

Implementasi *Monitoring Injection Machine* (MIM) Berbasis IoT untuk Pengendalian *Lost Time* Pada Proses *Injection Molding* di Perusahaan Komponen Otomotif

Implementation of IoT-Based Injection Machine Monitoring (MIM) for Controlling Lost Time in the Injection Molding Process in an Automotive Component Company

Adi Rusdi Widya¹, Maharani Rahmawati²

^{1,2}Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Pelita Bangsa

¹adirusdiw@pelitabangsa.ac.id

Abstract

The injection molding process in the automotive component industry is prone to lost time due to unmonitored machine downtime, causing productivity losses of up to 20% of operating time. This study aims to implement IoT-based Monitoring Injection Machine (MIM) for real-time lost time control. The MIM system was developed using IoT sensors (vibration, temperature, pressure) connected to an ESP32 microcontroller and the Thingspeak cloud platform for data acquisition, predictive analysis with a simple machine learning algorithm (threshold-based anomaly detection), and a monitoring dashboard. Field testing was conducted at PT. XYZ (an automotive component company) for 3 months pre- and post-implementation, with lost time measured using the OEE formula. The implementation of MIM reduced lost time from 2160 minutes/month to 1020 minutes (a 52.8% reduction), increased OEE from 72% to 85%, and saved Rp 250 million per year in downtime costs based on 10 injection machines. Anomaly detection accuracy reached 92%. IoT-based MIM proved effective for optimizing the injection molding process, in line with Industry 4.0 principles. Challenges such as network connectivity can be overcome with edge computing; recommendations for widespread adoption in Indonesian manufacturing to support sustainable production.

Keywords: IoT, injection molding, lost time, OEE, Industry 4.0

Abstrak

Proses *injection molding* di industri komponen otomotif rentan terhadap *lost time* akibat *downtime* mesin yang tidak terantau, menyebabkan kerugian produktivitas hingga 20% dari waktu operasi. Penelitian ini bertujuan mengimplementasikan *Monitoring Injection Machine* (MIM) berbasis IoT untuk pengendalian *lost time* secara *real-time*. Sistem MIM dikembangkan menggunakan sensor IoT (vibrasi, suhu, tekanan) terhubung ke *mikrokontroler* ESP32 dan platform cloud Thingspeak untuk akuisisi data, analisis prediktif dengan algoritma *machine learning* sederhana (*threshold-based anomaly detection*), serta *dashboard monitoring*. Pengujian lapangan dilakukan di PT. XYZ (perusahaan komponen otomotif) selama 3 bulan pre- dan post-implementasi, dengan pengukuran *lost time* menggunakan formula OEE. Implementasi MIM mengurangi *lost time* dari 2160 menit/bulan menjadi 1020 menit (penurunan 52,8%), meningkatkan OEE dari 72% menjadi 85%, dan menghemat biaya *downtime* Rp 250 juta per tahun berdasarkan 10 mesin *injection*. Akurasi deteksi anomali mencapai 92%. MIM berbasis IoT terbukti efektif untuk optimalisasi proses *injection molding*, sejalan dengan prinsip Industry 4.0. Tantangan seperti konektivitas jaringan dapat diatasi dengan *edge computing*; rekomendasi untuk adopsi luas di manufaktur Indonesia guna mendukung *sustainable production*.

Kata kunci: IoT, injection molding, lost time, OEE, Industry 4.0

Pendahuluan

Dalam proses produksi Perusahaan menggunakan mesin *injection molding*, efisiensi waktu dan kecepatan respons terhadap gangguan merupakan faktor krusial yang mempengaruhi produktivitas perusahaan. Namun, berdasarkan pengamatan awal di lapangan, ditemukan bahwa masih terjadi *lost time* atau waktu henti

mesin yang cukup tinggi dan tidak terdokumentasi dengan baik. Selama ini, pencatatan waktu henti mesin masih dilakukan secara manual oleh operator, yang rentan terhadap keterlambatan input, kesalahan pencatatan, dan kurang akuratnya informasi penyebab terjadinya *downtime*. Selain itu, kurangnya sistem *monitoring* secara *real-time* menyebabkan keterlambatan dalam mendeteksi apabila mesin mengalami gangguan atau berhenti bekerja di luar siklus normal [1]. Hal ini mengakibatkan penanganan masalah sering kali bersifat reaktif, bukan preventif, sehingga memperpanjang durasi mesin tidak beroperasi dan berdampak langsung pada turunnya jumlah Produksi [2]. Di sisi lain, perusahaan belum memiliki sistem yang mampu mengintegrasikan data mesin secara digital dan otomatis ke dalam sebuah platform analitik yang dapat diakses oleh manajemen maupun tim Produksi [3]. Akibatnya, proses evaluasi performa mesin menjadi kurang efektif karena minimnya data historis yang akurat dan dapat diolah untuk analisis lebih lanjut. Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan solusi digital berbasis *Internet of Things* (IoT) [4] yang mampu menghubungkan mesin *injection molding* dengan sistem monitoring dan analitik seperti MIM.365, agar data *downtime*, status mesin, dan performa produksi dapat dipantau secara *real-time* dan terintegrasi. Hal ini diharapkan dapat meningkatkan kecepatan respons terhadap gangguan, meminimalkan *lost time*, serta mendukung pengambilan keputusan berbasis data yang lebih baik [5]. Dalam implementasi sistem Monitoring Injection Machine (MIM.365), berbagai sensor dipasang pada mesin *injection molding* untuk mengumpulkan data secara *real-time* [6], seperti sensor arus, proximity sensor, dan limit switch. Data dari sensor tersebut dikirimkan melalui modul ESP32 [7] dan diolah pada platform MIM.365 untuk ditampilkan dalam bentuk grafik dan indikator performa mesin. Pada umumnya seluruh proses produksi tidak dapat dilaksanakan dengan optimal jika persediaan peralatannya kurang baik dengan permintaan pelanggan. Oleh sebab itu dalam menghasilkan produk berkualitas maka performa, utilitas dari mesin Injection Moulding ini harus dilakukan perbaikan secara rutin serta meningkatkan efektivitas agar tidak terganggunya proses Produksi [8]. Proses produksi yang dilakukan secara terus menerus menyebabkan kinerja mesin menjadi menurun sehingga diperlukan perbaikan berkelanjutan [9]. Sehingga dibutuhkan adanya metode untuk mencegah dan mengatasi masalah kurangnya kinerja mesin. Untuk mengusulkan perbaikan dalam rangka meningkatkan efisiensi produksi, diperlukan perhitungan yang akurat dan tepat [10].

Latar Belakang

Perusahaan merupakan perusahaan manufaktur yang bergerak di bidang produksi komponen otomotif berbahan plastik, dengan salah satu proses produksinya menggunakan mesin *injection molding*. Mesin ini memegang peran penting dalam menghasilkan produk-produk presisi dalam jumlah besar, seperti garnish roof, panel, dan komponen eksterior kendaraan lainnya. Namun, dalam proses operasionalnya, sering ditemukan kondisi *lost time*, yaitu waktu terbuang akibat mesin tidak berjalan sesuai siklus normal produksi. *Lost time* dapat disebabkan oleh beberapa faktor, di antaranya:

1. Produk menempel pada mold (*sticking*).
2. Lama waktu setup dan pergantian mold.
3. Operator lambat merespons gangguan karena pelaporan manual.
4. Kurangnya pemantauan kondisi mesin secara *real-time*.

Permasalahan tersebut berdampak langsung pada penurunan produktivitas, peningkatan biaya operasional, dan tidak tercapainya target produksi. Untuk itu, perlu dilakukan sebuah inovasi sistem monitoring yang dapat mendeteksi dan menganalisis *lost time* secara cepat dan akurat. Penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) menjadi solusi modern dalam mendukung sistem pemantauan performa mesin secara otomatis dan *real-time* [4]. IoT dapat mengintegrasikan sensor pada mesin *injection molding* untuk memantau variabel seperti arus listrik, siklus waktu, serta status mesin, lalu menampilkan data secara visual di dashboard pemantauan. Dengan teknologi ini, Perusahaan diharapkan dapat meminimalkan *lost time*, mempercepat proses pengambilan keputusan, dan mendukung implementasi industri 4.0 di lini produksinya [11].

Permasalahan Saat Ini

Berdasarkan pengamatan langsung di lapangan, ditemukan beberapa permasalahan yang menjadi penyebab utama lost time pada mesin injection molding di Perusahaan :

1. *Downtime* tidak terpantau secara sistematis.
2. *Sticking* menyebabkan keterlambatan dalam pelepasan produk.
3. Waktu *setup mold* cukup lama.
4. Operator tidak segera melaporkan gangguan karena sistem pelaporan manual.
5. Tidak tersedia data real-time dan historis untuk evaluasi dan analisis proses produksi.

Untuk mengetahui penyebab utama terjadinya lost time pada mesin injection molding, dilakukan pencatatan data mingguan yang meliputi *downtime* karena *sticking*, setup time, serta *idle time operator*. Data ini kemudian dijumlahkan untuk memperoleh total *lost time* setiap minggunya. Detail penjelasan dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1 Data *Lost Time* Mingguan Mesin *Injection Molding*

Minggu	<i>Downtime Sticking</i> (menit)	<i>Setup Time</i> (menit)	<i>Idle Time Operator</i> (menit)	<i>Total Lost Time</i> (menit)
1	120	90	60	270
2	100	100	45	245
3	140	85	70	295
4	130	95	50	275

Meningkatkan Efisiensi Produksi: Dengan sistem pemantauan *real-time*, perusahaan dapat mengetahui kapan dan mengapa mesin berhenti, sehingga dapat segera dilakukan tindakan perbaikan [12]. Data yang terekam secara otomatis memungkinkan perusahaan menganalisis akar penyebab lost time dan mengambil langkah preventif untuk menguranginya. Dashboard IoT [13] memberikan informasi langsung yang bisa dimanfaatkan oleh operator, teknisi, dan supervisor untuk bertindak cepat terhadap masalah di mesin. Dengan monitoring yang konsisten[14], proses produksi dapat lebih terjaga kestabilannya, mengurangi produk cacat akibat gangguan mesin yang tidak terdeteksi.

1. Menganalisis jenis dan penyebab lost time yang terjadi pada mesin injection molding.
2. Mendesain sistem monitoring berbasis IoT untuk mesin injection molding.
3. Mengevaluasi efektivitas sistem IoT dalam pengurangan lost time di lini produksi.

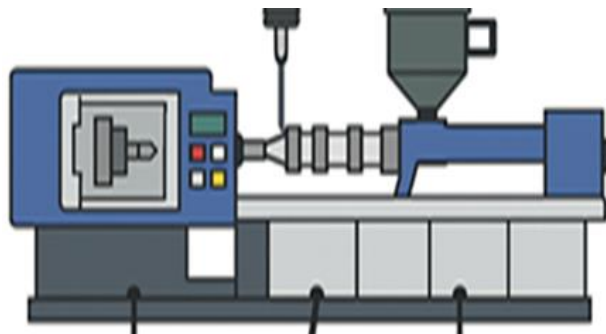
Penerapan teknologi IoT (*Internet of Things*) pada mesin *injection molding* memberikan banyak manfaat dalam meningkatkan efisiensi produksi serta meminimalisasi kendala yang sering muncul pada proses manual. Perbandingan antara permasalahan manual, solusi yang ditawarkan IoT [15], serta manfaat yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2 Manfaat Menggunakan IoT Pada Mesin *Injection*

Permasalahan Manual	Solusi IoT	Manfaat IoT
Mesin berhenti tiba-tiba tanpa terpantau	Sensor monitoring status mesin secara <i>real-time</i>	<i>Downtime</i> lebih cepat terdeteksi
Pelaporan gangguan lambat	Notifikasi otomatis jika terjadi anomali	Respons teknisi lebih cepat
Data tidak tercatat atau tercatat manual	Data terekam otomatis di cloud atau lokal server	Analisis historis menjadi lebih akurat
Tidak ada monitoring waktu siklus aktual	Pencatatan siklus per shot dengan timer otomatis	Mengetahui efisiensi aktual tiap proses injeksi

Metode Penelitian

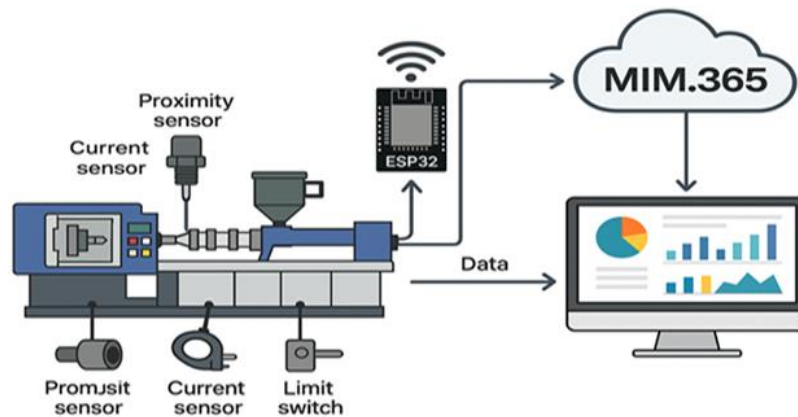
Injection moulding adalah proses pembuatan yang digunakan untuk menghasilkan komponen atau produk dalam jumlah besar, terutama dari bahan plastik. Dalam proses ini, bahan mentah (biasanya dalam bentuk pelet plastik) dipanaskan hingga mencair, kemudian disuntikkan ke dalam cetakan (*mould*) yang berbentuk sesuai dengan desain produk yang diinginkan. Setelah bahan plastik mendingin dan mengeras, produk yang terbentuk dapat dikeluarkan dari cetakan dan siap digunakan. Mesin *injection molding* terdiri dari beberapa komponen utama yang memiliki fungsi masing-masing, mulai dari *hopper* sebagai tempat masuknya material, *barrel* dan *screw* untuk proses plastisasi, hingga *mold* sebagai cetakan produk. Setiap bagian memiliki peranan penting dalam menghasilkan produk plastik yang sesuai dengan spesifikasi. Detail penjelasan mengenai bagian-bagian mesin *injection molding* dapat dilihat pada Gambar 1 berikut :



Gambar 1 Mesin Injection

Hasil dan Pembahasan

Dalam proses produksi menggunakan mesin *injection molding*, efisiensi waktu dan kecepatan respons terhadap gangguan merupakan faktor krusial yang mempengaruhi produktivitas perusahaan. Namun, berdasarkan pengamatan awal di lapangan, ditemukan bahwa masih terjadi *lost time* atau waktu henti mesin yang cukup tinggi dan tidak terdokumentasi dengan baik. Selama ini, pencatatan waktu henti mesin masih dilakukan secara manual oleh operator, yang rentan terhadap keterlambatan input, kesalahan pencatatan, dan kurang akuratnya informasi penyebab terjadinya *downtime*. Selain itu, kurangnya sistem monitoring secara *real-time* menyebabkan keterlambatan dalam mendeteksi apabila mesin mengalami gangguan atau berhenti bekerja di luar siklus normal. Hal ini mengakibatkan penanganan masalah sering kali bersifat reaktif, bukan preventif, sehingga memperpanjang durasi mesin tidak beroperasi dan berdampak langsung pada turunnya jumlah produksi. Di sisi lain, perusahaan belum memiliki sistem yang mampu mengintegrasikan data mesin secara digital dan otomatis ke dalam sebuah platform analitik yang dapat diakses oleh manajemen maupun tim produksi. Akibatnya, proses evaluasi performa mesin menjadi kurang efektif karena minimnya data historis yang akurat dan dapat diolah untuk analisis lebih lanjut. Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan solusi digital berbasis *Internet of Things (IoT)* yang mampu menghubungkan mesin *injection molding* dengan sistem monitoring dan analitik seperti MIM.365, agar data *downtime*, status mesin, dan performa produksi dapat dipantau secara *real-time* dan terintegrasi. Hal ini diharapkan dapat meningkatkan kecepatan respons terhadap gangguan, meminimalkan *lost time*, serta mendukung pengambilan keputusan berbasis data yang lebih baik. Dalam implementasi sistem *Monitoring Injection Machine (MIM.365)*, berbagai sensor dipasang pada mesin *injection molding* untuk mengumpulkan data secara *real-time*, seperti sensor arus, proximity sensor, dan *limit switch*. Data dari sensor tersebut dikirimkan melalui modul ESP32 dan diolah pada platform MIM.365 untuk ditampilkan dalam bentuk grafik dan indikator performa mesin. Detail rancangan sistem dapat dilihat pada Gambar 2 berikut:



Gambar 2 Mesin Injection dengan IoT Device

Flow Kerja Sistem IoT ke MIM.365

1. Sensor Terpasang di Mesin Injection; Sensor seperti limit switch dan proximity mendeteksi status mold (terbuka, tertutup, diam).
2. Pengolahan oleh Microcontroller (ESP32); Data dari sensor diterima dan diolah oleh mikrokontroler berbasis IoT (ESP32/NodeMCU).
3. Pengiriman Data via Internet / WiFi ; Data dikirim melalui jaringan WiFi ke server cloud milik MIM.365.
4. Data Masuk ke Dashboard MIM.365; Informasi status mesin, waktu berhenti, dan *running time* langsung ditampilkan secara real-time dalam dashboard berbasis web.
5. Pemantauan dan Analisis; Tim produksi, engineering, dan manajer bisa memantau langsung dan mengambil tindakan cepat jika terjadi *downtime*.

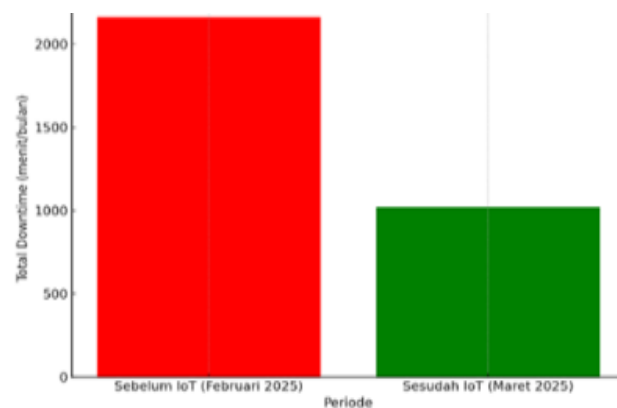
Pembahasan

Berdasarkan hasil pengamatan dan implementasi sistem, ditemukan bahwa sebelum penggunaan IoT dan MIM.365, pencatatan *downtime* pada mesin injection dilakukan secara manual oleh operator. Hal ini menyebabkan terjadinya beberapa kendala seperti keterlambatan pelaporan, data yang tidak lengkap, dan sulitnya melakukan analisis tren *downtime*. Setelah sistem IoT terpasang, sensor mampu membaca status mesin saat mold terbuka, tertutup, atau tidak beroperasi. Data ini dikirim secara otomatis ke platform MIM.365, yang kemudian menampilkan status mesin dalam bentuk visual grafik dan indikator waktu. Melalui dashboard ini, tim produksi dapat mengetahui secara langsung kapan mesin berhenti, berapa lama durasi berhentinya, dan dapat memberikan tindakan lebih cepat terhadap gangguan. Selain itu, sistem juga merekam histori waktu henti per shift, per hari, hingga per bulan, yang memudahkan manajemen dalam melakukan evaluasi performa produksi. Data historis ini juga menjadi dasar untuk mendeteksi penyebab *downtime* yang berulang, misalnya karena keterlambatan material, mold macet, atau sensor safety aktif. Penerapan sistem IoT yang terhubung dengan MIM.365 terbukti memberikan dampak positif terhadap efisiensi kerja mesin injection molding.

Tabel 2 Perbandingan *Downtime* Mesin Injection Molding Sebelum dan Sesudah Penerapan IoT

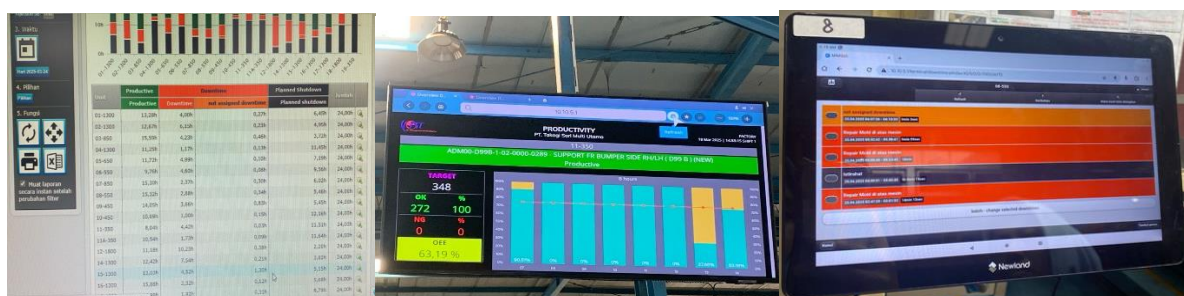
Periode	Total <i>Downtime</i> (menit/bulan)	Rata-rata <i>Downtime</i> per Hari (menit)
Sebelum IoT (februari 2025)	2.160 menit	72 menit
Sesudah IoT (Maret 2025)	1.020 menit	34 menit
Penurunan	1.140 menit (52.8%)	38 menit (52.8%)

Operator tidak perlu lagi mencatat secara manual, sedangkan supervisor dan manajer produksi dapat memantau performa mesin kapan saja dan di mana saja, selama terhubung ke sistem. Setelah penerapan sistem IoT yang terintegrasi dengan MIM.365, dilakukan pengamatan terhadap data *downtime* mesin injection molding selama 1 bulan sebelum dan sesudah sistem dijalankan. Hasilnya menunjukkan adanya penurunan signifikan pada total waktu henti mesin. Penurunan waktu henti mesin sebesar 1.140 menit per bulan atau sekitar 52,8% menunjukkan bahwa sistem mampu secara signifikan meningkatkan efisiensi operasional. Beberapa faktor penyebab keberhasilan ini antara lain: Pencatatan *downtime* otomatis oleh sensor dan mikrokontroler, sehingga tidak tergantung pada input manual dari operator, Notifikasi *real-time* di dashboard MIM.365 memungkinkan tim produksi segera menangani gangguan begitu terjadi. Analisis historis *downtime* membantu manajemen mengidentifikasi penyebab berulang dan merencanakan tindakan korektif secara lebih tepat sasaran. Dengan sistem ini, perusahaan tidak hanya mengurangi lost time, tetapi juga meningkatkan kecepatan pengambilan keputusan, transparansi performa mesin, dan efektivitas evaluasi produksi secara keseluruhan. Penjelasan penurunan lost time dapat dilihat pada gambar 3 sebagai berikut :



Gambar 3 Grafik Penurunan *Lost Time Downtime* Mesin *Injection Molding*

Hasil Implementasi di machine dapat di lihat secara realtime pada dashboard monitoring, dapat dilihat pada gambar 4 sebagai berikut:



Gambar 4 *Monitoring Dashboard Lost Time* dengan *Smart Device*

Kesimpulan

Berdasarkan kegiatan penelitian yang telah dilaksanakan, dapat disimpulkan bahwa implementasi sistem *Monitoring Injection Machine* (MIM) berbasis IoT memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan efisiensi proses produksi pada mesin injection molding. Sistem ini mampu melakukan pemantauan terhadap parameter operasional mesin secara *real-time*, terutama dalam mengidentifikasi dan merekam *lost time* yang terjadi selama proses produksi. Sebelum penggunaan IoT, total *Down Time* (DT) : 2.160 menit/bulan, rata-rata DT hari : 72 menit/hari, Setelah dilakukan penggunaan IoT DT : 1.020 menit/bulan, rata-rata DT: 34 menit/hari, sehingga terjadi pencapaian penurunan DT : 52%, Dengan adanya data yang akurat dan terintegrasi melalui platform MIM.365, tim produksi dapat dengan lebih cepat melakukan analisis akar masalah dan pengambilan keputusan yang lebih tepat untuk meminimalkan waktu henti mesin. Hal ini tentunya berdampak positif terhadap peningkatan produktivitas dan efektivitas kerja, serta mendukung upaya perusahaan dalam penerapan prinsip industri 4.0.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan Terima Kasih disajikan secara singkat sebagai bentuk apresiasi terhadap pihak-pihak meliputi Lembaga pemberi dana, mitra kerja, dan perorangan yang berkontribusi dalam penelitian ini.

Daftar Rujukan

- [1] I. Of *et al.*, "IMPLEMENTATION OF IOT IN IMPROVING THE EFFICIENCY OF," pp. 197–205, 2024.
- [2] M. Ángel *et al.*, "Precision Agriculture 4.0: Implementation of IoT, AI, and Sensor Networks for Tomato Crop Prediction," vol. 6, no. 2, pp. 172–181, 2024, doi: 10.12928/biste.v6i2.10954.
- [3] A. Petrillo and M. Rehman, "applied sciences Digital and Sustainable Transition in Textile Industry through Internet of Things Technologies : A Pakistani Case Study," 2024.
- [4] T. Yousif and W. El-medany, "Development and Hardware Implementation of IoT-Based Patrol Robot for Remote Gas Leak Inspection," pp. 279–292.
- [5] B. Sundareshan and R. K. R, "Sistem Pemeliharaan Otonom Digital untuk Pemantauan dan Inspeksi Fungsi Mesin yang Efisien di Industri Halaman No.," vol. XI, pp. 173–179, 2020.
- [6] J. Yang, Y. H. Son, D. Lee, and S. Do Noh, "Digital Twin-Based Integrated Assessment of Flexible and Reconfigurable Automotive Part Production Lines," *Machines*, vol. 10, no. 2, 2022, doi: 10.3390/machines10020075.
- [7] L. Najem, A. Khudhur, A. Abdulmahdi, and J. Chlaihawi, "Design and implementation of IoT-based soft starter for induction motor," vol. 16, no. 4, pp. 2170–2177, 2025, doi: 10.11591/ijpeds.v16.i4.pp2170-2177.
- [8] P. T. Xyz, "Analisis Efektivitas pada Mesin Injection Moulding Model SUMITOMO SE50EV-A dengan Metode OEE dan," vol. 3, 2025.
- [9] B. J. Barat, "Hal. 1591," vol. 3, no. 6, pp. 1591–1598, 2025.
- [10] E. Eftivenes, S. Big, and U. D. Jadi, "As-Syirkah : Islamic Economics & Finacial Journal," vol. 3, pp. 1706–1715, 2024, doi: 10.56672/assyirkah.v3i3.331.
- [11] M. Ghobakhloo and M. Iranmanesh, "Digital transformation success under Industry 4.0: a strategic guideline for manufacturing SMEs," *J. Manuf. Technol. Manag.*, vol. 32, no. 8, pp. 1533–1556, 2021, doi: 10.1108/JMTM-11-2020-0455.

- [12] J. C. Meca Vital and C. R. Camello Lima, "Total Productive Maintenance and the Impact of Each Implemented Pillar in the Overall Equipment Effectiveness," *Int. J. Eng. Manag. Res.*, vol. 10, no. 02, pp. 142–150, 2020, doi: 10.31033/ijemr.10.2.17.
- [13] M. Sabarinathan, B. Sundareshan, R. K. R, and K. Kalirajan, "ISSN NO : 0042-9945 Digital Autonomous Maintenance System for Efficient Monitoring and Inspection of Machinery Functionalities in Industries," vol. XI, no. Vi, pp. 173–179, 2020.
- [14] E. Zero, M. Sallak, and R. Sacile, "Predictive Maintenance in IoT-Monitored Systems for Fault Prevention," *J. Sens. Actuator Networks*, vol. 13, no. 5, 2024, doi: 10.3390/jsan13050057.
- [15] M. Mołęda, B. Malysiak-Mrozek, W. Ding, V. Sunderam, and D. Mrozek, "From Corrective to Predictive Maintenance—A Review of Maintenance Approaches for the Power Industry," *Sensors*, vol. 23, no. 13, 2023, doi: 10.3390/s23135970.