

# ANALISIS DAMPAK PEMASANGAN ZERO POINT CLAMPING SYSTEM TERHADAP EFEKTIVITAS MESIN CNC MILLING 5 AXIS DENGAN METODE OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS

Muhammad Aiman Antari<sup>1</sup>, Ignatius Aris Hendaryanto<sup>2</sup>,  
Handoko<sup>3</sup>, Agustinus Winarno<sup>4</sup>

Departemen Teknik Mesin, Universitas Gadjah Mada  
Bulaksumur, Caturtunggal, Kec. Depok, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55821  
Email korespondensi: aris.hendaryanto@ugm.ac.id

## Abstrak

Sektor industri manufaktur di Indonesia mengalami perkembangan pesat, memberikan kontribusi signifikan terhadap PDB nasional. Teknologi mesin CNC milling 5 axis, yang menawarkan akurasi dan efisiensi tinggi, semakin banyak digunakan dalam berbagai industri. Namun, kendala dalam proses clamping sering menghambat kinerja optimal mesin ini. Penelitian ini menganalisis dampak penerapan Zero Point Clamping System terhadap efektivitas mesin CNC milling 5 axis dengan menggunakan metode Overall Equipment Effectiveness (OEE). Hasil penelitian menunjukkan peningkatan signifikan pada nilai Availability yang meningkat sebesar 10,7% dari 80,3% menjadi 91% dan Performance Rate sebesar 2,9% dari 93,4% menjadi 96,3%, sementara nilai Quality Ratio tidak berubah. Peningkatan ini mengakibatkan nilai OEE meningkat dari 75% menjadi 87,5%, menunjukkan peningkatan efektivitas sebesar 12,5%. Penerapan Zero Point Clamping System secara signifikan mengurangi waktu Setup and Adjustment dari 13,8% menjadi 4,7% dan waktu Idling and Minor Stoppage dari 5,9% menjadi 4,4%. Serta mengurangi Reduce Speed Losses dari 5,25% menjadi 3,5%. Hasil ini membuktikan bahwa penerapan Zero Point Clamping System dapat meningkatkan efektivitas mesin CNC milling 5 axis dengan cara mengurangi downtime dan meningkatkan kecepatan mesin sehingga terjadi peningkatan nilai ketersediaan dan meningkatkan performa produktivitas mesin tersebut. Dengan demikian, inovasi ini memberikan kontribusi nyata dalam meningkatkan efisiensi operasional dan daya saing industri manufaktur Indonesia.

**Kata kunci:** CNC milling 5 axis, Efektivitas, Overall Equipment Effectiveness, Zero Point Clamping System

## Abstract

The manufacturing industry sector in Indonesia is experiencing rapid development, significantly contributing to the national GDP. CNC milling 5-axis technology, offering high accuracy and efficiency, is increasingly being used across various industries. However, clamping process issues often hinder the optimal performance of these machines. This study analyzes the impact of implementing the Zero Point Clamping System on the effectiveness of CNC milling 5-axis machines using the Overall Equipment Effectiveness (OEE) method. The study results show a significant increase in the Availability value, which rose by 10.7% from 80.3% to 91%, and the Performance Rate, which increased by 2.9% from 93.4% to 96.3%, while the Quality Ratio remained unchanged. This improvement led to the OEE value increasing from 75% to 87.5%, indicating a 12.5% increase in effectiveness. The implementation of the Zero Point Clamping System significantly reduced Setup and Adjustment time from 13.8% to 4.7% and Idling and Minor Stoppage time from 5.9% to 4.4%, as well as reducing Reduced Speed Losses from 5.25% to 3.5%. These results demonstrate that the application of the Zero Point Clamping System can enhance the effectiveness of CNC milling 5-axis machines by reducing downtime and increasing machine speed, resulting in higher availability and improved machine performance. Consequently, this innovation makes a tangible contribution to improving operational efficiency and the competitiveness of Indonesia's manufacturing industry.

**Keywords:** CNC milling 5 axis, Effectiveness, Overall Equipment Effectiveness, Zero Point Clamping System

## 1. Pendahuluan

Sektor industri manufaktur di Indonesia saat ini mengalami perkembangan pesat. Peran industri manufaktur sangat krusial dalam pembangunan ekonomi nasional karena kontribusinya yang signifikan terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) dan kemampuannya dalam meningkatkan nilai tambah yang tinggi [2]. Kemajuan teknologi, terutama dalam bidang komputer, telah membawa dampak besar pada

berbagai sektor, termasuk industri manufaktur. Salah satu inovasi penting dalam industri ini adalah penggabungan teknologi komputer dengan mekanik, yang menghasilkan mesin CNC (*Computer Numerical Control*). Mesin CNC mampu memproduksi berbagai komponen kompleks dengan tingkat akurasi dan konsistensi yang tinggi, sehingga sangat berharga dalam industri seperti manufaktur, kedirgantaraan, otomotif, dan perangkat medis [9]. Mesin CNC *milling*

5 axis dapat bergerak dalam lima sumbu berbeda, menawarkan keunggulan seperti keakuratan tinggi, waktu pengerjaan lebih singkat, serta kemampuan menghasilkan produk massal [3].

Permasalahan yang sering muncul dalam produksi menggunakan mesin CNC *milling 5 axis* adalah kendala dalam proses *clamping*, yang membutuhkan bantuan beberapa operator dan memakan waktu. Proses pemasangan benda kerja secara manual sering kali mengalami kendala, seperti terbatasnya *clamping tool*. Untuk mengatasi masalah ini, telah banyak penelitian yang berfokus pada peningkatan sistem *clamping* untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas dalam proses pemesinan.

Priambodo dan Endriyanto (2023) mengembangkan *Quick Clamping System* untuk mesin CNC *milling double column*, yang berhasil meningkatkan efisiensi, mengurangi waktu pemasangan, dan meningkatkan output produksi [7]. Nugraha et al. (2023) mengembangkan tiga metode pengekaman *Quick Release* pada mesin EXCETEK WIRE CUT V350 yang mempercepat proses *setting* benda kerja dan menawarkan fleksibilitas yang tinggi [5]. Agus (2023) merancang *Jig* dan *Fixture* untuk proses pemesinan CNC *milling* di industri plastik, yang berhasil mengatasi masalah inefisiensi waktu *setup* mesin [1].

Meskipun berbagai solusi telah diusulkan untuk meningkatkan efisiensi proses *clamping*, penerapan *Zero Point Clamping System* pada mesin CNC *milling 5 axis* masih jarang dieksplorasi. *Zero Point Clamping System* adalah mekanisme inovatif yang digunakan untuk menjepit benda kerja dan *fixture* dengan aman, yang bertujuan untuk mengurangi *downtime* mesin, meningkatkan stabilitas pengekaman, dan mengoptimalkan efisiensi operasional. Artikel ini menghadirkan studi baru tentang penerapan *Zero Point Clamping System* pada mesin CNC *milling 5 axis*, yang diharapkan dapat memberikan solusi efektif untuk mengatasi kendala dalam proses produksi, khususnya dalam hal waktu yang dibutuhkan untuk proses *clamping*.

Permasalahan utama yang diangkat dalam penelitian ini adalah apakah penerapan *Zero Point Clamping System* pada mesin CNC *milling 5 axis* dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi proses produksi. Hipotesis yang diajukan adalah bahwa penerapan sistem ini akan mengurangi *downtime* mesin, meningkatkan stabilitas pengekaman, dan mengoptimalkan produktivitas operasional.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menganalisis dampak penerapan *Zero Point Clamping System* terhadap efektivitas dan efisiensi proses produksi pada mesin CNC *milling 5 axis*. Metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) akan digunakan untuk mengukur kinerja mesin CNC *milling 5 axis* setelah penerapan sistem ini, dengan fokus pada ketersediaan, kualitas, dan produktivitas. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan

kontribusi nyata bagi perusahaan dalam mengoptimalkan operasional mesin CNC *milling 5 axis*.

## 2. Metode

Data yang dikumpulkan pada penelitian ini adalah data produksi harian, data *planned time*, data *downtime*, dan data *cycle time* dari mesin CNC *milling 5 axis*. Data yang dikumpulkan terbagi menjadi dua periode, yaitu data sebelum dan setelah pemasangan *Zero Point Clamping System*. Data sebelum pemasangan *Zero Point Clamping System* yang digunakan adalah data pada periode 5 Januari 2024 hingga 2 Februari 2024. Sedangkan data setelah pemasangan *Zero Point Clamping System* yang digunakan adalah data pada periode 1 Maret 2024 hingga 3 April 2024. Data *planned time* merupakan data waktu yang telah ditentukan untuk pelaksanaan produksi, data *downtime* merupakan data waktu mesin berhenti beroperasi, data *cycle time* merupakan data waktu siklus mesin dalam menghasilkan suatu barang, *cycle time* terbagi menjadi dua yaitu *ideal cycle time* dan *actual cycle time*. *Ideal cycle time* merupakan Waktu siklus tercepat yang dapat dicapai oleh mesin dalam kondisi optimal. *Actual cycle time* merupakan Waktu siklus aktual mesin beroperasi yang diperoleh dari pembagian *operating time* dengan *processed amount*.

Data yang diambil merupakan data dari mesin CNC *milling 5 axis* DMU EVO-1 sebelum dan setelah pemasangan *Zero Point Clamping System*, yaitu pada periode 5 Januari 2024 – 2 Februari 2024 untuk sebelum pemasangan, dan periode 5 Maret 2024 – 3 April 2024 untuk setelah pemasangan. Pengolahan data akan dilakukan dengan menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dan pengukuran *Six Big Losses* pada mesin CNC *milling 5 axis*. Metode OEE digunakan untuk mengukur tingkat efektivitas mesin, sementara metode *Six Big Losses* digunakan untuk mencari faktor utama penyebab tidak efektifnya mesin tersebut.

*Overall Equipment Effectiveness* (OEE) merupakan metode pengukuran efektivitas yang dapat digunakan untuk mengukur efektivitas mesin yang didasarkan pada pengukuran tiga aspek utama, yaitu ketersediaan (*availability*), tingkat performa (*performance rate*), dan tingkat kualitas (*quality ratio*) [10]. Perhitungan untuk ketiga aspek tersebut adalah sebagai berikut:

*Availability* merupakan rasio yang menggambarkan pemanfaatan waktu yang tersedia untuk kegiatan operasi mesin atau peralatan.

$$Availability (\%) = \frac{PT-DT}{PT} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

*Planned time* (PT) : Waktu yang telah ditentukan untuk pelaksanaan produksi.

*Downtime (DT)* : Waktu mesin berhenti beroperasi.

*Performance rate* merupakan suatu rasio yang menunjukkan kemampuan dari peralatan untuk menghasilkan produk dalam proses produksi.

$$Performance (\%) = \frac{PA \times ICT}{OT} \times 100\% \quad (2)$$

$$OT = PT - DT \quad (3)$$

Keterangan:

*Processed Amount (PA)* : Jumlah seluruh barang yang di produksi.

*Ideal Cycle Time (ICT)* : Waktu siklus tercepat yang dapat dicapai oleh mesin dalam kondisi optimal.

*Operating time (OT)* : Total waktu bersih mesin beroperasi.

*Quality Ratio* merupakan rasio yang menunjukkan kemampuan peralatan yang digunakan dalam memproduksi hasil proses yang sesuai dengan standar.

$$Quality Ratio(\%) = \frac{PA-DA}{PA} \times 100\% \quad (4)$$

Keterangan

*Defect Amount (DA)* : Jumlah barang cacat yang dihasilkan selama proses produksi.

Nilai OEE dapat diperoleh dengan cara mengalikan ketiga aspek utama tersebut, secara matematis formula untuk mendapatkan nilai OEE adalah:

$$OEE (\%) = Availability (\%) \times Performance (\%) \times Quality(\%) \quad (5)$$

Analisis *Six Big Losses* berfungsi untuk mengidentifikasi faktor-faktor utama penyebab kerusakan atau tidak efektifnya mesin. Dengan analisis *six big losses*, dapat ditemukan penyebab kerusakan yang paling sering terjadi sehingga dapat dilakukan evaluasi dan perbaikan [4]. Enam faktor dalam *six big losses* dikelompokkan menjadi tiga komponen utama: *downtime losses*, *speed losses*, dan *quality losses*.

*Downtime losses* terjadi ketika mesin berhenti total dan tidak menghasilkan produk. *Downtime losses* terdiri dari *breakdown losses* dan *set up and adjustment losses*. *Breakdown losses* adalah kerugian akibat kerusakan peralatan yang memerlukan perbaikan atau penggantian, sementara *set up and adjustment losses* terjadi karena perubahan kondisi operasi, seperti dimulainya produksi, pergantian *shift*, perubahan produk, atau kondisi operasi lainnya.

$$Breakdown Losses = \frac{Total Breakdown}{PT} \times 100\% \quad (6)$$

$$Setup Losses = \frac{Setup Time}{PT} \times 100\% \quad (7)$$

*Speed losses* terjadi ketika mesin tetap beroperasi tetapi kecepatan produksinya berkurang karena gangguan. *Speed losses* mencakup *idling and minor stoppages losses* dan *reduce speed losses*. *Idling and minor stoppages losses* adalah kerugian akibat peralatan berhenti sementara karena masalah seperti mesin terputus-putus, macet, atau mengganggu, sedangkan *reduce speed losses* terjadi karena penurunan kecepatan produksi dari kecepatan ideal produksi.

$$Reduce Speed = \frac{(ACT - ICT) \times PA}{PT} \times 100\% \quad (8)$$

$$Idling Minor Stoppage = \frac{Idling Time}{PT} \times 100\% \quad (9)$$

Keterangan

*Actual Cycle Time (ACT)*: Waktu siklus aktual mesin beroperasi yang diperoleh dari pembagian *operating time* dengan *processed amount*.

*Quality losses* terjadi ketika mesin menghasilkan produk cacat akibat kesalahan mesin. *Quality losses* mencakup *quality defect* dan *yield losses*. *Quality defect* adalah kerugian karena produk cacat selama produksi, sedangkan *yield losses* terjadi karena bahan baku terbuang.

$$Quality Defect = \frac{ICT \times DA}{PT} \times 100\% \quad (10)$$

$$Yield Losses = \frac{ICT \times Scrap}{PT} \times 100\% \quad (11)$$

Data yang diperoleh akan diolah untuk melakukan pengukuran nilai efektivitas mesin *Milling 5 Axis* dengan tahapan analisis sebagai berikut:

1. Pengukuran *Availability*, *Performance Rate*, dan *Quality Ratio* mesin *milling 5 axis* sebelum dan setelah pemasangan *Zero Point Clamping System*
2. Perhitungan Nilai OEE mesin *CNC milling 5 axis* sebelum dan setelah pemasangan *Zero Point Clamping System*
3. Melakukan perbandingan nilai *Availability*, *Performance Rate*, *Quality Ratio* dan OEE mesin *CNC milling 5 axis* sebelum dan setelah pemasangan *Zero Point Clamping System*.
4. Perhitungan *Six Big Losses* untuk mengetahui faktor penyebab rendahnya efektivitas mesin *CNC milling 5 axis*.
5. Membuat kesimpulan yang didapatkan dari perbandingan yang telah diteliti.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Data yang digunakan untuk menghitung nilai Overall Equipment Effectiveness sebelum dan setelah pemasangan Zero Point Clamping System terdiri dari data planned time, downtime, operating time, processed amount, defect amount dan cycle time dari mesin CNC milling 5 axis yang diteliti. Data sebelum pemasangan Zero Point Clamping System diambil dari data dan catatan operator pada periode 5 Januari 2024 hingga 3 Februari 2024. Sedangkan data setelah pemasangan Zero Point Clamping System diambil dari data dan catatan operator pada periode 1 Maret 2024 hingga 2 April 2024. Hasil keseluruhan data yang diperoleh selama periode tersebut akan ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Total Data Sebelum dan Setelah Pemasangan

Data	Sebelum Pemasangan	Setelah Pemasangan
<i>Planned Time</i> (Menit)	24000	24000
<i>Downtime</i> (Menit)	4725	2185
<i>Operating Time</i> (Menit)	19275	21815
<i>Processed Amount</i>	600	700
<i>Defect Amount</i>	0	0
<i>Ideal Cycle Time</i> (Menit/Barang)	30	30

Data diatas merupakan total data mesin CNC milling 5 axis sebelum dan setelah pemasangan Zero Point Clamping System. Data keseluruhan planned time, downtime, operating time, processed amount, defect amount dan cycle time mesin CNC milling 5 axis sebelum dan setelah pemasangan Zero Point Clamping System.

*Availability* merupakan rasio yang menggambarkan pemanfaatan waktu yang tersedia untuk kegiatan operasi mesin atau peralatan.

1. *Availability* Sebelum Pemasangan Zero Point Clamping System

$$\begin{aligned}
 \text{Availability (\%)} &= \frac{PT - DT}{PT} \times 100\% \\
 &= \frac{24000 - 4725}{24000} \times 100\% = 80.3\%
 \end{aligned}$$

2. *Availability* Setelah Pemasangan Zero Point Clamping System

$$\text{Availability (\%)} = \frac{PT - DT}{PT} \times 100\%$$

$$\frac{24000 - 2185}{24000} \times 100\% = 91\%$$

*Performance rate* merupakan suatu rasio yang menunjukkan kemampuan dari peralatan untuk menghasilkan produk dalam proses produksi.

1. *Performance Rate* Sebelum Pemasangan Zero Point Clamping System

$$\begin{aligned}
 \text{Performance (\%)} &= \frac{PA \times ICT}{OT} \times 100\% \\
 &= \frac{600 \times 30}{19275} \times 100\% = 93.4\%
 \end{aligned}$$

2. *Performance Rate* Setelah Pemasangan Zero Point Clamping System

$$\begin{aligned}
 \text{Performance (\%)} &= \frac{PA \times ICT}{OT} \times 100\% \\
 &= \frac{700 \times 30}{21815} \times 100\% = 96.2\%
 \end{aligned}$$

*Quality ratio* merupakan rasio yang menunjukkan kemampuan peralatan yang digunakan dalam memproduksi hasil proses yang sesuai dengan standar. Nilai *Quality Ratio* dapat dihitung dengan membandingkan jumlah produk baik dengan jumlah total produksi mesin.

1. *Quality Ratio* Sebelum Pemasangan Zero Point Clamping System

$$\begin{aligned}
 \text{Quality Ratio (\%)} &= \frac{PA - DA}{PA} \times 100\% \\
 &= \frac{600 - 0}{600} \times 100\% = 100\%
 \end{aligned}$$

2. *Quality Ratio* Setelah Pemasangan Zero Point Clamping System

$$\begin{aligned}
 \text{Quality Ratio (\%)} &= \frac{PA - DA}{PA} \times 100\% \\
 &= \frac{700 - 0}{700} \times 100\% = 100\%
 \end{aligned}$$

Perhitungan nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) sebelum dan setelah pemasangan Zero Point Clamping System perlu dilakukan untuk melihat dampak yang diberikan dari sistem baru tersebut.

1. *Overall Equipment Effectiveness* sebelum pemasangan Zero Point Clamping System

$$OEE (\%) = Availability (\%) \times Performance (\%) \times Quality(\%)$$

$$OEE (\%) = 80.3\% \times 93.4\% \times 100\% = 75\%$$

2. Overall Equipment Effectiveness setelah pemasangan Zero Point Clamping System

$$OEE (\%) = Availability (\%) \times Performance (\%) \times Quality(\%)$$

$$OEE (\%) = 91\% \times 96.2\% \times 100\% = 87.5\%$$

Overall Equipment Effectiveness Bersama ketiga aspek yang mempengaruhinya memiliki tingkat standar dunia yang berbeda beda [8]. Tabel 2 berikut menunjukkan standar kelas dunia dari OEE [7].

Tabel 2. Standar Kelas Dunia OEE (Patel dan Thakka, 2014)

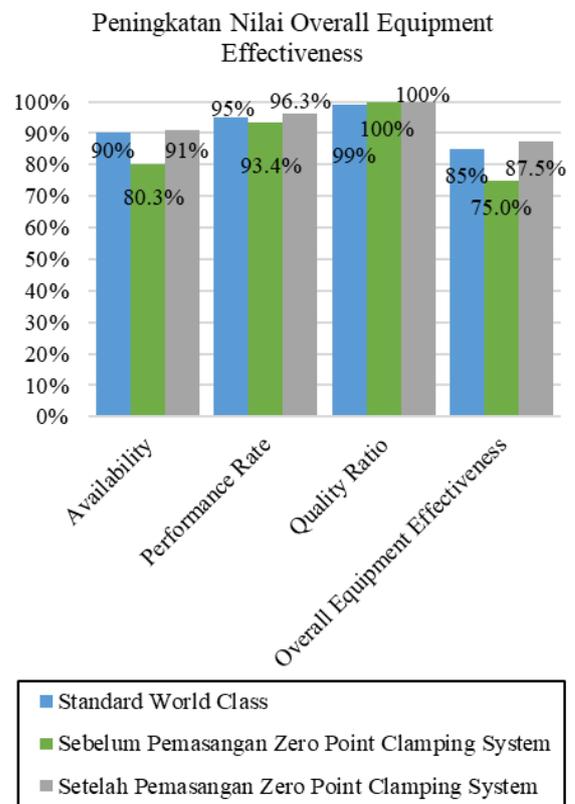
OEE Factor	World Class OEE Standard
Availability	90%
Performance Rate	95%
Quality Ratio	99%
OEE	85%

Hasil perhitungan nilai Overall Equipment Effectiveness yang sudah ditemukan akan dianalisis dengan cara membandingkan nilai dari semua aspek sebelum dan setelah pemasangan Zero Point Clamping System. Sebelum pemasangan, nilai availability dari mesin CNC milling 5 axis adalah 80,3%, yang belum memenuhi Standard World Class 90%. Hal ini menunjukkan bahwa mesin CNC milling 5 axis membutuhkan upaya peningkatan tingkat ketersediaan mesin. Salah satu upaya yang diambil adalah pemasangan Zero Point Clamping System, yang berhasil meningkatkan nilai availability secara signifikan sebesar 10,7%, dari yang sebelumnya 80,3% menjadi 91%, membuat nilai availability berada di atas Standard World Class. Peningkatan ini disebabkan oleh berkurangnya waktu downtime mesin sehingga waktu operating time mesin berjalan lebih lama.

Nilai performance rate sebelum pemasangan adalah 93,4%, yang masih berada di bawah Standard World Class 95%, menunjukkan bahwa mesin CNC milling 5 axis memerlukan peningkatan performa mesin. Dengan pemasangan Zero Point Clamping System, nilai performance rate meningkat sebesar 2,9%, dari 93,4% menjadi 96,3%. Peningkatan ini disebabkan oleh penurunan waktu downtime mesin yang membuat mesin tersebut lebih banyak beroperasi dan memproduksi barang lebih banyak.

Nilai quality ratio sebelum dan setelah pemasangan sudah berada di atas Standard World Class 99%, sehingga tidak mengalami perubahan. Hal ini menunjukkan bahwa mesin CNC milling 5 axis sudah memiliki kualitas yang tinggi dan pemasangan Zero Point Clamping System tidak berdampak pada perubahan nilai quality ratio.

Nilai OEE sebelum pemasangan adalah 75%, yang masih berada di bawah Standard World Class 85%. Penyebab utama rendahnya nilai OEE ini adalah nilai availability dan performance rate yang belum mencapai Standard World Class. Setelah pemasangan Zero Point Clamping System, nilai OEE meningkat sebesar 12,5%, dari 75% menjadi 87,5%. Peningkatan seluruh aspek nilai Overall Equipment Effectiveness akan diperjelas pada Gambar 1.



Gambar 1. Peningkatan Nilai Overall Equipment Effectiveness

Berdasarkan hasil yang diperlihatkan oleh Gambar 1, dapat disimpulkan bahwa pemasangan Zero Point Clamping System pada mesin CNC milling 5 axis memberikan dampak yang signifikan dalam meningkatkan efektivitas mesin. Pemasangan Zero Point Clamping System berhasil meningkatkan hampir semua aspek yang diukur dalam analisis efektivitas mesin CNC milling 5 axis. Peningkatan yang dihasilkan dari pemasangan Zero Point Clamping System akan diperlihatkan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Jumlah Peningkatan Nilai *Overall Equipment Effectiveness*

Pengukuran Nilai	Sebelum Pemasangan	Setelah Pemasangan	Peningkatan
<i>Availability</i>	80,3%	91%	10,7%
<i>Performance</i>	93,4%	96,3%	2,9%
<i>Quality</i>	100%	100%	0%
<b>OEE</b>	75%	87,5%	12,5%

Tabel 3 menyatakan bahwa pemasangan *Zero Point Clamping System* pada mesin CNC *milling 5 axis* berdampak pada dua aspek utama dari *Overall Equipment Effectiveness* yaitu *availability* dan *performance rate*. *Zero Point Clamping System* berhasil meningkatkan nilai ketersediaan mesin CNC *milling 5 axis* sebanyak 10,7% dan performanya sebesar 2,9% sedangkan untuk tingkat kualitas yang dihasilkan tidak mengalami perubahan. Peningkatan nilai pada aspek-aspek tersebut berdampak pada peningkatan hasil *Overall Equipment Effectiveness* sebesar 12,5%.

Perhitungan Six Big Losses

**Downtime Losses**

- a. *Breakdown Losses* sebelum pemasangan *Zero Point Clamping System*

$$\begin{aligned} \text{Breakdown Losses} &= \frac{\text{Total Breakdown}}{PT} \times 100\% \\ &= \frac{0}{24000} \times 100\% = 0\% \end{aligned}$$

- b. *Breakdown Losses* setelah pemasangan *Zero Point Clamping System*

$$\begin{aligned} \text{Breakdown Losses} &= \frac{\text{Total Breakdown}}{PT} \times 100\% \\ &= \frac{0}{24000} \times 100\% = 0\% \end{aligned}$$

- c. *Setup and Adjustment* sebelum pemasangan *Zero Point Clamping System*

$$\begin{aligned} \text{Setup Adjustment Losses} &= \frac{\text{Setup Time}}{PT} \times 100\% \\ &= \frac{3315}{24000} \times 100\% = 13.8\% \end{aligned}$$

- d. *Setup and Adjustment* setelah pemasangan *Zero Point Clamping System*

$$\text{Setup Adjustment Losses} = \frac{\text{Setup Time}}{PT} \times 100\%$$

$$= \frac{1135}{24000} \times 100\% = 4,7\%$$

**Speed Losses**

- a. *Idling and Minor Stoppage Losses* sebelum pemasangan *Zero Point Clamping System*

$$\begin{aligned} \text{Idling Minor Stoppage} &= \frac{\text{Idling Time}}{PT} \times 100\% \\ &= \frac{1410}{24000} \times 100\% = 5,9\% \end{aligned}$$

- b. *Idling and Minor Stoppage Losses* setelah pemasangan *Zero Point Clamping System*

$$\begin{aligned} \text{Idling Minor Stoppage} &= \frac{\text{Idling Time}}{PT} \times 100\% \\ &= \frac{1050}{24000} \times 100\% = 4,4\% \end{aligned}$$

- c. *Reduce Speed Losses* sebelum pemasangan *Zero Point Clamping System*

$$\begin{aligned} \text{Reduce Speed} &= \frac{(\text{ACT} - \text{ICT}) \times PA}{PT} \times 100\% \\ &= \frac{(32.1 - 30) \times 600}{24000} \times 100\% = 5,25\% \end{aligned}$$

- d. *Reduce Speed Losses* setelah pemasangan *Zero Point Clamping System*

$$\begin{aligned} \text{Reduce Speed} &= \frac{(\text{ACT} - \text{ICT}) \times PA}{PT} \times 100\% \\ &= \frac{(31.2 - 30) \times 700}{24000} \times 100\% = 3,5\% \end{aligned}$$

**Quality Losses**

- a. *Quality Defect* sebelum pemasangan *Zero Point Clamping System*

$$\begin{aligned} \text{Quality Defect} &= \frac{\text{ICT} \times DA}{PT} \times 100\% \\ &= \frac{30 \times 0}{24000} \times 100\% = 0\% \end{aligned}$$

- b. *Quality Defect* setelah pemasangan *Zero Point Clamping System*

$$\begin{aligned} \text{Quality Defect} &= \frac{\text{ICT} \times DA}{PT} \times 100\% \\ &= \frac{30 \times 0}{24000} \times 100\% = 0\% \end{aligned}$$

c. *Yield Losses* sebelum pemasangan *Zero Point Clamping System*

$$\begin{aligned} \text{Yield Losses} &= \frac{ICT \times \text{Scrap}}{PT} \times 100\% \\ &= \frac{30 \times 0}{24000} \times 100\% = 0\% \end{aligned}$$

d. *Yield Losses* setelah pemasangan *Zero Point Clamping System*

$$\begin{aligned} \text{Yield Losses} &= \frac{ICT \times \text{Scrap}}{PT} \times 100\% \\ &= \frac{30 \times 0}{24000} \times 100\% = 0\% \end{aligned}$$

Faktor utama yang mempengaruhi nilai *Overall Equipment Effectiveness* pada mesin *CNC milling 5 axis* dapat diketahui setelah mendapatkan hasil dari *six big losses*. Tabel 4 berikut akan menunjukkan hasil dari perhitungan *six big losses* sebelum dan setelah pemasangan *Zero Point Clamping System*.

**Tabel 4.** *Six Big Losses* sebelum dan setelah pemasangan *Zero Point Clamping System*

<i>Six Big Losses</i>	Sebelum Pemasangan	Setelah Pemasangan	Selisih
<i>Breakdown Losses</i>	0%	0%	0%
<i>Setup Adjustment Losses</i>	13,8%	4,7%	9,1%
<i>Idling Minor Stoppage</i>	5,9%	4,4%	1,5%
<i>Reduce Speed</i>	5,25%	3,5%	2,25%
<i>Quality Defect</i>	0%	0%	0%
<i>Yield Losses</i>	0%	0%	0%

Berdasarkan hasil yang telah dihitung, dapat diketahui bahwa *time loss* yang paling berpengaruh terhadap efektivitas mesin *CNC milling 5 axis* sebelum pemasangan *Zero Point Clamping System* terletak pada waktu *Setup and Adjustment* dengan nilai 13,8%, diikuti oleh *Idle and Minor Stoppage* sebesar 5,9% serta penurunan performa sebesar 5% dari tingkat optimal. Hal ini menunjukkan bahwa tingginya waktu *Setup and Adjustment* dan *Idling and Minor Stoppage* serta pengurangan kecepatan produksi merupakan tiga faktor utama penyebab kecilnya tingkat efektivitas mesin *CNC milling 5 axis*.

Dampak yang dihasilkan oleh pemasangan *Zero Point Clamping System* adalah pengurangan waktu *Setup and Adjustment* mesin menjadi 4,7%, berkurang 9,1% dari sebelum pemasangan *Zero Point Clamping System* serta berdampak pada pengurangan waktu

*Idling and Minor Stoppage* menjadi 4,4%, berkurang 1,5% dari sebelum pemasangan *Zero Point Clamping System*. Pemasangan *Zero Point Clamping System* juga berdampak pada kecepatan produksi yang meningkat sebesar 2,25% dari yang sebelumnya mengalami kelambatan sebesar 5,25% menjadi 3,5% saja. Hasil tersebut membuktikan bahwa pemasangan *Zero Point Clamping System* berdampak pada pengurangan waktu *Downtime* mesin serta peningkatan kecepatan produksi *CNC milling 5 axis*.

#### 4. Kesimpulan

Pemasangan *Zero Point Clamping System* pada mesin *CNC milling 5 axis* memberikan dampak yang signifikan pada nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), yang meningkat sebesar 12,5% dari 75% menjadi 87,5%, melampaui *Standard World Class* sebesar 85%. Nilai *availability* meningkat sebesar 10,7%, dari 80,3% menjadi 91%, menunjukkan bahwa waktu *downtime* mesin berkurang sehingga *operating time* mesin berjalan lebih lama. Nilai *performance rate* juga meningkat sebesar 2,9%, dari 93,4% menjadi 96,3%, mengindikasikan peningkatan performa mesin yang lebih efisien dan mampu memproduksi barang lebih banyak. Nilai *quality ratio* tetap konsisten di atas *Standard World Class* 99%, menunjukkan bahwa pemasangan sistem ini tidak mempengaruhi kualitas hasil produksi yang sudah baik sebelumnya.

*Zero Point Clamping System* juga berdampak signifikan pada pengurangan waktu *setup and adjustment*, menunjukkan efektivitas sistem ini dalam mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk setting tools dan benda kerja. Peningkatan nilai *availability* dan *performance rate* menunjukkan bahwa *Zero Point Clamping System* mampu menyediakan ketersediaan yang lebih banyak melalui pengurangan waktu *downtime* serta peningkatan performa dalam proses produksi mesin *CNC milling 5 axis*.

Dengan demikian, pemasangan *Zero Point Clamping System* terbukti menjadi langkah strategis yang efektif dalam meningkatkan efektivitas dan efisiensi operasional mesin *CNC milling 5 axis*, khususnya dalam mengurangi waktu *downtime* dan meningkatkan performa mesin secara keseluruhan. Penelitian ini membuktikan bahwa pemasangan *Zero Point Clamping System* dapat memberikan hasil optimal yang mendukung peningkatan produktivitas dalam industri manufaktur modern.

#### Daftar Pustaka

- [1] Agus, P. (2023). Perancangan Jig dan Fixture Untuk Proses Pemesinan CNC Milling Komponen Lip Cavity Insert di Industri Plastik. Skripsi. Insitut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [2] Harahap, N.A.P., Qadri, F.A., Harahap, D.I.Y., Situmorang, M., dan Wulandari, S. (2023). Analisis Perkembangan Industri Manufaktur Indonesia. *Jurnal Kajian Ekonomi dan Bisnis Islam*. 4(6). 1444-1450.

- [3] Munandar, M.A.T. (2020). Efektifitas Kinerja Mesin CNC 5 Axis Portable Karya Mahasiswa Terhadap Mesin Milling Konvensional. Skripsi. Universitas Pancasakti Tegal.
- [4] Nakajima, S. 1988. *Introduction to TPM Total Productive Maintenance*. Cambridge: Productivity Press.
- [5] Nugraha, G.A.P., Jaluda, I., Hendarta, K.V., Pamugkas, Y.D., Koin, S.T. (2023). Pembuatan 3 Metode Pencekaman Quick Release di Mesin EXCETEK WIRE CUT V350. *Industrial and Mechanical Design Conference*. 5.
- [6] Priambodo, R.A.R., Endriyanto, G. (2023) *Rancang Bangun Quick Clamping System For CNC Double Column Machine*. Skripsi. Akademik Teknik Mesin Industri.
- [7] Patel, V.B., dan Thakka, H.R. 2014. Review Study on Improvement of Overall Equipment Effectiveness through Total Productive Maintenance. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research*.1(7).
- [8] Rabiatussyifa, O., Azizah, F.N., dan Ardhani, A.D. 2022. Analisis Produktivitas Mesin Buffoing Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) di PT. XYZ Cikarang, Jawa Barat. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*,8(3).95-102.
- [9] Rohman, F.T., dan Abizar, H. 2023. Analisis Keausan Pahat Endmill HSS Flute 4 Pada Proses Milling Handle Sepeda Motor. *KURVATEK*. 8(2).181-191.
- [10] Saiful, Rapi, A., dan Novawanda, O. (2014). Pengukuran Kinerja Mesin Defekator I dengan Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness. *Journal of Engineering and Mngagement in Industrial System*. 2(2). 5-11.