

ANALISIS KINERJA MESIN CNC MILLING 3 AXIS DENGAN METODE TPM (TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE) OEE (OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS) DAN SIXBIG LOSSES DI PT.X

Parman Sinaga

*Program studi Teknik Mesin ,FTI, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta,
parmans@itbu.ac.id*

Abstrak

Dalam memenuhi permintaan produksi yang tinggi, PT. X mengharuskan proses produksinya berjalan secara maksimal. Hal tersebut membuat Mesin CNC harus tetap bekerja dalam waktu yang lama dan harus dalam keadaan optimal. Pemakaian Mesin CNC yang terus menerus dapat mengakibatkan kerusakan mesin dan mengakibatkan terhentinya proses produksi atau disebut downtime, karena proses produksi yang tinggi mempengaruhi kinerja Mesin CNC yang berdampak pada keausan komponen mesin dan umur mesin. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kecepatan produksi (kinerja) Mesin CNC Milling 3 Axis, menghitung nilai efektivitas kinerja Mesin CNC Milling 3 Axis berdasarkan Overall Equipment Effectiveness dan Mengetahui kerugian apakah yang terjadi berdasarkan six big losses. Metodologi penelitian yang digunakan observasi, wawancara dan studi literatur. Hasil Kecepatan produksi (kinerja) Mesin CNC Milling 3 Axis tertinggi terjadi pada bulan Agustus, dengan tingkat kinerja sebesar 92,89%. Efektivitas kinerja Mesin CNC Milling 3 Axis berdasarkan OEE yaitu Angka OEE tertinggi adalah 87,45%. Berdasarkan six big losses pada Mesin CNC Milling 3 Axis, kerugian terbesar adalah reduced speed losses dengan nilai 36,76% dan yield losses dengan nilai 24,77%.

Kata Kunci : Mesin CNC Milling 3 Axis, TPM, OEE, Six Big Losses

1. PENDAHULUAN

Sampah organik, seperti sisa makanan dan Mesin CNC (Computer Numerical Control) adalah sebuah mesin yang digunakan dalam Industri Manufaktur untuk menghasilkan komponen untuk Sektor Teknik dalam jumlah besar dengan cepat. Seperti nama dari CNC sendiri, setiap pengerjaan dari CNC menggunakan sistem komputer yang telah terbentuk dengan baik hingga menghasilkan barang yang sesuai dengan presisi. Misalkan, pada pembuatan benda atau part-part seperti mur, baut, sekrup dan lain sebagainya. Ada ukuran paten atau presisi yang harus digunakan sesuai dengan kebutuhan. Dengan menggunakan mesin CNC, maka komputer akan dengan mudah mengontrol peralatan mesin dalam memotong atau mengebor berbagai

material. Sehingga, hasil yang dicapai pun akan sesuai dengan ukuran presisi tersebut. Pengerjaan menggunakan CNC juga tentu lebih menguntungkan dari pada pengerjaan dengan tenaga manusia secara manual. (Fauzan et al, 2019)[1].

Dalam memenuhi permintaan produksi yang tinggi, PT.X mengharuskan proses produksinya berjalan secara maksimal. Hal tersebut membuat Mesin CNC harus tetap bekerja dalam waktu yang lama dan harus dalam keadaan optimal. Pemakaian Mesin CNC yang terus menerus dapat mengakibatkan kerusakan mesin dan mengakibatkan terhentinya proses produksi atau disebut downtime, karena proses produksi yang tinggi mempengaruhi kinerja mesin CNC yang berdampak pada keausan komponen mesin, dan umur mesin. Adanya

kerusakan pada mesin dapat mengganggu keseluruhan proses produksi.

Maka berdasarkan uraian diatas, penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi kinerja Mesin CNC dalam meningkatkan kualitas produksi PT.X dengan analisis TPM yang menjadi acuan nilai Overall Equipment Effectiveness (OEE) dan menggunakan Six Big Losses.

2. METODOLOGI

2.1 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian kuantitatif. Karena penelitian ini bersifat data dan dokumentasi. Penggunaan penelitian jenis kuantitatif bertujuan untuk menyajikan hasil yang bersifat rinci, prosedur yang spesifik dan hipotesis yang dirumuskan dengan jelas.

2.2 Metode Pengumpulan Data

2.2.1 Observasi Langsung

Pemantauan langsung proses produksi, kondisi kerja, dan lingkungan kerja. Studi ini dilakukan melalui pengamatan langsung terhadap kerja mesin CNC dan pengetahuan tentang perhitungan OEE. Overall Equipment Effectiveness (OEE) dihitung menggunakan tiga komponen utama: tingkat ketersediaan, tingkat kinerja, dan tingkat biaya. Menganalisa dengan diagram fishbone untuk mengidentifikasi penyebab masalah, menjalankan analisis 5W+1H, membuat keputusan yang benar, dan mengatasi masalah. Dalam OEE terdapat beberapa faktor yang dapat menurunkan produktivitas mesin yakni terbuangnya waktu sia-sia (downtime), waktu ketika

terhentinya produksi (breakdown), dan pemasangan peralatan (setup dan adjustment), sehingga menurunkan produktivitas. OEE suatu perusahaan dikategorikan baik jika memenuhi persyaratan JIMP kelas dunia dimana indeks TPM yang ideal adalah sebagai berikut: waktu aktif 90%, kinerja 95%, dan kualitas 95% (Chuluk, 2021)[7].

2.2.2 Wawancara

Wawancara dengan operator mesin dilakukan untuk mempelajari lebih lanjut kesulitan-kesulitan yang timbul selama pengoperasian mesin CNC dan sebagai referensi untuk rekomendasi modifikasi sebelum menghitung nilai OEE.

2.2.3 Studi Literatur

Studi literatur adalah jenis penelitian yang menyelidiki atau menilai secara kritis informasi, ide, atau penemuan yang terkandung dalam tubuh literatur yang berorientasi akademik dan merumuskan kontribusi metodologis dan teoritis untuk isu-isu tertentu. Penelitian literatur dilakukan dengan mencari data dan meninjau literatur yang ada di perusahaan mengenai proses manufaktur dan Total Productive Maintenance, OEE, Six Big Losses, dan Fishbone Diagram.

2.2.4 Alat Dan Bahan Penelitian

1. Mesin CNC Milling 3 Axis
Mesin CNC Milling 3 Axis adalah mesin yang digunakan dalam penelitian ini. Gambar 2.1 menunjukkan mesin CNC Milling 3 Axis.



Gambar 1. Mesin CNC Milling 3 Axis

(Sumber : Penelitian Mandiri: 2023)

Spesifikasi Mesin CNC Milling 3 Axis adalah sebagai berikut :

Spesifikasi Mesin CNC Milling 3 Axis adalah sebagai berikut :

- a. Model : FANUC ROBODRILL @ - D14MiB
- b. Serial No : P195ZD172
- c. Type : A04B - 0102 - B122 # EBMH
- d. Production Year : 2019
- e. Power Supply : 3 PHASE 10 kVA 200V – 50/60 Hz
- f. Tahun pemakaian : 2020
- g. Weight : 2200 kg

2. Material Penelitian

Material yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2. Kayu Sonokeling
(Sumber : Penelitian Mandiri: 2023)

Spesifikasi Material yang digunakan adalah sebagai berikut :

- 1. Jenis kayu : Sonokeling (*Dalbergia Latifolia Roxb*)
- 2. Thick : 6 mm
- 3. Long : 30 mm
- 4. Wide : 9 mm

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Hasil Pengamatan dan Pengukuran

3.1.1 Data Running Time

Running time merupakan jumlah total waktu yang dihabiskan untuk mengerjakan suatu produksi. PT. X hanya memiliki 5 hari kerja dalam seminggu beroperasi.

Tabel 1. Running Time Mesin CNC Milling 3 Axis

Bulan	Jumlah Hari	Machine Working Time (menit)	Jam Efektif Kerja Mesin (menit)
Mei 2023	21	9200	7920
Juni 2023	21	9440	7920
Juli 2023	21	9530	7920
Agustus 2023	21	9260	7920
September 2023	21	9745	7920
Oktober 2023	21	9320	7920

(Sumber: Data Hasil Penelitian)

Setelah dilakukan penelitian, nilai tertinggi dan nilai terendah running time mesin cnc milling 3 axis terdapat pada bulan Mei dan September. Dari hasil input penelitian pada bulan Mei dan September menghasilkan data harian running time mesin cnc milling 3 axis yang dapat dilihat pada lampiran 1 dan 2.

3.1.2 Data Downtime

Downtime merupakan jumlah waktu yang terbuang ketika proses produksi terganggu karena kerusakan mesin dan menyebabkan kerugian pada sistem produksi. Data downtime selama periode Mei hingga Oktober 2023 PT. X sebagai berikut :

Tabel 2. Data downtime

Bulan	Jumlah Hari	Machine Working Time (menit)	Planned Downtime Closing		Downtime (%)
			Planned (menit)	Preventive (menit)	
Mei 2023	21	9200	100	120	1.21
Juni 2023	21	9440	70	150	1.57
Juli 2023	21	9530	110	150	1.57
Agustus 2023	21	9260	420	157.5	1.73
September 2023	21	9745	250	145	1.49
Oktober 2023	21	9320	337	120	1.18

(Sumber: Data Hasil Penelitian)

Setelah dilakukan penelitian, nilai tertinggi dan nilai terendah downtime mesin cnc milling 3 axis terdapat pada bulan Mei dan

September. Dari hasil input

penelitian pada bulan Mei dan September menghasilkan data harian downtime mesin cnc milling 3 axis yang dapat dilihat pada lampiran 3 dan 4.

3.1.3 Data Produksi

Tabel 3. Data Produksi Mesin CNC Milling 3 Axis

Bulan	Total Produk (piece)	Produk Baik (piece)	Produk Cacat (piece)	Produk Baik (%)	Target (%)
Mei 2023	86	77	9	89,54	98
Juni 2023	3879	3754	125	96,77	98
Juli 2023	3908	3790	118	96,72	98
Agustus 2023	888	822	66	92,58	98
September 2023	3827	3581	246	93,83	98
Oktober 2023	3805	3611	194	94,90	98

(Sumber: Data Hasil Penelitian)
Ketika mesin tiba-tiba mengalami kerusakan atau gangguan, maka mesin tersebut tidak dapat melakukan proses produksi sebagaimana mestinya. Waktu setup adalah jumlah waktu yang diperlukan untuk menyiapkan mesin sejak mesin dihentikan hingga prosedur untuk kegiatan produksi selanjutnya dimulai.

3.1.4 Data Breakdown

Ketika mesin tiba-tiba mengalami kerusakan atau gangguan, maka mesin tersebut tidak dapat melakukan proses produksi sebagaimana mestinya. Waktu setup adalah jumlah waktu yang diperlukan untuk menyiapkan mesin sejak mesin dihentikan hingga prosedur untuk kegiatan produksi selanjutnya dimulai.

Tabel 4 Data Breakdown Mesin CNC Milling 3 Axis

Bulan	Temp. And Adjustment	Failure And Repair
	Penggantian Aji & Cutter (menit)	Breakdown Mesin (menit)
Mei 2023	123	126
Juni 2023	155	147
Juli 2023	175	139
Agustus 2023	201	118
September 2023	145	129
Oktober 2023	103	135

(Sumber: Data Hasil Penelitian)

Setelah dilakukan penelitian, nilai tertinggi dan nilai terendah breakdown mesin cnc milling 3 axis terdapat pada bulan Agustus dan Oktober. Dari hasil input penelitian pada bulan Mei dan September menghasilkan data harian breakdown mesin cnc milling 3 axis yang dapat dilihat pada lampiran 7 dan 8.

3.2 Pengolahan Data

3.2.1 Availability

Rasio waktu tersedia untuk proses produksi yang dikendalikan oleh dua komponen, yaitu kerusakan mesin dan konfigurasi mesin. Loading time adalah jumlah total waktu selama jam kerja dimana proses produksi selesai.

Tabel 5 Data Hasil Perhitungan Loading Time

Bulan	Jumlah Hari	Min/Max Loading Time (menit)	Zerow Down/No (menit)	Load/No (menit)
Mei 2023	31	82,04	776	344,4
Juni 2023	30	84,04	914	371,6
Juli 2023	31	82,04	914	361,6
Agustus 2023	31	82,04	177,1	892,5
September 2023	30	87,04	314,5	1218,5
Oktober 2023	31	82,04	417	1657

(Sumber: Data Hasil Penelitian)

Setelah dilakukan penelitian, nilai tertinggi dan nilai terendah loading time mesin cnc milling 3 axis terdapat pada bulan September dan Mei. Dari hasil input penelitian pada bulan Mei dan September menghasilkan data harian loading time mesin cnc milling 3 axis yang dapat dilihat pada lampiran 9 dan 10.

Setiap bulan, setelah mendapatkan nilai loading time, ditentukan waktu operasi

yang dibutuhkan untuk menghitung availability. Waktu operasi adalah waktu produksi yang dihitung tanpa memperhitungkan Downtime.

Tabel 6. Data Hasil Perhitungan Operation Time

Bulan	Loading Time (menit)	Failure And Repair (menit)	Setup And Adjustment (menit)	Operation Time (menit)
Mei 2023	8444	126	120	8198
Juni 2023	8956	147	156	8653
Juli 2023	9026	133	178	8715
Agustus 2023	9672	118	200	9344
September 2023	9188	133	143	8912
Oktober 2023	8537	135	100	8302

(Sumber: Data Hasil Penelitian)

Setelah dilakukan penelitian, nilai tertinggi dan nilai terendah operation time mesin cnc milling 3 axis terdapat pada bulan September dan Mei. Dari hasil input penelitian pada bulan Mei dan September menghasilkan data harian operation time mesin cnc milling 3 axis yang dapat dilihat pada lampiran 11 dan 12.

Kemudian dilakukan perhitungan availability setelah nilai operation time diperoleh. Availability merupakan rasio dari operation time, dengan mengeliminasi downtime peralatan terhadap loading time.

Tabel 7 Data Hasil Perhitungan Availability

Bulan	Loading Time (menit)	Downtime (menit)	Operation Time (menit)	Availability (%)
Mei 2023	8444	246	8198	97,09
Juni 2023	8956	297	8653	96,63
Juli 2023	9026	298	8715	96,55
Agustus 2023	9672	218	9344	96,61
September 2023	9188	266	8912	97,10
Oktober 2023	8537	235	8302	97,24

(Sumber: Data Hasil Penelitian)

Setelah dilakukan penelitian, nilai tertinggi dan nilai terendah availability mesin cnc milling 3 axis terdapat pada bulan September dan Agustus. Dari hasil input penelitian pada bulan Mei dan September menghasilkan data harian availability mesin cnc milling 3 axis yang dapat dilihat pada lampiran 13 dan 14.

Pembacaan terendah adalah pada bulan Juli dan Agustus, masing-masing sebesar 96,56% dan 96,33%. Agustus memiliki waktu downtime paling banyak (318 menit). Namun mengingat angka availability nya lebih besar dari 95% selama 6 bulan ini, maka dapat dikatakan masih dalam kategori baik.

1. Perhitungan Availability bulan Mei :

a. Machine Working Times

= Aktual jam kerja mesin

= 9200 menit

b. Loading Time

= Machine working times - Planned downtime

= 9200 - 756 = 8444 menit

c. Operation Time

= Loading Time - Failure & Repair - Setup & Adjust

= 8444 - 126 - 120 = 8198 menit

d. Availability

$$= \frac{\text{loading time} - \text{downtime}}{\text{loading time}} \times 100\%$$

$$= \frac{8198 - 246}{8444} \times 100\% = 97,01 \%$$

2. Perhitungan Availability bulan Juni :

a. Machine Working Times

= Aktual jam kerja mesin

= 9440 menit

b. Loading Time

= Machine working times - Planned downtime

= 9440 - 504 = 8936 menit

c. Operation Time

= Loading Time - Failure & Repair - Setup & Adjust

= 8936 - 147 - 156 = 8633 menit

d. Availability

$$= \frac{\text{loading time} - \text{downtime}}{\text{loading time}} \times 100\%$$

$$= \frac{8633 - 297}{8936} \times 100\% = 96,60 \%$$

3. Perhitungan Availability bulan Juli :

a. Machine Working Times
= Aktual jam kerja mesin
= 9530 menit

b. Loading Time
= Machine working times – Planned downtime
= 9530 – 904 = 9026 menit

c. Operation Time
= Loading Time – Failure & Repair – Setup & Adjust
= 9026 – 130 – 178 = 8718 menit

d. Availability
= $\frac{\text{loading time} - \text{down time}}{\text{loading time}} \times 100\%$
= $\frac{9026 - 238}{9530} \times 100\% = 96,56\%$

4. Perhitungan Availability bulan Agustus :

a. Machine Working Times
= Aktual jam kerja mesin
= 9260 menit

b. Loading Time
= Machine working times – Planned downtime
= 9260 – 577,5 = 8682,5 menit

c. Operation Time
= Loading Time – Failure & Repair – Setup & Adjust
= 8682,5 – 118 – 200 = 8364,5 menit

d. Availability
= $\frac{\text{loading time} - \text{down time}}{\text{loading time}} \times 100\%$
= $\frac{8682,5 - 218}{9260} \times 100\% = 96,33\%$

5. Perhitungan Availability bulan September :

a. Machine Working Times
= Aktual jam kerja mesin
= 9745 menit

b. Loading Time
= Machine working times – Planned downtime
= 9745 – 346,5 = 9398,5 menit

c. Operation Time
= Loading Time – Failure & Repair – Setup & Adjust
= 9398,5 – 120 – 145 = 9133,5 menit

d. Availability
= $\frac{\text{loading time} - \text{down time}}{\text{loading time}} \times 100\%$
= $\frac{9398,5 - 2}{9745} \times 100\% = 97,38\%$

6. Perhitungan Availability bulan Oktober :

a. Machine Working Times
= Aktual jam kerja mesin
= 9520 menit

b. Loading Time
= Machine working times – Planned downtime
= 9520 – 483 = 8837 menit

c. Operation Time
= Loading Time – Failure & Repair – Setup & Adjust
= 8837 – 135 – 100 = 8602 menit

d. Availability
= $\frac{\text{loading time} - \text{down time}}{\text{loading time}} \times 100\%$
= $\frac{8837 - 235}{9520} \times 100\% = 97,34\%$

3.2.2 Performance Rate

Kemampuan mesin yang digunakan untuk melaksanakan tugasnya dalam memproduksi produk dievaluasi. Faktor kehilangan kecepatan yang perlu dipertimbangkan termasuk penghentian singkat, waktu idle (menggurur), dan penurunan kecepatan. Rumus rasio kinerja adalah sebagai berikut:

Tabel 8 Data Hasil Perhitungan Performance Rate Mesin CNC Milling 3 Axis

Bulan	Total Produk (piece)	Target Produk (piece)	Operation Time (min)	Actual Cycle Time (min)	Actual Cycle Time (min)	Performance Rate (%)
Mei 2023	181	800	1111	7	22,3	8,77%
Juni 2023	145	418,5	622	1	3,3	8,08%
Juli 2023	199	439	1111	2	2,2	8,08%
Agustus 2023	181	402,5	856,5	3	3,5	8,08%
September 2023	181	856,5	856,5	7	3,7	8,08%
Oktober 2023	181	431	802	2	2,2	8,08%

(Sumber: Data Hasil Penelitian)

Setelah dilakukan penelitian, nilai tertinggi dan nilai terendah performance rate mesin cnc milling 3 axis terdapat pada bulan Mei dan September. Dari hasil input penelitian pada bulan Mei dan September menghasilkan data harian Performance rate mesin cnc milling 3 axis

yang dapat dilihat pada lampiran 15 dan 16.

Performance rate memperhitungkan faktor-faktor yang menyebabkan kecepatan produksi tidak sesuai dari kecepatan sebenarnya yang dapat dicapai oleh Mesin CNC Milling 3 Axis. Nilai performance rate ditetapkan sebesar 95%. Tingkat kinerja memperhitungkan factor - faktor yang menyebabkan kecepatan produksi tidak sesuai dari kecepatan sebenarnya yang dapat dicapai oleh Mesin CNC Milling 3 Axis.

Berdasarkan tabel di atas, performance rate tertinggi terjadi pada bulan Agustus, dengan tingkat kinerja sebesar 92,89%. Hasil ini terjadi karena kecepatan produksi bulan September lebih cepat dari perkiraan. Angka terendah terjadi pada bulan September dengan tingkat kinerja sebesar 85,99%.

1. Perhitungan Performance Rate bulan Mei :

a. Perhitungan ideal cycle time

1 produk terdapat 4 proses

1 proses = 0,5 menit (sumber data lapangan)

4 proses = 4 x 0,5 = 2 menit

Jadi, untuk kecepatan produksi mesin cnc milling 3 axis adalah :

$$\text{Jumlah produk yang dihasilkan} = \frac{60 \text{ menit}}{2 \text{ menit/produk}} = 30 \text{ produk}$$

Maka dari hasil perhitungan ideal cycle time yang di dapat per jam adalah 30 produk.

b. Actual cycle time

$$= \frac{\text{Operating Time}}{\text{Output Proses}}$$

$$= \frac{60 \text{ min}}{30 \text{ unit}} = 2,15 \text{ menit/pieces}$$

c. Jumlah Target

$$= \frac{\text{Operating Time}}{\text{Ideal Cycle Time}}$$

$$= \frac{60 \text{ min}}{2} = 30 \text{ pieces}$$

d. Performance Rate

$$= \frac{\text{output} \times \text{ideal cycle time}}{\text{operation time}} \times 100\%$$

$$= \frac{30 \times 2}{60} \times 100\% = 92,72\%$$

2. Perhitungan Performance Rate bulan Juni :

a. Perhitungan ideal cycle time

1 produk terdapat 4 proses

1 proses = 0,5 menit (sumber data lapangan)

4 proses = 4 x 0,5 = 2 menit

Jadi, untuk kecepatan produksi mesin cnc milling 3 axis adalah :

$$\text{Jumlah produk yang dihasilkan} = \frac{60 \text{ menit}}{2 \text{ menit/produk}} = 30 \text{ produk}$$

Maka dari hasil perhitungan ideal cycle time yang di dapat per jam adalah 30 produk.

b. Actual cycle time

$$= \frac{\text{Operating Time}}{\text{Output Proses}}$$

$$= \frac{60 \text{ min}}{27 \text{ unit}} = 2,21 \text{ menit/pieces}$$

c. Jumlah Target

$$= \frac{\text{Operating Time}}{\text{Ideal Cycle Time}}$$

$$= \frac{60 \text{ min}}{2} = 30 \text{ pieces}$$

d. Performance Rate

$$= \frac{\text{output} \times \text{ideal cycle time}}{\text{operation time}} \times 100\%$$

$$= \frac{27 \times 2}{60} \times 100\% = 89,40\%$$

3. Perhitungan Performance Rate bulan Juli :

a. Perhitungan ideal cycle time

1 produk terdapat 4 proses

1 proses = 0,5 menit (sumber data lapangan)

4 proses = 4 x 0,5 = 2 menit

Jadi, untuk kecepatan produksi mesin cnc milling 3 axis adalah :

$$\text{Jumlah produk yang dihasilkan} = \frac{60 \text{ menit}}{2 \text{ menit/produk}} = 30 \text{ produk}$$

Maka dari hasil perhitungan ideal cycle time yang di dapat per jam adalah 30 produk.

b. Actual cycle time

$$= \frac{\text{Operating Time}}{\text{Output Proses}}$$

$$= \frac{60 \text{ min}}{26 \text{ unit}} = 2,23 \text{ menit/pieces}$$

c. Jumlah Target

$$= \frac{\text{Operating Time}}{\text{Ideal Cycle Time}}$$

$$= \frac{60 \text{ min}}{2} = 30 \text{ pieces}$$

d. Performance Rate

$$= \frac{\text{output} \times \text{ideal cycle time}}{\text{operation time}} \times 100\%$$

$$= \frac{26 \times 2}{60} \times 100\% = 89,60\%$$

4. Perhitungan *Performance Rate* bulan Agustus :
- Perhitungan ideal *cycle time*
1 produk terdapat 4 proses
1 proses = 0,5 menit (sumber data lapangan)
4 proses = 4 x 0,5 = 2 menit
Jadi, untuk kecepatan produksi mesin cnc milling 3 axis adalah :
Jumlah produk yang dihasilkan = $\frac{60 \text{ menit}}{2 \text{ menit/produk}} = 30 \text{ produk}$
Maka dari hasil perhitungan ideal *cycle time* yang di dapat per jam adalah 30 produk.
 - Actual *cycle time* = $\frac{\text{Operating Time}}{\text{Output Proses}}$
= $\frac{8364,5}{3300} = 2,53 \text{ menit/pieces}$
 - Jumlah Target = $\frac{\text{Operating Time}}{\text{Ideal Cycle Time}}$
= $\frac{8364,5}{2} = 4182,25 \text{ pieces}$
 - Performance Rate* = $\frac{\text{output x ideal cycle time}}{\text{operation time}} \times 100\%$
= $\frac{888 \times 2}{864,5} \times 100\% = 92,89\%$

5. Perhitungan *Performance Rate* bulan September :
- Perhitungan ideal *cycle time*
1 produk terdapat 4 proses
1 proses = 0,5 menit (sumber data lapangan)
4 proses = 4 x 0,5 = 2 menit
Jadi, untuk kecepatan produksi mesin cnc milling 3 axis adalah :
Jumlah produk yang dihasilkan = $\frac{60 \text{ menit}}{2 \text{ menit/produk}} = 30 \text{ produk}$
Maka dari hasil perhitungan ideal *cycle time* yang di dapat per jam adalah 30 produk.
 - Actual *cycle time* = $\frac{\text{Operating Time}}{\text{Output Proses}}$
= $\frac{9133,5}{3927} = 2,32 \text{ menit/pieces}$
 - Jumlah Target = $\frac{\text{Operating Time}}{\text{Ideal Cycle Time}}$
= $\frac{9133,5}{2} = 4566,75 \text{ pieces}$
 - Performance Rate* = $\frac{\text{output x ideal cycle time}}{\text{operation time}} \times 100\%$
= $\frac{2927 \times 2}{9133,5} \times 100\% = 85,99\%$

6. Perhitungan *Performance Rate* bulan Oktober :
- Perhitungan ideal *cycle time*
1 produk terdapat 4 proses
1 proses = 0,5 menit (sumber data lapangan)
4 proses = 4 x 0,5 = 2 menit
Jadi, untuk kecepatan produksi mesin cnc milling 3 axis adalah :
Jumlah produk yang dihasilkan = $\frac{60 \text{ menit}}{2 \text{ menit/produk}} = 30 \text{ produk}$
Maka dari hasil perhitungan ideal *cycle time* yang di dapat per jam adalah 30 produk.
 - Actual *cycle time* = $\frac{\text{Operating Time}}{\text{Output Proses}}$
= $\frac{8602}{3865} = 2,21 \text{ menit/pieces}$
 - Jumlah Target = $\frac{\text{Operating Time}}{\text{Ideal Cycle Time}}$
= $\frac{8602}{2} = 4301 \text{ pieces}$
 - Performance Rate* = $\frac{\text{output x ideal cycle time}}{\text{operation time}} \times 100\%$
= $\frac{1885 \times 2}{8602} \times 100\% = 90,32\%$

produk telah memenuhi kriteria penerimaan. Dengan memperoleh nilai hasil kualitas, kualitas produk dapat diklasifikasikan sebagai sangat baik atau rusak, dengan kualitas ideal 99%.

Tabel 9 Data Hasil Perhitungan *Quality Rate* Mesin CNC Milling 3 Axis

Bulan	Total Produk (piece)	Produk Cacat (piece)	Produk Baik (piece)	Quality Rate (%)
Mei 2023	181	61	120	66,3
Juni 2023	5819	187	5632	97,27
Juli 2023	1905	120	1785	93,7
Agustus 2023	1885	61	1824	96,81
September 2023	1927	42	1885	98,31
Oktober 2023	1885	84	1801	95,8

(Sumber: Data Hasil Penelitian)

Setelah dilakukan penelitian, nilai tertinggi dan nilai terendah *quality rate* mesin cnc milling 3 axis terdapat pada bulan September dan Juli. Dari hasil input penelitian pada bulan Mei dan September menghasilkan data harian *quality rate* mesin cnc milling 3 axis yang dapat dilihat pada lampiran 17 dan 18. Target produk yang diberikan perusahaan adalah sebesar 98%. Sedangkan standar *quality rate* secara international adalah 99,9%. September memiliki *quality rate* terbaik, dengan peringkat 98,93%. Selama bulan itu, sebagian besar barang yang diproduksi melewati pemeriksaan kualitas. PT X telah lolos *quality control* tetapi tidak memenuhi target perusahaan. Nilai terendah pada bulan Juli dengan persentase kualitas sebesar 96,77%.

3.2.3 Rate Of Quality

Quality rate adalah nilai yang menggambarkan

1. Perhitungan *Quality Rate* bulan Mei :

$$\begin{aligned} \text{Quality rate} &= \frac{\text{output} - \text{reject}}{\text{output}} \times 100\% \\ &= \frac{3801 - 105}{3801} \times 100\% = 98,34\% \end{aligned}$$

2. Perhitungan *Quality Rate* bulan Juni :

$$\begin{aligned} \text{Quality rate} &= \frac{\text{output} - \text{reject}}{\text{output}} \times 100\% \\ &= \frac{3859 - 105}{3859} \times 100\% = 97,27\% \end{aligned}$$

3. Perhitungan *Quality Rate* bulan Juli :

$$\begin{aligned} \text{Quality rate} &= \frac{\text{output} - \text{reject}}{\text{output}} \times 100\% \\ &= \frac{3906 - 126}{3906} \times 100\% = 96,77\% \end{aligned}$$

4. Perhitungan *Quality Rate* bulan Agustus :

$$\begin{aligned} \text{Quality rate} &= \frac{\text{output} - \text{reject}}{\text{output}} \times 100\% \\ &= \frac{3885 - 63}{3885} \times 100\% = 98,37\% \end{aligned}$$

5. Perhitungan *Quality Rate* bulan September :

$$\begin{aligned} \text{Quality rate} &= \frac{\text{output} - \text{reject}}{\text{output}} \times 100\% \\ &= \frac{3927 - 42}{3927} \times 100\% = 98,93\% \end{aligned}$$

6. Perhitungan *Quality Rate* bulan Oktober :

$$\begin{aligned} \text{Quality rate} &= \frac{\text{output} - \text{reject}}{\text{output}} \times 100\% \\ &= \frac{3885 - 84}{3885} \times 100\% = 97,83\% \end{aligned}$$

3.2.4 Overall Equipment Effectiveness

Perhitungan OEE dilakukan setelah memperoleh nilai availability, performance rate dan quality rate. OEE adalah keseluruhan efektivitas peralatan dalam hal kinerja dan ketergantungan. OEE dihitung dengan membagi enam kerugian signifikan menjadi tiga kategori: ketersediaan, kinerja, dan kualitas.

Tabel 10 Data Hasil Perhitungan OEE Mesin CNC Milling 3 Axis

Bulan	Performance Rate	Quality Rate	Availability	OEE (%)
Mei 2023	0,97	0,98	0,97	87,45
Juni 2023	0,89	0,97	0,96	82,87
Juli 2023	0,89	0,96	0,96	82,07
Agustus 2023	0,92	0,98	0,96	86,55
September 2023	0,85	0,94	0,97	80,80
Oktober 2023	0,90	0,97	0,97	84,68

(Sumber: Data Hasil Penelitian)

Setelah dilakukan penelitian, nilai tertinggi dan nilai terendah OEE mesin cnc milling 3 axis terdapat pada bulan Mei dan September. Dari hasil input penelitian pada bulan Mei dan September menghasilkan data harian OEE mesin cnc milling 3 axis yang dapat dilihat pada lampiran 19 dan 20.

OEE mempertimbangkan waktu, kualitas, dan kinerja produksi. OEE digunakan untuk menentukan efisiensi mesin atau alur produksi. Berdasarkan tabel diatas, nilai OEE yang tertinggi adalah bulan Mei dengan nilai 87,45%. Standar nilai JPM (Japan Institute Of Plant Maintenance) Overall Equipment Effectiveness (OEE) yaitu sebesar 85%, maka pada bulan Mei memenuhi standar. Tetapi nilai OEE terendah yang terjadi pada bulan Juni, Juli, September dan Oktober tidak memenuhi standar 85% Japan Institut Of Plant Maintenance. Dari situ terlihat bahwa efektivitas dari mesin CNC Milling 3 Axis secara keseluruhan masih memerlukan evaluasi untuk dilakukan perbaikan dalam Upayameningkatkan efektivitas mesin.

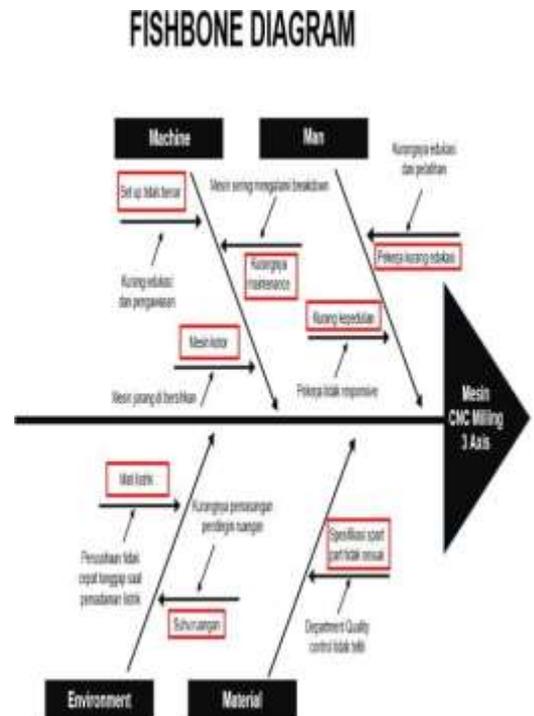
1. Perhitungan Overall Equipment Effectiveness bulan Mei :
 $OEE = Availability \times Performance \times Quality Rate \times 100\%$
 $= 0,97 \times 0,92 \times 0,98 \times 100\%$
 $= 87,45\%$
2. Perhitungan Overall Equipment Effectiveness bulan Juni :
 $OEE = Availability \times Performance \times Quality Rate \times 100\%$
 $= 0,96 \times 0,89 \times 0,97 \times 100\%$
 $= 82,87\%$
3. Perhitungan Overall Equipment Effectiveness bulan Juli :
 $OEE = Availability \times Performance \times Quality Rate \times 100\%$
 $= 0,96 \times 0,89 \times 0,98 \times 100\%$
 $= 82,02\%$
4. Perhitungan Overall Equipment Effectiveness bulan Agustus :
 $OEE = Availability \times Performance \times Quality Rate \times 100\%$
 $= 0,96 \times 0,92 \times 0,98 \times 100\%$
 $= 86,55\%$
5. Perhitungan Overall Equipment Effectiveness bulan September :
 $OEE = Availability \times Performance \times Quality Rate \times 100\%$
 $= 0,97 \times 0,85 \times 0,98 \times 100\%$
 $= 80,80\%$
6. Perhitungan Overall Equipment Effectiveness bulan Oktober :
 $OEE = Availability \times Performance \times Quality Rate \times 100\%$
 $= 0,97 \times 0,90 \times 0,97 \times 100\%$
 $= 84,68\%$

3.3 Diagram Fishbone

Fishbone Diagram (diagram tulang ikan) ini juga dikenal sebagai Cause and Effect Diagram (diagram sebab akibat), dikatakan fishbone diagram karena bentuknya menyerupai kerangka tulang ikan. Ada juga yang menyebutkan Cause and Effect Diagram ini sebagai Ishikawa diagram karena yang pertama memperkenalkan Cause and Effect Chart ini adalah Prof. Kaoru Ishikawa dari Universitas Tokyo di tahun 1953. (Kho,Budi. 2016).

Hasil dari six big losses menunjukkan bahwa penyebab rendahnya nilai OEE adalah reduced speed losses dan yield losses, sehingga digunakan diagram tulang ikan untuk menentukan akar penyebabnya. Man, Material, Machine, dan Environment adalah faktor penyebab kerugian yang akan dianalisis. Diagram tulang ikan yang menghasilkan tingkat OEE

yang rendah dapat dilihat di bawah ini.



Gambar 3. Fishbone Diagram

(Sumber : Data Hasil Penelitian)

Berikut uraian sebab akibat berdasarkan diagram tulang ikan di atas

beserta usulan perbaikannya:

1. Man

a. Kurang peduli

Pekerja kurang kepedulian dalam memelihara dan membersihkan mesin sehingga mesin mengalami gangguan seperti terhenti secara mendadak (breakdown). Jadi usulan perbaikan terkait masalah ini adalah memberikan arahan dan mengawasi pekerjaan karyawan, karena jumlah produksi dan kecepatan produksi bergantung pada mesin.

b. Pekerja kurang edukasi

Seringkali, masalah mesin tidak dapat ditangani secara memadai karena kurangnya

pemahaman operator tentang pengoperasian mesin CNC Milling 3 Axis. Jadi usulan perbaikan terkait masalah ini adalah perlu adanya edukasi atau sosialisasi yang lebih banyak lagi terkait penanganan dan pemeliharaan mesin tersebut, dan memberikan pelatihan dasar tentang Mesin CNC Milling 3 Axis kepada operator atau mekanik, agar dapat melakukan pencegahan dini sehingga tidak terjadi kerusakan yang lebih fatal lagi.

2. Material

a. Spesifikasi spare part tidak sesuai Bagian divisi quality control seharusnya menyesuaikan suku cadang yang masuk dengan kriteria perusahaan. Kemungkinan adanya kesalahan dalam pemeriksaan atau penggantian komponen suku cadang selama kegiatan ini. Jadi usulan perbaikan terkait masalah ini adalah divisi quality control perlu lebih teliti dalam menyesuaikan suku cadang yang dibeli dengan spesifikasi perusahaan.

1. Machine

a. Kurangnya maintenance Mesin sering rusak karena kurangnya perawatan. Selain itu, mesin seringkali tetap bekerja meskipun operator mengetahui bahwa mesin telah rusak, namun selama mesin tidak membahayakan operator, mesin masih aman untuk digunakan. Jadi usulan perbaikan terkait masalah ini adalah

pada metode yang diterapkan oleh bagian maintenance perlu ditingkatkan lagi misalnya dengan predictive maintenance, dan melakukan penjadwalan penggantian komponen tidak hanya pada saat komponen mesin rusak saja.

b. Mesin kotor

Kotoran pada mesin dapat menyebabkan kinerja mesin memburuk, keausan mesin, dan ketidakstabilan mesin. Perusahaan tidak memberikan alat atau perlengkapan kebersihan, misalnya tidak ada persediaan untuk komponen mesin pembersih menjadi salah satu penyebabnya. Jadi usulan perbaikan terkait masalah ini adalah perusahaan sebaiknya melengkapi alat pembersihan mesin seperti vacuum.

c. Setup tidak benar

Setup pada mesin yang tidak dilakukan dengan benar, hal ini dapat menyebabkan tidak mendapat hasil produksi yang baik. Jadi usulan perbaikan terkait masalah ini adalah perusahaan perlu mengawasi dan memberikan pelatihan/edukasi yang lebih mengenai setup dan maintenance mesin kepada operator.

4. Environment

a. Suhu Ruang

Suhu ruangan di perusahaan yang pengap akan membuat operator kurang nyaman dalam bekerja, juga dapat

menimbulkan lembab pada mesin. Jadi usulan perbaikan terkait masalah ini adalah perusahaan sebaiknya memberikan ataupun meningkatkan pemasangan pendingin ruangan di setiap line.

b. Mati Listrik

Pemadaman listrik dapat berdampak pada proses manufaktur karena membutuhkan waktu untuk beralih ke genset dan dapat membahayakan mesin jika tiba-tiba berhenti selama proses produksi. Jadi usulan perbaikan terkait masalah ini adalah perusahaan sebaiknya lebih cepat tanggap dalam pemadaman listrik untuk menghindari kerusakan mesin tersebut.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Kecepatan produksi (kinerja) Mesin CNC Milling 3 Axis tertinggi terjadi pada bulan Agustus, dengan tingkat kinerja sebesar 92,89% dan angka terendah terjadi pada bulan September dengan tingkat kinerja sebesar 85,99%.
2. Efektivitas Mesin CNC Milling 3 Axis tertinggi tercatat pada bulan Mei dengan nilai 87,45%. Nilai standar Overall Equipment Effectiveness (OEE) JIPM adalah 85%, sehingga pada bulan Mei memenuhi kriteria. Tetapi nilai OEE terendah yang terjadi pada bulan Juni, Juli, September dan Oktober tidak memenuhi standar 85% JIPM. Dari situ terlihat bahwa

efektivitas dari mesin CNC Milling 3 Axis secara keseluruhan masih memerlukan evaluasi untuk dilakukan perbaikan dalam upaya meningkatkan efektivitas mesin.

3. Berdasarkan six big losses pada mesin CNC Milling 3 Axis losses terbesar adalah reduced speed losses dengan nilai 36,76% dan yield losses dengan nilai 24,77%.

DAFTAR PUSTAKA

- Fauzan, A., Soegiharto, H., Prasetyawan, A. T., & Zain, A. I.(2019). Perancangan Mesin Plotter Batik Berbasis Computer Numerical Control (Cnc). Seminar Nasional Teknologi Dan Rekayasa (SENTRA), 139–151.
- Chuluk, M. C. (2021). Analisis Pengukuran Efektivitas Mesin dengan penerapan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) Pada Mesin Shrink label (Studi Kasus Perusahaan Minuman di Jemundo, Sidoarjo (Doctoral dissertation, Univesitas 17 Agustus 1945 Surabaya).
- Kho, Budi. 2016. Pengertian Cause and Effect Diagram(Fishbone Diagram).Di.<https://ilmumanajemenindus tri.com/pengertian-cause effect diagram fishbone-diagram cara-membuat-ce/>