fasilitas/peralatan sebelum digunakan, serta disebabkan oleh adanya perubahan pada saat proses produksi berjalan, sehingga membutuhkan waktu pemberhentian untuk pergantian fasilitas/peralatan.

$$Set\ up\ and\ adjustment\ Losses = \frac{Set\ up\ time}{Loading\ Time} \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

*Reduced speed losses* merupakan kerugian yang berhubungan dengan kecepatan operasi aktual yang rendah dibawah kecepatan operasi ideal.

$$Reduced\ speed\ Losses = \frac{(Actual\ cycle\ time - ideal\ cycle\ time) \times total\ produksi}{Loading\ Time} \times 100\% \dots\dots\dots (7)$$

*Idling and minor stoppage losses* merupakan kerugian yang terjadi ketika menunggu atau mendiadakan fasilitas/peralatan karena adanya penataan ulang.

$$Idling\ and\ minor\ stoppage\ Losses = \frac{Non\ productive\ time}{Loading\ Time} \times 100\% \dots\dots\dots (8)$$

*Defect and rework losses* merupakan kerugian yang disebabkan oleh adanya produk cacat, sehingga terjadi penurunan kualitas produk yang dihasilkan serta penambahan waktu untuk memperbaiki produk cacat tersebut.

$$Defect\ and\ rework\ Losses = \frac{Ideal\ cycle\ time \times total\ product\ defect}{Loading\ Time} \times 100\% \dots\dots\dots (9)$$

*Yield losses* merupakan kerugian yang disebabkan oleh adanya ketidakstabilan fasilitas/peralatan di awal proses operasi.

$$Yield\ Losses = \frac{Ideal\ cycle\ time \times total\ scrap}{Loading\ Time} \times 100\% \dots\dots\dots (10)$$

### **Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)**

*Failure mode and effect analysis* merupakan suatu metode yang bertujuan untuk mengevaluasi desain sistem dengan mempertimbangkan jenis kegagalan dari sistem yang terdiri

dari komponen-komponen, sehingga dapat menganalisa pengaruh-pengaruh terhadap kehandalan system (Muthalib, Rusman, & Griseldis, 2020). Analisis FMEA berfokus pada penyebab dan mekanisme terjadinya kerusakan dengan memberikan gambaran kritis suatu sistem dengan mengukur skala prioritas atau nilai *risk priority number* (RPN). Pengukuran RPN yang dilakukan berdasarkan hasil perkalian dari 3 parameter yang bersifat kualitatif dengan persamaan, diantaranya adalah sebagai berikut:

$$RPN = Severity \times occurrence \times detection \dots\dots\dots (11)$$

*Severity* merupakan penilaian yang berhubungan dengan seberapa besar kemungkinan terjadinya dampak yang timbul akibat adanya kegagalan dalam suatu peralatan/fasilitas dan sistem yang mempengaruhi proses (Tabel 2). *Occurrence* seringkali didefinisikan sebagai tingkat keseringan terjadi kemungkinan penyebab kegagalan pada suatu peralatan/ fasilitas dan system (Tabel 3). *Detection* merupakan pengukuran terhadap kemampuan dalam mengontrol kemungkinan kegagalan yang terjadi, dan sebagai upaya pencegahan terhadap proses produksi dan mengurangi tingkat kegagalan pada proses produksi (Tabel 4) (Nurwulan & Veronica, 2020).

**Tabel 2. Severity**

Nilai	Kriteria
1	Terdapat pengaruh buruk yang dapat diabaikan
2	Terdapat pengaruh buruk yang ringan
3	Terdapat pengaruh buruk yang ringan
4	Terdapat pengaruh buruk yang moderat berupa perubahan fungsi penggunaan mesin
5	Terdapat pengaruh buruk yang moderat berupa berkurangnya kenyamanan fungsi penggunaan mesin
6	Terdapat pengaruh buruk yang moderat berupa hilangnya kenyamanan fungsi penggunaan
7	Terdapat pengaruh buruk yang tinggi berupa berkurangnya fungsi utama
8	Terdapat pengaruh buruk yang tinggi berupa hilangnya fungsi utama
9	Terdapat masalah yang berpotensi bahaya, yaitu berupa hilangnya fungsi utamasehingga terdapat peringatan
10	Terdapat maslaah yang berpotensi berbahaya sehingga mesin tidak dapat berfungsi

**Tabel 3. Occurrence**

Nilai	Probabilitas Kegagalan
1	Tidak terjadi kegagalan
2	< 5 per 142080 menit operasi
3	10 per 142080 menit operasi
4	15 per 142080 menit operasi
5	20 per 142080 menit operasi
6	25 per 142080 menit operasi
7	30 per 142080 menit operasi
8	35 per 142080 menit operasi
9	36-40 142080 menit operasi
10	> 50 142080 menit operasi

**Tabel 4. Detection**

Nilai	Probabilitas Kegagalan
1	Tidak terdapat kesempatan penyebab muncul terjadi
2	Kesempatan muncul terjadi penyebab sangat rendah
3	Kesempatan muncul terjadi penyebab rendah
4	Kesempatan kemungkinan muncul terjadi penyebab bersifat moderat
5	Kesempatan kemungkinan muncul terjadi penyebab bersifat moderat
6	Kesempatan kemungkinan muncul terjadi penyebab bersifat moderat
7	Kesempatan kemungkinan munculnya terjadi penyebab tinggi
8	Kesempatan kemungkinan munculnya terjadi penyebab tinggi

9	Kesempatan kemungkinan munculnya terjadi penyebab tinggi
10	Kesempatan kemungkinan munculnya terjadi penyebab tinggi dan penyebab selalu berulang kembali

### Fault Tree Analysis (FTA)

*Fault tree analysis* merupakan sebuah diagram yang digunakan untuk mengidentifikasi adanya suatu gejala kegagalan, sehingga akan mengetahui akar penyebab suatu masalah mulai dari puncak masalah. Metode *Fault Tree Analysis* (FTA) ini dilakukan dengan pendekatan yang bersifat *top down*, yang diawali dengan asumsi kegagalan atau kerugian dari kejadian puncak (*Top Event*) kemudian merinci sebab-sebab suatu *top event* sampai pada suatu kegagalan dasar (Kurniawan et al., 2017; Suliantoro et al., 2017). Adapun langkah-langkah utama FTA adalah sebagai berikut (Nurwulan & Veronica, 2020):

- Mendefinisikan masalah berdasarkan *TOP event*, dan batasan masalah
- Pembuatan gambaran diagram *fault tree*
- Mencari minimal *cut set* dari analisa *fault tree* menggunakan aljabar *booleen*
- Menganalisa secara kuantitatif dengan perhitungan peluang.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengumpulan Data

Data produksi merupakan jumlah hasil produksi yang dihasilkan mesin bending yaitu didapat dari hasil input dari proses awal hingga akhir produksi, sedangkan data defect merupakan jumlah hasil produksi yang gagal dan tidak memenuhi standar kualitas yang ada. Adapun data total produksi dan total reject pada mesin bending pada Data produksi dan produk *defect* diambil dari bulan Agustus 2021 sampai Juli 2022 (satu tahun), yang ditunjukkan pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Data Produksi dan Produk *Defect*

Bulan	Total Produksi (unit)	Spring Back (unit)	Jenis Reject Product			Total Reject Product (Unit)
			Retak (unit)	Patah (Unit)	Miring (Unit)	
Agustus 2021	126	-	1	-	2	3
September 2021	105	-	-	1	-	1
Oktober 2021	63	-	-	-	-	0
November 2021	63	-	-	-	-	0
Desember 2021	63	1	-	-	-	1
Januari 2022	131	2	1	-	2	5
Febuari 2022	173	2	-	-	3	5
Maret 2022	215	3	2	1	4	10
April 2022	194	1	-	-	-	1
Mei 2022	152	-	-	-	-	0
Juni 2022	194	2	1	1	-	4
Juli 2022	193	-	-	-	2	2
<b>Total</b>	<b>1672</b>	<b>11</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>13</b>	<b>32</b>

Pengumpulan data dalam pengukuran *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dilakukan melalui pengambilan data sekunder, laporan harian operator, dan wawancara. Pengumpulan melalui wawancara ini dilakukan untuk menganalisis menggunakan metode *failure mode and effect analysis* (FMEA) dan *fault tree analysis* (FTA).

Data yang digunakan adalah data historis dari mesin bending selama satu tahun yaitu bulan Juli 2021-Juli 2022. Data sekunder yang digunakan adalah berupa kerusakan mesin, *available time*, *downtime*, *planned downtime*, *loading time*, *operation time*, *breakdown time*, *setup & adjustment time* seperti pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Data *Maintenance*

Bulan	Available Time (menit)	Planned Down time (menit)	Breakdown Time (menit)	Down time (menit)	Loading Time (menit)	Operation Time (menit)	Ideal Cycle Time (min/unit)	Actual Cycle Time (min/unit)
Agu-21	11520	3846	870	1544	7674	6130	45.56	48.05
Sept-21	12480	3947	821	1192	8533	7341	68.07	69.91
Okt-21	12000	0	0	0	12000	12000	190.48	190.48

Nov-21	12480	0	0	0	12480	12480	198.10	198.10
Des-21	12480	5762	480	798	6718	5920	92.26	93.73
Jan-22	12000	5719	570	1057	6281	5224	38.25	39.88
Feb-22	10560	4431	764	1288	6129	4841	25.91	27.98
Mar-22	12480	3246	985	1531	9234	7703	34.41	35.83
Apr-22	12000	2996	616	1061	9004	7943	40.21	40.94
Mei 22	10560	0	572	924	10560	9636	62.81	63.39
Jun-22	12000	0	892	1364	12000	10636	53.92	54.82
Juli-22	11520	4808	542	922	6712	5790	29.24	30
<b>Total</b>	<b>142080</b>	<b>34775</b>	<b>7115</b>	<b>11691</b>	<b>107325</b>	<b>95634</b>	<b>73.27</b>	<b>74.49</b>

### Perhitungan dan Analisis Nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

Analisis ini digunakan untuk membantu proses pengukuran nilai efektivitas kinerja mesin terdapat pada pengolahan data menggunakan pengukuran *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) berdsarkan data yang ada. Sehingga untuk penjelasannya adalah sebagai berikut:

#### a. *Availability*

Rata-rata nilai *availability* mesin *bending* periode Agustus 2021-Juli 2022 sebesar 87.59% yang berarti nilai *availability* berada dibawah standar nilai pada *world class*. Hal ini disebabkan karena 9 dari 12 periode ini memiliki *downtime* yang cukup tinggi. *Loading time* dipengaruhi oleh *breakdown* dan *set-up & adjustment*, *breakdown* dipengaruhi oleh *machine break*, *power cut off*, dan *material shortage*.

#### b. *Performance Rate*

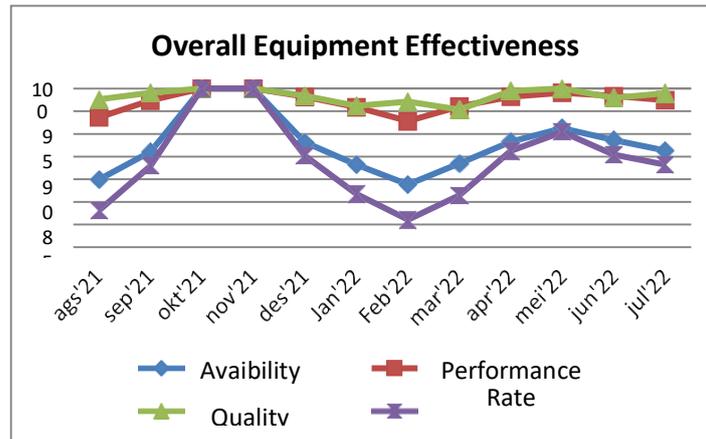
Hasil *performance rate* 10 periode lainnya menunjukkan bahwa nilai *performance rate* lebih dari *world class* sehingga rata-rata yang dihasilkan pada satu tahun adalah 97.25% yang berarti berada pada *standar world class*. Hal ini terjadi karena terdapat *idle time* sehingga *actual cycle time* lebih besar dibandingkan dengan *ideal cycle time*.

#### c. *Quality Rate*

Hasil rata-rata nilai *quality rate* dalam satu tahun adalah 98.34 %, hal ini dapat diketahui bahwa nilai *quality rate* berada pada standar *world class* sehingga perusahaan harus mampu mempertahankan dan meningkatkan nilai *quality rate* ini dengan tidak menghasilkan *product reject*. Perhitungan nilai *overall equipment effectiveness* (OEE) merupakan hasil perkalian dari data nilai *availability*, *performance rate*, dan *quality rate*. Adapun hasil perhitungan nilai OEE periode Agustus 2021-Juli 2022 dapat dilihat pada Tabel 7 dan Gambar 1. Adapun hasil rata-rata OEE pada mesin *bending* dalam satu tahun sebesar 84.21%, yang menunjukkan nilai OEE berada di bawah standar *world class*. Hal ini disebabkan karena dari 12 periode terdapat 6 periode mempunyai nilai OEE yang relatif rendah yang disebabkan rendahnya nilai *availability* Setelah diketahui nilai OEE rendah, kemudian dilakukan identifikasi faktor yang paling penting yang mempengaruhi tingkat kinerja mesin dengan menggunakan metode *six big losses* untuk menganalisis *losses* yang sangat berpengaruh terhadap nilai OEE, sehingga dapat menentukan tindakan atau usulan terhadap *losses* yang terjadi

**Tabel 7.** Hasil Perhitungan OEE

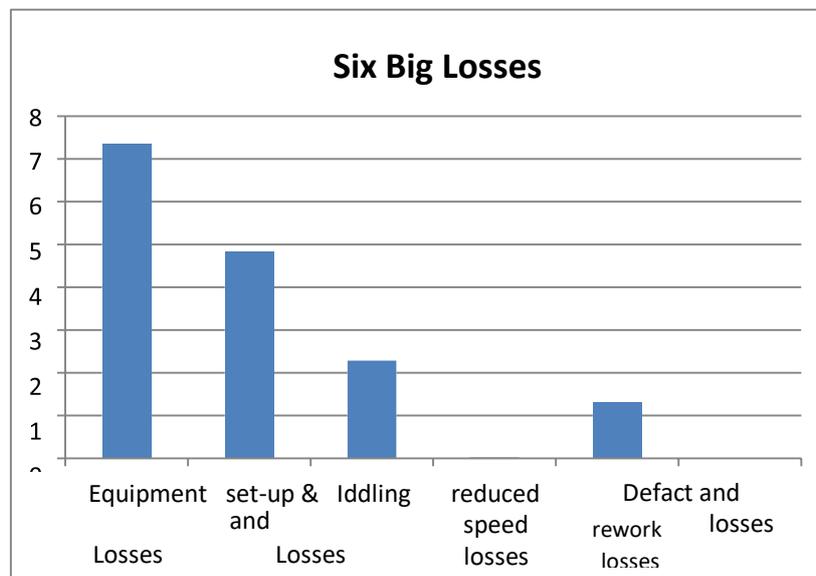
Bulan	<i>Availability</i> (%)	<i>Performance</i> <i>Rate</i> (%)	<i>Quality</i> <i>Rate</i> (%)	OEE (%)
Agustus 2021	79.88	93.66	97.62	73.03
September 2021	86.03	97.36	99.05	82.96
Oktober 2021	100	100	100	100
November 2021	100	100	100	100
Desember 2021	88.12	98.18	98.41	85.15
Januari 2022	83.17	95.91	96.18	76.72
Februari 2022	78.82	92.78	97.11	71.02
Maret 2022	83.42	96.05	95.35	76.40
April 2022	88.22	98.22	99.48	86.20
Mei 2022	91.25	99.08	100	90.41
Juni 2022	88.63	98.36	97.94	85.38
Juli 2022	86.26	97.46	98.96	83.20
<b>Rata-Rata</b>	<b>87.82%</b>	<b>97.25</b>	<b>98.34</b>	<b>84.21</b>



Gambar 1. Grafik Overall Equipment Effectiveness (OEE)

### Analisis Six Big Losses

*Six big losses* merupakan enam kerugian besar yang mengakibatkan rendahnya kinerja mesin berupa kerugian waktu, sehingga dapat menimbulkan kerugian lainnya yang diakibatkan rendahnya kinerja mesin. Berdasarkan nilai *six big losses* ini kemudian dilakukan analisis untuk mengetahui kerugian terbesar yang menjadi faktor penting dalam rendahnya nilai OEE pada mesin *bending*. Gambar 2 merupakan grafik yang menunjukkan hasil dari *six big losses* mesin *bending*.



Gambar 2. Grafik Six Big Losses Mesin Bending

Berdasarkan Gambar 2 grafik *six big losses* pada mesin *bending*, dengan hasil rata-rata perhitungan *equipment failure losses* sebesar 7.34%, *set-up & adjustment losses* sebesar 4.84 %, *reduced speed losses* sebesar 2.28%, *idling and minor stoppages losses* sebesar 0.02%, *defect and rework losses* sebesar 1.31 %, dan *yield/scrap losses* sebesar 0%. Tabel 8 adalah usulan perbaikan terhadap losses yang terjadi pada mesin *bending*.

Tabel 8. Usulan Perbaikan Terhadap Losses

Losses	Nilai Losses (%)	Usulan perbaikan
Equipment Failure Losses	7.4%	Melakukan analisis kerusakan menggunakan metode FTA dan FMEA

<i>Set-up&amp;adjustment Losses</i>	4.84%	Melakukan pelatihan kepada operator untuk meningkatkan kemampuan dalam mempersiapkan mesin lebih cepat, sehingga mengurangi waktu <i>set up and adjustment</i> tanpa mengurangi kualitas operasi mesin.
<i>Reduced Speed Losses</i>	2.28%	Ketebalan Plat yang berbeda-beda, dan hasil sudut yang diinginkan berbeda-beda membuat operator harus mengubah pengaturan R pada control mesin, operator harus lebih cekatan dalam menentukan pengaturan R dan memproduksi dengan memisahkan ukuran R yang sama
<i>Defect and Rework Losses</i>	1.31%	Operator harus lebih teliti dalam penggunaan <i>blade</i> , dan menentukan tekanan hidrolik harus sesuai dengan ketebalan plat.
<i>Idling and minor stoppage Losses</i>	0.02%	Melakukan pelatihan kepada operator untuk meningkatkan kemampuan dan kecekatan dalam beroperasi, sehingga tidak terdapat kegiatan yang tidak produktif.

*Equipment failure losses* tinggi disebabkan oleh tingginya *breakdown time*, salah satu pengaruh dalam tingginya *breakdown time* adalah *machine break time* yaitu dimana waktu yang terbuang akibat dari kegagalan mesin. *Set-up & adjustment losses* disebabkan oleh besarnya waktu yang dibutuhkan dalam mempersiapkan mesin. *Reduced speed losses* disebabkan oleh terjadinya *idle* pada saat proses produksi berupa perbedaan ketebalan plat, dan tekanan yang diberikan sehingga operator harus mengubah pengaturan (*setting*) mesin secara berkala sesuai dengan ketebalan plat.

#### Analisis Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

FMEA merupakan metode yang bertujuan untuk mengevaluasi dan menganalisis penyebab terjadinya kegagalan dalam suatu sistem dengan mengukur skala prioritas/risk priority number (RPN). Pada penelitian ini FMEA digunakan untuk menganalisis penyebab terjadinya kerusakan pada mesin bending untuk memberikan upaya perbaikan, sehingga dapat meminimalisir kerusakan dan tidak mengganggu jalannya produksi case.

Berdasarkan Tabel 9, yang merupakan tabel FMEA dari kerusakan yang terjadi pada mesin *bending*, diperoleh hasil nilai risk priority number (RPN) pada mesin bending dari terbesar sampai terkecil, yaitu *overheat motor* memiliki nilai RPN 480, *seal pump* memiliki nilai RPN 350, *bearing motor* memiliki nilai RPN 315, *seal ram stroke* memiliki nilai RPN 210, *gear pump* memiliki nilai RPN 200, *penyangga dies* memiliki nilai RPN 147, *blade* memiliki nilai RPN 140, *dies* memiliki nilai RPN 120, *cooler* memiliki nilai RPN 75, *bearing pump* memiliki nilai RPN 72, *housing valve* memiliki nilai RPN 72, *overheat oli* memiliki nilai RPN 36, *korsleting listrik* memiliki nilai RPN 18, dan *spool valve* memiliki nilai RPN 16. Nilai RPN ini digunakan untuk menentukan kegagalan/kerusakan yang harus diprioritaskan untuk dilakukan tindakan perbaikan. Langkah selanjutnya untuk mengurangi downtime dan meminimalisir *breakdown time*, penulis mengusulkan upaya perbaikan pada item-item mesin yang rusak.

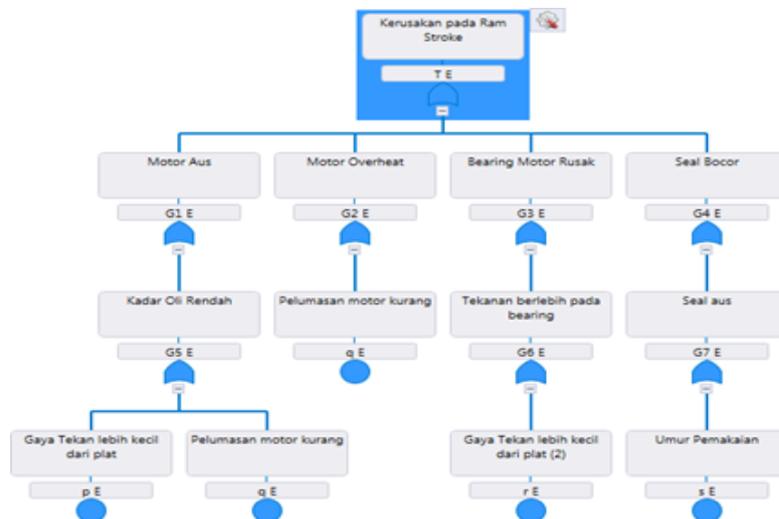
Tabel 9. Tabel FMEA Mesin *Bending*

Item	Potensi Kerusakan	Penyebab Kerusakan	Akibat dari Kerusakan	Tindakan terhadap Kerusakan	S	O	D	RPN
<i>Electrical Control</i>	Korsleting listrik	Isolator tidak berfungsi	Mesin tidak dapat beroperasi	Pengecekan dan perbaikan kabel dan panel	3	2	3	18
<i>Hydraulic oil</i>	Pencemaran oli, <i>overheating</i> oli	Tangki kemasukan angin, tingkat oli dalam tangki rendah	Komponen lain aus	Ganti oli, tambah oli	6	2	3	36
<i>Hydraulic pump</i>	<i>Seal</i> bocor	<i>Seal</i> aus	Tekanan hidrolik berkurang	Pembongkaran, mengganti seal	10	5	7	350
	<i>Gear</i> aus	Pelumasan pada <i>gear</i> kurang,	Putaran gear lambat, tekanan hidrolik berkurang	Pelumasan pada gear	8	5	5	200
	<i>Bearing pump</i>	Beban hidrolik yang berlebih	Oli mengalami <i>overheat</i>	Pelumasan pada bearing pump	8	3	3	72
<i>Hydraulic valve</i>	Sirkulasi pendingin tidak berfungsi	Penyumbatan kotoran pada saluran	Oli mengalami <i>overheat</i>	Membersihkan saluran pada sirkulasi pendingin	5	5	3	75
	Diameter <i>spool valve</i> rusak	Penyumbatan pada <i>spool valve</i>	Kadar oli yang mengalir rendah	Ganti Oli	4	2	2	16

	Housing valves rusak	Pelumas pada housing valves kurang	Kadar oli yang mengalir rendah	Penambahan Oli, Ganti housing valve	4	3	6	72
Ram Stroke	Overheating pada motor hidrolik, motoraus, motor rusak	Kadar oli rendah	Peningkatan gesekan antar komponen, aus	Dinginkan motor, Pelumas pada motor, ganti motor	10	8	6	480
	Bearing motor rusak	Tekanan berlebih, kurangpelumas	Motor hidrolikaus	Mengganti bearing motor	9	5	7	315
	Seal bocor	Seal aus	Tekanan hidrolik berkurang	Pembongkaran, mengganti seal	7	6	5	210
Mold	Blade rusak	Kedudukan antara blade dan dies tidak tepat	Hasil sudutteuk lebihbesar	Mengganti blade	7	4	5	140
	Penyangga dies rusak	Dies bergeser	Kedudukan dies dan blade tidak akurat	Ganti dies, pengecekan berkalamur dan baut dies	7	7	3	147
	Dies rusak	Plat lebih tebal daripada gaya yang diberikan	Hasil sudutteuk lebihbesar	Ganti dies, pengecekan berkalamur dan baut dies	8	3	5	120

### Analisis Fault Tree Analysis (FTA)

*Fault tree analysis* berfungsi untuk mengetahui akar penyebab kerusakan pada mesin *bending* dengan membuat pohon kesalahan (*fault tree*) yaitu suatu analisis pohon kesalahan secara sederhana dapat diuraikan sebagai suatu teknik analisis mulai dari *top event* sampai dengan *basic event*. Berdasarkan kerusakan yang terjadi pada mesin *bending*, kerusakan-kerusakan tersebut diklasifikasikan berdasarkan komponen utama mesin *bending* yaitu kerusakan pada komponen *electrical control*, *hydraulic oil*, *hydraulic pump*, *hydraulic valve*, *ram stroke*, dan *mold*.



Gambar 3. Diagram Fault Tree Ram Stroke

Kerusakan pada keenam komponen utama tersebut kemudian dibuat diagram *fault tree* dan dilanjutkan dengan analisis kualitatif dengan mencari minimal cut set dan analisis kuantitatif dengan pendekatan peluang. Gambar 3 adalah gambar diagram *fault tree* dari komponen *ram stroke* yang merupakan persentase peluang kerusakan tertinggi pada *bending* hidrolis. Adapun hasil analisis kualitatif dan kuantitatif mesin *bending* menggunakan FTA dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Analisis FTA

No	Komponen item	Minimal CutSet	P(T)	Ranking
1	Electrical control	$T = pUq$	0.00108	6
2	Hydraulic Oil	$T = pUq$	0.00228	4
3	Hydraulic Pump	$T = pUqUrUsUt$	0.01130	2
4	Hydraulic Valve	$T = pUqUr$	0.00212	5
5	Ram Stroke	$T = pUqUrUs$	0.01154	1
6	Mold	$T = pUqUr$	0.00416	3

### Usulan Perbaikan pada Mesin *Bending*

Berdasarkan analisis FMEA dan FTA dapat dibuat usulan perbaikan guna menjadi bahan evaluasi di waktu mendatang sehingga dapat mengurangi *downtime* dan meminimalisir *breakdown time*. Usulan perbaikan pada mesin *bending* dapat dilihat pada Tabel 11.

**Tabel 11.** Usulan Perbaikan pada Mesin *Bending*

Item	Kerusakan yang Terjadi	Usulan Perbaikan
<i>Electrical control</i>	Korsleting Listrik	Melakukan <i>periodic maintenance</i> untuk melakukan pengecekan pada panel dan kabel.
<i>Hydraulic Oil</i>	Oli Tercemar, Overheat oli	Melakukan <i>periodic maintenance</i> untuk melakukan pengecekan, menambah atau mengganti oli hidrolik
<i>Hydraulic Pump</i>	<i>Seal</i> bocor, <i>gear</i> aus, <i>bearing pump</i> rusak, <i>cooler</i> tidak berfungsi	Melakukan perawatan prediktif ( <i>predictive maintenance</i> ) dan melakukan <i>repair</i> / mengganti komponen yang rusak, mengecek kebersihan komponen
<i>Hydraulic Valve</i>	Diameter <i>spool valve</i> rusak, <i>housing valve</i> rusak	Menambahkan sensor berupa <i>control valve</i> otomatis yang bsrfungsi untuk penyesuaian ketika terjadi kelebihan atau penyumbatan oli, mengecek kebersihan komponen
<i>Ram Stroke</i>	<i>Overheat</i> motor, motor aus, <i>bearing</i> motor rusak, <i>seal</i> bocor	Melakukan pengecekan mingguan untuk pelumasan pada semua komponen yang bergerak, mengganti seal yang bocor yang membuat tekanan hidrolik berkurang
<i>Mold</i>	<i>Blade</i> rusak, penyangga <i>dies</i> rusak, <i>dies</i> rusak	Melakukan perawatan prediktif ( <i>predictive maintenance</i> ) dan melakukan <i>repair</i> / mengganti komponen yang rusak.

Berdasarkan tabel 11 usulan perbaikan yang diberikan terhadap mesin *bending* hidrolik pada PT Hari Mukti Teknik adalah melakukan *periodic maintenance* pada *electrical control*, dan *hydraulic oil* karena berdasarkan fungsi komponennya keduanya merupakan komponen utama mesin dalam beroperasi, jika terjadi korsleting listrik, maka mesin tidak dapat beroperasi, jika terjadi kekurangan atau kelebihan oli, oli tercemar maka komponen lain akan cepat rusak. Usulan perbaikan selanjutnya adalah melakukan *predictive maintenance* pada komponen *hydraulic pump* dan *mold* karena kedua komponen tersebut merupakan komponen penggerak pada mesin *bending*, keduanya dapat dilihat secara visual sehingga dapat melakukan *predictive maintenance* baik berdasarkan umur pemakaian atau berdasarkan seberapa banyak produksi yang telah dilakukan. Usulan perbaikan pada komponen *ram stroke* adalah dengan cara inspeksi mingguan terhadap komponen yang bergerak sehingga tidak akan terjadinya kekurangan oli pada *ram stroke*.

### KESIMPULAN

Hasil Pengukuran kinerja mesin *bending* pada satu tahun periode menggunakan metode OEE adalah sebesar 84.21 % yang berarti tidak baik karena berada dibawah standar nilai *world class*, hal ini disebabkan oleh rendahnya nilai *availability* rendah. Berdasarkan analisis *six big losses* faktor yang mempengaruhi rendahnya nilai OEE dalam pengukuran kinerja mesin *bending* adalah *equipment failure losses* yaitu sebesar 7.34% yang diakibatkan tingginya *machine break time* dalam melakukan tindakan terhadap kerusakan mesin *bending*. Berdasarkan analisis FTA dan FMEA terdapat 6 komponen utama yang sering mengalami kerusakan, upaya perbaikan yang dapat diberikan pada mesin *bending* adalah melakukan *periodic maintenance*, membuat list *predictive maintenance*, melakukan pengecekan ulang, melakukan pelumasan secara berkala pada komponen yang bergerak, mengecek kebersihan lingkungan dan mengganti komponen yang rusak

### DAFTAR PUSTAKA

- Alfatiyah, R., & Bastuti, S. (2020). Improving the Effectiveness of Primary Rolling Machine With Oee and Six Big Losses Method. *SINTEK JURNAL: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 14(2), 85. <https://doi.org/10.24853/sintek.14.2.85-93>
- Caswito, A., & Hidayat Sutawijaya, A. (2019). Analysis of Total Maintenance Productivity on Ships/Fleet To Increase Performance Using Overall Equipment Effectiveness (OEE) Method and Analysis of Six Big Losses (Case Study of PT. XYZ). *American International Journal of Business Management (AIJBM)*, 2(9), 23–37.
- Hasrul, H., Shofa, M. J., & Winarno, H. (2017). Analisa Kinerja Mesin Roughing Stand dengan

- Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) dan Failure Mode Effect Analysis (FMEA). *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, 3(2), 55. <https://doi.org/10.30656/intech.v3i2.879>
- Kurniawan, B. H., Yusuf, M., & Parwati, C. I. (2017). Evaluasi Perawatan Mesin Dengan Metode Fault Tree Analysis (Fta) Dan Failure Mode and Effect Analysis (Fmea) Pada Cv. Julang Marching. *Jurnal REKAVASI*, 5(2), 80–86. Retrieved from <https://journal.akprind.ac.id/index.php/rekavasi/article/view/267>
- Marfinov, B. F. P. A., & Pratama, A. J. (2020). Overall Equipment Effectiveness (OEE) Analysis to Minimize Six Big Losses in Continuous Blanking Machine. *IJIEM - Indonesian Journal of Industrial Engineering and Management*, 1(1), 25. <https://doi.org/10.22441/ijiem.v1i1.8037>
- Muthalib, I. S., Rusman, M., & Griseldis, G. L. (2020). Overall Equipment Effectiveness (OEE) analysis and Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) on Packer Machines for minimizing the Six Big Losses-A cement industry case. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 885(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/885/1/012061>
- Nurwulan, N. R., & Veronica, W. A. (2020). Implementation of Failure Mode and Effect Analysis and Fault Tree Analysis in Paper Mill: A Case Study. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 9(3), 171–176. <https://doi.org/10.26593/jrsi.v9i3.4059.171-176>
- Pradaka, M. A., & Aidil SZS, J. (2021). Analisis Total Productive Maintenance Menggunakan Metode OEE dan FMEA pada Pabrik Phosporic Acid PT Petrokimia Gresik. *Jurnal Teknik Industri*, 11(3), 280–289. <https://doi.org/10.25105/jti.v11i3.13087>
- Rahman, A., & Perdana, S. (2019). Analisis Produktivitas Mesin Percetakan Perfect Binding Dengan Metode Oee Dan Fmea. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 7(1), 34–42. <https://doi.org/10.24912/jitiuntar.v7i1.5034>
- Sayuti, M., Juliananda, Syarifuddin, & Fatimah. (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). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/536/1/012061>
- Singh, S., Khamba, J. S., & Singh, D. (2021). Analyzing the Role of Six Big Losses in OEE to Enhance the Performance: Literature Review and Directions (pp. 411–421). [https://doi.org/10.1007/978-981-33-4320-7\\_37](https://doi.org/10.1007/978-981-33-4320-7_37)
- Stamatis, D. H. (2017). *The OEE Primer: Understanding Overall Equipment Effectiveness, Reliability, and Maintainability*. CRC Press.
- Suliantoro, H., Susanto, N., Prastawa, H., Sihombing, I., & Mustikasari, A. (2017). Penerapan Metode Overall Equipment Effectiveness (Oee) Dan Fault Tree Analysis (Fta) Untuk Mengukur Efektifitas Mesin Reng. *J@ti Undip: Jurnal Teknik Industri*, 12(2), 105. <https://doi.org/10.14710/jati.12.2.105-118>