

**EVALUASI EFEKTIVITAS PEMANFAATAN MESIN CNC HURCO
DENGAN METODE OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE)
DAN OVERALL RESOURCE EFFECTIVENESS (ORE)
*EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF UTILIZING HURCO CNC
MACHINE WITH OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE) AND
OVERALL RESOURCE EFFECTIVENESS (ORE) METHODS***

Fiqri Nugraha Ramadhan ¹, Endang Budiasih ², Aji Pamoso ³

^{1,2,3} Universitas Telkom, Bandung

¹fiqrinugrahaa@student.telkomuniversity.ac.id, ²endangbudiasih@telkomuniversity.ac.id,

³humamsiddiq@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

PT. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang manufaktur / fabrikasi logam. Kendala yang dihadapi perusahaan yaitu kinerja mesin yang tidak optimal lagi dikarenakan frekuensi kerusakan mesin yang tinggi sehingga menyebabkan *downtime* yang akan mengganggu produktivitas kerja pada mesin dalam melakukan proses produksi. Berdasarkan data yang dimiliki oleh perusahaan, kerusakan tertinggi terdapat pada mesin CNC Hurco. Mesin dapat dianggap berjalan dengan optimal apabila nilai efektivitas kinerja mesin itu tinggi dengan melakukan salah satu pengukuran *key performance indicator* (KPI) yaitu metode *overall equipment effectiveness* (OEE) dan menambahkan variabel ialah *overall resource effectiveness* (ORE) atau metode pengukuran efektivitas mesin dengan mempertimbangkan ketersediaan sumber daya meliputi manusia, mesin, material, dan metode. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata nilai OEE sebesar 75,91 % dan dapat dikatakan mesin CNC Hurco masih belum memenuhi nilai standar OEE *world class* yang bernilai 85%. Untuk rata-rata nilai ORE sebesar 65,32 %, dan dapat diketahui nilai ORE memiliki persentase lebih rendah di dibanding nilai OEE. Penyebab kerugian terbesar ataupun penurunan efektivitas pada mesin CNC Hurco ada di faktor *reduce speed losses* dan *idling and minor stoppages losses*. Kedua faktor ini mempengaruhi *performance* dari mesin sehingga produksi tidak mencapai pada tingkat yang diharapkan.

Kata Kunci: *Key Performance Indicator, Overall Equipment Effectiveness (OEE), Overall Resource Effectiveness (ORE), Six Big Losses, Downtime*

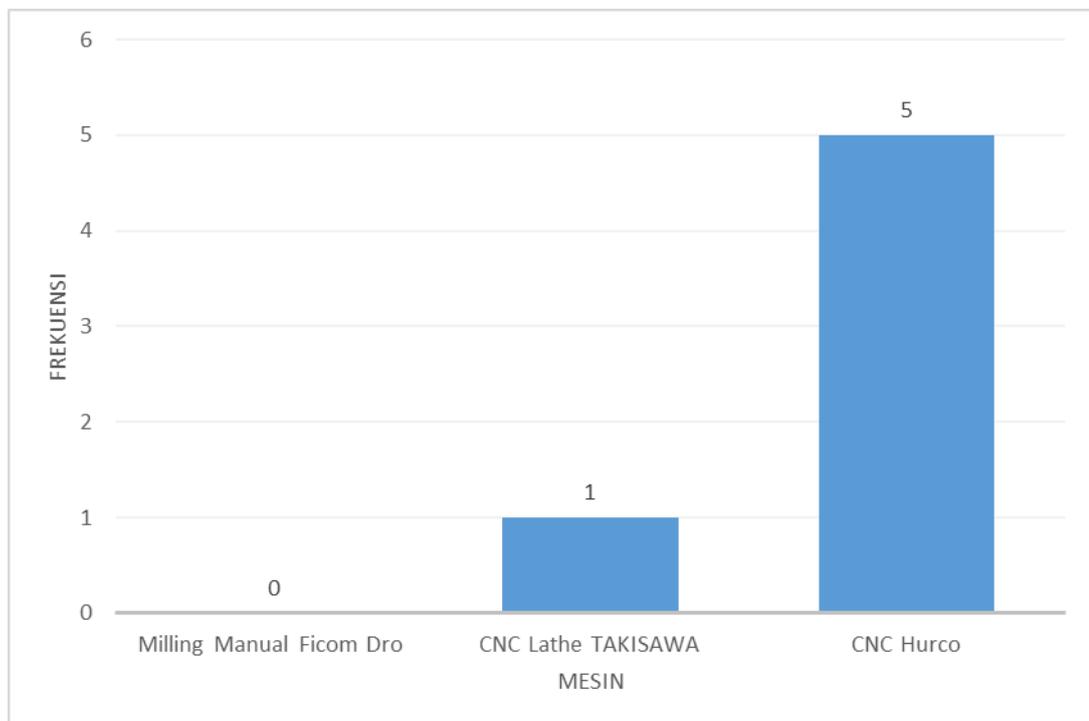
Abstract

PT. Azmind Metal Indonesia is a company engaged in metal manufacturing / fabrication. Constraints faced are machine performance that is not optimal anymore due to the high frequency of machine breakdowns, causing *downtime* which will disrupt work productivity on machines in the production process. Based on the data owned by the company, the highest damage was found on the Hurco CNC machine. The engine can be considered to be running optimally if the effectiveness value of the engine performance is high by performing one of the key performance indicator (KPI) measurements, namely the overall equipment effectiveness (OEE) method and adding a variable, namely overall resource effectiveness (ORE) or the engine effectiveness measurement method taking into account availability. Resources include humans, machines, materials, and methods. The results of the study show that the average OEE value is 75.91 % and it can be said that the Hurco CNC machine still does not meet the world class OEE standard value which is 85%. The average ORE value is 65.32 %, and it can be seen that the ORE value also has a lower percentage than the OEE value. The cause of the biggest loss or decrease in effectiveness on the Hurco CNC machine is in the factors of *reduce speed losses* and *idling and minor stoppages losses*. Both of these factors affect the performance of the machine so that production does not reach the expected level.

Keywords : *Key Performance Indicator, Overall Equipment Effectiveness (OEE), Overall Resource Effectiveness (ORE), Six Big Losses, Downtime*

I. Pendahuluan

Perkembangan dunia industri sektor manufaktur di Indonesia saat ini mengalami perkembangan yang semakin pesat. Semakin pesatnya perkembangan industri manufaktur di suatu negara terkadang didorong oleh pemerintah. Menurut Airlangga Hartarto yang merupakan Menteri Koordinator Bidang Perekonomian Indonesia, industri manufaktur dapat memberikan dampak positif bagi negara seperti halnya memberikan lapangan kerja bagi masyarakat, menghasilkan sumber devisa yang besar, meningkatkan nilai tambah bahan baku serta sebagai penyumbang pajak dan bea cukai terbesar. PT. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang manufaktur / fabrikasi logam. Fokus utama dalam PT. XYZ adalah part komponen machining presisi, laser cutting dan fabrikasi logam yang dibuat sesuai pesanan klien. Saat ini PT. XYZ telah menjadi supplier part Rod Shift untuk merk mobil Mitsubhisi. Pada proses produksinya, PT. XYZ melakukan pembuatan Rod Shift dengan menggunakan mesin Milling Manual Ficom Dro untuk proses pengeboran, CNC Lathe Takisawa sebagai proses pembubutan untuk membuat bola dan ulir, serta mesin CNC Hurco sebagai proses *facing, drill, dan tap reamer*. PT. XYZ memiliki kendala yaitu frekuensi kerusakan mesin yang tinggi sehingga menyebabkan *downtime* yang akan mengganggu produktivitas kerja pada mesin dalam melakukan proses produksi.



Gambar 1. Data Frekuensi Kerusakan Mesin di PT. Azmino Metal Indonesia Periode Januari Hingga Desember 2020

Dari data frekuensi kerusakan mesin CNC pada gambar 1, menunjukkan kinerja mesin yang tidak optimal lagi karena banyaknya frekuensi kerusakan pada mesin sehingga menyebabkan *downtime* yang akan mengganggu proses produksi. Mesin dapat dianggap berjalan dengan optimal apabila nilai efektivitas kinerja mesin itu tinggi dengan melakukan salah satu pengukuran *key performance indicator (KPI)* yaitu metode *overall equipment effectiveness (OEE)* dan menambahkan variabel ialah *overall resource effectiveness (ORE)* atau metode pengukuran efektivitas mesin dengan mempertimbangkan ketersediaan sumber daya meliputi manusia, mesin, material, dan metode. Setelah mengetahui nilai OEE dan ORE, akan dianalisis faktor yang menyebabkan kerugian berdasarkan *six big losses*, analisis fishbone diagram untuk mengidentifikasi akar penyebab

masalah, dan analisis keterkaitan penyebab kerugian dengan pilar TPM. Adapun, dasar lain dari pemilihan metode ini dikarenakan perusahaan yang terbentuk dari tahun 2014, belum pernah melakukan pengukuran kinerja pada mesin sehingga kurang mengetahui secara detail terkait penyebab kerugian efisiensi yang terjadi. Dengan melakukan pengukuran kinerja ini, akan membantu perusahaan untuk mengetahui faktor-faktor penyebab kerugian efisiensi dan dapat mengidentifikasi masalah dengan tepat dalam melakukan perbaikan.

II. Landasan Teori

II.1 Maintenance

Maintenance ialah suatu fungsi untuk menjaga peralatan atau mesin dalam kondisi kerja dengan cara mengganti ataupun memperbaiki beberapa komponen mesin tersebut. Konsep *Maintenance* meliputi bidang perbaikan, tingkat dukungan pemeliharaan, tenaga kerja pada pemeliharaan mesin, waktu yang diperlukan untuk pemeliharaan dan biaya yang terkait dengan pemeliharaan [1].

II.2 Total Productive Maintenance (TPM)

Total productive maintenance adalah pemeliharaan produktif yang dilakukan oleh semua karyawan melalui kegiatan kelompok kecil. TPM juga adalah pendekatan pemeliharaan inovatif yang mengoptimalkan efektivitas peralatan, menghilangkan kerusakan, dan mendorong pemeliharaan otonom operator [2]. TPM terdiri dari pola pikir dan budaya pemeliharaan kelas dunia yang berkolaborasi antara kerja sama tim, mencapai tujuan bersama, dan peran serta tanggung jawab yang jelas [3].

II.3 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Overall equipment effectiveness (OEE) adalah metrik kuantitatif yang semakin banyak digunakan dalam sistem pabrik untuk mengontrol / memantau produktivitas peralatan produksi, serta sebagai indikator dan pendorong peningkatan proses maupun kinerja [4]. OEE juga merupakan metode pengukuran yang digunakan untuk mengidentifikasi keberhasilan penerapan total productive maintenance [5]. OEE ini memiliki standar *availability* sebesar 90%, *performance efficiency* sebesar 95%, dan *rate quality of product* sebesar 99%, serta 85% keseluruhan dari perhitungan OEE yang ditetapkan sebagai standar world class dan menjadi patokan pengukuran [6]. OEE adalah alat sederhana yang akan membantu untuk mengukur keefektifan peralatan. Dibutuhkan sumber kerugian produktivitas yang paling umum dan penting yang disebut *six big losses* [7]. Perhitungan OEE berdasarkan perkalian tiga basis utama untuk *six big losses* yaitu:

1. *Availability* menunjukkan masalah yang disebabkan oleh kerugian *downtime*.
2. *Performance* menunjukkan kerugian yang disebabkan oleh kehilangan kecepatan
3. *Quality* menunjukkan kerugian skrap dan pengerjaan ulang.

II.4 Six Big Losses

Salah satu tujuan utama TPM dan OEE adalah untuk mengurangi atau menghilangkan apa yang disebut *six big losses* yang merupakan penyebab paling umum dari kerugian efisiensi di bidang manufaktur [8]. Faktor-faktor kerugian dalam *six big losses* dijelaskan sebagai berikut [9]:

1. *Breakdown losses* dikategorikan sebagai kerugian waktu dan kerugian kuantitas yang disebabkan oleh kegagalan atau kerusakan peralatan.
2. *Set-up & adjustment losses* ialah kerugian yang terjadi ketika produksi beralih dari persyaratan satu item ke item lainnya.
3. *Idling and minor stoppage losses* ialah kerugian yang terjadi saat produksi terganggu oleh kerusakan sementara atau saat mesin berhenti.
4. *Reduced speed losses* mengacu pada perbedaan antara kecepatan desain peralatan dan kecepatan operasi sebenarnya.
5. *Rework losses* adalah kerugian dalam kualitas yang disebabkan oleh kerusakan peralatan produksi.
6. *Reduced yield* selama *start-up* merupakan kerugian hasil yang terjadi sejak mesin dihidupkan hingga stabilisasi.

II.5 Overall Resource Effectiveness (ORE)

Overall resource effectiveness adalah mengukur waktu efektif keseluruhan produksi sistem dengan mempertimbangkan ketersediaan sumber daya (manusia, mesin, material, dan metode). ORE memberikan panduan yang berguna untuk aspek proses produksi di mana kerugian dapat dihitung

berdasarkan dari sumber daya. Diberbagai lingkungan manufaktur, bukan peralatan saja yang berkontribusi terhadap kerugian operasional, tetapi sumber daya dan sistem lain juga berperan. Dalam pengukuran kinerja mesin dengan menggunakan metode overall equipment effectiveness menghitung berdasarkan nilai *availability*, *performance efficiency*, dan *quality rate*. Sedangkan pada *overall resource effectiveness* beberapa factor dalam pengukuran kinerja mesin ialah *readiness*, *availability of facility*, *changeover efficiency*, *availability of material*, *availability of manpower*, *performance efficiency*, dan *rate of quality product* dengan lasifikasi kerugian sebagai berikut [10]:

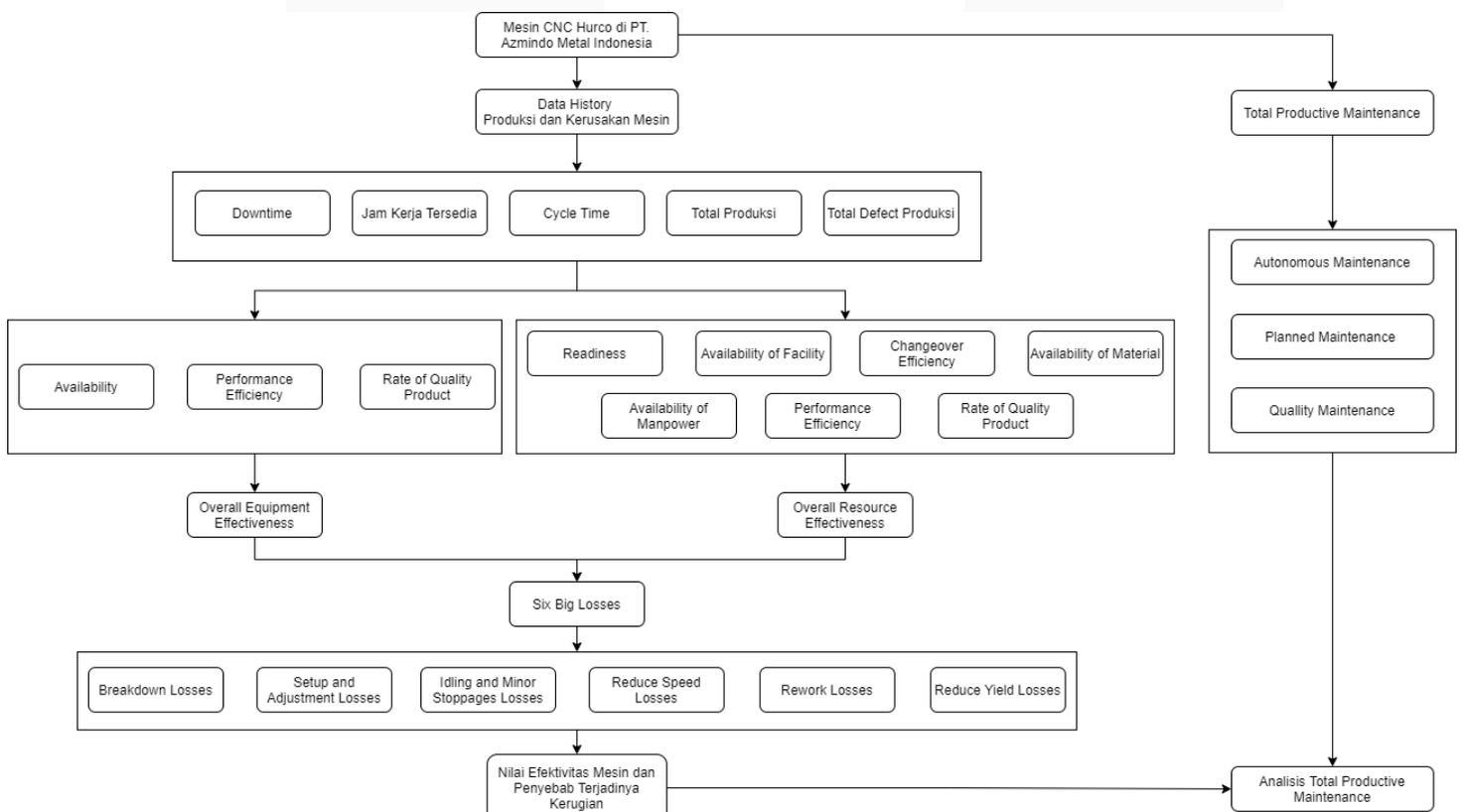
1. *Readiness* ialah kerugian ketika sistem tidak siap untuk beroperasi karena waktu henti yang direncanakan.
2. *Availability of facility* ialah kerugian karena kerusakan atau tidak tersedianya peralatan dan mesin serta yang terkait dengan fasilitas.
3. *Changeover efficiency* ialah kerugian karena penyiapan dan penyesuaian pada mesin.
4. *Availability of material* ialah kerugian karena tidak tersedianya bahan baku atau komponen.
5. *Availability of manpower* ialah kerugian karena tidak tersedianya / tidak adanya tenaga kerja.

II.5 Fishbone Diagram

Fishbone Diagram (juga disebut diagram Ishikawa atau diagram sebab-akibat) adalah teknik grafis untuk menunjukkan beberapa penyebab peristiwa atau fenomena tertentu. Secara khusus, *Fishbone Diagram* adalah alat yang umum digunakan untuk analisis sebab dan akibat untuk mengidentifikasi interaksi penyebab yang kompleks untuk masalah atau peristiwa tertentu [11]

III. Metode Penyelesaian Masalah

Sebuah model konseptual diperlukan untuk melakukan penyelesaian masalah. Model konseptual dapat dijabarkan sebagai serangkaian konsep dan asumsi yang berintegrasi menjadi suatu gambaran yang bermakna atau bentuk aliran informasi yang membantu penelitian untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan sebelumnya. Dapat dilihat pada gambar 2 yang menggambarkan mengenai model konseptual pada penelitian ini.



Gambar 2. Model Konseptual

Berdasarkan model konseptual pada penelitian ini yang terdapat pada gambar I.1, dapat dilihat bahwa akan dihitung nilai efektivitas mesin dan penyebab terjadinya kerugian pada mesin CNC Hurco di PT Azmindo Metal Indonesia yang selanjutnya akan dianalisis juga dengan faktor *total productive maintenance*. Penelitian ini diawali dengan penentuan mesin yang akan diteliti pada lantai produksi ialah mesin CNC Hurco. Langkah berikutnya yaitu mengumpulkan data *history* dari mesin CNC Hurco yang terdiri dari *downtime*, *operating time*, *cycle time*, total produksi, dan total *defect* produksi yang kemudian akan digunakan kedalam perhitungan *overall equipment effectiveness* (OEE) dan *overall resource effectiveness* (ORE). Nilai OEE berguna untuk mengetahui nilai efektivitas mesin dan nilai OEE didapatkan dengan mengalikan nilai *availability*, *performance efficiency*, dan *rate of quality product*. Sedangkan, nilai ORE berguna untuk mengetahui nilai efektivitas mesin berdasarkan sumber daya yang meliputi manusia, mesin, material, dan metode dan nilai ORE didapatkan dengan mengalikan nilai *readiness*, *availability of facility*, *changeover efficiency*, *availability of material*, *availability of manpower*, *performance efficiency*, dan *rate of quality product*. Setelah melakukan perhitungan dengan menggunakan metode OEE dan ORE, hal yang dilakukan ialah menghitung nilai *six big losses* untuk mengidentifikasi dan mengkategorikan kerugian besar atau alasan untuk kinerja yang buruk pada mesin CNC Hurco. Adapun perhitungan *six big losses* yaitu *breakdown losses*, *set-up & adjustment losses*, *iddling and minor stoppages losses*, *reduced speed losses*, *reduce yield losses* dan *rework losses*. Dari hasil perhitungan *six big losses*, *overall equipment effectiveness* (OEE), dan *overall resource effectiveness* (ORE), akan didapatkan nilai efektivitas mesin dan penyebab terjadinya kerugian berdasarkan *six big losses* pada mesin CNC Hurco. Selanjutnya, akan dilakukan analisa *fishbone diagram* atau sebab-akibat untuk mengidentifikasi akar penyebab masalah dari tingginya nilai *losses* yang ditemukan pada *six big losses*. Untuk menganalisis dari faktor *total productive maintenance*, diawali dengan mengumpulkan data dan informasi dari pilar TPM yaitu *autonomous maintenance*, *planned maintenance*, dan *quality maintenance* yang diterapkan pada perusahaan. Analisis dari faktor *total productive maintenance* dilakukan setelah mengidentifikasi akar penyebab masalah atau *fishbone diagram* dari kerugian efisiensi pada mesin CNC Hurco berdasarkan *six big losses*. Analisis ini dikaji dari penyebab masalah yang terjadi pada mesin CNC Hurco dan akan dihubungkan dengan pilar TPM.

IV. Pembahasan

IV.1 Perhitungan Nilai Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Metode perhitungan nilai *overall equipment effectiveness* (OEE) ialah metode pengukuran efektivitas mesin dengan menghitung nilai *availability*, *performance efficiency*, dan *rate of quality product*. Dapat dilihat pada tabel IV.13 yang menunjukkan nilai *overall equipment effectiveness* (OEE) pada mesin CNC Hurco periode Januari 2020 hingga April 2021.

Tabel 1. Nilai OEE pada Mesin CNC Hurco

Tahun	Bulan	A	P	Q	OEE
2020	Januari	98,31%	94,04%	99,75%	92,22%
	Februari	96,50%	84,61%	99,43%	81,18%
	Maret	98,39%	96,15%	99,70%	94,32%
	April	96,75%	92,91%	99,90%	89,79%
	Agustus	98,12%	69,22%	99,85%	67,82%
	September	97,55%	69,62%	99,63%	67,66%
	Oktober	96,87%	82,73%	99,78%	79,96%
	November	98,13%	45,37%	99,60%	44,35%
	Desember	96,82%	68,38%	99,43%	65,82%
Average		97,49%	78,11%	99,67%	75,91%

IV.2 Perhitungan Nilai Overall Resource Effectiveness (ORE)

Metode perhitungan nilai *overall resource effectiveness* (ORE) ialah metode pengukuran efektivitas mesin dengan mempertimbangkan ketersediaan sumber daya meliputi manusia, mesin, material, dan metode. Pada *overall resource effectiveness* beberapa faktor dalam pengukuran kinerja mesin ialah

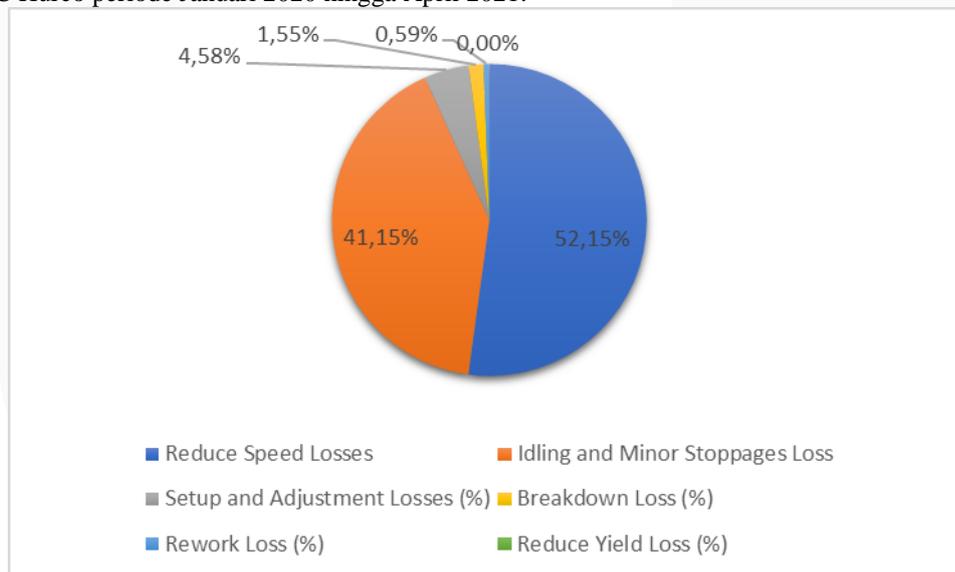
readiness, availability of facility, changeover efficiency, availability of material, dan availability of manpower. Dapat dilihat pada gambar II menunjukkan nilai overall resource effectiveness (ORE) pada mesin CNC Hurco periode Januari 2020 hingga April 2021.

Tabel 2. Nilai ORE pada Mesin CNC Hurco

Tahun	Bulan	R	A _r	C	A _m	A _{mp}	P	Q	ORE
2020	Januari	96,01%	100%	98,31%	91,67%	100%	94,04%	99,75%	81,16%
	Februari	95,36%	98,47%	98,00%	88,65%	100%	84,61%	99,43%	68,62%
	Maret	96,28%	100%	98,39%	92,37%	100%	96,15%	99,70%	83,88%
	April	95,36%	98,71%	98,01%	88,68%	100%	92,91%	99,90%	75,93%
	Agustus	95,21%	100%	98,12%	89,27%	100%	69,22%	99,85%	57,64%
	September	95,62%	99,50%	98,04%	90,66%	100%	69,62%	99,63%	58,65%
	Oktober	95,49%	98,83%	98,02%	89,55%	100%	82,73%	99,78%	68,38%
	November	95,49%	100%	98,13%	90,59%	100%	45,37%	99,60%	38,36%
	Desember	95,36%	98,78%	98,01%	88,88%	100%	68,38%	99,43%	55,79%
Average		95,57%	99,37%	98,11%	90,03%	100%	78,11%	99,67%	65,32%

IV.3 Perhitungan Nilai Six Big Losses

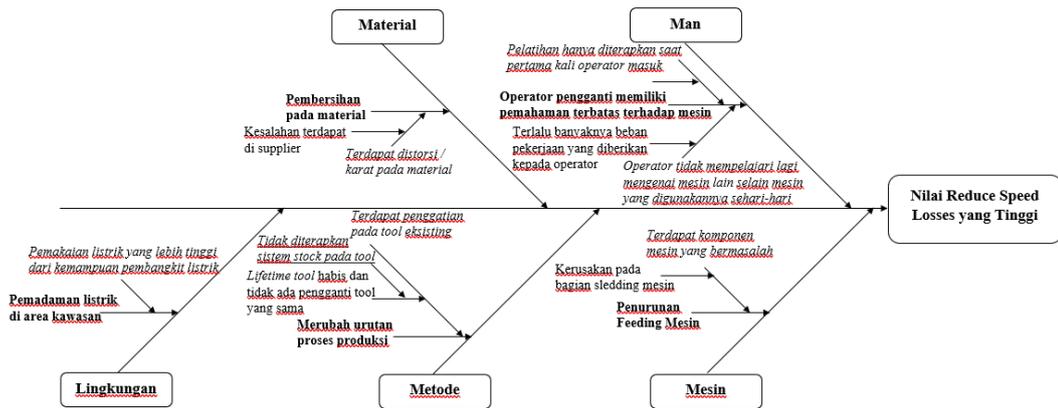
Perhitungan nilai six big losses untuk mengetahui faktor apa saja yang menyebabkan kerugian ataupun penurunan efektivitas. Kerugian dalam six big losses ialah breakdown losses, set-up & adjustment, losses idling and minor stoppage, reduced speed losses, reduced yield, dan rework losses. Dapat dilihat pada gambar V.11 yang menunjukkan persentase six big losses pada mesin CNC Hurco periode Januari 2020 hingga April 2021.



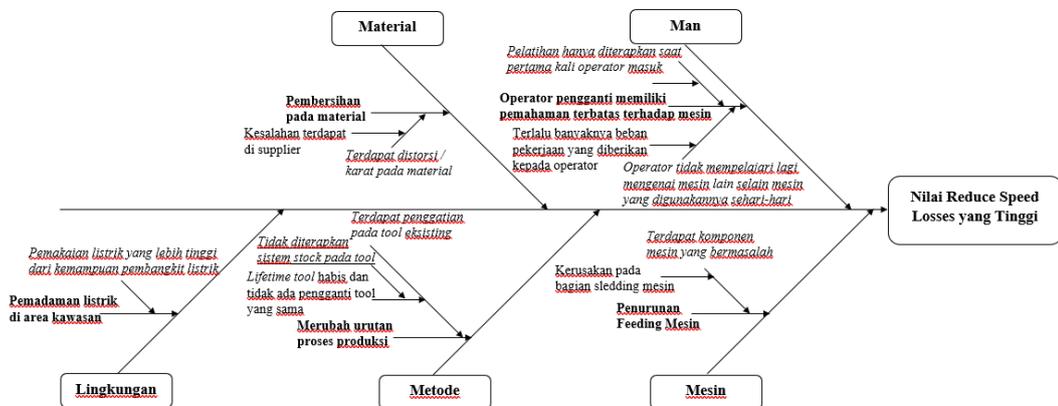
Gambar 3. Persentase Six Big Losses Mesin CNC Hurco

IV.4 Analisa Fishbone Diagram

Analisis fishbone diagram dilakukan untuk mengidentifikasi akar penyebab masalah dari sebuah kejadian ataupun proses. Dari hasil perhitungan nilai six big losses, penyebab kerugian terbesar ada di faktor reduce speed losses dan idling and minor stoppage losses. Dapat dilihat pada gambar 4 yang menunjukkan fishbone diagram untuk reduce speed losses dan gambar 5 yang menunjukkan fishbone diagram untuk idling & minor stoppage losses pada mesin CNC Hurco.



Gambar 4. Fishbone Diagram untuk Reduce Speed Losses



Gambar 5. Fishbone Diagram untuk Idling and Minor Stoppage Losses

IV.5 Usulan Penyelesaian Masalah dari Fishbone Diagram

Usulan penyelesaian masalah dilakukan setelah mengidentifikasi akar penyebab masalah atau fishbone diagram dari kerugian efisiensi pada mesin CNC Hurco berdasarkan *six big losses*. Usulan penyelesaian dilakukan pada faktor *idling and minor stoppage losses* dan *reduce speed losses* yang merupakan penyebab kerugian terbesar pada mesin CNC Hurco. Dapat dilihat pada tabel 3 yang menunjukkan usulan penyelesaian masalah untuk *reduce speed losses* dan tabel 4 *idling & minor stoppage losses* untuk usulan penyelesaian masalah untuk pada mesin CNC Hurco.

Tabel 4. Usulan Penyelesaian Masalah untuk Reduce Speed Losses

No.	Faktor-Faktor	Penyelesaian Masalah
1	Manusia: Operator pengganti memiliki pemahaman terbatas terhadap mesin	<ul style="list-style-type: none"> Melakukan pelatihan pada semua operator mengenai cara pemakaian dan merawat semua mesin yang terdapat di pabrik. Melakukan pengukuran atau penilaian kinerja untuk memperbaiki dan meningkatkan kinerja pada operator
2	Metode: Pergantian tool baru dikarenakan tidak ada pengganti tool yang sama seperti sebelumnya	<ul style="list-style-type: none"> Selalu menyiapkan <i>tool</i> cadangan sebelum <i>life time tool</i> itu habis dengan menerapkan sistem stock pada tool.
3	Material: Distorsi / karat pada material	<ul style="list-style-type: none"> Pembelian material dengan kualitas yang lebih baik dan dapat tahan lama

		<ul style="list-style-type: none"> Memilih supplier baja yang terpercaya karena akan berdampak pada kualitas dari baja yang dipesan
4	Mesin: Penurunan Feeding Mesin	<ul style="list-style-type: none"> Melakukan pengecekan secara detail kepada setiap komponen yang ada di mesin sebelum dilakukannya proses produksi.
5	Lingkungan: Pemadaman listrik di area kawasan	<ul style="list-style-type: none"> Untuk mengatasi pemadaman listrik, dapat dilakukan dengan cara menyiapkan genset atau generator di area pabrik.

Tabel 4. Usulan Penyelesaian Masalah untuk Idling & Minor Stoppage Losses

No.	Faktor-Faktor	Penyelesaian Masalah
1	Manusia: Operator pengganti perlu mempelajari SOP sebelum melakukan proses produksi	<ul style="list-style-type: none"> Operator mempelajari dengan baik mengenai pemakaian semua mesin yang terdapat di pabrik agar selalu siap apabila menggantikan operator lain yang tidak hadir.
2	Material: 1. Keterlambatan pengiriman material 2. Material tidak sesuai standar	<ul style="list-style-type: none"> Meminta garansi kepada supplier setiap kerugian yang dialami oleh perusahaan dikarenakan keterlambatan pengiriman dan material yang tidak sesuai standar
3	Mesin: Kerusakan mesin	<ul style="list-style-type: none"> Melakukan kegiatan <i>predictive maintenance</i> untuk menanggulangi kerusakan yang tidak terencana, dan bisa membuat <i>preventive maintenance</i> lebih akurat.
4	Lingkungan: Pemadaman listrik di area kawasan	<ul style="list-style-type: none"> Untuk mengatasi pemadaman listrik, dapat dilakukan dengan cara menyiapkan genset atau generator di area pabrik

IV.6 Analisis dari Faktor Total Productive Maintenance

Analisis ini dikaji dari penyebab masalah yang terjadi pada mesin CNC Hurco dan akan dihubungkan dengan pilar TPM. Salah satu pilar dari TPM yaitu pilar *quality maintenance* di desain untuk berfokus menekan angka kecacatan produk sampai *level zero* dan menunjang peningkatan angka OEE. Dalam penerapan pilar *quality maintenance*, pilar ini berhubungan dengan 2 pilar TPM lainnya yaitu *autonomous maintenance* dan *planned maintenance* dikarenakan kedua pilar ini mendorong operator untuk lebih proaktif melakukan pemeliharaan pada peralatan sehingga operator dapat cepat mengidentifikasi masalah yang terjadi akibat cacat mutu produk dan memastikan mesin tetap berjalan dalam kondisi yang baik.

- Hasil yang ditemukan pada Pilar *Autonomous Maintenance*
Berdasarkan hasil wawancara dengan kepala operator, setiap operator yang ada di perusahaan, diharuskan untuk memiliki keterampilan dalam hal memahami, mengelola, meningkatkan, dan merawat mesin yang ada di pabrik, akan tetapi, berdasarkan penyebab masalah yang terjadi sehingga terdapat perlambatan dalam proses produksi ialah dikarenakan operator hanya memahami mengenai mesin yang digunakannya sehari-hari dan tidak memahami mengenai mesin lainnya yang terdapat di perusahaan. Untuk mesin yang digunakannya sehari-hari, operator melakukan pengecekan pada mesin sekaligus set-up mesin sebelum proses produksi selama 15 menit.
- Hasil yang ditemukan pada Pilar *Planned Maintenance*
 - Untuk *target zero equipment failure and breakdown* sebenarnya telah diterapkan pada perusahaan dengan melakukan kegiatan *preventive maintenance* yang teratur, akan tetapi, masih terdapat faktor-faktor yang tidak dapat diprediksi sehingga mesin mengalami kerusakan.

- Kegiatan *preventive maintenance* yang diterapkan oleh perusahaan sebenarnya sudah cukup baik dikarenakan berdasarkan perhitungan *breakdown losses* atau dikategorikan sebagai kerugian waktu dan kerugian kuantitas yang disebabkan oleh kegagalan atau kerusakan mesin terbilang rendah, dengan persentase kerugian sebesar 1,55 %.
 - Penyebab dari kekurangan material ini ialah keterlambatan pengiriman *spare part* dari supplier, akan tetapi, kekurangan material pada proses produksi Rod Shift masih terbilang cukup rendah berdasarkan perhitungan *availability of material* yang menunjukkan persentase ketersediaan sebesar 90,03 %.
3. Hasil yang ditemukan pada Pilar *Quality Maintenance*
- Untuk target *zero defect* belum diterapkan pada perusahaan, akan tetapi, perusahaan telah menargetkan produk cacat minimal dibawah 0.2 % dari total produksi.
 - Kerusakan terdapat pada bagian *sledding* yang berfungsi untuk gerakan *axis* pada tools. Apabila terjadi kerusakan pada bagian ini, berpotensi membuat produk yang diproduksi mengalami kecacatan. Penyebab kerusakan pada bagian *sledding* ialah hasil gram atau sisa penghancuran material masuk ke celah *sledding* mesin, akan tetapi, kerugian dalam kualitas yang disebabkan oleh kerusakan peralatan produksi masih terbilang sangat rendah berdasarkan perhitungan *rework losses*, dengan persentase kerugian sebesar 0,59 %.

V. Kesimpulan

1. Berdasarkan pengukuran tingkat efektivitas mesin atau *overall equipment effectiveness* (OEE), diketahui rata-rata nilai OEE sebesar 75,91 % dan dapat dikatakan mesin CNC Hurco masih belum memenuhi nilai standar OEE *world class* yang bernilai 85%. Penyebab dari rendahnya nilai OEE ini dikarenakan dari faktor *performance* dari mesin yang masih rendah dan tidak memenuhi standar JIPM.
2. Berdasarkan pengukuran tingkat efektivitas mesin dari faktor sumber daya atau *overall resource effectiveness* (ORE), diketahui rata-rata nilai ORE sebesar 65,32 %. Nilai ORE juga memiliki persentase lebih rendah di dibanding nilai OEE. Adapun faktor yang mempengaruhi lebih rendahnya nilai ORE pada mesin CNC Hurco ialah pengukuran efektivitas mesin yang dilakukan lebih spesifik dan memberikan informasi yang lebih lengkap terkait berbagai kerugian tambahan yang dapat terjadi, seperti ketersediaan sumber daya meliputi manusia, mesin, material, dan metode.
3. Berdasarkan hasil perhitungan *six big losses*, penyebab kerugian terbesar ataupun penurunan efektivitas pada mesin CNC Hurco ada di faktor *idling and minor stoppage loss* dengan persentase kerugian sebesar 52,15 % dan *reduce speed losses* dengan persentase kerugian sebesar 41,15 %. Kedua faktor ini mempengaruhi performance dari mesin sehingga produksi tidak mencapai pada tingkat yang diharapkan.
4. Berdasarkan analisis dari faktor *total productive maintenance*. Pada pilar *autonomous maintenance*, operator masih memiliki pemahaman yang kurang dan terbatas terhadap beberapa mesin yang ada di pabrik sehingga terjadi perlambatan dalam proses produksi apabila ditunjuk menggantikan operator lain yang tidak hadir. Keterampilan beberapa operator juga masih kurang dalam hal melakukan perawatan pada semua mesin yang ada. Selanjutnya pada pilar *planned maintenance*, kegiatan *preventive maintenance* yang diterapkan oleh perusahaan sebenarnya sudah cukup baik dikarenakan berdasarkan perhitungan *breakdown losses* atau dikategorikan sebagai kerugian waktu dan kerugian kuantitas yang disebabkan oleh kegagalan atau kerusakan mesin menunjukkan nilai rendah. Terakhir pada pilar *quality maintenance*, kerugian dalam kualitas yang disebabkan oleh kerusakan peralatan produksi masih terbilang sangat rendah, sedangkan untuk *target zero defect* belum diterapkan pada perusahaan, akan tetapi, perusahaan telah menargetkan produk cacat minimal dibawah 0.2 % dari total produksi

Referensi

- [1] R. C. Mishra, K. Pathak, *Maintenance Engineering and Management*, New Delhi: PHI Learning Private Limited, 2012.
- [2] J. R. Díaz-reza, J. L. García-alcaraz, and V. Martínez-loya, *Impact Analysis of Total*

- Productive Maintenance*. Switzerland: Springer Nature Switzerland AG, 2019.
- [3] T. K. Agustiadny and E. A. Cudney, *Total Productive Maintenance; Strategies and implementation guide*. New York: CRC Press (Taylor & Francis Group), 2016.
- [4] P. H. Tsarouhas, "Evaluation of overall equipment effectiveness in the beverage industry: A case study," *Int. J. Prod. Res.*, vol. 51, no. 2, pp. 515–523, 2013, doi: 10.1080/00207543.2011.653014.
- [5] P. H. Tsarouhas, "Evaluation of maintenance management through the overall equipment effectiveness of a yogurt production line in a medium-sized Italian company," *Int. J. Product. Qual. Manag.*, vol. 16, no. 3, pp. 298–311, 2015, doi: 10.1504/IJPQM.2015.071504.
- [6] M. Ben-Daya, S. O. Duffuaa, J. Knezevic, D. Ait-Kadi, and A. Raouf, *Handbook of maintenance management and engineering*. 2009.
- [7] S. Nallusamy, V. Kumar, V. Yadav, U. K. Prasad, and S. K. Suman, "Implementation of Total Productive Maintenance to Enhance the Overall Equipment Effectiveness in Medium Scale Industries," *Int. J. Mech. Prod. Eng. Res. Dev.*, vol. 8, no. 1, pp. 1027–1038, 2018.
- [8] O. T. R. Almeanazel, "Total Productive Maintenance Review and Overall Equipment," *Jordan J. Mech. Ind. Eng.*, vol. 4, no. 4, pp. 517–522, 2010.
- [9] I. H. Afefy, "Implementation of Total Productive Maintenance and Overall Equipment Effectiveness Evaluation," *Int. J. Mech. Mechatronics Eng.*, vol. 13, pp. 69–75, 2013.
- [10] K. G. Eswaramurthi and P. V. Mohanram, "Improvement of manufacturing performance measurement system and evaluation of overall resource effectiveness," *Am. J. Appl. Sci.*, vol. 10, no. 2, pp. 131–138, 2013, doi: 10.3844/ajassp.2013.131.138.
- [11] M. Coccia and A. R. S. T. U. Niversity, "The Fishbone diagram to identify, systematize and analyze the sources of general purpose technologies," *Fishbone Diagr. to identify, Syst. Anal. sources Gen. Purp. Technol.*, vol. 4, no. 4, pp. 291–303, 2017, doi: 10.1453/jsas.v4i4.1518.