

Pelatihan Simulasi Menggunakan Software Flexsim

Simulation Training Using Flexsim Software

Muhammad Ari Kurniawan^{1*}, Wahyu Sidiq Saputra¹, Ezar Amrullah¹, Adhisty Kartika Dewi¹

¹Teknik Industri, Universitas Selamat Sri, Kendal

*Korespondensi: arikurniawan19a@gmail.com

Info Artikel

Diterima:

27 Mei 2025

Disetujui:

31 Desember 2025

ABSTRAK

Seiring perkembangan industri yang sangat pesat, seringkali sektor manufaktur menggunakan teknologi dalam mengembangkan usahanya. Untuk mencukupi pesatnya perkembangan dalam teknologi perlu adanya kemampuan untuk mengoperasikan perangkat lunak atau *software* simulasi. Pelatihan penerapan ilmu pengetahuan dan teknologi bagi masyarakat ini diselenggarakan dengan tujuan utama untuk meningkatkan kompetensi mahasiswa, khususnya dalam bidang simulasi tata letak industri. Kegiatan ini dirancang untuk mengatasi kesenjangan antara kurikulum perkuliahan dan kebutuhan dunia industri yang terus berkembang, khususnya dalam pemanfaatan teknologi simulasi berbasis perangkat lunak. Adapun tujuan spesifik dari pelatihan ini meliputi: (1) meningkatkan pemahaman mahasiswa mengenai konsep dasar dan penerapan simulasi tata letak; (2) mengembangkan keterampilan dalam merancang tata letak sistem industri secara sistematis dan Visualisasi dalam bentuk 3D yang dihasilkan melalui perangkat lunak Flexsim sangat bermanfaat dalam memberikan gambaran yang lebih realistis dan rinci mengenai proses dan alur kerja di lingkungan industri. Pelatihan ini dimulai dengan penyampaian informasi dan edukasi mengenai konsep dasar serta penerapan model simulasi tata letak menggunakan Flexsim melalui kegiatan daring selanjutnya untuk pelaksanaan pelatihan simulasi menggunakan software Flexsim untuk pembuatan *layout* industri dilaksanakan secara hybrid, yaitu melalui kombinasi metode daring dan luring, guna memberikan fleksibilitas dan aksesibilitas yang lebih luas bagi seluruh peserta. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa pelatihan Flexsim ini berhasil meningkatkan kompetensi peserta dalam memahami konsep simulasi. Para peserta menunjukkan antusiasme dan kesungguhan yang tinggi selama proses pelatihan berlangsung. Tingkat pemahaman peserta terhadap materi tergolong baik, yang terlihat dari inisiatif mereka untuk membeli perangkat komputer atau laptop sendiri agar dapat mempelajari perangkat lunak Flexsim secara mandiri di rumah.

Kata kunci: simulasi, modeling, tata letak, flexsim

ABSTRACT

With the rapid development of the industry, the manufacturing sector frequently utilizes technology to advance its operations. To keep pace with rapid technological advancements, it is essential to have the ability to operate simulation software. This training on applying science and technology for the community is organised to enhance students' competencies, particularly in industrial layout simulation. This activity bridges the gap between the academic curriculum and the ever-evolving needs of the industrial world, particularly in utilizing software-based simulation technology. The specific objectives of this training include: (1) enhancing students' understanding of the basic concepts and applications of layout simulation; (2) developing skills in systematically designing industrial system layouts. Visualisation in the form of 3D generated through Flexsim software provides a more realistic and detailed depiction of processes and workflows in industrial environments. This training begins with delivering information and education on basic concepts and applying layout simulation models using Flexsim through online activities. Subsequently, the simulation training using Flexsim software for industrial layout creation is conducted in a hybrid manner, combining online and offline methods to provide greater flexibility and accessibility for all participants. The evaluation results showed that the Flexsim training successfully improved participants' ability to understand simulation concepts. The participants showed high enthusiasm and seriousness during the training process. The participants' level of understanding of the



This is an open-access article under the [CC BY-NC](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) 4.0 license.

material was good, as evidenced by their initiative to purchase their computer or laptop to learn Flexsim software independently at home.

Keywords: *simulation, modelling, layout design, FlexSim*

1. Pendahuluan

Flexsim merupakan perangkat lunak simulasi yang dirancang untuk memodelkan sistem tata letak dengan visualisasi dalam bentuk animasi virtual tiga dimensi (3D) (Kurniawan et al., 2021), perangkat lunak ini digunakan sebagai alat bantu dalam melakukan simulasi berbagai alternatif tata letak, guna menentukan model yang paling optimal untuk diimplementasikan dalam sistem nyata (Tordecilla et al., 2020), perangkat lunak Flexsim digunakan untuk mensimulasikan tata letak pergudangan, sehingga memungkinkan pengguna untuk memvisualisasikan dan menganalisis alur serta jarak perpindahan material secara lebih sistematis dan terukur (Malonda & Wati, 2023). Flexsim merupakan perangkat lunak berbasis simulasi yang mengadopsi prinsip antarmuka *drag and drop*, sehingga menyediakan berbagai fitur yang lengkap dan inovatif. Perangkat lunak ini digunakan untuk membangun model sistem dengan representasi visual dalam bentuk tiga dimensi (3D), yang memungkinkan pengguna untuk mengamati secara lebih rinci aspek-aspek seperti alur produksi maupun potensi inefisiensi dalam sistem. Flexsim memiliki aplikasi luas dalam berbagai bidang, termasuk manufaktur, logistik, layanan kesehatan, dan sektor lainnya, sebagai alat bantu dalam menganalisis dan menyelesaikan permasalahan operasional (Irvan et al., 2022).

Pelatihan penggunaan perangkat lunak Flexsim menjadi suatu kebutuhan strategis dalam mendukung mahasiswa Program Studi Teknik Industri untuk mengembangkan kemampuan dalam mensimulasikan tata letak (*layout*) sistem industri secara efektif. Berdasarkan hasil observasi awal, ditemukan beberapa permasalahan utama yang menjadi dasar perlunya dilaksanakan kegiatan pengabdian kepada masyarakat dalam bentuk pelatihan Flexsim, yaitu:

1. Sebagian besar mahasiswa Teknik Industri belum memiliki pengetahuan atau keterampilan dasar dalam menggunakan perangkat lunak Flexsim. Bahkan, ditemukan

pula beberapa mahasiswa yang masih belum mahir dalam pengoperasian komputer secara umum. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan kompetensi teknologi yang perlu diatasi melalui program pelatihan terstruktur.

2. Terdapat kebutuhan mendesak bagi mahasiswa Teknik Industri untuk dapat melakukan simulasi tata letak sistem produksi dan pergudangan secara tiga dimensi (3D). Visualisasi dalam bentuk 3D yang dihasilkan melalui perangkat lunak Flexsim sangat bermanfaat dalam memberikan gambaran yang lebih realistis dan rinci mengenai proses dan alur kerja di lingkungan industri.

Identifikasi dan penentuan prioritas permasalahan dilakukan melalui proses observasi langsung serta wawancara bersama pihak mitra. Dalam proses tersebut, kedua belah pihak melakukan diskusi bersama untuk mengkaji permasalahan yang ada, kemudian secara kolaboratif merumuskan solusi yang tepat sesuai dengan kebutuhan dan kondisi mitra. Dari hasil rumusan masalah tersebut pihak mitra membutuhkan pelatihan perangkat lunak menggunakan *software* Flexsim.

2. Metode Kegiatan

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) ini dilaksanakan pada tanggal 25 November 2024 dengan sasaran utama mahasiswa Program Studi Teknik Industri serta peserta umum yang memiliki ketertarikan dalam bidang simulasi sistem industri. Pelaksanaan kegiatan mencakup Daring, dan pelatihan secara langsung (*luring*).

Fokus utama kegiatan ini adalah pelatihan penggunaan perangkat lunak Flexsim, yang bertujuan untuk meningkatkan kompetensi peserta dalam melakukan simulasi model tata letak (*layout*) sistem industri secara efektif dan berbasis visualisasi tiga dimensi. Adapun rangkaian kegiatan yang dilaksanakan meliputi:

1. Penyampaian informasi dan edukasi mengenai konsep dasar serta penerapan model simulasi

tata letak menggunakan Flexsim melalui kegiatan daring.

2. Pelaksanaan pelatihan simulasi *layout* secara hybrid, yaitu melalui kombinasi metode daring dan luring, guna memberikan fleksibilitas dan aksesibilitas yang lebih luas bagi seluruh peserta.

3. Hasil Dan Pembahasan

Menurut Pawlak & Fornalczyk, (2025) proses manufaktur memiliki karakteristik dengan tingkat kerumitan yang tinggi dan rentan terpengaruh oleh dinamika faktor eksternal yang sulit diprediksi. Lee et al., (2025) meneruskan bahwa proses produksi tradisional dibatasi oleh ketidakpastian waktu pemrosesan, yang menyebabkan penundaan dan pemborosan sumber daya. Namun, penerapan teknologi cerdas dalam proses produksi tradisional terhambat karena perusahaan harus mengoptimalkan aliran nilai mereka untuk meningkatkan prediksi waktu pemrosesan. Kemudian, menurut Ahmad et al., (2025) perusahaan dewasa ini dihadapkan pada suatu keadaan proses produksi yang imperatif yang berorientasi pada peningkatan produksi agar permintaan per hari dapat terpenuhi. Meningkatkan efektivitas proses di lini produksi menjadi tantangan yang tidak mudah. Dalam manufaktur cerdas (*smart manufacturing*), mengurangi limbah atau segala bentuk pemborosan, meningkatkan efisiensi produksi, dan memprediksi waktu pemrosesan secara akurat sangatlah penting (Lee et al., 2025). Pawlak & Fornalczyk, (2025) juga menegaskan bahwa merencanakan proses produksi dalam mendefinisikan efisiensi, durasi, dan tingkat biaya yang dihasilkan dengan tepat adalah tugas yang tidak mudah. Hal ini menunjukkan kondisi sistem manufaktur memerlukan upaya alternatif dan penerapan teknologi cerdas di dalam menghadapi tantangan-tantangan dinamis dalam operasinya, termasuk juga agar pengambilan keputusan menjadi lebih efektif dan efisien.

Menurut Shao & Helu, (2020) salah satu pondasi dasar dalam sistem manufaktur cerdas adalah penerapan digitalisasi dalam sistem manufaktur, atau lebih familiar dikenal dengan sebutan transformasi digital dalam sistem

manufaktur. Adapun bentuk digitalisasi ini mengarah kepada adanya adopsi produk-produk teknologi yang kini berkembang pesat seperti *internet of thing* (IoT), *artificial intelligent* (AI), *cloud computing*, *cyber physical systems*, dan *machine learning* kedalam sistem manufaktur (Cimino et al., 2019). Proses transformasi digital ini merupakan karakteristik khusus dari perkembangan revolusi industri 4.0, yang mana kemudian memberikan banyak manfaat bagi perusahaan dalam operasionalnya (Cañas et al., 2022; Melesse et al., 2020). Menurut Botín-Sanabria et al., (2022) transformasi digital ini menawarkan kemampuan untuk memiliki wawasan yang mendalam tentang operasi dalam sistem apa pun, interaksi antara berbagai elemen sistem, dan perilaku masa depan elemen fisik dengan cara yang dapat diawasi dan dikendalikan oleh pengguna maupun pemangku kepentingan. Dalam Kumbhar et al., (2023) diungkapkan bahwa transformasi digital ini perlu diupayakan melalui pemahaman mendalam yang berbasis data atau *data-driven initiatives* untuk merespons tantangan nyata perusahaan manufaktur yang bersifat diskrit dan kontinu. Menurut Ahmad et al., (2025) perkembangan industri 4.0 ini menandakan adanya pergeseran paradigma dan praktik manufaktur yang dikenal sebagai dari *machine-led to digital-led manufacturing*. Hal ini juga mendorong kemudahan bagi perusahaan dalam mengambil keputusan yang tepat (Agalinos et al., 2020). Salah satu konsep yang muncul dari paradigma *digital-led manufacturing* adalah *Digital Twin* (DT).

Digital Twin (DT) adalah sebuah elaborasi pendekatan baru dalam simulasi yang memanfaatkan konektivitas berbasis fitur-fitur teknologi industri 4.0 yang meluas dalam sistem produksi untuk menawarkan sinkronisasi waktu nyata dengan keadaan di lapangan (Cimino et al., 2019). Dalam Opoku et al., (2021) DT kali pertama dipopulerkan oleh Michael Grieves (Grieves, 2019) di University of Michigan sebagai "*digital equivalent to a physical product*" pada tahun 2003.

Berdasarkan paparan di atas, transformasi digital mendorong praktik operasional manufaktur kini semakin mudah dalam menghadapi kompleksitas dan berbagai hambatannya serta memudahkan dalam pengambilan keputusan.

Dengan bantuan komputer, perusahaan dapat melakukan simulasi komputer untuk menggambarkan dan memvisualisasikan kerja-kerja operasional dalam sistem manufakturnya. Simulasi sebagai sebuah pendekatan yang diyakini relevan dengan permasalahan riil dalam proses manufaktur maupun industri secara umum. Melalui simulasi pihak manajemen dapat berinteraksi dengan tampilan virtual atau digital yang merepresentasikan kondisi riil dari proses manufaktur. Pada konteks ini, kebutuhan terhadap keterampilan dan pemahaman terkait simulasi menjadi sangat dibutuhkan dan bernilai tambah di masa depan. Berhubungan dengan hal tersebut, pelatihan simulasi bagi mitra adalah inisiatif yang penting untuk menyiapkan kompetensi dan keterampilan dalam menghadapi tren perkembangan sektor industri manufaktur yang tumbuh pesat.

Terdapat beragam pendekatan dalam menyelenggarakan program pelatihan khususnya dalam bentuk PKM. Pada beberapa program PKM yang telah dilakukan misalnya dalam Rahman & Thamrin, (2024), Wulandari et al., (2023) dan Deselina et al., (2022) kegiatan pelatihan dilakukan dalam bentuk demonstrasi dan edukasi atau penyuluhan kepada mitra. Program PKM dalam bentuk pelatihan dianggap cukup signifikan dalam meningkatkan pemahaman mitra terkait dengan pemecahan masalah (Iriyanti & Azis, 2023). Zulys et al., (2023) dalam pengabdiannya memberikan kegiatan pelatihan dan workshop bagi mitra lokal dan secara efektif dapat memotivasi sekaligus meningkatkan wawasan mitra. Hal ini dapat memberikan pemahaman bahwa program pelatihan efektif untuk meningkatkan kesadaran dan wawasan mitra terhadap materi serta pendekatan masalah yang dialami. Adapun pelaksanaan pelatihan ini, kegiatan diawali dengan penyampaian materi mengenai pengoperasian perangkat lunak Flexsim kepada para peserta. Pada tahap awal, peserta diberikan pemahaman dasar terkait penggunaan sistem koordinat serta penerapan radius jarak antar *tools* dalam Flexsim. Selanjutnya, pelatihan dilanjutkan dengan sesi praktik secara langsung menggunakan komputer atau laptop untuk memberikan pengalaman aplikatif dari materi yang telah disampaikan. Pada

Gambar 1 disajikan dokumentasi dari sesi pemaparan materi tentang simulasi dengan *flexim* oleh narasumber.



Gambar 1. Penyampaian materi *software* Flexsim (Daring)

Setelah tahap pelaksanaan dilakukan, berikutnya adalah melakukan evaluasi program. Dalam beberapa program pengabdian, mekanisme evaluasi ini dapat dilakukan dengan berbagai pendekatan. (Zulys et al., 2023) menggunakan seperangkat kuesioner untuk mengevaluasi pencapaian kompetensi mitra sebelum dan sesudah pelatihan. Adapun sesudah pelatihan dilakukan evaluasi persepsi kepuasan mitra terhadap pelaksanaan pelatihan. Pendekatan yang sama juga dilakukan oleh Lahardo et al., (2024), Yunita et al., (2024) melalui analisis *pre-test* dan *post-test*. Pada pengabdian ini, proses evaluasi dilakukan dengan pendekatan kualitatif. Pendekatan ini menekankan aspek respons mitra terhadap materi yang disampaikan oleh Narasumber. Respons tersebut diperoleh dari interaksi pada saat proses evaluasi. Evaluasi dilakukan selama penyampaian materi maupun setelah sesi pelatihan selesai, dengan tujuan untuk mengetahui sejauh mana pencapaian tujuan yang telah ditetapkan. Metode evaluasi mencakup pertanyaan lisan dan observasi langsung oleh pemateri. Pertanyaan lisan digunakan untuk mengukur pemahaman peserta terhadap konsep yang diberikan, sedangkan observasi digunakan untuk menilai kemampuan peserta dalam mensimulasikan tata letak manufaktur menggunakan Flexsim.

Keberhasilan kegiatan ini diukur berdasarkan penguasaan dan pemahaman peserta terhadap materi pengetahuan dan keterampilan yang diberikan. Mengingat keterbatasan fasilitas laboratorium simulasi yang tersedia di Program

Studi Teknik Industri, maka diperlukan adanya pengadaan lisensi resmi perangkat lunak Flexsim guna mendukung praktikum simulasi secara lebih optimal. Selain itu, evaluasi juga mencakup tingkat keaktifan peserta dalam mengikuti seluruh rangkaian kegiatan pelatihan.



Gambar 2. Pelatihan simulasi *software* Flexsim (Luring)

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa pelatihan Flexsim ini berhasil meningkatkan kompetensi peserta dalam memahami konsep simulasi. Para peserta menunjukkan antusiasme dan kesungguhan yang tinggi selama proses pelatihan berlangsung. Tingkat pemahaman peserta terhadap materi tergolong baik, yang terlihat dari inisiatif mereka untuk membeli perangkat komputer atau laptop sendiri agar dapat mempelajari perangkat lunak Flexsim secara mandiri di rumah.

Meskipun demikian, masih terdapat beberapa kendala, khususnya terkait keterbatasan dalam memahami fitur-fitur Flexsim karena penggunaan versi gratis (non-lisensi) yang membatasi akses terhadap *tools* tertentu. Hal ini menjadi tantangan tersendiri dalam proses pelatihan.

Berdasarkan hasil yang telah dicapai, dapat disimpulkan bahwa pelatihan penggunaan perangkat lunak Flexsim bagi mahasiswa Teknik Industri dinyatakan berhasil dalam meningkatkan kemampuan mereka dalam mensimulasikan model tata letak.

Faktor pendukung keberhasilan pelatihan ini adalah tingginya minat dan motivasi peserta dalam menguasai materi yang diberikan. Adapun faktor penghambat utamanya adalah keterbatasan perangkat lunak yang digunakan, yakni versi gratis

yang membatasi jumlah *tools* yang tersedia selama pelatihan berlangsung.

4. Simpulan

Berdasarkan hasil yang telah dicapai dapat disimpulkan bahwa, secara umum mitra dalam kegiatan pelatihan ini menguasai materi pelatihan secara teori maupun praktik yang menghasilkan mahasiswa dapat memahami penggunaan *software* simulasi flexsim. Peserta pelatihan simulasi ini dapat membuat *layout* industri. Partisipasi dan antusiasme peserta terhadap pelatihan ini sangat positif terlihat dari keseriusan dalam mengikuti pelatihan yang dilaksanakan. Adapun saran dari pelaksana kegiatan ini adalah adanya penyediaan *software* berbayar atau ber-licence guna untuk memaksimalkan kinerja *software* yang digunakan. Selanjutnya pengembangan hasil simulasi sebaiknya bisa diterapkan dalam penataan *layout* di industri.

Reference

- Agalianos, K., Ponis, S. T., Aretoulaki, E., Plakas, G., & Efthymiou, O. (2020). Discrete event simulation and digital twins: Review and challenges for logistics. *Procedia Manufacturing*, 51, 1636–1641. <https://doi.org/10.1016/J.PROMFG.2020.10.228>
- Ahmad, A. N. A., Ahmad, M. F., Rasi, R. Z. R., Abdul Rahim, M., Abdul Rahim, M. K. I., Bakri, A., & Lestari, F. (2025). Production Process Improvement Towards Lean Process Effectiveness using FlexSim Simulation Software. *Journal of Advanced Research Design*, 132(1), 52–65. <https://doi.org/10.37934/ARD.132.1.5265>
- Botín-Sanabria, D. M., Mihaita, S., Peimbert-García, R. E., Ramírez-Moreno, M. A., Ramírez-Mendoza, R. A., & Lozoya-Santos, J. de J. (2022). Digital Twin Technology Challenges and Applications: A Comprehensive Review. *Remote Sensing*, 14(6), 1–25. <https://doi.org/10.3390/RS14061335>
- Cañas, H., Mula, J., Campuzano-Bolarín, F., & Poler, R. (2022). A conceptual framework for smart production planning and control in Industry 4.0. *Computers & Industrial Engineering*, 173, 108659.

- <https://doi.org/10.1016/J.CIE.2022.108659>
- Cimino, C., Negri, E., & Fumagalli, L. (2019). Review of digital twin applications in manufacturing. *Computers in Industry*, 113. <https://doi.org/10.1016/J.COMPIND.2019.103130>
- Deselina, Suharto, E., & Wiryo. (2022). Pembuatan Pupuk Kompos Cair dari Limbah Buah. *Indonesian Journal of Community Empowerment and Service*, 2(2), 6–11.
- Grieves, M. W. (2019). Virtually Intelligent Product Systems: Digital and Physical Twins. *Complex Systems Engineering: Theory and Practice*, 175–200. <https://doi.org/10.2514/5.9781624105654.0175.0200>
- Irijayanti, M., & Azis, A. mUlyono. (2023). Pelatihan Manajemen dan Pembukuan pada Usaha Kecil Industri Kreatif Jenis Fashion. *Wikrama Parahita: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 7(1), 75–82. <https://doi.org/10.30656/JPMWP.V7I1.5644>
- Irvan, M., Putra, D., Berlianty, I., Soejanto, I., & Dwiastanti, Y. (2022). PENDEKATAN SIMULASI SISTEM DISKRIT DALAM MENGURANGI WAKTU TUNGGU ANTRIAN DENGAN PERBAIKAN SISTEM APPOINTMENT SCHEDULING. *Jurnal Teknik Informatika Dan Elektro*, 4(2), 60–72. <https://doi.org/10.55542/JURTIE.V4I2.253>
- Kumbhar, M., Ng, A. H. C., & Bandaru, S. (2023). A digital twin based framework for detection, diagnosis, and improvement of throughput bottlenecks. *Journal of Manufacturing Systems*, 66, 92–106. <https://doi.org/10.1016/J.JMSY.2022.11.016>
- Kurniawan, F., Fikri, A., Vandrick, Luhur, E., & Dewi, E. (2021). Simulasi Lini Produksi Ragum menggunakan Software Flexsim. *Talenta Conference Series: Energy and Engineering (EE)*, 4(1). <https://doi.org/10.32734/EE.V4I1.1231>
- Lahardo, D., Ilmi, H., Suryanto, S., Ramadhani, F. A., Pratiwi, A., Pratama, Y. A., Ekasari, W., Lestari, M. L. A. D., Miatmoko, A., Handayani, R., Sari, R., & Widyawaruyanti, A. (2024). Pelatihan pembuatan pangan fungsional dari jambu merah, mengkudu dan daun kelor untuk meningkatkan kesehatan lansia di desa Pandansari, Poncokusumo, Kabupaten Malang. *SELAPARANG: Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*, 8(1), 459–468. <https://doi.org/10.31764/JPMB.V8I1.21979>
- Lee, L., Yang, C.-F., Li, M.-H., Lai, Y.-T., Li, P.-Y., Li, M.-H., Lai, Y.-T., & Li, P.-Y. (2025). Optimization and Analysis of Dynamic Production System Simulation Using Value Stream Mapping and Processing Time Prediction. *Engineering Proceedings 2025, Vol. 98, Page 44*, 98(1), 44. <https://doi.org/10.3390/ENGPROC2025098044>
- Malonda, R. A. Y., & Wati, P. E. D. K. (2023). PENGEMBANGAN SIMULASI DISKRIT PADA PERANCANGAN ULANG TATA LETAK PRODUKSI UD. GAJAH DELTA GUNA MEMINIMASI ONGKOS MATERIAL HANDLING. *Jurnal Ilmiah Teknik Dan Manajemen Industri*, 3(1), 26–34. <https://doi.org/10.46306/TGC.V3I1.50>
- Melesse, T. Y., Di Pasquale, V., & Riemma, S. (2020). Digital twin models in industrial operations: A systematic literature review. *Procedia Manufacturing*, 42, 267–272. <https://doi.org/10.1016/J.PROMFG.2020.02.084>
- Opoku, D. G. J., Perera, S., Osei-Kyei, R., & Rashidi, M. (2021). Digital twin application in the construction industry: A literature review. *Journal of Building Engineering*, 40(102726), 1–15. <https://doi.org/10.1016/J.JOBE.2021.102726>
- Pawlak, S., & Fornalczyk, A. (2025). Analysis of Production Process Performance Using Computer. *Management Systems in Production Engineering*, 33(3), 414–419. <https://doi.org/10.2478/mspe-2025-0040>
- Rahman, B. A. F., & Thamrin, S. (2024). Demonstrasi Pembuatan Pupuk Organik Cair (POC) Dari hijauan. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Hasanuddin*, 5(1), 73–81. <https://doi.org/10.31947/JPMH.V5I1.34815>
- Shao, G., & Helu, M. (2020). Framework for a digital twin in manufacturing: Scope and requirements. *Manufacturing Letters*, 24, 105–107. <https://doi.org/10.1016/J.MFGLET.2020.04.004>
- Tordecilla, R. D., Juan, A. A., Montoya-Torres, J. R., Quintero-Araujo, C. L., & Panadero, J. (2020). *Simulation-optimization methods for designing and assessing resilient supply chain networks under uncertainty scenarios: A review*.

<https://doi.org/10.1016/j.simpat.2020.102166>

- Wulandari, I. A. S., Saidi, I. A., & Fediyanto, N. (2023). Enhancing Green Productivity in Rural Communities: Empowering Local Economy through Innovative Red Guava Derivative Products. *Indonesian Journal of Cultural and Community Development*, 14(2), 1–11. <https://doi.org/10.21070/ijccd.v14i2.914>
- Yunita, M., Suryantara, B., & Purnamasari, I. (2024). Edukasi Pemanfaatan Yogurt Mix Buah Bit Dan Jambu Biji Merah Terhadap Kadar Haemoglobin Pada Remaja Putri Di

SMK Kesehatan Darussalam Lhokseumawe. *Jurnal Altifani: Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat*, 4(3), 238–242. <https://doi.org/10.59395/ALTIFANI.V4I3.547>

- Zulys, A., Iqbal Syauqi, M., Iqbal, M., Dissa, E., Heru, B., Muhammad, B., Dissa Adriana, E., Istiqomah, M., Heru Susanto, B., & Muhammad Haidlir, B. (2023). Community Empowerment in Sajang Village Through Coffee Soap Making and Entrepreneurship Training. *ASEAN Journal of Community Engagement*, 7(1), 37–52. <https://doi.org/10.7454/ajce.v7i1.1201>