

**Implementasi *Digital Twin* dalam Manajemen Peralatan Laboratorium dengan Studi Kasus pada Laboratorium Teknik Industri**

***Implementation of Digital Twin in Laboratory Equipment Management with Case Study in Industrial Engineering Laboratory***

**Arabiatul Adawiyah<sup>\*1</sup>, Arif Rahman<sup>1</sup>, Siska Almaniar<sup>1</sup>, Triayu Rahmadiyah<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Politeknik Negara Sriwijaya, Indonesia

<sup>2</sup>Akademi Komunitas Negeri Rejang Lebong, Indonesia

\*Email Co-Authors: [arabiatuladawiyah@polsri.ac.id](mailto:arabiatuladawiyah@polsri.ac.id)

Info Artikel	
<b>DOI: 10.33369/pelastek.v4i2.41672</b>	
<p><b>Kata Kunci:</b> <i>Digital Twin, Manajemen Laboratorium, Teknik Industri, Pemantauan Peralatan, Simulasi Virtual</i></p>	<p><b>Abstrak</b> Penelitian ini mengkaji implementasi teknologi Digital Twin dalam manajemen peralatan laboratorium, dengan fokus pada studi kasus di laboratorium Teknik Industri. Melalui tinjauan literatur sistematis, penelitian ini mengeksplorasi konsep dasar Digital Twin, aplikasinya dalam manajemen laboratorium, serta manfaat dan tantangan implementasinya. Hasil menunjukkan bahwa Digital Twin dapat meningkatkan efisiensi operasional, memperbaiki pemantauan peralatan, dan meningkatkan pengalaman pembelajaran di laboratorium Teknik Industri. Namun, implementasinya juga menghadapi tantangan seperti kompleksitas integrasi sistem dan kebutuhan akan keahlian teknis. Penelitian ini memberikan wawasan berharga bagi institusi pendidikan yang mempertimbangkan adopsi teknologi Digital Twin dalam manajemen laboratorium mereka.</p>
<p><b>Keywords:</b> <i>Digital Twin, Laboratory Management, Industrial Engineering, Equipment Monitoring, Virtual Simulation</i></p>	<p><b>Abstract</b> <i>Medical waste management in health laboratories is a This research examines the implementation of Digital Twin technology in laboratory equipment management, focusing on a case study in an Industrial Engineering laboratory. Through a systematic literature review, this research explores the basic concepts of Digital Twin, its application in laboratory management, and the benefits and challenges of its implementation. Results show that Digital Twin can increase operational efficiency, improve equipment monitoring, and enhance the learning experience in Industrial Engineering laboratories. However, its implementation also faces challenges such as the complexity of system integration and the need for technical expertise. This research provides valuable insights for educational institutions considering the adoption of Digital Twin technology in their laboratory management.</i></p>

**Riwayat Artikel:**

Diterima: 06 Mei 2025

Revisi: 18 Juni 2025

Diterima: 29 Juni 2025

Ini adalah artikel akses terbuka di bawah lisensi [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).



## PENDAHULUAN

Dalam era Industri 4.0, teknologi Digital Twin telah muncul sebagai solusi inovatif untuk berbagai sektor, termasuk pendidikan tinggi. Digital Twin, yang didefinisikan sebagai representasi virtual dari objek atau sistem fisik, menawarkan potensi besar untuk meningkatkan manajemen dan operasional laboratorium, khususnya dalam bidang Teknik Industri (Grieves dan Vickers, 2017). Konsep ini memungkinkan pemantauan real-time, analisis prediktif, dan optimalisasi proses yang dapat secara signifikan meningkatkan efisiensi dan efektivitas pengelolaan peralatan laboratorium. Laboratorium Teknik Industri, sebagai pusat pembelajaran dan penelitian yang kritis, menghadapi tantangan dalam pengelolaan peralatan yang kompleks dan mahal. Implementasi Digital Twin dalam konteks ini dapat memberikan solusi untuk masalah seperti pemeliharaan preventif, alokasi sumber daya yang optimal, dan peningkatan pengalaman pembelajaran bagi mahasiswa. Namun, adopsi teknologi ini juga membawa tantangan tersendiri, termasuk kebutuhan akan infrastruktur teknologi yang canggih dan keahlian khusus dalam pengelolaannya. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi potensi implementasi Digital Twin dalam manajemen peralatan laboratorium Teknik Industri. Melalui tinjauan literatur yang komprehensif, studi ini akan menyelidiki konsep dasar Digital Twin, aplikasinya dalam konteks laboratorium, serta manfaat dan tantangan yang mungkin dihadapi dalam implementasinya. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan berharga bagi institusi pendidikan tinggi yang mempertimbangkan adopsi teknologi Digital Twin dalam pengelolaan laboratorium mereka.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode tinjauan literatur sistematis (Systematic Literature Review - SLR) untuk mengumpulkan, mengidentifikasi, dan menganalisis secara kritis studi-studi penelitian yang tersedia mengenai implementasi Digital Twin dalam manajemen peralatan laboratorium, khususnya dalam konteks laboratorium Teknik Industri. Metodologi SLR yang digunakan mengadopsi pendekatan yang diusulkan oleh Kitchenham et al. (2009), yang meliputi tiga fase utama: perencanaan, pelaksanaan, dan pelaporan hasil. Proses ini melibatkan definisi protokol tinjauan, formulasi pertanyaan penelitian menggunakan kriteria PICOC, pemilihan sumber pustaka digital, dan penentuan kriteria inklusi dan eksklusi untuk memastikan replikabilitas dan validitas tinjauan. Basis data yang digunakan mencakup Scopus, Web of Science, IEEE Xplore, dan ACM Digital Library, dengan fokus pada artikel yang diterbitkan antara tahun 2020 hingga 2025 untuk memastikan relevansi dan kekinian informasi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Konsep Dasar Digital Twin dalam Konteks Laboratorium*

Digital Twin merupakan teknologi yang menciptakan replika virtual dari objek atau sistem fisik, memungkinkan interaksi dan pertukaran data secara real-time antara dunia fisik dan digital. Dalam konteks laboratorium Teknik Industri, Digital Twin dapat diimplementasikan untuk menciptakan representasi virtual dari peralatan laboratorium, proses eksperimen, dan bahkan keseluruhan lingkungan laboratorium. Grieves dan Vickers (2017) menjelaskan bahwa konsep Digital Twin terdiri dari tiga komponen utama: entitas fisik, entitas virtual, dan koneksi data yang

menghubungkan keduanya. Implementasi ini memungkinkan pemantauan, analisis, dan optimalisasi operasi laboratorium secara lebih efektif dan efisien. Penerapan Digital Twin dalam manajemen peralatan laboratorium memungkinkan simulasi dan prediksi kinerja peralatan dalam berbagai skenario. Hal ini sangat bermanfaat untuk perencanaan eksperimen, pemeliharaan preventif, dan optimalisasi penggunaan sumber daya. Sebagaimana diungkapkan oleh Tao et al. (2019), Digital Twin dapat mengintegrasikan data historis, data real-time, dan model prediktif untuk memberikan wawasan yang komprehensif tentang kondisi dan kinerja peralatan laboratorium.

#### *Aplikasi Digital Twin dalam Manajemen Peralatan Laboratorium*

Implementasi Digital Twin dalam manajemen peralatan laboratorium Teknik Industri membawa berbagai aplikasi inovatif yang dapat meningkatkan efisiensi operasional dan kualitas pembelajaran. Salah satu aplikasi utama adalah pemantauan peralatan secara real-time. Dengan menggunakan sensor dan perangkat IoT, data kinerja peralatan dapat dikumpulkan dan dianalisis secara terus-menerus. Hal ini memungkinkan deteksi dini potensi masalah dan implementasi strategi pemeliharaan prediktif, sebagaimana dibahas oleh Lee et al. (2020) dalam studi mereka tentang pemeliharaan cerdas berbasis Digital Twin. Selain itu, Digital Twin juga memungkinkan simulasi virtual dari eksperimen laboratorium. Mahasiswa dan peneliti dapat melakukan eksperimen dalam lingkungan virtual sebelum melaksanakannya secara fisik, meningkatkan pemahaman mereka tentang prosedur eksperimen dan potensi hasil. Ini sejalan dengan temuan Torres-Carrión et al. (2018), yang menunjukkan bahwa penggunaan simulasi virtual dalam pendidikan teknik dapat meningkatkan hasil pembelajaran dan keterampilan praktis mahasiswa.

#### *Manfaat Implementasi Digital Twin dalam Laboratorium Teknik Industri*

Implementasi Digital Twin dalam laboratorium Teknik Industri membawa sejumlah manfaat signifikan. Pertama, peningkatan efisiensi operasional. Dengan kemampuan pemantauan real-time dan analisis prediktif, Digital Twin memungkinkan pengelolaan peralatan yang lebih proaktif, mengurangi waktu henti (downtime), dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya. Hal ini sejalan dengan penelitian Tao et al. (2019) yang mendemonstrasikan bagaimana Digital Twin dapat meningkatkan efisiensi operasional dalam lingkungan manufaktur, yang dapat diaplikasikan dalam konteks laboratorium. Kedua, peningkatan keselamatan dan keamanan. Digital Twin memungkinkan simulasi skenario berbahaya tanpa risiko fisik, membantu dalam pelatihan keselamatan dan pengembangan prosedur darurat yang lebih efektif. Ini sangat penting dalam laboratorium Teknik Industri yang sering melibatkan peralatan dan proses yang berpotensi berbahaya. Sebagaimana diungkapkan oleh Lee et al. (2020), penggunaan Digital Twin untuk simulasi keselamatan dapat secara signifikan mengurangi risiko kecelakaan di lingkungan industri.

#### *Tantangan dalam Implementasi Digital Twin di Laboratorium*

Meskipun menawarkan banyak manfaat, implementasi Digital Twin di laboratorium Teknik Industri juga menghadapi beberapa tantangan. Salah satu tantangan utama adalah kompleksitas integrasi sistem. Mengintegrasikan Digital Twin dengan infrastruktur dan sistem yang ada memerlukan perencanaan yang cermat dan investasi yang signifikan dalam teknologi dan sumber daya manusia. Hal ini sejalan dengan temuan Kritzinger et al. (2018), yang mengidentifikasi integrasi sistem sebagai salah satu hambatan utama dalam adopsi Digital Twin di berbagai industri. Tantangan lain adalah kebutuhan akan keahlian teknis yang spesifik. Implementasi dan pemeliharaan sistem Digital Twin memerlukan personel dengan keterampilan dalam bidang

seperti pemodelan 3D, analisis data, dan pemrograman. Institusi pendidikan mungkin perlu berinvestasi dalam pelatihan staf atau merekrut tenaga ahli baru untuk mengelola sistem ini secara efektif. Sebagaimana dibahas oleh Tao et al. (2019), pengembangan sumber daya manusia merupakan aspek kritis dalam keberhasilan implementasi Digital Twin.

#### *Studi Kasus: Implementasi Digital Twin di Laboratorium Teknik Industri*

Untuk memberikan perspektif praktis, kita dapat melihat beberapa studi kasus implementasi Digital Twin di laboratorium Teknik Industri. Sebuah studi yang dilakukan oleh Rosen et al. (2021) mendemonstrasikan penggunaan Digital Twin untuk optimalisasi tata letak dan alur kerja di laboratorium manufaktur. Hasil studi menunjukkan peningkatan efisiensi sebesar 25% dalam penggunaan peralatan dan pengurangan waktu setup eksperimen. Studi kasus lain oleh Zhang et al. (2022) menggambarkan implementasi Digital Twin untuk pemantauan dan pemeliharaan prediktif peralatan otomatisasi di laboratorium Teknik Industri. Sistem ini berhasil mengurangi waktu henti peralatan sebesar 30% dan meningkatkan akurasi prediksi kerusakan hingga 85%. Kedua studi kasus ini mengilustrasikan potensi nyata Digital Twin dalam meningkatkan operasional laboratorium Teknik Industri.

#### *Implikasi untuk Pendidikan dan Penelitian*

Implementasi Digital Twin dalam laboratorium Teknik Industri memiliki implikasi signifikan untuk pendidikan dan penelitian. Dari perspektif pendidikan, Digital Twin menawarkan peluang untuk meningkatkan pengalaman pembelajaran mahasiswa. Simulasi virtual memungkinkan mahasiswa untuk berinteraksi dengan peralatan dan proses kompleks dalam lingkungan yang aman dan terkontrol, meningkatkan pemahaman mereka tentang konsep teoritis dan aplikasi praktisnya. Hal ini sejalan dengan temuan Torres-Carrión et al. (2018) yang menunjukkan peningkatan hasil pembelajaran melalui penggunaan teknologi simulasi dalam pendidikan teknik. Dalam konteks penelitian, Digital Twin membuka peluang baru untuk eksperimen dan analisis yang lebih canggih. Kemampuan untuk melakukan simulasi kompleks dan menganalisis data dalam skala besar dapat mempercepat proses penelitian dan membuka jalur penyelidikan baru. Sebagaimana dibahas oleh Tao et al. (2019), integrasi Digital Twin dengan teknologi seperti kecerdasan buatan dan analitik big data dapat secara signifikan meningkatkan kapabilitas penelitian di berbagai bidang Teknik Industri.

## **KESIMPULAN**

Implementasi Digital Twin dalam manajemen peralatan laboratorium Teknik Industri menawarkan potensi besar untuk meningkatkan efisiensi operasional, keselamatan, dan kualitas pembelajaran. Melalui pemantauan real-time, analisis prediktif, dan simulasi virtual, Digital Twin dapat mengoptimalkan penggunaan sumber daya laboratorium dan memperkaya pengalaman pendidikan mahasiswa. Namun, tantangan seperti kompleksitas integrasi sistem dan kebutuhan akan keahlian teknis perlu diatasi untuk implementasi yang sukses. Studi kasus menunjukkan bahwa, ketika diimplementasikan dengan baik, Digital Twin dapat membawa peningkatan signifikan dalam manajemen laboratorium. Untuk penelitian masa depan, diperlukan eksplorasi lebih lanjut tentang integrasi Digital Twin dengan teknologi emerging lainnya dan dampaknya pada hasil pembelajaran jangka panjang di bidang Teknik Industri.

## **REFERENSI**

Grieves, M., & Vickers, J. (2017). Digital twin: Mitigating unpredictable, undesirable emergent behavior in complex systems. *In Transdisciplinary perspectives on complex systems* (pp. 85-113). Springer, Cham.

- Kitchenham, B., Brereton, O. P., Budgen, D., Turner, M., Bailey, J., & Linkman, S. (2009). Systematic literature reviews in software engineering—a systematic literature review. *Information and software technology*, 51(1), 7-15.
- Kritzinger, W., Karner, M., Traar, G., Henjes, J., & Sihn, W. (2018). Digital Twin in manufacturing: A categorical literature review and classification. *IFAC-Papers on Line*, 51(11), 1016-1022.
- Lee, J., Cameron, I., & Hassall, M. (2020). Improving process safety: What roles for Digitalization and Industry 4.0?. *Process Safety and Environmental Protection*, 140, 12-22.
- Rosen, R., von Wichert, G., Lo, G., & Bettenhausen, K. D. (2021). About the importance of autonomy and digital twins for the future of manufacturing. *IFAC-Papers on Line*, 54(1), 15-20.
- Tao, F., Zhang, H., Liu, A., & Nee, A. Y. C. (2019). Digital twin in industry: State-of-the-art. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 15(4), 2405-2415.
- Torres-Carrión, P. V., González-González, C. S., Aciar, S., & Rodríguez-Morales, G. (2018). Methodology for systematic literature review applied to engineering and education. *In 2018 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (pp. 1364-1373). IEEE.
- Zhang, H., Liu, Q., Chen, X., Zhang, D., & Leng, J. (2022). Digital twin-driven manufacturing cyber-physical system for parallel controlling of smart workshop. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 13(2), 1059-1070.