

Studi Pengaruh Nilai *Availability* Mesin Stamping Terhadap Jumlah Hasil Produksi

Adi Syahputra Purba^{1*}, Nur Fitria Pujo^{1*}, Nurman Pamungkas¹, Nidia Yuniarsih¹, Ninda Hardina Batubara¹, Dimas Prasetyo¹

¹ Jurusan Teknik Mesin, Program Studi Teknik Mesin
Jalan Ahmad Yani, Batam Centre, Batam 29461, Indonesia
E-mail: adipurba@polibatam.ac.id, nurfitriapujo@polibatam.ac.id,

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh *availability* mesin terhadap output produksi di PT XYZ. Pengumpulan data dilakukan selama periode Januari hingga Maret 2024, dengan fokus pada *downtime* mesin, total waktu operasional, dan jumlah produksi mingguan. Metode yang digunakan melibatkan perhitungan *Mean Time Between Failure (MTBF)*, *Mean Time To Repair (MTTR)*, dan *availability*, diikuti oleh analisis korelasi antara *availability* dan output produksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat korelasi yang sangat kuat antara *availability* dan *output*, dengan nilai korelasi sebesar 0,852. Pada Minggu ke-6 dan Minggu ke-11, terjadi *downtime* yang menyebabkan penurunan *availability* masing-masing menjadi 98,41% dan 97,96%, yang berdampak langsung pada penurunan *output* produksi. Berdasarkan hasil ini, direkomendasikan agar PT XYZ meningkatkan pemeliharaan preventif dan meminimalkan *downtime* untuk menjaga *availability* mesin pada tingkat optimal guna memaksimalkan hasil produksi

Kata kunci: Availability, MTBF, MTTR, Downtime, Korelasi, Output produksi, Pemeliharaan preventif

Abstract

This study aims to analyze the effect of machine availability on production output at PT XYZ. Data collection was conducted from January to March 2024, focusing on machine downtime, total operational hours, and weekly production output. The method used involves the calculation of Mean Time Between Failure (MTBF), Mean Time To Repair (MTTR), and availability, followed by a correlation analysis between availability and production output. The results show a strong correlation between availability and output, with a correlation value of 0.852. In Week 6 and Week 11, machine downtime caused availability to drop to 98.41% and 97.96%, respectively, which directly impacted production output. Based on these findings, it is recommended that PT XYZ improve preventive maintenance and minimize downtime to maintain optimal machine availability and maximize production output.

Keywords: Availability, MTBF, MTTR, Downtime, Correlation, Production output, Preventive maintenance

1. Pendahuluan

Industri manufaktur, khususnya di sektor kedirgantaraan, sangat bergantung pada keandalan mesin untuk menjaga efisiensi dan konsistensi dalam proses produksi. PT XYZ, sebagai salah satu perusahaan di bidang ini, menggunakan mesin stamping untuk memproses lembaran logam seperti gambar 1.



Gambar 1. Mesin Stamping di PT XYZ

Mesin ini digunakan untuk memotong dan membentuk material dengan tingkat presisi yang tinggi. Oleh karena itu, *availability* atau ketersediaan mesin menjadi faktor kunci dalam memastikan kelancaran produksi. Nilai *availability* mengukur seberapa sering mesin siap digunakan dalam jangka waktu tertentu, dan rendahnya *downtime* dapat meningkatkan efisiensi produksi [1].

Penelitian mengenai *availability* mesin telah banyak dilakukan di berbagai sektor industri [2]. Salah satu penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa tingginya *availability* mesin dapat meningkatkan *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*, yang merupakan indikator penting untuk mengukur efisiensi mesin dalam proses produksi [3]. Dalam studi ini, *Mean Time To Repair (MTTR)* dan *Mean Time Between Failure (MTBF)* menjadi dua metrik penting dalam menentukan tingkat *availability* mesin. Semakin tinggi MTBF dan semakin rendah MTTR, semakin tinggi *availability* mesin [4].

Secara umum, pengelolaan *Reliability, Availability, Maintainability, and Safety (RAMS)* dalam operasi mesin transportasi sangat mempengaruhi performa mesin dan hasil produksi. Pengelolaan *downtime* dan waktu perbaikan yang efektif dapat berdampak signifikan pada hasil produksi [2]. Hal ini didukung dari penelitian yang menemukan bahwa optimasi MTTR dan MTBF dapat meningkatkan efisiensi produksi hingga 25%, terutama di sektor-sektor dengan volume produksi tinggi [5].

Di industri manufaktur, penelitian yang berbeda terkait *availability* mesin menunjukkan bahwa *availability* mesin sangat bergantung pada kualitas pemeliharaan dan keahlian teknisi dalam menangani kerusakan mesin [6]. Pernyataan ini diperkuat dari temuan bahwa manajemen pemeliharaan yang buruk dapat meningkatkan *downtime* hingga 30%, yang pada akhirnya menurunkan efisiensi operasional secara signifikan [7]. Yogesh dalam penelitiannya di industri kedirgantaraan menyoroti bahwa *availability* yang rendah menyebabkan produk dengan kualitas yang tidak konsisten, yang berujung pada peningkatan *scrap* dan *rework*, sehingga meningkatkan biaya produksi [8]. Lebih lanjut, adanya masalah pada *availability* mesin tidak hanya mempengaruhi jumlah output produksi, tetapi juga kualitas produk [9]. Tingginya *downtime* berhubungan langsung dengan peningkatan biaya produksi akibat kualitas yang menurun dan pemeliharaan mesin yang lebih sering dilakukan. Penelitian lainnya akhirnya memperkuat temuan yang menunjukkan bahwa penerapan teknologi monitoring berbasis Internet of Things (IoT) dapat membantu memantau MTTR dan MTBF secara *real-time*, yang pada akhirnya mengurangi *downtime* dan meningkatkan ketersediaan mesin [10].

Dalam industri manufaktur, penggunaan sensor IoT untuk memantau kondisi mesin secara proaktif juga telah terbukti membantu perusahaan mendeteksi masalah sebelum kerusakan besar terjadi, sehingga

menghindari *downtime* yang tidak terencana [11]. Hal ini juga didukung oleh penelitian yang menemukan bahwa strategi pemeliharaan yang tepat dapat meningkatkan *availability* mesin, yang pada akhirnya berdampak positif pada output produksi [12].

Pada hasil penelitian lainnya adanya pernyataan bahwa metode statistik dapat digunakan untuk memprediksi *downtime* mesin secara lebih akurat, sehingga memungkinkan perusahaan untuk melakukan langkah-langkah pencegahan yang lebih tepat waktu [13]. Pada konteks industri manufaktur di Indonesia menunjukkan adanya hubungan korelasi yang signifikan antara *availability* mesin dengan output produksi. Penelitian ini menekankan pentingnya pengelolaan *downtime* untuk meningkatkan hasil produksi [14].

Korelasi yang kuat ditunjukkan antara MTBF, MTTR, dan efisiensi produksi. Penelitian ini menyarankan bahwa pengelolaan *downtime* yang baik tidak hanya meningkatkan *availability* mesin, tetapi juga mengoptimalkan efisiensi operasional secara keseluruhan [15].

Meskipun beberapa penelitian sebelumnya telah mengkaji hubungan antara *availability* mesin dan hasil produksi, ada *research gap* yang jelas dalam konteks industri kedirgantaraan. Penelitian yang memfokuskan pada analisis korelasi antara nilai *availability* mesin dan output produksi di sektor ini masih terbatas

Penelitian ini bertujuan untuk menghitung nilai *availability* mesin stamping di PT XYZ dengan menggunakan data MTTR dan MTBF, serta menganalisis hubungan antara nilai *availability* dengan output produksi yang dihasilkan oleh mesin stamping tersebut. Penelitian ini dibatasi pada analisis nilai *availability* mesin stamping di PT XYZ selama periode Januari hingga Maret 2024. Fokus penelitian hanya mencakup hubungan antara *availability* mesin dan output produksi, tanpa mempertimbangkan faktor lain seperti keahlian operator, kualitas material, dan kondisi lingkungan yang juga dapat memengaruhi hasil produksi. Selain itu, penelitian ini hanya menggunakan metode korelasi linier untuk mengukur hubungan antara kedua variabel tersebut, tanpa memperluas analisis ke model statistik yang lebih kompleks seperti regresi multivariat.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. *Availability* Mesin dan Dampaknya terhadap Hasil Produksi

Availability mesin merupakan metrik yang digunakan untuk mengukur seberapa sering mesin dapat dioperasikan secara efektif dalam jangka waktu tertentu. Semakin tinggi *availability*, semakin optimal proses produksi yang dapat dilakukan. Peningkatan *availability* mesin mengurangi *downtime* yang tidak terencana, yang berkontribusi langsung terhadap peningkatan output produksi. *Availability* yang tinggi

juga memastikan stabilitas produksi, menghindari penurunan output dan kualitas produk akibat kerusakan mesin [16].

Studi lain mengungkapkan bahwa optimasi *availability* dapat mengurangi six big losses dalam manufaktur, yang meliputi kegagalan mesin dan penundaan produksi. studi ini menemukan bahwa *availability* mesin yang tinggi membantu mengurangi variasi dalam proses produksi, yang pada akhirnya meningkatkan produktivitas dan efisiensi operasional [17].

2.2. Mean Time Between Failure (MTBF)

MTBF adalah indikator penting yang digunakan untuk mengukur keandalan suatu mesin, di mana semakin besar nilai MTBF, semakin lama mesin dapat beroperasi tanpa kegagalan. Peningkatan MTBF sangat berkorelasi dengan kinerja operasional yang lebih tinggi. MTBF yang besar menunjukkan bahwa mesin lebih dapat diandalkan dan membutuhkan perawatan yang lebih sedikit, sehingga meningkatkan efisiensi produksi [18]. Rumus perhitungan MTBF sebagai berikut:

$$MTBF = \frac{\text{Total Production Hours} - \text{Total Machine Downtime Hours}}{\text{total number machine downtime}} \quad (1)$$

MTBF juga mempengaruhi penjadwalan pemeliharaan mesin. Dengan MTBF yang tinggi, frekuensi perbaikan dapat dikurangi, yang berdampak langsung pada penurunan *downtime* dan peningkatan *availability*. Selain itu, perusahaan dapat merencanakan produksi dengan lebih baik karena risiko kegagalan mesin dapat diminimalisasi [19].

2.3. Mean Time To Repair (MTTR)

MTTR adalah waktu rata-rata yang diperlukan untuk memperbaiki mesin setelah terjadi kegagalan. MTTR dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$MTTR = \frac{\text{total machine downtime hours}}{\text{total number machine downtime}} \quad (2)$$

Walker & Paulsen (2017) menyatakan bahwa MTTR yang rendah sangat penting untuk mengurangi waktu henti produksi dan memastikan kelangsungan operasional. Dalam penelitian mereka, penurunan MTTR sebesar 20% mampu meningkatkan output produksi hingga 15% karena waktu yang dihabiskan untuk perbaikan dapat diminimalisasi [20].

Selain itu, penerapan metode pemeliharaan berbasis kondisi dapat membantu mengurangi MTTR. Dengan sistem pemantauan berbasis kondisi, masalah mesin dapat diidentifikasi sebelum kerusakan terjadi, yang memungkinkan tim perawatan merespons lebih cepat dan lebih efisien [21].

2.4. Availability

Availability dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$Availability = \frac{MTBF}{(MTBF+MTTR)} \times 100\% \quad (3)$$

Availability yang tinggi sangat berhubungan dengan keberhasilan operasional di berbagai industri. Mereka menemukan bahwa peningkatan *availability* sebesar 10% dapat menghasilkan peningkatan output produksi sebesar 8%, karena mesin dapat digunakan lebih sering dalam proses produksi [22].

Availability yang tinggi juga berperan penting dalam pengelolaan sumber daya manusia. Dengan *availability* yang tinggi, perencanaan sumber daya manusia menjadi lebih efektif karena operator mesin tidak harus menunggu waktu pemeliharaan atau perbaikan yang berkepanjangan [22].

2.5. Korelasi Availability dan Output Produksi

Korelasi antara *availability* dan output produksi adalah penting untuk memahami bagaimana peningkatan *availability* dapat mempengaruhi hasil produksi. Dengan menggunakan analisis korelasi untuk meneliti hubungan antara *availability* dan efisiensi produksi di sektor manufaktur. Mereka menemukan bahwa korelasi positif yang kuat antara *availability* dan output produksi menunjukkan bahwa semakin tinggi *availability*, semakin besar jumlah produk yang dihasilkan [23]. Selain itu, menunjukkan bahwa hubungan korelasional ini juga dipengaruhi oleh variabel eksternal, seperti kualitas bahan baku dan keterampilan operator [24].

3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan, dimulai dari studi literature untuk memperoleh pemahaman mendalam mengenai konsep-konsep yang relevan, seperti *availability* mesin, *Mean Time To Repair (MTTR)*, *Mean Time Between Failure (MTBF)*, serta hubungan keduanya dengan output produksi. Kajian literatur dilakukan dengan menelusuri jurnal-jurnal ilmiah, buku referensi, dan artikel-artikel akademik yang terkait dengan topik penelitian.

Setelah studi literatur, dilakukan pengumpulan data di PT XYZ untuk periode Januari hingga Maret 2024. Data yang dikumpulkan meliputi jumlah *downtime* mesin, total waktu operasi mesin, serta jumlah output produksi yang dihasilkan. Data ini diperoleh dari catatan perawatan mesin dan laporan produksi harian yang disediakan oleh tim manajemen pabrik.

Tahap pengolahan data dilakukan dengan perhitungan nilai MTBF dan MTTR menggunakan rumus (1) dan (2). Setelah memperoleh nilai MTBF dan MTTR, *Availability* dihitung menggunakan persamaan (3)

Pengolahan data dilakukan untuk menentukan seberapa sering mesin siap digunakan dalam periode yang diamati. Tahap berikutnya adalah analisis data, dengan melakukan analisis korelasi untuk mengukur kekuatan hubungan antara *availability* mesin dan output produksi. Korelasi yang dihitung memberikan indikasi mengenai seberapa signifikan *availability* mesin mempengaruhi jumlah produksi yang dihasilkan. Analisis ini dilakukan menggunakan Ms. Excel dengan interpretasi korelasi yang ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Interpretasi Korelasi

| Nilai Korelasi | Interpretasi |
|----------------|-----------------------|
| 0 | Tidak ada korelasi |
| 0 – 0,25 | Korelasi sangat lemah |
| 0,26 – 0,5 | Korelasi cukup |
| 0,5 – 0,75 | Korelasi kuat |
| 0,76 – 0,99 | Korelasi sangat kuat |
| 1 | Korelasi sempurna |

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Pengumpulan Data *Downtime*

Dilakukan pengumpulan data *downtime* di PT. XYZ pada bulan Januari hingga Maret 2024. Data dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. *Downtime* Mesin Stamping Januari – Maret 2023

| Minggu ke- | Total Production Hours | Total Machine Downtime Hours | Total Number Machine Downtime | Output |
|------------|------------------------|------------------------------|-------------------------------|--------|
| 1 | 113 | 0 | 0 | 1898 |
| 2 | 113 | 0 | 0 | 1907 |
| 3 | 113 | 0 | 0 | 1927 |
| 4 | 113 | 0 | 0 | 1915 |
| 5 | 113 | 0 | 0 | 1932 |
| 6 | 113 | 1.8 | 1 | 1861 |
| 7 | 113 | 0 | 0 | 1919 |
| 8 | 113 | 0 | 0 | 1920 |
| 9 | 113 | 0 | 0 | 1902 |
| 10 | 113 | 0 | 0 | 1920 |
| 11 | 98 | 2 | 1 | 1543 |
| 12 | 113 | 0 | 0 | 1930 |
| 13 | 113 | 0 | 0 | 1922 |

Berdasarkan analisis tabel, terlihat bahwa dalam minggu-minggu tanpa *downtime* (Minggu 1-5, 7-10, 12-13), output produksi relatif stabil, berkisar antara 1898 hingga 1932 unit dengan total jam produksi sebesar 113 jam. Variasi output yang kecil di minggu-minggu ini menunjukkan bahwa tanpa gangguan operasional, mesin dapat bekerja secara optimal dan konsisten.

Pada Minggu ke-6 dan ke-11, *downtime* berdampak signifikan terhadap penurunan hasil produksi.

Downtime selama 1,8 jam pada Minggu ke-6 menyebabkan output turun menjadi 1861 unit, sedangkan pada Minggu ke-11, *downtime* 2 jam dan penurunan total jam produksi menjadi 98 jam menghasilkan output terendah sebesar 1543 unit. Ini menunjukkan bahwa *downtime*, meskipun singkat, berdampak negatif pada hasil produksi

4.2. Perhitungan MTBF, MTTR dan *Availability*

Tabel 3 merupakan hasil rekapitulasi perhitungan MTBF, MTTR dan *availability* menggunakan rumus (1), (2), dan (3).

Tabel 3. MTBF, MTTR dan *Availability*

| Minggu ke- | MTBF (Hours) | MTTR (Hours) | Availability (%) |
|------------|--------------|--------------|------------------|
| 1 | 0 | 0 | 100 |
| 2 | 0 | 0 | 100 |
| 3 | 0 | 0 | 100 |
| 4 | 0 | 0 | 100 |
| 5 | 0 | 0 | 100 |
| 6 | 111.20 | 1.80 | 98.41 |
| 7 | 0 | 0 | 100 |
| 8 | 0 | 0 | 100 |
| 9 | 0 | 0 | 100 |
| 10 | 0 | 0 | 100 |
| 11 | 96 | 2 | 97.96 |
| 12 | 0 | 0 | 100 |
| 13 | 0 | 0 | 100 |

Hasil dari pengolahan data menunjukkan bahwa penurunan *availability* mesin, meskipun kecil, berdampak signifikan terhadap penurunan output produksi. Hal ini sejalan dengan penelitian yang menemukan bahwa penurunan *availability* sebesar 2% dapat menyebabkan penurunan produksi yang cukup besar dalam proses manufaktur skala besar. Dalam studi tersebut, mereka menegaskan bahwa menjaga MTTR rendah dan MTBF tinggi adalah dua elemen kunci untuk menjaga *availability* di atas 98%, yang mendukung hasil dari penelitian ini [25].

Penurunan *availability* pada Minggu ke-6 dan ke-11, yang disebabkan oleh *downtime* mesin selama 1,8 jam dan 2 jam, menghasilkan penurunan output produksi yang signifikan, dengan Minggu ke-11 mengalami penurunan *availability* hingga 97,96%. Hasil ini konsisten dengan studi yang menemukan bahwa penurunan *availability* lebih dari 1,5% menyebabkan penurunan produksi hingga 10% dalam lingkungan produksi berintensitas tinggi. Studi ini juga menyoroti pentingnya peningkatan pemeliharaan preventif untuk mengurangi *downtime* dan mempertahankan *availability* mesin [26].

Selain itu, penelitian lain mengonfirmasi bahwa korelasi antara MTBF, MTTR, dan *availability* sangat kuat dalam mempengaruhi output produksi. Penurunan MTBF yang signifikan dan peningkatan

MTTR dapat menyebabkan fluktuasi besar dalam *availability*, yang pada gilirannya menurunkan efisiensi produksi [27]. Hal ini sangat relevan dengan data yang menunjukkan bahwa *downtime* kecil secara drastis menurunkan *availability* dan hasil produksi di PT XYZ.

Dengan demikian, hasil dari pengolahan data ini mendukung temuan-temuan dari studi terdahulu, yang secara konsisten menunjukkan bahwa MTBF, MTTR, dan *availability* adalah faktor utama dalam menjaga tingkat produksi yang optimal dan mengurangi kerugian akibat *downtime*.

4.3. Analisis Korelasi

Berdasarkan hasil perhitungan korelasi dengan Ms. Excel didapatkan nilai korelasi 0,852 dan mengacu pada Tabel 1, korelasi tersebut berada dalam kategori sangat kuat. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang erat antara *availability* mesin dan output produksi. Peningkatan atau penurunan *availability* berpengaruh langsung terhadap perubahan output produksi.

Data sebelumnya mendukung hasil ini, di mana *downtime* pada Minggu ke-6 dan ke-11 menyebabkan penurunan *availability* (98,41% dan 97,96%), yang disertai dengan penurunan signifikan pada output. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang menunjukkan bahwa korelasi kuat antara *availability* dan output produksi sering ditemukan dalam industri dengan proses produksi yang bergantung pada kontinuitas operasional [27], [26].

5. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa *availability* mesin berpengaruh signifikan terhadap output produksi di PT XYZ. Nilai korelasi sebesar 0,852 menunjukkan adanya hubungan sangat kuat antara kedua variabel tersebut. Penurunan *availability*, bahkan dalam jumlah kecil, berdampak langsung pada penurunan hasil produksi. *Downtime* yang terjadi pada Minggu ke-6 dan Minggu ke-11 menyebabkan penurunan *availability* menjadi 98,41% dan 97,96%, yang diikuti dengan penurunan output secara signifikan. Oleh karena itu, upaya untuk mempertahankan MTBF yang tinggi dan MTTR yang rendah sangat penting dalam meminimalkan *downtime* dan menjaga *availability* mesin. Dari hasil penelitian ini, direkomendasikan agar PT XYZ meningkatkan pemeliharaan preventif dan mengelola *downtime* lebih efektif untuk menjaga *availability* mesin tetap tinggi, sehingga stabilitas dan efisiensi produksi dapat terus terjaga.

Daftar Pustaka

[1] T. V. Lawrencia, "Pengukuran Efektivitas Mesin dengan Metode Overall Equipment Effectiveness pada Mesin Stamping," *Jurnal Serambi Engineering*, vol. 8, no. 3, 2023.

- [2] N. I. B. Nordin, "Effect Analysis of Reliability Availability Maintainability and Safety (RAMS) of Train Operation.," *Universiti Tun Hussein Onn Malaysia*, 2015.
- [3] K. M. J. M. D. & A. D. Antosz, "Systems Engineering: Availability and Reliability," *Applied Sciences*, 2022.
- [4] L. & H. G. Hassani, "The Impact of Overall Equipment Effectiveness on Production Losses in Moghan Cable & Wire Manufacturing," *International Journal for Quality Research*, vol. 9, pp. 565-576, 2015.
- [5] M. R. M. & I. Z. Rizwan, "Downtime Management in Industrial Production: A Case Study," *International Journal of Mechanical Engineering*, vol. 17, no. 3, pp. 45-56, 2019.
- [6] K. Sabekti, "Analisis Pengaruh Kuat Arus Listrik Terhadap Ketebalan Pelapisan Perak pada Aluminium A6063 dengan Proses Electroplating," *Jurnal Rekayasa Teknologi*, vol. 1, no. 2, pp. 45-55, 2020.
- [7] D. H. R. A. & T. C. F. M. Triwardani, "Analisis Overall Equipment Effectiveness (OEE) dalam Meminimalisasi Six Big Losses pada Mesin Produksi Dual Filters DD07," *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Sistem Industri*, vol. 1, no. 2, 2013.
- [8] R. & R. P. Yogesh, "Impact of Machine Availability on Product Quality in Aerospace Manufacturing," *Journal of Engineering Studies*, vol. 10, no. 1, pp. 33-42, 2018.
- [9] P. & K. P. Lakshmi, "Production Losses Due to Machine Availability and Quality Issues in Manufacturing," *Journal of Industrial Engineering and Management*, vol. 12, no. 4, p. 451-467, 2021.
- [10] R. I. E. & A. Z. Handoko, "IoT-Based Monitoring System for Machine Availability and Maintenance in Aerospace Industry," *Journal of Applied Engineering*, vol. 23, no. 3, pp. 58-70, 2017.
- [11] Y. P. C. & L. S. Kim, "Real-Time Condition Monitoring with IoT Sensors in Production Machines," *Journal of Smart Manufacturing*, vol. 30, no. 2, pp. 101-112, 2020.
- [12] S. I. M. & R. H. Chandra, "Impact of Maintenance Strategies on Machine Availability and Production in Manufacturing," *Journal of Maintenance Engineering*, vol. 8, no. 1, pp. 14-25, 2019.
- [13] M. F. M. & S. D. Zainudin, "Statistical Methods for Predicting Machine Downtime," *Journal of Manufacturing Systems*, vol. 45, no. 2, pp. 55-65, 2017.

- [14] W. & F. A. Sutrisno, "Korelasi Nilai *Availability* Mesin dan Output Produksi di Industri Manufaktur," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 12, no. 3, pp. 78-88, 2020.
- [15] R. G. P. & K. S. Sharma, "Correlation Analysis Between MTBF, MTTR and Production Efficiency," *International Journal of Advanced Engineering Studies*, vol. 7, no. 4, pp. 120-132, 2016.
- [16] P. & L. M. Jonsson, "Evaluating the Impact of Machine *Availability* on Production through Overall Equipment Effectiveness," *International Journal of Production Economics*, pp. 12-23, 2017.
- [17] D. & H. L. Smith, "Reducing Six Big Losses by Improving Machine *Availability* in Manufacturing," *Journal of Industrial Engineering*, vol. 25, no. 4, pp. 334-347, 2018.
- [18] J. & L. X. Brown, "Improving Production Efficiency through Enhanced MTBF in Manufacturing Systems," *International Journal of Production Research*, vol. 57, no. 8, 2019.
- [19] A. S. D. & L. G. Rahman, "MTBF as a Key Metric for Maintenance Optimization in Manufacturing Plants," *Journal of Engineering Maintenance*, vol. 39, no. 6, pp. 312-322, 2020.
- [20] R. & P. K. Walker, "Reducing MTTR and Improving Operational Efficiency in Manufacturing," *Journal of Manufacturing Systems*, vol. 35, no. 3, pp. 205-217, 2017.
- [21] A. W. R. & P. K. Goldstein, "Condition-Based Maintenance and its Impact on Reducing MTTR in Heavy Industries," *Journal of Maintenance Engineering*, vol. 29, no. 4, pp. 201-214, 2018.
- [22] J. & J. S. Thompson, "Machine *Availability* and Its Influence on Production Efficiency: A Case Study," *International Journal of Production Research*, vol. 58, no. 10, pp. 1845-1857, 2019.
- [23] L. & L. T. Jackson, "Correlation between Machine *Availability* and Production Output in Manufacturing," *International Journal of Manufacturing Technology and Management*, vol. 33, no. 3, pp. 178-192, 2018.
- [24] P. & R. C. Davidson, "Analyzing the Correlation between Machine *Availability* and Output in Industrial Settings," *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, vol. 142, no. 5, pp. 1109-1120, 2020.
- [25] P. & L. M. Jonsson, "Evaluating the Impact of Machine *Availability* on Production through Overall Equipment Effectiveness," *International Journal of Production Economics*, vol. 192, pp. 12-23, 2017.
- [26] G. & C. Y. Tian, "The Effects of Machine *Availability* on Production Efficiency in High-Intensity Manufacturing," *Journal of Manufacturing Systems*, vol. 47, pp. 23-34, 2018.
- [27] X. & L. K. Shao, "Correlating MTBF, MTTR, and Machine *Availability* with Production Output: A Study in Manufacturing Systems," *Journal of Operations Research*, vol. 67, no. 3, pp. 345-358., 2019.
- [28] T. T. B. & J. D. Miller, "Machine *Availability* and Its Impact on Human Resource Management in Industrial Systems," *Journal of Operations Management*, vol. 45, no. 2, pp. 102-115, 2020.