
**ANALISIS EFEKTIVITAS MESIN *HIGH FREQUENCY WELDING* MENGGUNAKAN
METODE *OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS* DAN *FAULT TREE ANALYSIS* DI
PT INDAL STEEL PIPE GRESIK**

Kevin Muktavin Romadhoni¹, Elly Ismiyah²

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah
Gresik Jl. Sumatera 101 GKB, Gresik 61121, Indonesia
e-mail : kevinmuktavinromadhoni@gmail.com

ABSTRAK

Perkembangan teknologi selalu beriringan dengan perkembangan ilmu yang ada. Dampak dari perkembangan teknologi tersebut adalah banyaknya tenaga kerja manusia yang tidak diperlukan lagi di dunia perindustrian. Pemicunya, banyak industri yang mulai beralih menggunakan mesin daripada manusia dalam proses produksinya (Nurwulan dan Fikri, 2020). Penggunaan mesin dianggap dapat menghasilkan nilai efisien yang lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan tenaga kerja manusia. Namun, fungsi mesin terkadang mengalami penurunan kinerja seiring dengan bertambahnya usia mesin dan juga penggunaan oleh sumber daya manusia yang kurang berpengalaman. Oleh karena itu perlu adanya perawatan secara berkelanjutan dan periodik demi kelangsungan efektifitas mesin. Berdasarkan Latar Belakang yang telah dijabarkan, maka perlu dilakukan pengukuran tingkat efektifitas guna untuk mengetahui tingkat kinerja fasilitas pada proses produksi pipa-pipa baja di mesin HFW, karena di perusahaan belum ada alat dalam mengukur kinerja mesin sehingga sangat tepat jika pengukuran kinerja mesin tersebut menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dan memberikan masukan terhadap menurunnya *losses* yang teridentifikasi dari *six big losses* serta menganalisis penyebab *six big losses* mesin HFW dengan menggunakan *Fault Tree Analysis* (FTA).

Kata kunci : *Overall Equipment Effectiveness, Fault Tree Analysis, Six Big Losses*

ABSTRACT

The development of technology always goes hand in hand with the development of existing science. The impact of these technological developments is the large number of human workers who are no longer needed in the industrial world. The trigger is that many industries have begun to switch to using machines rather than humans in their production processes (Nurwulan and Fikri, 2020). The use of machines is considered to be able to produce a higher efficient value compared to using human labor. However, the function of the machine sometimes suffers from a decrease in performance as the machine ages and is also used by inexperienced human resources. Therefore, there is a need for continuous and periodic maintenance for the continuity of the machine's effectiveness. Based on the background that has been described, it is necessary to measure the level of effectiveness in order to determine the level of facility performance in the production process of steel pipes in the HFW machine, because at the company there is no tool to measure machine performance so it is very appropriate if the machine performance measurement uses the method. Overall Equipment Effectiveness (OEE) and provide input on the reduction of identified losses from the six big losses and analyze the causes of the six big losses of HFW machines using Fault Tree Analysis (FTA).

Keywords: *Overall Equipment Effectiveness, Fault Tree Analysis, Six Big Losses*

Jejak Artikel

Upload Jurnal : 12 Februari 2023
Revisi : 15 Maret 2023
Publish : 30 April 2023

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi selalu beriringan dengan perkembangan ilmu yang ada. Dampak dari perkembangan teknologi tersebut adalah banyaknya tenaga kerja manusia yang tidak diperlukan lagi di dunia perindustrian. Pemicunya, banyak industri yang mulai beralih menggunakan mesin daripada manusia dalam proses produksinya (Nurwulan dan Fikri, 2020). Penggunaan mesin dianggap dapat menghasilkan nilai efisien yang lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan tenaga kerja manusia. Namun, fungsi mesin terkadang mengalami penurunan kinerja seiring dengan bertambahnya usia mesin dan juga penggunaan oleh sumber daya manusia yang kurang berpengalaman. Oleh karena itu perlu adanya perawatan secara berkelanjutan dan periodik demi kelangsungan efektifitas mesin.

PT. Indal Steel Pipe adalah perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur yaitu memproduksi pipa baja dan aplikator lapisan anti korosi yang dapat memenuhi semua standart yang berlaku. Perusahaan ini bergerak di bidang manufaktur yang memproduksi jenis pipa baja dengan ukuran dimensi yang sesuai dengan permintaan customer dan berdasarkan kualitas yang ditawarkan mulai dari material hingga proses akhir. Mesin yang harus diperhatikan dari awal proses hingga akhir proses di bagian Bar Pipe adalah mesin HFW, karena mesin HFW adalah mesin yang paling utama dalam proses pembuatan pipa-pipa baja dari bahan baku coil atau HRC (Hot Roll Coil) hingga menjadi produk pipa utuh sesuai dengan diameter atau dimensi pipa yang diinginkan.

Dalam penelitian ini akan difokuskan pada produk pipa minyak dan gas pada mesin HFW karena pada bulan Januari sampai Maret jenis pipa air dan pipa pancang pada mesin HFW tidak ada produksi dikarenakan tidak adanya permintaan dari pelanggan. Dimensi pipa HFW sesuai permintaan dari pelanggan dengan ukuran panjang minimal 6 m sampai dengan 12 m dan diameter pipa minimal 168.3 mm sampai dengan 508.0 mm. Berikut merupakan data target produksi pipa baja pada mesin HFW, dapat dilihat pada tabel 1.1 dibawah ini :

Tabel 1.1. Data Target Produksi Bulan April 2021– Maret 2022

No	Bulan	Jumlah Hari	Jumlah Shift (Jam)	Jumlah Jam/Shift (Jam)	Jumlah Jam Kerja (Jam)
1	April 2021	21	1	8	168
2	Mei 2021	17	1	8	136
3	Juni 2021	21	1	8	168
4	Juli 2021	22	1	8	176
5	Agustus 2021	19	1	8	152
6	September 2021	22	1	8	176
7	Oktober 2021	19	1	8	152
8	November 2021	22	1	8	176
9	Desember 2021	23	1	8	184
10	Januari 2022	21	1	8	168
11	Februari 2022	20	1	8	160
12	Maret 2022	22	1	8	176

Sumber: Data Internal perusahaan

Defect product yang sering terjadi pada perusahaan, seperti stop start (las tidak menyambung dibagian material pipa), high low (yaitu posisi material tidak sejajar ketika saat pengelasan dalam proses pembuatan pipa spiral), porosity (cacat pengelasan yang berupa sebuah lubang kecil pada weld metal), roll mark (cacat yang disebabkan dari Roll di mesin HFW dengan tekanan yang berlebih dan mengakibatkan material menjadi cekung bekas roll). Produk cacat juga dihasilkan karena terjadinya kerusakan pada mesin HFW yaitu mesin utama, kerusakan tersebut terjadi seperti Roll Boom pecah, insert milling tidak diganti, dan lain sebagainya.

Tabel 1.2. Data Produksi Beserta Dimensi Pipa Dalam Produksi Pipa Gas & Minyak (API 5L) yang dihasilkan di mesin HFW pada April 2021 - Maret 2022

No	Bulan	Dimensi Pipa (Batang)	Target Produksi (Batang)	Realisasi Produksi (Batang)	Total Defect (Batang)	Downtime mesin (jam)
1	April 2021	406.4 mm X 12.7 mm X 12 M	840	980	162	40
2	Mei 2021	219.1 mm X 12.7 mm X 12 M	1411	1340	85	43
3	Juni 2021	219.1 mm X 12.7 mm X 12 M	1575	1520	128	42
4	Juli 2021	508 mm X 7.11 mm X 12 M	682	702	52	41
5	Agustus 2021	406.4 mm X 12.7 mm X 12 M	836	800	72	43
6	September 2021	508 mm X 12.7 mm X 12 M	770	788	38	43
7	Oktober 2021	168.3 mm X 7.11 mm X 12 M	1824	1672	96	48
8	November 2021	508 mm X 12.7 mm X 12 M	682	698	33	42
9	Desember 2021	406.4 mm X 7.11 mm X 12 M	966	895	53	44
10	Januari 2022	406.4 mm X 12.7 mm X 12 M	1659	1473	115	45
11	Februari 2022	168.3 mm X 7.11 mm X 12 M	1920	1786	67	49
12	Maret 2022	219.1 mm X 12.7 mm X 12 M	3100	3128	134	42

Mesin HFW sering mengalami kerusakan yang mengakibatkan terhentinya produksi

(downtime). Tingkat downtime yang tinggi mengakibatkan tidak dapat tercapainya target produksi yang di inginkan. Manajemen perawatan yang dilakukan di mesin HFW pada saat ini yaitu melakukan perbaikan setiap pagi sebelum berlangsungnya proses produksi berjalan dengan cara menerapkan jadwal peralatan secara berkala agar tidak terjadi kerusakan mesin yang berakibat terhambatnya proses produksi. Aktivitas perawatan mesin secara berkala bertujuan untuk menekan biaya perawatan serendah mungkin, dengan melakukan kegiatan maintenance secara efektif dan efisien.

Berdasarkan Latar Belakang yang telah dijabarkan, maka perlu dilakukan pengukuran tingkat efektivitas guna untuk mengetahui tingkat kinerja fasilitas pada proses produksi pipa-pipa baja di mesin HFW, karena di perusahaan belum ada alat dalam mengukur kinerja mesin sehingga sangat tepat jika pengukuran kinerja mesin tersebut menggunakan metode Overall Equipment Effectiveness (OEE). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Nurwulan dan Fikri (2020) alat OEE dirancang untuk menghitung tingkat efektivitas mesin, serta melakukan analisis perhitungan OEE dan juga memberikan masukan terhadap menurunnya losses yang teridentifikasi dari 6 jenis kerugian (six big losses) akan dapat meningkatkan kinerja mesin HFW. Analisis penyebab six big losses mesin HFW dengan menggunakan Fault Tree Analysis (FTA), serta memberikan rekomendasi perbaikan untuk meningkatkan efektivitas di mesin HFW. Berdasarkan Suliantoro dkk., (2017) permasalahan seperti terjadinya downtime pada fasilitas mesin, terjadinya penurunan kecepatan mesin atau hasil produksi tidak memenuhi target, dan adanya defect atau produk yang tidak sesuai spesifikasi, maka dapat diselesaikan dengan metode OEE dan FTA.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metodelogi penelitian ini bertujuan untuk memudahkan dalam melakukan penelitian sehingga dapat terstruktur dengan baik. Dalam

penyusunan didapatkan data yang objektif dan ilmiah sehingga diperlukan langkah-langkah tertentu yang dapat dipakai sebagai pedoman dalam menyelidiki dan membahas persoalan yang dihadapi.

Objek dalam penelitian ini adalah mesin HFW. Langkah-langkah yang dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian diawali dengan observasi lapangan, mengidentifikasi masalah, studi lapangan, studi literatur, rumusan masalah, menentukan tujuan penelitian, pengumpulan data, pengolahan data, analisis dan interpretasi, serta kesimpulan dan saran.

Tahapan penelitian ini diklasifikasikan dalam 3 tahap, yaitu implementasi OEE, dilanjutkan tahap kedua implementasi Six Big Losses, dan ketiga tahapan FTA. Sebelum dilakukan perhitungan ketiga tahap tersebut, data historis perusahaan yang didapatkan yaitu hasil produksi, produk cacat, *available time, set up and adjustment, breakdown time, dan planned downtime*. Tahapan OEE dilakukan perhitungan *availability, performance efficiency, quality rate* dan nilai OEE. Data-data yang dibutuhkan untuk perhitungan OEE yaitu jumlah hari dan *breakdown shift kerja, waktu ketersediaan mesin, jadwal maintenance dan breakdown mesin, waktu loading selama satu tahun 2019*. Perhitungan nilai *availability ratio, performance efficiency, quality rate* dan nilai OEE sebagai berikut:

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

Pengukuran Nilai Performance Efficiency rasio merupakan perhitungan kedua, menunjukkan kemampuan peralatan dalam menghasilkan produk yang dinyatakan dengan persentase sebagai berikut:

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

Rate of Quality Product adalah perhitungan ketiga, merupakan rasio yang menunjukkan kemampuan peralatan dalam menghasilkan produk yang sesuai dengan standar dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$Quality\ Rate = \frac{Processed\ Amount - Defect\ Amount}{Operating\ Time} \times 100\%$$

Setelah melakukan perhitungan *Availability Rate, Performance Rate, dan Quality Rate*, maka dapat diketahui nilai OEE dengan rumus sebagai

berikut:

$$OEE = \text{Availability \%} \times \text{Performance efficiency \%} \times \text{Rate of quality product \%}$$

Tahapan kedua yaitu penentuan nilai losses. Perhitungan six big losses dimulai dengan menghitung *Equipment failure (breakdown loss)* yaitu suatu kerugian yang memiliki hubungan dengan kegagalan. Berikut ini adalah rumus untuk menghitung *equipment failure (breakdown loss)*:

$$\text{Breakdown loss} = \frac{\text{Total Breakdwon Time}}{\text{Loading Time}} \times 100$$

Setup & Adjustment Loss merupakan kerugian dikarenakan Adanya waktu yang digunakan akibat setup dan waktu setup yang lama, Perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Setup and adjustment loss} = \frac{\text{Total Breakdwon Time}}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

Idling & Minor Stoppage Loss merupakan kerugian akibat mesin mengalami pemberhentian sesaat, dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Idle and minor stoppages} = \frac{\text{Non Productive Time}}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

Reduced Speed Loss merupakan kerugian disebabkan mesin Mengalami penurunan kecepatan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Reduce speed loss} = \frac{\text{Operating time} - (\text{ideal cycle time} \times \text{processed amount})}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

Process Defect Losses adalah kerugian dikarenakan produk hasil produksi mengalami kekurangan atau cacat setelah keluar dari proses produksi perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Process Defect Loss} = \frac{\text{Ideal cycle time} \times \text{defect amount}}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

Reduced Yield Loss adalah kerugian akibat perbedaan kualitas produk dari mesin pertama kali dinyalakan dengan mesin stabil.

Tahap ketiga yaitu FTA. Metode ini dilakukan dengan pendekatan yang bersifat 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 (*root cause*).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil produksi dalam proses pembuatan pipa-pipa baja di PT Indal Pipe meliputi data realisasi produksi, data defect atau kecacatan dan data target produksi. Data

defect adalah produk yang tidak sesuai dengan standar mutu yang ditetapkan, tetapi secara ekonomis produk tersebut dapat diperbaiki (*repair*). Berikut data hasil produksi pada bulan April 2021 – Maret 2022 di mesin HFW pada proses pembuatan pipa baja dapat dilihat pada tabel 3.1 sebagai berikut:

Tabel 3.1 data hasil produksi pada bulan April 2021 – Maret 2022 di mesin HFW pada proses pembuatan pipa baja

No	Bulan	Hari Kerja	Jumlah Standart Pipa (Batang)	Target Produksi	Realisasi	Total Defect	Downtime
1	April	21	40	840	858	76	40
2	Mei	17	83	1411	1340	85	43
3	Juni	21	75	1575	1520	128	42
4	Juli	22	31	682	702	52	41
5	Agustus	19	44	836	880	72	43
6	September	22	35	770	788	38	43
7	Oktober	19	96	1824	1672	96	48
8	November	22	31	682	688	33	42
9	Desember	23	42	966	995	53	44
10	Januari	21	79	1659	1473	98	45
11	februari	20	96	1920	1786	108	49
12	Maret	22	150	3300	3128	224	42

Sumber : Data Internal Perusahaan

Tahap awal dalam penentuan kinerja mesin diperlukan perhitungan Availability, Performance, dan Quality. Untuk keperluan tersebut maka dilakukan antara lain :

Nilai availability didapatkan dengan perbandingan antara operation time, yaitu loading time dikurangi downtime dan dibagi dengan loading time. Sebagai contoh pada bulan Januari 2022 :

Penyelesaian:

$$\text{Loading time} = 168 \text{ Jam} - 21 \text{ Jam} = 147 \text{ Jam}$$

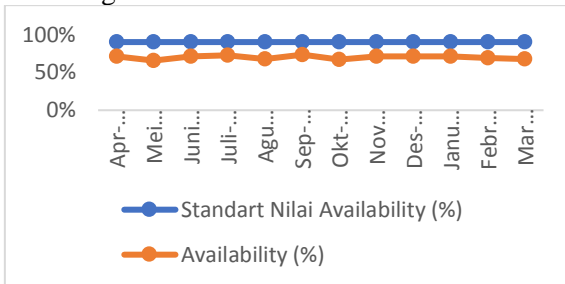
$$\text{Downtime} = 22 \text{ Jam} + 21 \text{ Jam} = 43 \text{ Jam}$$

$$\text{Operation tim} = 147 \text{ Jam} - 43 \text{ Jam} = 104 \text{ Jam}$$

$$\text{Availability} = 104/147 \times 100\% = 71\%$$

Berikut adalah tampilan grafik dari perbandingan nilai Avilability Rate perusahaan dengan standar nilai Overall Equipment

Effectiveness (OEE) dapat dilihat pada Gambar 3.1 sebagai berikut :



Gambar 3.1 Grafik Perhitungan Availability

Berdasarkan pada Gambar 3.1 Nilai availability masih belum memenuhi standart nilai dunia karena nilai masih dibawah 90%. Hal ini menandakan bahwa waktu yang tersedia untuk produksi atau nilai operating time berkurang karena jumlah downtime yang tinggi.

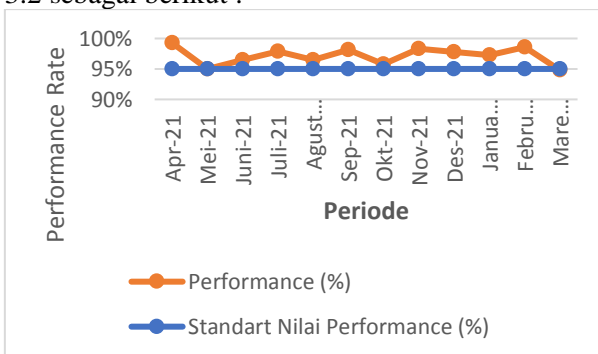
Performance efficiency merupakan rasio yang menggambarkan kemampuan dari peralatan dalam menghasilkan barang. Adapun data yang digunakan adalah output produksi, ideal cycle time, dan operating time. Ideal Cycle Time pada mesin HFW dalam proses produksi pipa baja adalah waktu proses yang diharapkan dapat dicapai dalam keadaan optimal atau tidak mengalami hambatan selama proses produksi. Sebagai contoh pada bulan Januari 2022 :

Penyelesaian:

$$\text{Ideal Cyclictime} = 104/1659 = 0,07$$

$$\text{Performance Efficiency} = (1473 \times 0,07)/104 \times 100\% = 97\%$$

Berikut adalah tampilan grafik dari perbandingan nilai Avilability Rate perusahaan dengan standart nilai Overall Equipment Effectiveness (OEE) dapat dilihat pada Gambar 3.2 sebagai berikut :



Gambar 3.2 Grafik Perhitungan Performance Efficiency

Berdasarkan dari gambar grafik di atas dapat diketahui bahwa nilai performance efficiency perusahaan diatas standart nilai dunia yaitu 95% yang berarti bahwa performance efficiency perusahaan memenuhi standart. Hal tersebut menunjukkan bahwa mesin HFW dapat bekerja secara optimal sehingga dapat menghasilkan produk yang sesuai dengan ideal cycle time.

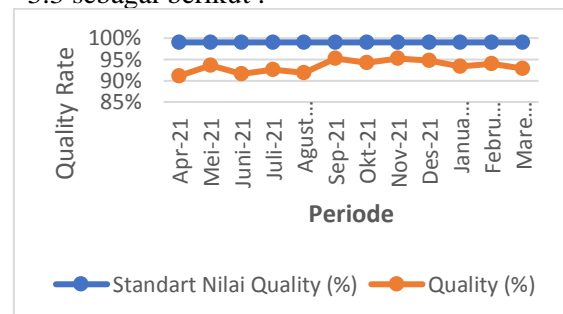
Rate of Quality merupakan suatu rasio yang menggambarkan kemampuan peralatan dalam menghasilkan produk yang sesuai dengan standar. Sebagai contoh pada bulan Januari 2022 :

Penyelesaian:

$$\text{Quality Rate} = (1473-98)/104 \times 100\%$$

$$\text{Quality Rate} = 93\%$$

Berikut adalah tampilan grafik dari perbandingan nilai Quality Rate perusahaan dengan standart nilai Overall Equipment Effectiveness (OEE) dapat dilihat pada Gambar 3.3 sebagai berikut :



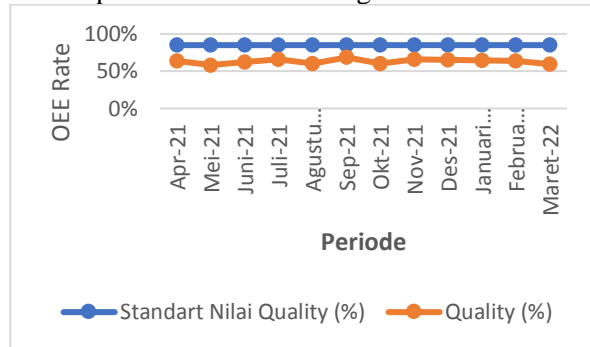
Gambar 3.3 Grafik Perhitungan Quality Ratio

Berdasarkan dari gambar 3.3 di atas dapat diketahui bahwa Nilai quality rate perusahaan diatas standart nilai dunia yaitu 99% yang berarti bahwa quality perusahaan belum memenuhi standart. Dapat disimpulkan nilai Quality Rate yang dihasilkan pada mesin HFW masih banyak yang belum memenuhi standar internasional. Hal tersebut di sebabkan karena terlalu banyak reject atau sheet yang tidak sesuai dengan standar Quality Control.

Setelah diperoleh nilai availability, performance efficiency, dan quality efficiency, maka dapat dilakukan perhitungan nilai OEE agar diketahui besarnya efektivitas mesin HFW dengan rate dari mesin HFW pada proses pembuatan pipa baja. Sebagai contoh pada bulan Januari 2022 :

$$\text{OEE} = 71\% \times 97\% \times 93\% = 64\%$$

Berikut adalah tampilan grafik dari perbandingan nilai OEE perusahaan dengan standar nilai Overall Equipment Effectiveness (OEE) dapat dilihat pada Gambar 3.4 sebagai berikut :



Gambar 3.4 Nilai OEE Mesin HFW

Berdasarkan Gambar 3.4 diketahui bahwa nilai OEE perusahaan dibawah standar nilai dunia yaitu 85%. Dimana nilai faktor dari *availability* dan faktor *quality rate* lebih rendah dibandingkan dengan faktor *performance efficiency*. Walau nilai *performance efficiency* memenuhi standar, tetapi nilai *availability* dan *quality rate* tidak memenuhi standar sehingga tidak dapat memenuhi nilai standar OEE dunia. Dari nilai tersebut diketahui bahwa efektivitas dari mesin HFW secara keseluruhan masih memerlukan evaluasi untuk dilakukan perbaikan dalam upaya meningkatkan efektivitas mesin HFW.

Dalam analisa OEE terdapat 5 losses yang teridentifikasi yaitu, Equipment Failure Losses, Setup and Adjustment Losses, Idling and Minor Stoppages Losses, Defect Losses, dan Reduce Speed Losses. Kemudian dilakukan pembuatan diagram pareto untuk mengetahui faktor nilai terbesar dari lima losses tersebut, sehingga didapat prioritas utama untuk dilakukan tindakan perbaikan atau improve untuk meningkatkan nilai OEE yang terukur.

Analisis hasil terhadap perhitungan six big losses dilakukan agar perusahaan mengetahui besarnya kontribusi dari masing-masing faktor dalam six big losses yang mempengaruhi tingkat efektivitas penggunaan mesin HFW pada proses pembuatan pipa baja. Berikut presentase kumulatif dan rata-rata faktor losses dari six big losses mesin HFW pada bulan April 2021 – Maret 2022 dapat dilihat pada tabel 3.2 sebagai berikut :

Tabel 3.2 Data Time Losses, Presentase Terhadap rata-rata Losses, dan Presentase

Kumulatif Six Big Losses Pada Mesin HFW

Six Big Losses	Total Time Losses (Jam)	Presentase Terhadap Rata-rata Losses(%)	Presentase Kumulatif (%)
Equipment Failure	22	18%	18%
Setup and Adjustment	23	19%	37%
Idling and minor stoppages	64	54%	91%
Reduce Speed Loss	10	2%	93%
Process Defect Losses	7	7%	100%
Reduce Yield Losses	0	0%	100%

Sumber : Pengolahan Data

Dari tabel 3.2 dapat diketahui dan disimpulkan bahwa nilai dari idling and stoppages losses menempati urutan tertinggi dari six big losses sebesar 54%. Hal ini dipengaruhi oleh terhambatnya proses produksi dan waktu berhentinya mesin saat akan beroperasi. Urutan yang kedua ialah *Setup and Adjustment* sebesar 19%. Hal ini dipengaruhi oleh waktu yang terbuang akibat setup yang berlangsung lama. Urutan yang ketiga ialah *Equipment Failure (Breakdown Losses)* dengan nilai losses sebesar 18%. Hal ini disebabkan oleh kerusakan pada mesin. Yang keempat yaitu *Process Defect Losses* dengan nilai losses sebesar 7%. Yang kelima ialah *Reduce Speed Loss* dengan nilai losses sebesar 2% yang dipengaruhi oleh kecepatan mesin yang bekerja dibawah kecepatan ideal. Pada reduced yield loss dianggap bernilai 0% karena produk cacat tidak dibuang tetapi di *repair* dan di *downgrade*.

Dari hasil perbandingan nilai dari OEE diatas, pada fasilitas produksi pipa baja di mesin HFW dengan nilai OEE yang masih belum mencapai standart world class yaitu 85%. Sehingga perlu dilakukannya tindakan perbaikan untuk meningkatkan nilai OEE pada mesin HFW.

Dari perhitungan enam losses dari six big losses yang terjadi pada mesin fasilitas produksi pipa baja di mesin HFW yaitu equipment failure (breakdown losses), setup and adjustment losses, idling and minor stoppages, reduce speed losses, process defect losses, selanjutnya akan dilakukan pengumpulan data hasil rata-rata kumulatif dan waktu kerugiannya yang dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

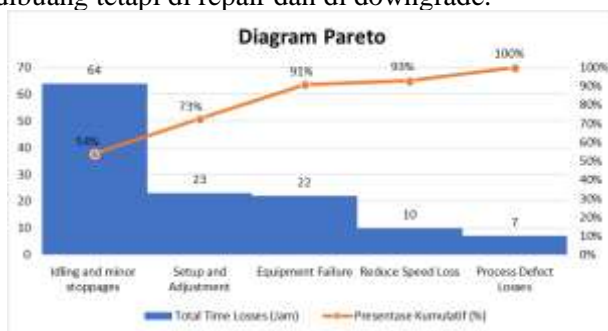
Tabel 3.3 Data Hasil Rata-rata Kumulatif

dan Waktu Kerugiannya mesin HFW bulan April 2021 – Maret 2022

Six Big Losses	Total Time Losses (Jam)	Presentase Terhadap Rata-rata Losses (%)	Presentase Kumulatif (%)
Equipment Failure	22	18%	18%
Setup and Adjustment	23	19%	37%
Idling and minor stoppages	64	54%	91%
Reduce Speed Loss	10	2%	93%
Process Defect Losses	7	7%	100%
Reduce Yield Losses	0	0%	100%

Sumber : Pengolahan Data

Dari tabel 3.3 dapat diketahui dan disimpulkan bahwa nilai dari idling and stoppages losses menempati urutan tertinggi dari six big losses sebesar 54%. Hal ini dipengaruhi oleh terhambatnya proses produksi dan waktu berhentinya mesin saat akan beroperasi. Urutan yang kedua ialah Setup and Adjustment sebesar 19%. Hal ini dipengaruhi oleh waktu yang terbuang akibat setup yang berlangsung lama. Urutan yang ketiga ialah Equipment Failure (Breakdown Losses) dengan nilai losses sebesar 18%. Hal ini disebabkan oleh kerusakan pada mesin. Yang keempat yaitu Process Defect Losses dengan nilai losses sebesar 7%. Yang kelima ialah Reduce Speed Loss dengan nilai losses sebesar 2% yang dipengaruhi oleh kecepatan mesin yang bekerja dibawah kecepatan ideal. Pada reduced yield loss dianggap bernilai 0% karena produk cacat tidak dibuang tetapi di repair dan di downgrade.



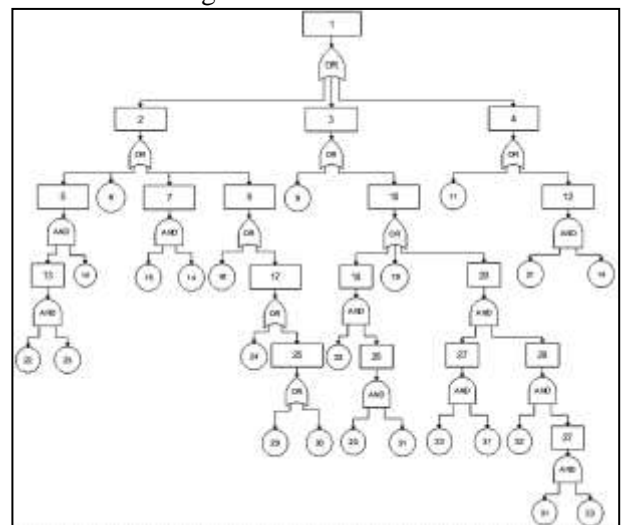
Gambar 3.5 Diagram Pareto

Sumber : Pengolahan Data

Menurut aturan pareto, nilai presentase kumulatif mendekati atau sama dengan 80% merupakan prioritas. Berdasarkan presentase kumulatif diketahui bahwa kerugian yang paling dominan dan mempengaruhi efektivitas mesin HFW adalah Idling and Minor Stoppage Losses

dengan presentase kumulatif sebesar 54%, Setup and Adjustment dengan presentase kumulatif sebesar 73%, dan Equipment Failure Losses dengan presentase kumulatif sebesar 91%. Sesuai dengan aturan dan prinsip pareto 80/20, maka hal ini menunjukkan bahwa ketiga faktor tersebut merupakan faktor dominan yang berpengaruh terhadap efektivitas dan produktivitas mesin HFW yang menjadi penyebab rendahnya nilai overall equipment effectiveness. Oleh karena itu, PT Indal Stell Pipe perlu memprioritaskan perbaikan terhadap ketiga faktor tersebut agar efektivitas mesin HFW dan nilai OEE dapat meningkat. Kemudian, setelah ketiga faktor tersebut berhasil diperbaiki dapat dilanjutkan dengan memperbaiki faktor lainnya.

Pada mesin HFW terdapat tiga losses yang terbesar yaitu tingginya Idling and Minor Stoppages, Equipment Failure (Breakdown Losses), dan Setup adjustment losses, yang sudah dijabarkan pada hasil diagram pareto diatas dan didapatkan faktor atau penyebab dari tiap-tiap losses yang terjadi. Dan langkah selanjutnya akan dianalisa dengan metode FTA agar diketahui penyebab dasar (root cause) serta diidentifikasi sampai kepada akar permasalahan untuk mengetahui penyebab masalah dari Tiga losses. Berikut gambar dari bagan fault tree Analysis dibawah ini sebagai berikut :



Gambar 3.6 Fault Tree Tingginya Idling and Minor Stoppages

Sumber : Pengolahan Data Dengan Bantuan Software Edraw Max 9.1

Dari bagan fault tree yang sudah di buat, maka dicari minimal cut set untuk mengetahui akar permasalahan dari penyebab kecacatan. Mencari minimal cut set merupakan analisa kualitatif yang mana dipakai Aljabar Boolean. Aljabar Boolean merupakan aljabar yang dapat digunakan untuk melakukan penyederhanaan atau menguraikan rangkaian logika yang rumit dan kompleks menjadi rangkaian logika yang lebih sederhana (Widjanarka, 2006). Perhitungan minimal cut set adalah sebagai berikut :

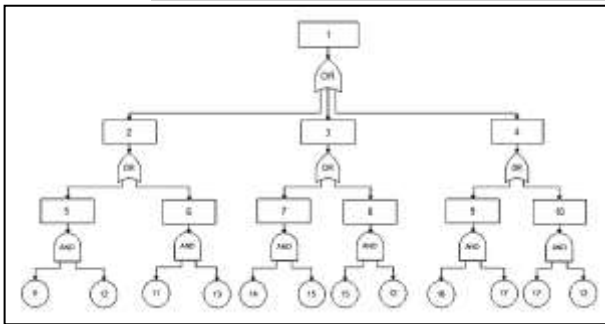
Langkah penentuan minimal cut set:

$$\begin{aligned} \text{Top level} &= 1 \\ &= 2 + 3 + 4 \\ &= (5 + 6 + 7) + (9 + 10) + (11 + 12) \\ &= \{(22.23.14) + 6 + (15.14) + (16 + (24 + (29 + 30)))\} + \{9 + (23.31) + 19 + ((23.31)(32.(31.23)))\} + \{(11 + (21.14))\} \end{aligned}$$

Tabel 3.4 Usulan Perbaikan Untuk Mengurangi Tingginya *Idling and Stoppages Losses*

Faktor penyebab dari setting roll tidak pas		
No	Masalah Basic Event	Usulan Perbaikan
1	Kualitas bahan baku elektroda kurang baik	Memperhatikan area penyimpanan bahan baku Flux & Elektroda, agar bahan baku tidak lembab serta fisik dan kimianya tidak berubah dan membuat daftar isian pemilihan bahan baku sesuai prosedur perusahaan.
2	Operator tidak melakukan pengecekan ulang saat mesin akan jalan	Memberikan pengarahan & peringatan kepada pekerja apabila melakukan kesalahan dan kurang tanggung jawab, disetiap jobdesc masing-masing pekerja dan harus dilakukan pemeriksaan secara berkala pada saat produksi sedang berjalan.
3	Operator kurang teliti	Melakukan pengawasan terhadap setiap pekerjaan karyawan dan memberikan sanksi bagi karyawan yang melalaikan pekerjaan.
Faktor penyebab dari setting bahan baku uncoiler lama		
No	Masalah Basic Event	Usulan Perbaikan

1	Coil atau material HRC tidak bagus dan memiliki ukuran ketebalan yang berbeda dan bergelombang	Dilakukan inspeksi atau pengecekan material sebelum digunakan sebagai bahan baku proses produksi, seperti pengecekan tebal plat baja coil.
2	Operator kurang paham cara setting roll flattening	Mengadakan pelatihan tentang jenis roll, mengadakan pelatihan setting roll flattening, dan penyediaan buku panduan mesin.
Faktor penyebab dari setting bahan baku uncoiler lama		
No	Masalah Basic Event	Usulan Perbaikan
3	Getaran mesin tinggi	Melakukan pemasangan dengan kencang dan kuat agar tidak lepas, melakukan pengecekan ulang dan memastikan bahwa setiap komponennya telah di pasang dengan benar.
Faktor penyebab dari setting las PWHT lama		
No	Masalah Basic Event	Usulan Perbaikan
1	Operator kurang memantau di layar kamera laju las	Memberikan pengarahan dan peringatan kepada pekerja apabila melakukan kesalahan dan kurang tanggungjawab disetiap jobdesk masing-masing kerja.
2	Operator lalai atau ceroboh	Memberikan SOP PCDS (proses kontrol data sheet) diarea produksi dan melakukan pencatatan disetiap jobdist masing-masing.
3	Operator tidak melakukan pengecekan ulang saat mesin akan jalan	Memberikan pengarahan & peringatan kepada pekerja apabila melakukan kesalahan dan kurang tanggung jawab, disetiap jobdist masing-masing pekerja. Dan harus dilakukan pemeriksaan secara berkala pada saat produksi sedang berjalan.



Gambar 3.7 Bagan Fault Tree Tingginya Setup And Adjustment Mesin HFW

Sumber : Pengolahan Data Dengan Bantuan Software Edraw Max 9.1

Dari bagan fault tree yang sudah di buat, Perhitungan minimal cut set adalah sebagai berikut :

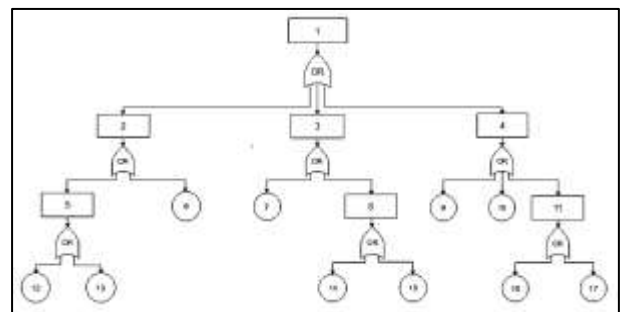
Langkah
Top level = 1
= 2 + 3 + 4
= (5 + 6) + (7 + 8) + (9 + 10)
+ (14.12) + 17 (16.12)
= 12 + (11.13) + (15.14) + (17.16)

Tabel 3.5 Usulan Perbaikan Untuk Mengurangi Tingginya Setup and Adjustment

Faktor Penyebab Faktor penyebab dari proses setting roll bending plat lama		
No	Masalah Basic Event	Usulan Perbaikan
1	Operator kurang paham cara setting roll penekan/bending, dengan roll penahan/ roll out table & roll batras	Mengadakan pelatihan tentang jenis roll, mengadakan Pelatihan setting roll, dan penyediaan buku panduan mesin.
2	Operator sudah jenuh dan Lelah	Memberikan tambahan personel agar bisa bergantian/overlap dalam menangani mesin.
3	Operator kurang paham bagian bentuk roll bending dan fungsinya	Mengadakan pelatihan tentang jenis roll dan penyediaan buku panduan

Faktor penyebab dari proses setting roll flattening lama		
No	Masalah Basic Event	Usulan Perbaikan
1	Operator sudah jenuh dan lelah.	Memberikan tambahan personel agar bisa bergantian/overlap dalam menangani mesin.
2	Operator kurang paham jarak diperbolehkannya antar foll flattening	Mengadakan pelatihan allowance jarak pasangan roll, untuk dibagian roll flattening dan penyediaan buku panduan mesin.

3	Lantai produksi tidak nyaman atau banyak oli pelumas dan licin.	Melakukan penyuluhan 5S (seiri, seiton, seiso, seiketsu, shitsuke) kepada para karyawan dan operator lalu melakukan pengimplementasian sehingga lantai produksi nyaman.
Faktor penyebab dari proses setting forming size lama Forming Size Lama		
No	Masalah Basic Event	Usulan Perbaikan
1	Operator sudah jenuh dan lelah.	Memberikan tambahan personel agar bisa bergantian/overlap dalam menangani mesin.
2	Operator belum bisa memastikan hasil diameter yang harus melakukan tryel sampai berhasil	Meningkatkan kualitas operator dengan memberikan pelatihan atau pemahaman, dan juga melakukan pencatatan pada saat setting penyesuaian diameter pipa yang berbeda-beda, untuk dijadikan sebagai acuan standar SOP.



Gambar 3.8 Bagan Fault Tree Tingginya Breakdown losses Pada Mesin HFW

Sumber : Pengolahan Data Dengan Bantuan Software Edraw Max 9.1

Dari bagan fault tree yang sudah di buat, maka dicari minimal cut set untuk mengetahui akar permasalahan dari penyebab kecacatan. Mencari minimal cut set merupakan analisa kualitatif yang mana dipakai Aljabar Boolean. Perhitungan minimal cut set adalah sebagai berikut :

Langkah penentuan minimal cut set:
Top level = 1
= 2 + 3 + 4
= (5 + 6) + (7 + 8) + (9 + 10 + 11)
= {(12 + 13) + 6} + {7 + (14 + 15)} + {9 + 10 + (16 + 17)}

Dari ketiga losses tersebut akan dilakukan usulan perbaikan guna untuk mengatasi ketiga permasalahan terbesar. Berikut merupakan usulan yang diberikan guna meningkatkan kinerja mesin dan mengurangi tingginya nilai losses yang terjadi

pada proses produksi pembuatan pipa-pipa baja di mesin HFW :

Tabel 3.6 Usulan Perbaikan Untuk Mengurangi Tingginya *Equipment Failure (Breakdown Losses)*

Faktor penyebab dari Permukaan Roll bending plat rusak/pecah		
No	Masalah Basic Event	Usulan Perbaikan
1	Usia komponen roll bending sudah lama.	Melakukan preventive maintenance untuk mencegah terjadinya kerusakan saat mesin sedang beroperasi dan menyediakan cadangan sehingga bila ada komponen yang rusak dapat segera dilakukan perbaikan atau pergantian komponen.
2	Frekuensi pemakaian yang berulang ulang.	Menentukan standar batasan maksimum untuk mengetahui kapan komponen tersebut seharusnya diganti.
Faktor penyebab dari proses insert milling aus dan tumpul		
No	Masalah Basic Event	Usulan Perbaikan
1	Usia komponen milling sudah lama.	Melakukan preventive maintenance untuk mencegah terjadinya kerusakan saat mesin sedang beroperasi dan menyediakan cadangan komponen, sehingga bila ada komponen yang rusak dapat segera dilakukan perbaikan atau pergantian komponen.
2	Matau pisau milling jarang dibersihkan dan diberi oli pelumas.	Memberikan perhatian khusus pada proses milling sebelum produksi mulai dijalankan dan harus dipastikan bahwa setiap komponennya telah dibersihkan dan diberi oli.
Faktor Penyebab dari proses roll flattening rusak/pecah		
No	Masalah Basic Event	Usulan Perbaikan
1	Usia Komponen roll flattening sudah lama.	Melakukan preventive maintenance untuk mencegah terjadinya kerusakan saat mesin sedang beroperasi dan menyediakan cadangan komponen, sehingga bila ada komponen yang rusak dapat segera dilakukan perbaikan atau pergantian komponen.
2	Coil atau material HRC tidak bagus dan banyak yang bergelombang.	Dilakukan Inspeksi atau pengecekan material sebelum digunakan untuk bahan baku proses produksi. Seperti pengecekan tebal plat baja coil.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis yang telah diuraikan didapatkan beberapa kesimpulan, antara lain sebagai berikut :

1. Dari hasil perbandingan nilai OEE, ada satu faktor yang memenuhi standar yaitu faktor Performance Efficiency pada mesin HFW, dan

faktor yang lainnya masih belum mencapai standar ideal OEE sehingga perlu dilakukan tindakan perbaikan (improve). Untuk mengetahui permasalahan terhadap nilai OEE pada mesin HFW ada lima faktor losses yang teridentifikasi dan menyebabkan rendahnya pencapaian nilai OEE pada mesin HFW yaitu, Equipment Failure Losses sebesar 18%, Setup and Adjustment Losses sebesar 19%, Idling and Minor Stoppages Losses sebesar 54%, Process Defect Losses sebesar 2%, dan Reduce Speed Losses 7%. Pada reduced yield loss dianggap bernilai 0% karena produk cacat tidak dibuang tetapi di repair dan di downgrade.

2. Diketahui faktor terbesar yang menyebabkan rendahnya pencapaian nilai OEE pada mesin HFW yaitu ada tiga losses dari six big losses antara lain adalah Idling and Minor Stoppages Losses sebesar 54%, Setup and Adjustment Losses sebesar 19%, Equipment Failure Losses sebesar 18%.
3. Berikut usulan yang bisa diberikan guna untuk meningkatkan kinerja mesin dan mengurangi dari tingginya nilai losses yang terjadi pada proses produksi pembuatan pipa baja di mesin HFW diantaranya adalah :
 - a. Usulan Perbaikan Untuk Mengurangi Tingginya *Idling and Stoppages Losses*
 - Memperhatikan area penyimpanan bahan baku Flux & Elektroda, agar bahan baku tidak lembab serta fisik dan kimianya tidak berubah dan membuat daftar isian pemilihan bahan baku sesuai prosedur perusahaan.
 - b. Usulan Perbaikan Untuk Mengurangi Tingginya *Setup and Adjustment Losses*
 - Mengadakan pelatihan tentang jenis roll, mengadakan Pelatihan setting roll, dan penyediaan buku panduan mesin.
 - c. Usulan Perbaikan Untuk Mengurangi Tingginya *Equipment Failure (Breakdown Losses)*
 - Melakukan *preventive maintenance* untuk mencegah terjadinya kerusakan saat mesin sedang beroperasi dan menyediakan cadangan sehingga bila ada komponen yang rusak dapat segera

dilakukan perbaikan atau pergantian komponen.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Ansori, N., & Mustajib, M. I. (2013). Sistem Perawatan Terpadu (Integreted Maintenance System). Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Asgara, B. Y., & Hartono, G. (2014). Analisis Efektifitas Mesin Overhead Crane Dengan Metode Overall Equipment Effectiviness (OEE) di PT. BTU, Divisi Boarding Bridge. INASEA, 15(1), 62-70.
- Borris, S. (2006). Total Productive Maintenance. New York: McGraw-Hill.
- Blanchard, B. (2004). Logistics Engineering and Management 6 Edition . New Jersey: Pearson Prentice-Hall.
- Nakajima, S. (1988). Introduction to TPM. Tokyo : Productivity Press INC.
- Pandey, M. (2005). Engineering and Sustainable Development: Fault Tree Analysis. Waterloo : University of Waterloo.
- Priyanta, Dwi. (2000). Keandalan Dan Perawatan. Surabaya: Institut Teknologi Surabaya.
- Suliantoro, H., Susanto, N., Prastawa, H., & Anita M, I. S. (2017). Penerapan metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) dan Fault Tree Analysis (FTA) Untuk Mengukur Effektifitas Mesin Reng. Jati urip ; jurnal Teknik Industri, 12(2), 105-118.
- Saiful, R. A., & Novawanda, O. (2014). Pengukuran Kinerja Mesin Defakator I dengan menggunakan metode Overall Equipment Effectiveness (Studi Kasus PT Perkebunan XYZ). JEMIS, Vol. 2(2).