

# Analisis Efektivitas Mesin CNC *Turning* Goodway GCL-2BL pada Departemen *Machining* Perusahaan *Foundry* Menggunakan Metode TEEP

Yovindra Anggita Dyah Fortuna<sup>1\*</sup>, Bayu Wiro Karuniawan<sup>1</sup>, Farizi Rachman<sup>1</sup>

<sup>1\*</sup>Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan  
Negeri Surabaya, Indonesia  
Email: yovindraanggita@gmail.com <sup>1\*</sup>

## Abstract

Goodway CNC turning machine GCL-2BL number T6 is one of 5 Goodway GCL-2BL CNC turning machines in the machining department of a foundry company. The machine works continuously for 24 hours in three shifts per day. In the production period from March 2022 to February 2023, the machine produced as many as 27 types of products. Machines that work continuously beyond normal limits can reduce machine capabilities, production capacity and speed up the replacement of machine spare parts due to damage that occurs to the machine. Therefore, measuring the effectiveness of the machine needs to be done to find out how the condition of the machines and equipment in the company. The method used to measure machine effectiveness is the Total Effective Equipment Performance (TEEP). In addition to TEEP, this study used FMEA and FTA methods to analyze the factors causing the low level of effectiveness of the machine. Based on the results of the data processing that has been carried out, the TEEP value is 32.43%. This value is still far below the TEEP global standard of 80%. The most influential factor that influenced the low value of TEEP was the availability rate. Based on FMEA and FTA analysis, 21 problems caused low availability rate values and 27 alternative corrective solutions were found to overcome the problems. One of the problems found was leakage of pump oil and turret hydraulic oil. This factor is caused by the long service life and quality of the seal, which is less durable, so an alternative solution to overcome the problem is to replace the seal component with a new one.

**Keywords:** Availability Rate, CNC turning machine, Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), Fault Tree Analysis (FTA), Total Effective Equipment Performance (TEEP).

## 1. Pendahuluan

Salah satu bidang industri di Indonesia yang tumbuh signifikan adalah industri pengecoran logam. Penelitian ini dilakukan di sebuah perusahaan swasta nasional yang telah menggunakan teknik *investment casting* untuk pengecoran logam sejak tahun 2006. Perusahaan ini telah memproduksi banyak sekali produk industri, seperti katup dan pompa, produk industri otomotif, industri pembangkit listrik dan sektor energi, peralatan medis dan rehabilitasi, furnitur dan interior, industri kapal, dan juga industri senjata. Produk dari perusahaan telah tumbuh dan berkembang di seluruh dunia, termasuk Jepang, Swedia, Denmark, Belanda, Australia, Jerman, dan Swiss.

Departemen *machining* merupakan salah satu departemen yang ada di perusahaan. Departemen *machining* terbagi menjadi dua *workshop*, yaitu *workshop* mesin manual atau konvensional dan juga *workshop* khusus mesin CNC. Terdapat sebanyak 2 mesin bubut konvensional, 2 mesin *milling* konvensional, mesin las, mesin bor, mesin hidro, mesin *elektropolish*, dan peralatan poles produk yang ada di *workshop* manual. Sedangkan dalam *workshop* CNC, terdapat sebanyak 14 mesin CNC yang terdiri dari 8 mesin CNC *turning* dan 6 mesin CNC *milling*. Salah satu jenis mesin CNC yang digunakan di perusahaan tersebut adalah mesin CNC *turning* Goodway GCL-2BL yang sering digunakan untuk memproduksi produk – produk jenis pump casing, dimana jenis produk tersebut merupakan jenis produk yang paling banyak diproduksi oleh perusahaan.

Mesin – mesin CNC yang ada di perusahaan tersebut bekerja secara terus menerus selama 24 jam nonstop dalam 3 *shift* per hari. Jam operasional mesin yang berjalan tersebut belum termasuk apabila dalam satu minggu terdapat tambahan jam lembur yang harus dilakukan untuk memenuhi target produksi. Menurut data laporan produksi harian pada departemen *machining*, mesin – mesin tersebut seringkali tidak dapat mencapai target produksi, baik target *output*

ataupun target minimum *operating time* yang telah ditetapkan perusahaan. Dalam proses produksinya, tidak jarang operator atau mesin mengalami *problem* atau kendala seperti program sering mengulang, *insert* cepataus, tunggu material, tunggu *tool*, kerusakan peralatan secara tiba – tiba dan lain – lain. Berdasarkan hasil observasi langsung di lapangan, penerapan sistem *daily maintenance* atau pengecekan kondisi mesin setiap harinya oleh operator juga belum optimal, sehingga pada umumnya *maintenance* atau perbaikan hanya dilakukan saat mesin mengalami *problem*. Penggunaan mesin yang terus menerus di atas kapasitas normalnya dapat mempersingkat umur mesin, menurunkan kapasitas produksi, dan memerlukan penggantian *sparepart* yang lebih sering sebagai akibat dari kerusakan mesin.

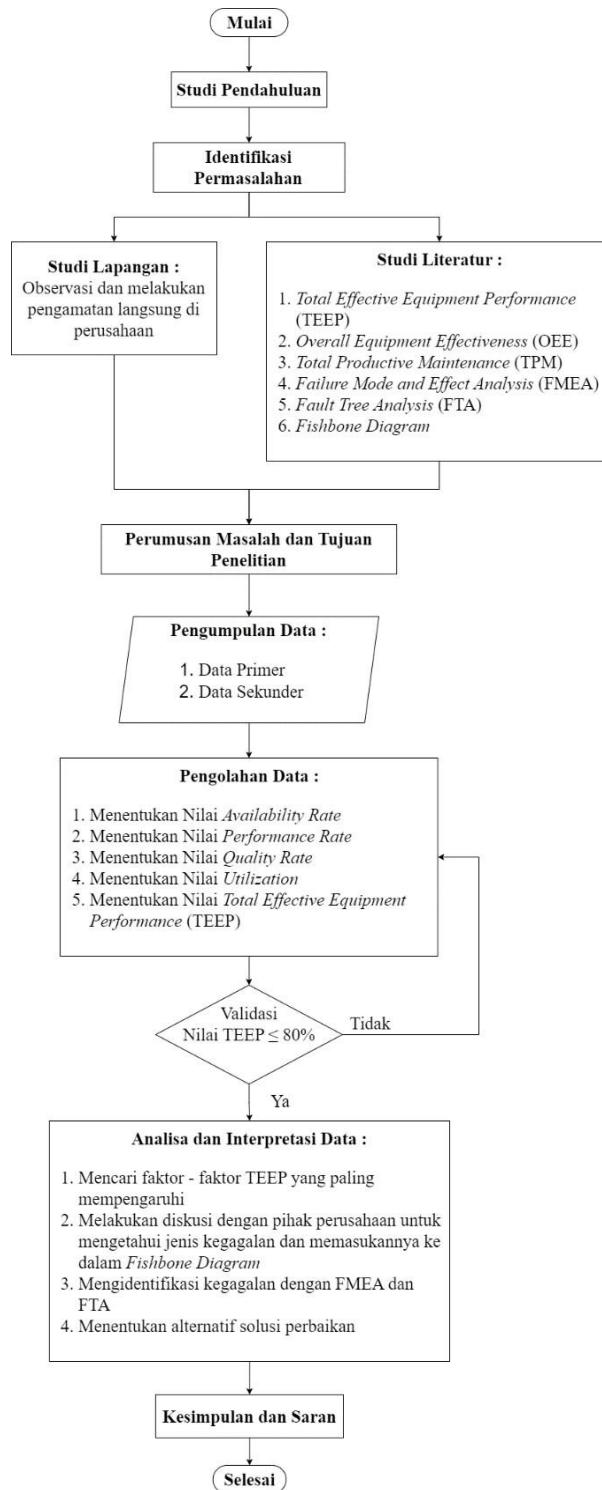
Perusahaan dapat menghindari kerusakan mesin dengan mengikuti prosedur perawatan rutin yang tepat. Pengukuran efektivitas sangat diperlukan dalam menentukan kebijakan perawatan mesin dan peralatan yang tepat dengan tujuan untuk mengetahui kondisi mesin serta faktor – faktor apa saja yang mempengaruhi nilai efektivitas mesin tersebut. Hasil dari pengukuran efektivitas akan dapat digunakan sebagai dasar penentuan kebijakan perawatan yang sesuai untuk mengatasi permasalahan pada mesin.

Menurut Annas dalam (Asmawati, 2019) Efektivitas adalah pencapaian target atau tujuan, semakin besar sasaran atau tujuan yang berhasil dicapai, maka semakin besar pula tingkat efektivitasnya. Pengukuran efektivitas mesin dan peralatan dapat dihitung menggunakan beberapa metode, diantaranya adalah dengan *Production Equipment Effectiveness* (PEE), *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), dan *Total Effective Equipment Performance* (TEEP). Menurut Marthur dkk dalam (Yunanto & Susanty, 2018) *Total Effective Equipment Performance* (TEEP) merupakan metode yang mirip dengan OEE. TEEP menentukan efektivitas pengoperasian mesin berdasarkan waktu kalender perusahaan sehingga dapat dibandingkan dengan total kapasitas yang tersedia, sedangkan OEE menentukan efektivitas berdasarkan *loading time* atau waktu yang dijadwalkan.

Metode pengukuran efektivitas yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Total Effective Equipment Performance* (TEEP). Pendekatan TEEP dipilih karena, dibandingkan dengan metode lain, TEEP mengandung komponen perhitungan yang lebih lengkap. Kedua pendekatan ini dapat digunakan karena saling berkaitan satu sama lain dalam mengukur efektivitas karena metode TEEP sendiri menggabungkan metode OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) dalam pengukurannya. Oleh karena itu, dengan adanya pengukuran efektivitas mesin dengan metode *Total Effective Equipment Performance* (TEEP) ini, diharapkan dapat memberikan informasi kepada perusahaan tentang pengukuran efektivitas mesin dan peralatan serta faktor – faktor yang mempengaruhi nilai efektivitas tersebut sehingga dapat diketahui solusi perbaikan dan perawatan yang tepat untuk dapat meningkatkan produktivitas perusahaan tersebut.

## 2. Metode Penelitian

Tahapan penelitian dilakukan sesuai dengan *flowchart* di bawah ini, yang membantu penelitian lebih fokus pada tujuan.



## 2.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan adalah data mesin CNC *turning* Goodway GCL-2L dengan kode T6 dari bulan Maret 2022 hingga Februari 2023 yang meliputi data *working time*, *operating time*, *planned downtime*, *downtime*, *cycle time*, *processed amount* (total produk yang diproduksi), *produk rework*, dan produk *not good* (NG).

## 2.2 Pengolahan Data

Pada tahap ini, dilakukan perhitungan *availability rate*, *performance rate*, *quality rate*, dan *utilization*.

### 1. Availability Rate

*Availability Rate* adalah rasio yang menjelaskan bagaimana mesin menggunakan waktu yang tersedia untuk proses produksi. Perbandingan antara nilai waktu operasional (*operating time*) dan *production time/loading time* dapat digunakan untuk menghitung tingkat ketersediaan (*Availability rate*). Berikut merupakan persamaan untuk menghitung nilai *Availability Rate* (AR).

$$AR = \frac{\text{operating time}}{\text{loading time}} \times 100 \% \quad (1)$$

### 2. Performance Rate

*Performance rate* mengukur berapa banyak barang yang dapat dihasilkan mesin dalam waktu tertentu. Dimana hasil perbandingan *theoretical cycle time* dan *actual operating time* digunakan untuk menghitung nilai *performance rate* ini. Berikut merupakan persamaan untuk menghitung nilai *Performance Rate* (PR).

$$PR = \frac{\text{theoretical cycle time}}{\text{actual operating time}} \times 100 \% \quad (2)$$

### 3. Quality Rate

*Quality rate* merupakan rasio jumlah produk dengan kualitas baik terhadap total produk yang diproduksi. Saat menghitung nilai *quality rate ini*, jumlah *total good product* dengan *processed amount* dapat dibandingkan. Berikut merupakan persamaan untuk menghitung nilai *Quality Rate* (QR).

$$QR = \frac{\text{total good product}}{\text{processed amount}} \times 100 \% \quad (3)$$

### 4. Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Dalam meningkatkan efisiensi dan keandalan semua aset, OEE digunakan untuk menentukan hubungan antara kerugian terkait peralatan. Nilai OEE dapat dihitung dengan mengalikan *availability rate*, *performance rate* dan *quality rate* sebagai berikut :  $OEE(\%) = AR(\%) \times PR(\%) \times QR(\%)$  (4)

### 5. Utilization

Menurut Amrusallam dkk dalam (Asmawati, 2019), dengan beroperasinya mesin yang digunakan untuk menghasilkan unit produk berdasarkan waktu kalender, *Utilization* atau utilisasi peralatan digunakan untuk menilai efisiensi mesin dari waktu yang telah dijadwalkan dengan operasi mesin yang digunakan untuk memproduksi unit produk berdasarkan waktu kalender. Berikut merupakan persamaan untuk menghitung nilai *Utilization* (U).

$$U = \frac{\text{planned production time}}{\text{all availability time}} \times 100 \% \quad (5)$$

### 6. Total Effective Equipment Performance (TEEP)

*Total Effective Equipment Performance* (TEEP) merupakan sebuah metrik kinerja yang memperhitungkan antara kerugian peralatan dan jadwal yang tersedia. Pengukuran efektivitas menggunakan TEEP memiliki standar nilai dunia sebesar 80%. (Joseph & Jayamohan, 2017). Pengukuran efektivitas dengan TEEP dapat dihitung menggunakan perkalian antara *utilization* atau utilisasi peralatan dengan nilai OEE yang meliputi persentase *availability rate*, *performance rate*, dan *quality rate*. Berikut merupakan persamaan untuk menghitung nilai TEEP.

$$TEEP = \text{Utilization}(\%) \times OEE(\%) \quad (6)$$

## 2.3 Analisis Losses dengan Fishbone Diagram

Setelah mengetahui nilai TEEP, selanjutnya adalah mencari faktor penyebab kegagalan (losses) yang menyebabkan rendahnya nilai TEEP. Pencarian penyebab kegagalan dilakukan dengan menggunakan Fishbone Diagram dengan memperhatikan (4M + 1E) yaitu *machine*, *material*, *man*, *method*, dan *environment*.

## 2.4 Analisis dengan FMEA

Setelah mendapatkan beberapa faktor penyebab kegagalan (*losses*) yang telah dianalisis menggunakan Fishbone Diagram, selanjutnya dilakukan analisis dengan FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) faktor penyebab kegagalan tersebut untuk mencari faktor yang dianggap paling mempengaruhi terjadinya kegagalan tersebut untuk dijadikan prioritas perbaikan. Setiap potensi kegagalan yang dapat terjadi dikuantifikasi dalam FMEA untuk memprioritaskan pengelolaan atau penanganan menggunakan RPN (*Risk Priority Number*) (Hardinata, 2018). FMEA digunakan untuk menemukan sumber dan alasan yang mendasari masalah kualitas. Nilai RPN ditentukan dengan mengalikan skor *severity*, *occurrence*, dan *detection*.

$$RPN = S \times O \times D \quad (7)$$

## 2.5 Analisis dengan FTA

Berdasarkan skor RPN tertinggi dari setiap item permasalahan yang terjadi pada mesin CNC *turning* Goodway GCL-2BL, selanjutnya akan dilakukan pencarian akar penyebab permasalahan menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA). *Fault Tree Analysis* (FTA) digunakan untuk menunjukkan sebab akibat diantara suatu kejadian dengan kejadian lain.

## 2.6 Penentuan Alternatif Solusi Perbaikan

Berdasarkan pada analisis faktor kegagalan dengan nilai RPN tertinggi yang telah dilakukan dengan FMEA dan hasil analisis FTA sebelumnya maka dapat dirumuskan alternatif solusi untuk menanggulangi permasalahan yang menjadi penyebab rendahnya tingkat efektivitas mesin CNC *turning* Goodway GCL-2BL.

## 3. Hasil dan Diskusi

### 3.1 Hasil Perhitungan OEE

Perhitungan nilai OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) dilakukan dengan cara mengalikan tiga faktor utama dari OEE yaitu *availability rate*, *performance rate*, dan *quality rate*. Berikut ini merupakan Tabel 1 yang menunjukkan hasil perhitungan OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) pada bulan Maret 2022 hingga Februari 2023.

Tabel 1. OEE Bulan Maret 2022 hingga Februari 2023

No	Bulan	Availability Rate (%)	Performance Rate (%)	Quality Rate (%)	OEE (%)
1	Maret	64,33	92,46	100,00	59,48
2	April	57,98	92,25	94,12	50,34
3	Mei	63,26	93,56	98,41	58,24
4	Juni	67,76	93,68	100,00	63,48
5	Juli	55,49	91,78	88,62	45,13
6	Agustus	62,44	93,10	71,85	41,77
7	September	63,34	94,06	95,57	56,94
8	Oktober	64,76	93,94	99,57	60,57
9	November	51,67	95,17	94,94	46,69
10	Desember	51,81	86,80	99,87	44,91
11	Januari	57,29	75,23	99,60	42,93
12	Februari	73,43	89,48	97,53	64,08
	<b>Rata - Rata</b>	<b>61,13</b>	<b>90,96</b>	<b>95,01</b>	<b>52,88</b>

Tabel 1 menunjukkan bahwa besarnya nilai OEE selama periode satu tahun mulai bulan Maret 2022 hingga Februari 2023 adalah sebesar 52,88%. Kriteria atau standar *benchmark world class* sebesar 85% yang direkomendasikan JIPM untuk OEE menunjukkan bahwa masih ada perbedaan yang sangat jauh sebesar 32,12% antara kondisi aktual yang ada di perusahaan dan kondisi ideal yang diharapkan.

### 3.2 Hasil Perhitungan TEEP

Perhitungan TEEP dilakukan dengan mengalikan nilai OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) dan nilai *utilization*. Berikut ini merupakan Tabel 2 yang menunjukkan hasil perhitungan TEEP pada bulan Maret 2022 hingga Februari 2023. Tabel 2. TEEP Bulan Maret 2022 hingga Februari 2023

No	Bulan	Utilization (%)	OEE (%)	TEEP (%)
1	Maret	70,53	59,48	41,95
2	April	49,58	50,34	24,96
3	Mei	56,79	58,24	33,07
4	Juni	59,86	63,48	38,00
5	Juli	39,92	45,13	18,02
6	Agustus	57,12	41,77	23,86
7	September	65,14	56,94	37,09
8	Oktober	68,68	60,57	41,60
9	November	71,46	46,69	33,36
10	Desember	71,30	44,91	32,02
11	Januari	69,89	42,93	30,00
12	Februari	54,91	64,08	35,19
<b>Rata - Rata</b>		<b>61,27</b>	<b>52,88</b>	<b>32,43</b>

Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai TEEP untuk periode satu tahun yang dimulai pada Maret 2022 dan berakhir pada Februari 2023 adalah sebesar 32,43%. Hal ini berarti kapasitas mesin hanya digunakan sebesar 32,43% untuk melakukan produksi. Nilai TEEP tersebut dapat memberikan gambaran kepada perusahaan bahwa jika diperlukan peningkatan produksi, perusahaan tidak perlu membeli mesin baru karena kapasitas mesin saat ini hanya terpakai 32,43%. Menurut Joseph dan Jayamohan dalam (Asmawati, 2019) standar global nilai TEEP adalah sebesar 80% sehingga masih terdapat selisih yang sangat jauh sebesar 47,57% antara yang terjadi di perusahaan dengan kondisi ideal yang diharapkan. Dengan demikian dapat dikatakan nilai TEEP tersebut masih berada di bawah standar global yang telah ditetapkan. Dalam hal ini, perusahaan memiliki ruang besar untuk melakukan improvement agar tingkat efektivitas mesin dapat meningkat dengan cara meningkatkan nilai faktor – faktor TEEP yaitu *availability rate*, *performance rate*, *quality rate*, dan *utilization*.

### 3.3 Analisis Hasil Perhitungan

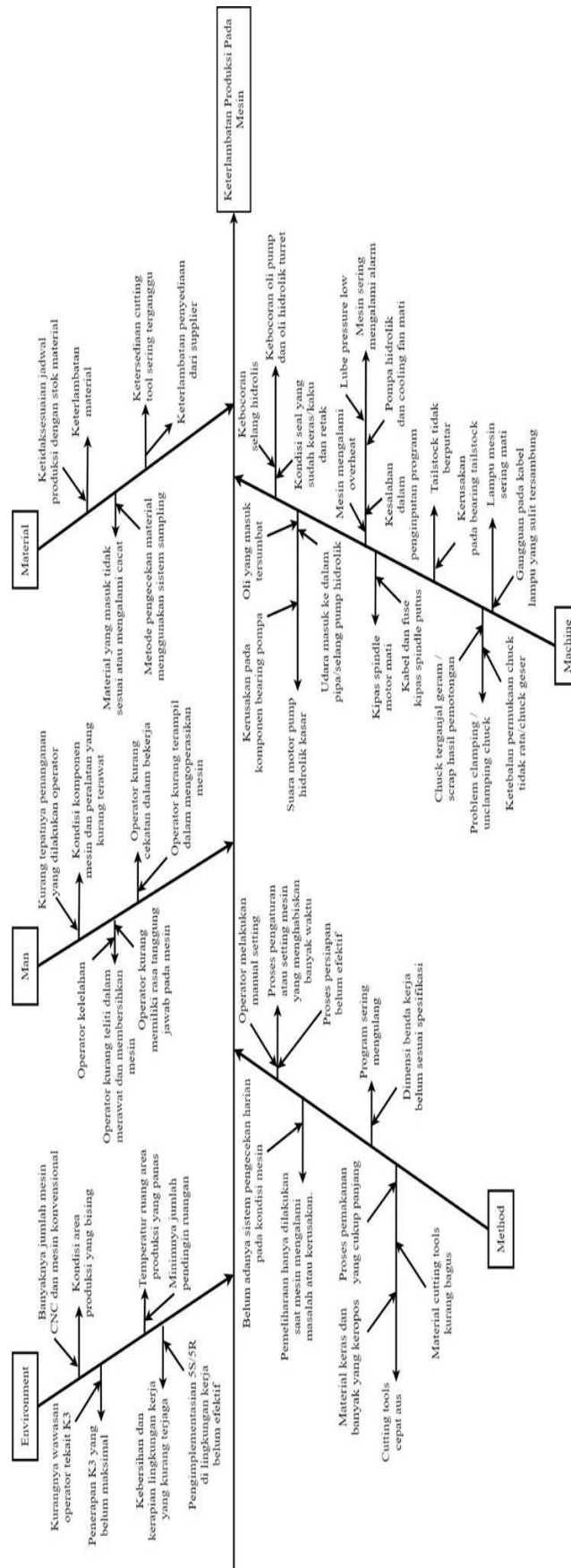
#### 3.2.1. Identifikasi Penyebab Kegagalan (*Cause Failure*)

Tinggi rendahnya nilai TEEP yang didapat dipengaruhi oleh faktor – faktor dari nilai TEEP itu sendiri yaitu *availability rate*, *performance rate*, *quality rate*, dan *utilization*. Berdasarkan hasil perhitungan dari keempat faktor TEEP yang dilakukan pada mesin CNC turning Goodway GCL – 2BL menunjukkan hasil seperti yang telah ditunjukkan oleh Tabel 3 berikut : Tabel 3. Hasil Perhitungan 4 faktor TEEP

	TEEP Maret 2022 – Februari 2023 (%)	Standar Ideal (%)
<i>Availability Rate</i>	61,13%	90.0 %
<i>Performance Rate</i>	90,96%	95.0 %
<i>Quality Rate</i>	95,01%	99.0 %
<i>Utilization</i>	61,27%	95.0%
<i>TEEP</i>	32,43%	80%

Tabel 3 di atas menunjukkan bahwa nilai *availability rate* sebesar 61,13%, *performance rate* sebesar 90,96 %, *quality rate* sebesar 95,01%, dan *utilization* sebesar 61,27%. Berdasarkan pada tabel tersebut, nilai *availability rate* merupakan nilai yang paling rendah dibandingkan dengan tiga faktor lainnya. Sehingga dapat dikatakan bahwa nilai *availability rate* merupakan faktor yang paling mempengaruhi tidak idealnya nilai TEEP yang didapatkan. *Availability rate* adalah faktor yang menyangkut penggunaan waktu yang tersedia untuk kegiatan operasi produksi dari mesin. Rendahnya nilai *availability rate* yang didapatkan dipengaruhi oleh banyak faktor terutama dari faktor *Equipment Failure (Breakdown)* dan *Setup and Adjustment*. Kerugian yang disebabkan adanya kerusakan mesin dan peralatan yang memerlukan perbaikan sehingga mengakibatkan terganggunya waktu produksi disebut dengan istilah *Equipment Failure*. Sedangkan kerugian waktu karena pengaturan dan penyesuaian yang disebabkan adanya perubahan kondisi operasi produksi disebut *Setup and Adjustment*.

Pengidentifikasi penyebab kegagalan yang terjadi pada mesin CNC turning Goodway GCL – 2BL menggunakan diagram *fishbone* atau diagram sebab akibat. Berikut merupakan Gambar 1 yang menunjukkan pengidentifikasi permasalahan dengan diagram *fishbone*.



Gambar 1. Diagram *Fishbone* (Hasil Penelitian, 2023)

Berdasarkan beberapa permasalahan atau kendala – kendala pada mesin yang mengakibatkan menurunnya tingkat efektivitas mesin dan tidak tercapainya target produksi yang telah diuraikan dalam diagram *fishbone* di atas, maka perlu dilakukan analisis lebih lanjut untuk menghilangkan atau meminimalisasi potensi – potensi yang dapat mengganggu produktivitas mesin di area *machining* tersebut.

### **3.2.2. Analisis dengan FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*)**

Berdasarkan hasil analisis diagram *fishbone* yang telah dilakukan sebelumnya, dapat diketahui terdapat beberapa faktor penyebab kegagalan yang mempengaruhi rendahnya tingkat efektivitas mesin CNC *turning* Goodway GCL – 2BL. Beberapa faktor – faktor penyebab tersebut akan dianalisis kembali menggunakan *tools* FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) untuk mencari faktor yang menjadi penyebab terbesar kegagalan pada mesin. Berikut merupakan Tabel 4 yang menunjukkan faktor – faktor kegagalan dari masing – masing item yang memiliki skor RPN tertinggi dan mendapatkan prioritas perbaikan dan perawatan.



Tabel 4. Kegagalan dengan Skor RPN Tertinggi

ITEM	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT	CAUSE	CORRECTIVE ACTION	S	O	D	RPN
Mesin (Machine)	Kondisi <i>seal</i> yang sudah kaku/keras dan retak	Kebocoran oli <i>pump</i> dan oli hidrolik <i>turret</i>	Masa pakai <i>seal</i> yang sudah lama	Mengganti <i>part seal</i> dengan yang baru	9	3	7	189
	Pompa hidrolik dan <i>cooling fan</i> mati	Mesin sering mengalami alarm	Selang angin transfer pompa hidrolik pecah	Memperbaiki selang angin transfer yang pecah	6	6	3	108
	Kerusakan pada komponen <i>bearing</i> pompa	Suara <i>pump hidrolic</i> kasar	Masa pakai bearing yang sudah lama	Melakukan penggantian komponen <i>bearing</i> pompa dengan yang baru	9	3	5	135
	Kabel dan fuse kipas <i>spindle</i> putus	Kipas <i>spindle</i> motor mati	Arus listrik yang mengalir terlalu besar	Melakukan penggantian komponen kipas <i>spindle</i> dengan yang baru	4	5	4	80
	Kerusakan komponen lampu akibat pemakaian	Lampu mesin sering mati	Gangguan pada kabel lampu yang tendor	Melakukan penggantian lampu dan pengecekan lampu lebih teratur	3	8	3	72
	<i>Chuck</i> terganjal geram / <i>scrap</i> hasil pemotongan	<i>Problem clamping</i> atau <i>unclamping chuck</i>	Kurang teliti dalam membersihkan mesin	Melakukan pembersihan <i>chuck</i> dan daerah sekitar <i>chuck</i> dengan lebih teliti dan rutin	3	7	1	21
	Kerusakan pada <i>bearing tailstock</i>	<i>Tailstock</i> tidak berputar	<i>Aging</i> / penuaan pada komponen mesin	Pergantian <i>bearing tailstock</i>	9	2	7	126
Bahan Baku (Material)	Ketidaksesuaian jadwal produksi dengan stok material	Keterlambatan material	Keterlambatan stok material dari departemen <i>casting</i>	Membuat perencanaan ulang jadwal pekerjaan <i>machining</i> menyesuaikan stok material	2	7	3	42
	Metode pengecekan material menggunakan sistem <i>sampling</i>	Material yang masuk tidak sesuai atau mengalami cacat	Belum adanya pengecekan material secara otomatis pada QC <i>Casting</i>	Mengubah metode pengecekan material harus dilakukan 100 % jumlah produk yang masuk	2	5	2	20
	Keterlambatan penyediaan dari <i>supplier</i>	Ketersediaan stok <i>cutting tools</i> sering terganggu	Proses perencanaan persediaan <i>cutting tools</i> belum efektif	Perencanaan penggunaan <i>cutting tools</i> lebih diatur dari awal tahun	1	5	3	15
Operator (Man)	Kurang tepatnya penanganan yang dilakukan operator	Kondisi komponen mesin dan peralatan yang kurang terawat.	Minimnya pengetahuan dan pengalaman operator tentang perawatan mesin	Memberikan <i>training</i> dasar <i>preventive maintenance</i> untuk mesin dibantu pendampingan oleh PIC <i>maintenance</i>	3	4	3	42
	Operator kelelahan dan kurang memiliki rasa tanggung jawab pada mesin	Operator kurang teliti dalam merawat dan membersihkan mesin	Belum adanya pengontrolan dan sanksi tegas	Memberikan pengawasan dan sanksi berupa himbauan dan penilaian kerja oleh <i>leader</i> atau <i>supervisor</i>	4	4	3	48
	Operator kurang terampil dalam mengoperasikan mesin	Operator kurang cekatan dalam bekerja	Minimnya pengetahuan dan pengalaman operator	Memberikan lebih banyak pelatihan dan pendampingan oleh <i>leader</i> terhadap operator dalam pengoperasian mesin	3	3	3	27
Metode Kerja (Method)	Operator melakukan <i>manual setting</i>	Proses <i>setting</i> mesin yang menghabiskan banyak waktu.	Proses persiapan untuk <i>setting</i> belum efektif	Mempersiapkan gambar, <i>cutting tool</i> , dan material sebelum <i>setting</i> dan <i>leader</i> membantu atau mendampingi operator saat melakukan <i>setting</i>	3	2	3	18
	Belum adanya sistem pengecekan harian pada kondisi mesin	Pemeliharaan hanya dilakukan saat mesin mengalami masalah atau kerusakan.	Belum adanya sistem perawatan yang tepat	Menggunakan sistem perawatan berdasarkan data historis kerusakan mesin	2	8	1	16
	Dimensi benda kerja belum sesuai spesifikasi	Program sering mengulang	<i>Insert</i> cepat aus saat program berjalan	Memperbaiki program agar mencapai efektivitas <i>tool</i> dan proses <i>machining</i>	3	3	2	18
	Material keras dan banyak yang keropos	<i>Cutting tools</i> cepat aus	Kurang teliti saat pengecekan material dari <i>casting</i>	Merencanakan sistem baru untuk pengecekan material yang masuk ke <i>machining</i>	4	5	4	80

Tabel 4. Kegagalan dengan Skor RPN Tertinggi (Lanjutan)

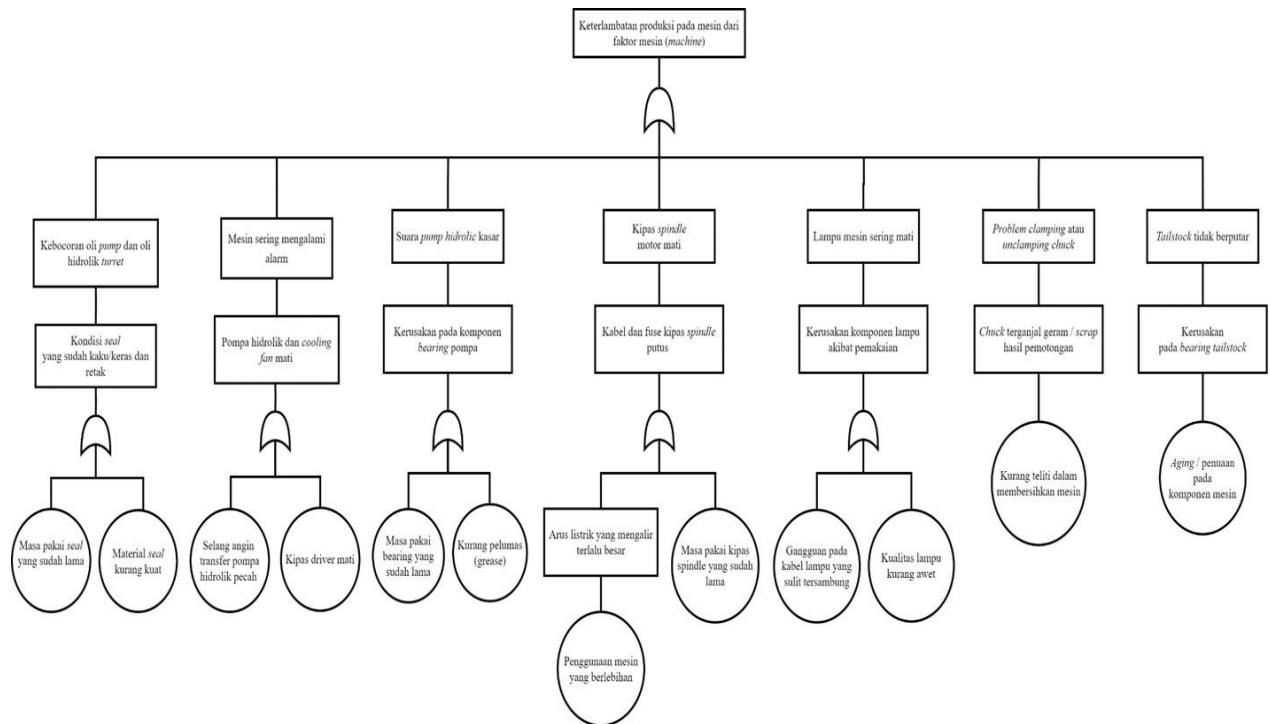
ITEM	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT	CAUSE	CORRECTIVE ACTION	S	O	D	RPN
Lingkungan Kerja (Environment)	Banyaknya jumlah mesin CNC dan mesin konvensional	Kondisi area produksi yang bising.	Area workshop kurang luas dan mobilitas pekerja sangat padat	Memperbaiki peletakan barang WIP agar lebih rapi lagi dan operator dihimbau untuk memakai ear plug	2	3	2	12
	Kurangnya wawasan operator terkait K3	Penerapan K3 yang belum maksimal	Kurangnya pelatihan operator tentang Implementasi K3	Memberikan lebih banyak pelatihan dan sosialisasi K3 terhadap operator	1	5	3	15
	Minimnya jumlah pendingin ruangan	Temperatur ruang area produksi yang panas	Kurangnya penyediaan fasilitas dari perusahaan	Menganalisa penyebab temperatur ruangan tinggi dan menambah jumlah blower pada area tertentu	3	3	4	36
	Implementasi 5S/5R di lingkungan kerja belum efektif	Kebersihan dan kerapian yang kurang terjaga	Tidak adanya pengawasan terhadap operator	Mengadakan pengawasan secara terjadwal selama jam kerja dan setelah jam kerja berakhir	4	4	3	48

### 3.2.3. Analisis dengan FTA (Fault Tree Analysis)

Berdasarkan skor RPN tertinggi dari setiap item permasalahan yang terjadi pada mesin CNC turning Goodway GCL – 2BL, selanjutnya akan dilakukan pencarian akar penyebab permasalahan menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA). *Fault Tree Analysis* (FTA) digunakan untuk menunjukkan sebab akibat diantara suatu kejadian dengan kejadian lain. Keterlambatan produksi yang terjadi pada mesin CNC turning Goodway type GCL – 2BL akan dijadikan sebagai *top event level* dalam analisis FTA yang memperhatikan faktor – faktor penyebab kegagalan yang dianggap paling mempengaruhi rendahnya tingkat efektivitas mesin dari 5 item (*machine, material, man, method, dan environment*) berdasarkan skor RPN tertinggi yang telah dianalisis dengan FMEA sebelumnya.

#### 1. Top event level Keterlambatan Produksi pada Mesin dari Faktor Machine

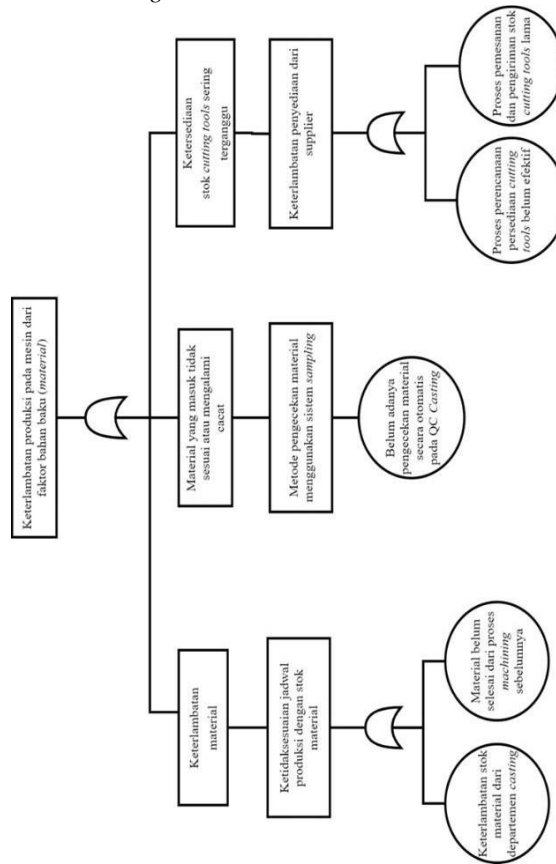
*Top event level* pada analisis FTA berikut adalah Keterlambatan Produksi pada Mesin dari Faktor *Machine*. Hasil analisis FTA dari faktor *machine* dapat dilihat pada Gambar 2 berikut. Berdasarkan Gambar 2 dapat diketahui terdapat 7 *intermediate event* yang menjadi penyebab utama keterlambatan produksi dari faktor mesin yang ada di departemen *machining*.



Gambar 2. Fault Tree Analysis dari faktor machine

2. *Top event level* Keterlambatan Produksi pada Mesindari Faktor *Material*

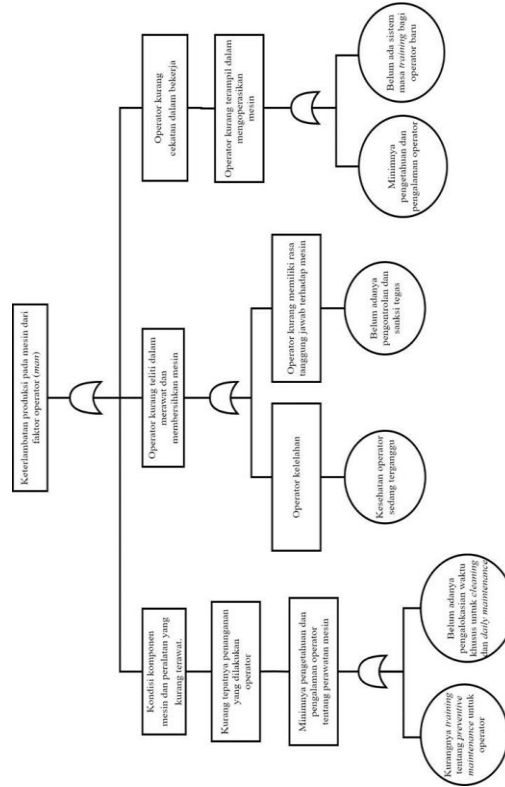
*Top event level* pada analisis FTA berikut adalah Keterlambatan Produksi pada Mesin dari Faktor *Material*. Hasil analisis FTA dari faktor bahan baku atau material dapat dilihat pada Gambar 3 berikut. Berdasarkan Gambar 3 dapat diketahui terdapat 3 *intermediate event* yang menjadi penyebab utama keterlambatan produksi dari faktor bahan baku atau material yang ada di departemen *machining*.



Gambar 3. *Fault Tree Analysis* dari faktor *material*

3. *Top event level* Keterlambatan Produksi pada Mesindari Faktor *Man*

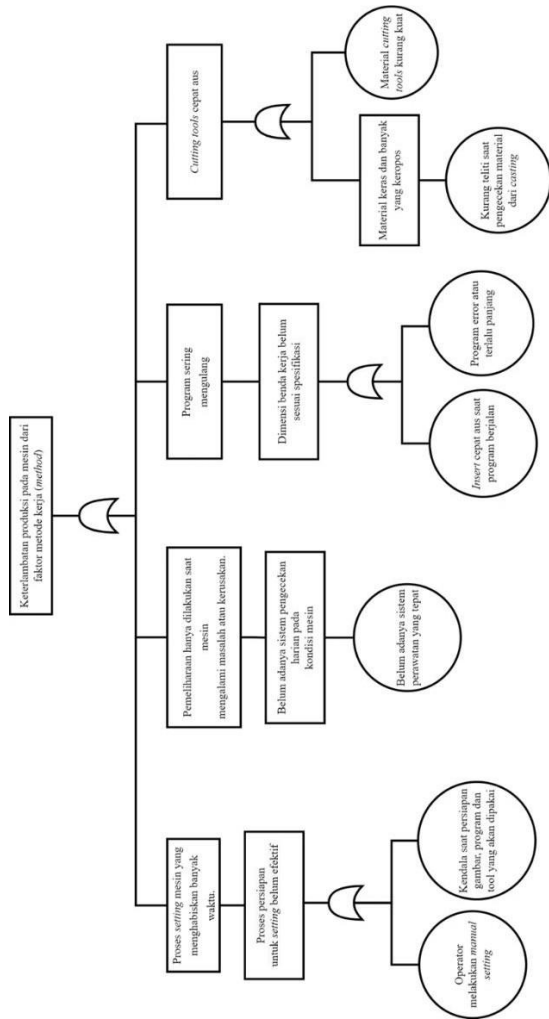
*Top event level* pada analisis FTA berikut adalah Keterlambatan Produksi pada Mesin dari Faktor *Man*. Hasil analisis FTA dari faktor operator atau *man* dapat dilihat pada Gambar 4 berikut. Berdasarkan Gambar 4 dapat diketahui terdapat 3 *intermediate event* yang menjadi penyebab utama keterlambatan produksi dari faktor operator atau *man* yang ada di departemen *machining*.



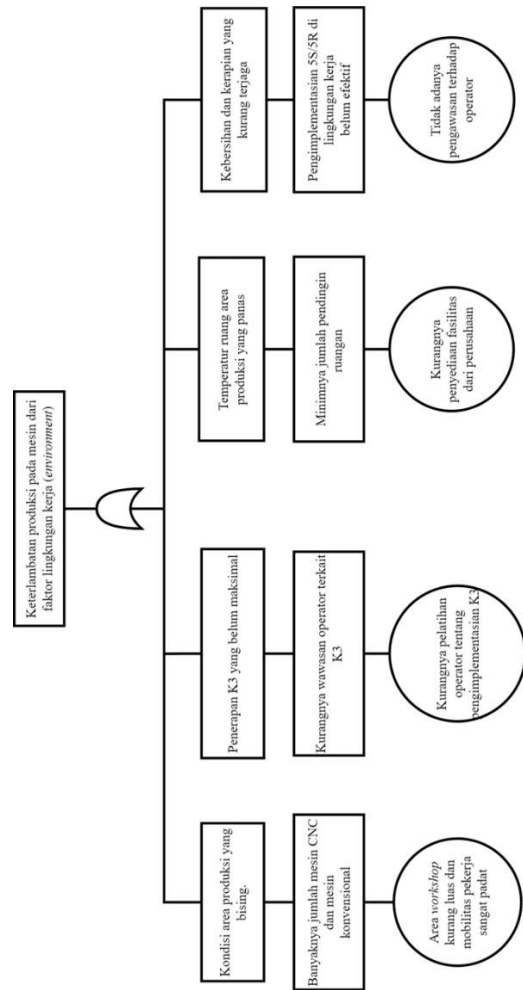
Gambar 4. Fault Tree Analysis dari faktor man

4. Top event level Keterlambatan Produksi pada Mesindari Faktor Method

Top event level pada analisis FTA berikut adalah Keterlambatan Produksi pada Mesin dari Faktor Method. Hasil analisis FTA dari faktor metode kerja atau method dapat dilihat pada Gambar5 berikut. Berdasarkan Gambar 5 dapat diketahui terdapat 4 intermediate event yang menjadi penyebab utama keterlambatan produksi dari faktor metode kerja atau method yang ada di departemen machining.



Gambar 5. Fault Tree Analysis dari faktor method



Gambar 5. Fault Tree Analysis dari factor environment

5. Top event level Keterlambatan Produksi pada Mesindari Faktor Environment

Top event level pada analisis FTA berikut adalah Keterlambatan Produksi pada Mesin dari Faktor Environment. Hasil analisis FTA dari faktor lingkungan kerja atau environment dapat dilihat pada Gambar 6 berikut. Berdasarkan Gambar 6 dapat diketahui terdapat 4 intermediate event yang menjadi penyebab utama keterlambatan produksi dari faktor lingkungan kerja atau environment yang ada di departemen machining.

3.2.4. Alternatif Solusi Berdasarkan Nilai RPNTertinggi

Berdasarkan pada analisis faktor kegagalan dengan nilai RPN tertinggi yang telah dilakukan dengan FMEA dan hasil analisis FTA sebelumnya maka dapat dirumuskan alternatif solusi untuk menanggulangi permasalahan yang menjadi penyebab rendahnya tingkat efektivitas mesin CNC turning Goodway GCL –2BL. Berikut merupakan Tabel 5 yang menunjukkan faktor – faktor kegagalan dengan skor RPN tertinggi beserta corrective action (tindakan perbaikan) atau alternatif solusi yang diberikan untuk mengatasi permasalahan tersebut.

Tabel 5. Alternatif Solusi Berdasarkan Nilai RPN Tertinggi

ITEM	FAILURE EFFECT	CAUSE	SOLUTION
Mesin ( <i>Machine</i> )	<p>Kebocoran oli <i>pump</i> dan oli hidrolik <i>turret</i>.</p> <p>Mesin sering mengalami alarm.</p> <p>Suara <i>pump hidrolic</i> kasar.</p> <p>Kipas <i>spindle</i> motor mati.</p> <p>Lampu mesin sering mati.</p> <p><i>Problem clamping</i> atau <i>unclamping chuck</i>.</p> <p><i>Tailstock</i> tidak berputar.</p>	<p>Masa pakai <i>seal</i> yang sudah lama.</p> <p>Selang angin transfer pompa hidrolik pecah.</p> <p>Masa pakai <i>bearing</i> yang sudah lama.</p> <p>Kabel dan fuse kipas <i>spindle</i> putus.</p> <p>Gangguan pada kabel lampu yang kendur.</p> <p>Kurang teliti dalam membersihkan mesin.</p> <p><i>Aging</i>/penuaan pada komponen mesin.</p>	<p>Mengganti <i>part seal</i> dengan yang baru. Melakukan pengecekan komponen pompa hidrolik lebih rutin.</p> <p>Memperbaiki selang angin transfer yang pecah.</p> <p>Mengganti komponen <i>bearing</i> dengan yang baru.</p> <p>Melakukan penggantian komponen kipas <i>spindle</i> dengan yang baru.</p> <p>Mengganti komponen lampu dengan yang baru dan memilih lampu yang lebih awet.</p> <p>Melakukan pengecekan dan pembersihan secara menyeluruh ke dalam mesin secara berkala.</p> <p>Melakukan pembersihan <i>chuck</i> dan daerah sekitar <i>chuck</i> dengan lebih teliti dan rutin.</p> <p>Melakukan penggantian <i>bearing tailstock</i> dengan yang baru.</p> <p>Melakukan pemeriksaan dan pemberian oli/pelumas pada komponen yang sering bergerak atau bergesekan dengan lebih rutin</p>
Bahan Baku ( <i>Material</i> )	<p>Keterlambatan material.</p> <p>Material yang masuk tidak sesuai atau mengalami cacat.</p> <p>Ketersediaan stok <i>cutting Tools</i> sering terganggu.</p> <p>Kondisi komponen mesin dan peralatan yang kurang terawat.</p>	<p>Keterlambatan stok material dari departemen <i>casting</i>.</p> <p>Belum adanya pengecekan material secara otomatis pada QC <i>Casting</i>.</p> <p>Proses perencanaan persediaan <i>cutting tools</i> belum efektif</p> <p>Minimnya pengetahuan dan pengalaman operator tentang perawatan mesin.</p>	<p>Membuat perencanaan ulang jadwal pekerjaan <i>machining</i> menyesuaikan stok material.</p> <p>Mengubah metode pengecekan material harus dilakukan 100% jumlah produk yang masuk.</p> <p>Mengadakan penyediaan alat pengecekan otomatis yang dilengkapi sensor agar dapat mendeteksi cacat produk tak tampak.</p> <p>Mengatur perencanaan penggunaan <i>cutting tools</i> selama 1 tahun periode diawal.</p> <p>Memberikan <i>training</i> dasar <i>preventive maintenance</i> untuk mesin dibantu pendampingan oleh PIC <i>maintenance</i>.</p>
Operator ( <i>Man</i> )	<p>Operator kurang teliti dalam merawat dan membersihkan mesin.</p> <p>Operator kurang cekatan dalam bekerja.</p> <p>Proses <i>setting</i> mesin yang menghabiskan banyak waktu.</p>	<p>Belum adanya pengontrolan dan sanksi tegas.</p> <p>Minimnya pengetahuan dan pengalaman operator.</p> <p>Proses persiapan untuk <i>setting</i> belum efektif.</p>	<p>Memberikan pengawasan dan sanksi berupa himbauan dan penilaian kerja oleh <i>leader</i> atau <i>supervisor</i>.</p> <p>Memberikan lebih banyak pelatihan dan pendampingan oleh <i>leader</i> terhadap operator dalam pengoperasian mesin.</p> <p>Mempersiapkan gambar, <i>cutting tool</i>, dan material sebelum <i>setting</i> dan <i>leader</i> membantu atau mendampingi operator saat melakukan <i>Setting</i>.</p>
Metode kerja ( <i>Method</i> )	<p>Pemeliharaan hanya dilakukan saat mesin mengalami masalah atau kerusakan.</p> <p>Program sering mengulang.</p> <p><i>Cutting tools</i> cepataus.</p> <p>Kondisi area produksi yang bising.</p>	<p>Belum adanya sistem perawatan yang tepat</p> <p><i>Insert</i> cepat aus saat program berjalan.</p> <p>Kurang teliti saat pengecekan material dari <i>casting</i>.</p> <p>Area <i>workshop</i> kurang luas dan mobilitas pekerja sangat padat.</p>	<p>Menggunakan system perawatan berdasarkan data historis kerusakan mesin.</p> <p>Mencoba penerapan <i>daily maintenance</i> yang dilakukan oleh operator.</p> <p>Memperbaiki program agar mencapai efektivitas <i>tool</i> dan proses <i>machining</i>.</p> <p>Merencanakan sistem baru untuk pengecekan material yang masuk ke <i>machining</i>.</p> <p>Memperbaiki peletakan barang <i>WIP</i> agar lebih rapi lagi dan operator dihimbau untuk memakai <i>ear plug</i>.</p>

	Penerapan K3 yang belum maksimal.	Kurangnya pelatihan operator tentang pengimplementasian K3.	Memberikan lebih banyak pelatihan dan sosialisasi K3 terhadap operator.
Lingkungan Kerja (Environment)	Temperatur ruang area produksi yang panas.  Kebersihan dan kerapian yang kurang terjaga	Kurangnya penyediaan fasilitas dari perusahaan.  Tidak adanya pengawasan terhadap operator.	Menganalisa penyebab temperatur ruangan tinggi dan menambah jumlah kipas atau <i>blower</i> pada area tertentu. Mengadakan pengawasan secara terjadwal selama jam kerja dan setelah jam kerja berakhir.

#### 4. Kesimpulan

Besarnya nilai *Total Effective Equipment Performance* (TEEP) dari mesin CNC turning Goodway type GCL – 2BL pada Maret 2022 hingga Februari 2023 adalah 32,43 %. Standar global nilai TEEP adalah sebesar 80%, sehingga masih terdapat selisih yang sangat jauh sebesar 47,57% antara yang terjadi di perusahaan dengan kondisi ideal yang diharapkan. Sehingga dapat dikatakan bahwa tingkat efektivitas mesin CNC turning Goodway type GCL – 2BL belum sesuai dengan nilai standar ideal *Total Effective Equipment Performance* (TEEP).

Rendahnya nilai OEE dan utilisasi mesin menjadi penyebab rendahnya nilai TEEP. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan didapatkan nilai *availability rate* sebesar 61,13%, *performance rate* sebesar 90,96%, *quality rate* sebesar 95,01%, dan *utilization* sebesar 61,27%. *Availability rate* merupakan faktor TEEP yang memiliki nilai rata-rata terendah dari ketiga faktor lainnya. Adapun beberapa permasalahan yang menyebabkan rendahnya nilai *availability rate* yang dihasilkan mengacu pada analisis FMEA dan FTA yaitu kebocoran oli *pump* dan oli hidrolik *turret*, mesin sering mengalami alarm, suara motor *pump* hidrolik kasar, kipas *spindle* motor mati, lampu mesin sering mati, *tailstock* tidak berputar, keterlambatan material, kondisi komponen mesin dan peralatan yang kurang terawat, operator kurang teliti dalam merawat dan membersihkan mesin, *cutting tools* cepat aus, dan kebersihan dan kerapian lingkungan kerja yang kurang terjaga.

Solusi yang diberikan untuk menanggulangi permasalahan yang terjadi diantaranya adalah mengganti *part seal* dengan yang baru dan melakukan pengecekan komponen pompa hidrolik lebih rutin, memperbaiki selang angin transfer yang pecah, mengganti komponen *bearing* dengan yang baru, melakukan penggantian komponen kipas *spindle* dengan yang baru dan melakukan pengecekan kabel – kabel pada mesin lebih rutin, mengganti komponen lampu dengan yang baru dan memilih lampu yang lebih awet, melakukan penggantian *bearing tailstock* dengan yang baru dan melakukan pemeriksaan serta pemberian oli/pelumas pada komponen yang sering bergerak atau bergesekan dengan lebih rutin, membuat perencanaan ulang jadwal pekerjaan *machining* menyesuaikan stok material, memberikan training dasar *preventive maintenance* untuk mesin dibantu pendampingan oleh PIC *maintenance*, memberikan pengawasan dan sanksi berupa himbuan dan penilaian kerja oleh *leader* atau *supervisor*, merencanakan sistem baru untuk pengecekan material yang masuk ke *machining*, mengadakan pengawasan secara terjadwal selama jam kerja dan setelah jam kerja berakhir.

#### Daftar Pustaka

- Asmawati, D. P. (2019). Analisis Efektivitas Mesin Pada Stasiun Gilingan Dengan Metode Total Effective Equipment Performance (Teep) Untuk Menentukan Kebijakan Perawatan (Studi Kasus Pg Gempolkrep Mojokerto). *Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya*.
- Hardinata, D. K. (2018). Analisis Nilai Efektivitas Pada Mesin Koike Sanso Kogyo Type IK-2000 CE HI-82 Dengan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) Pada Perusahaan Manufaktur Transportasi. Surabaya: **Tugas Akhir** Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- Hariani, L. I. (2017). Analisis Nilai Efektivitas Mesin Injection Molding Type ARB - 100.7 Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE). Surabaya: **Tugas Akhir** Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- Joseph, A., & Jayamohan, M. S. (2017). Evaluation of Overall Equipment Effectiveness and Total Effective Equipment Performance: A case study. *International Journal of Advance Engineering and Research Development*.
- Purwasih, G. D. (2019). Perhitungan Overall Equipment Effectiveness (OEE) Pada Container Crane Menuju Total Productive Maintenance. Surabaya: **Tugas Akhir** Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- Rifa'i, M. J. (2018). Analisis Total Productive Maintenance Pada Mesin Press Fine Blanking 1100 Ton Dengan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) Di Perusahaan Manufacturing Press Part. Surabaya: **Tugas Akhir** Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- Yunanto, K. R., & Susanty, A. (2018). Analisis Tingkat Efektivitas pada Mesin Continous Tandem Cold Mill (CTCM) di Cold Rolling Mill (CRM) PT. Krakatau Steel (Persero) Tbk. dengan Total Effective Equipment Performance (TEEP). *Industrial Engineering Online Journal*.

