



Peningkatan Keterampilan dan Kompetensi Siswa SMK dalam Menghadapi Era Revolusi Industri 4.0 melalui Pelatihan *3D Printing*

Sigit Mujiarto¹, Ikhwan Taufik^{2*}, Muhammad Ja'far Ahsinul Rokhmat³, Nurbaity Khoirun Nissa⁴, Mohammad 'Ulyan⁵

^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Mesin, Universitas Tidar, Indonesia , 56116

⁵ Program Studi Pendidikan IPA, Universitas Tidar, Indonesia , 56116

E-mail: * ikhwantaufik26@untidar.ac.id

Doi : <https://doi.org/10.37339/jurpikat.v6i4.2801>

Info Artikel:

Diterima :
2025-10-12

Diperbaiki :
2025-10-14

Disetujui :
2025-10-14

Kata Kunci: *3D Printing*, FDM, Keterampilan Siswa SMK, Era 4.0

Abstrak: Revolusi Industri 4.0 menuntut SMK menguasai teknologi kunci seperti *3D Printing*. SMK Negeri 1 Windusari, yang menjadi mitra pengabdian, menghadapi isu kesenjangan teknologi, ditandai dengan keterbatasan peralatan dan minimnya pengetahuan praktis (*hands-on*) mengenai *3D Printing*. Tujuan pengabdian ini adalah meningkatkan pengetahuan dan pemahaman siswa, guru, dan laboran mengenai teknologi *3D Printing* (*Additive Manufacturing*) sebagai pilar utama Revolusi Industri 4.0. Metode yang digunakan adalah integrasi transfer pengetahuan dan keterampilan praktik (*learning by doing*) dengan mesin FDM. Pengabdian ini menekankan pendekatan partisipatif dan relevansi komunitas. Evaluasi dilakukan secara kuantitatif menggunakan perbandingan *pre-test* dan *post-test*. Hasilnya menunjukkan peningkatan kompetensi yang signifikan; rata-rata nilai peserta naik dari 50,67 menjadi 74. Peningkatan ini berhasil memperkuat kompetensi Jurusan Teknik Permesinan, menyiapkan lulusan yang adaptif di bidang *Additive Manufacturing*.

Abstract: The Industrial Revolution 4.0 requires Vocational High Schools (SMK) to master key technologies such as *3D Printing*. SMK Negeri 1 Windusari, the service partner, faces technology gaps, characterized by limited equipment and a lack of practical (*hands-on*) knowledge regarding FDM *3D Printing*. The objective of this service is to enhance the knowledge and

understanding of students, teachers, and lab assistants regarding 3D Printing (Additive Manufacturing) as a core pillar of Industry 4.0. The methodology involved integrating knowledge transfer and practical skills (learning by doing) using FDM machines. The service emphasized a participatory and community-driven relevance approach. Evaluation was conducted quantitatively using pre-test and post-test comparisons. Results showed a significant increase in competence, with the participants' average score rising from 50.67 to 74. This strengthens the competence of the Machining Engineering Department, preparing adaptive graduates in the field of Additive Manufacturing.

Keywords: *3D Printing, FDM, Vocational Skills, IR 4.0 Era*

Pendahuluan

Era Revolusi Industri 4.0 ditandai oleh digitalisasi yang menyebar di seluruh sektor kehidupan, merepresentasikan model industri baru yang diwakili oleh kinerja yang cerdas, virtual, dan digital dalam industri skala besar (Fuad Hilmy et al., 2025; Mahdi Hamad & K. Jawad, 2024). Transformasi ini menuntut sistem produksi menjadi efisien, cepat, dan aman (Ortiz, 2020). Salah satu teknologi kunci yang mendorong perubahan ini adalah *Additive Manufacturing* (AM), yang lebih dikenal sebagai *3D Printing* (Taufik et al., 2020). Teknologi AM telah berevolusi secara signifikan sejak tahun 1980-an (Andriyansyah et al., 2021), beralih dari sekadar alat *rapid prototyping* menjadi metode manufaktur yang dapat diterapkan dalam spektrum aplikasi yang luas, seperti dirgantara, otomotif, kesehatan, termasuk dunia pendidikan (Zhou et al., 2024). Keunggulan utama *3D Printing* meliputi fleksibilitas desain, efisiensi material, dan pengurangan waktu tunggu produksi (*production lead times*) (Dipta et al., 2025).

Dalam konteks pendidikan, Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) memiliki peran strategis sebagai lembaga yang menyiapkan tenaga kerja terampil untuk siap terjun ke dunia industri. Guru dan siswa diwajibkan menguasai teknologi guna meningkatkan kualitas pembelajaran (Olivia et al., 2024). Kegagalan institusi akademik atau sekolah, khususnya SMK, dalam mengikuti perkembangan teknologi kunci di era IR 4.0—seperti *Artificial Intelligence, Internet of Things, Advanced Robotics*, dan *3D Printing*—dapat dipastikan menyebabkan lembaga tersebut tertinggal (Fuad Hilmy et al., 2025).

Mitra pengabdian ini adalah SMK Negeri 1 Windusari, khususnya siswa, guru, dan laboran Jurusan Teknik Permesinan, yang berlokasi relatif dekat dengan Universitas Tidar. SMK Negeri 1 Windusari saat ini masih menghadapi beberapa tantangan yang mendesak, terutama yang berkaitan dengan kesenjangan teknologi. Meskipun Jurusan Teknik Permesinan seharusnya menjadi ujung tombak dalam

penguasaan manufaktur, SMK Negeri 1 Windusari masih mengalami keterbatasan peralatan yang berkaitan dengan teknologi terbaru. Kondisi ini diperparah oleh minimnya pengetahuan mendalam dan pengalaman praktis (*hands-on*) mengenai perangkat keras (*hardware*), perangkat lunak (*software*), desain model 3D *Printing*, dan potensi bisnis yang ditawarkan oleh teknologi ini di kalangan siswa dan guru (Olivia et al., 2024).

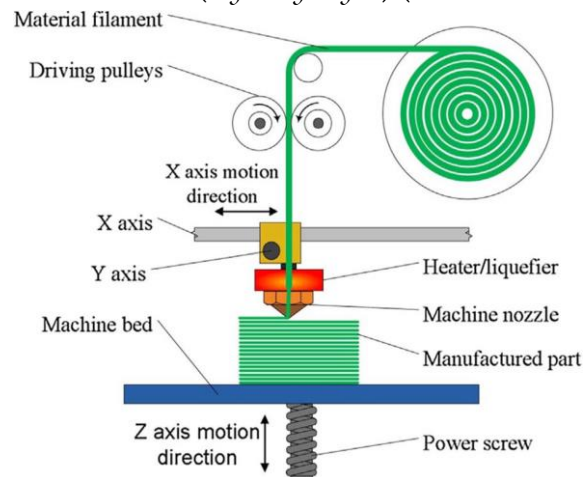
Oleh karena itu, pengabdian ini memfokuskan pada penguasaan 3D *Printing* dengan metode *Fused Deposition Modeling* (FDM) atau *Material Extrusion*, yang merupakan salah satu metode 3D *Printing* yang paling populer (Mohamed et al., 2015). FDM bekerja dengan menumpuk lapisan material yang berasal dari filamen termoplastik (seperti *Polylactic Acid* / PLA) yang dilelehkan dan diekstrusi melalui *nozzle* (Taufik et al., 2017). Tujuan yang ingin dicapai melalui kegiatan pelatihan ini adalah ingin meningkatkan pengetahuan dan pemahaman siswa, guru, dan laboran SMK Negeri 1 Windusari mengenai teknologi 3D *Printing* (*Additive Manufacturing*) sebagai salah satu pilar utama Revolusi Industri 4.0 (Butt, 2020).

Metode

Pengabdian ini merupakan penelitian dan layanan masyarakat yang dilaksanakan dengan mengintegrasikan transfer pengetahuan dan keterampilan praktik kepada mitra, menggunakan pendekatan yang menekankan partisipasi dan relevansi komunitas (*community driven relevance* dan *participatory*) (Suwendi et al., 2022). Pengabdian dilaksanakan di SMK Negeri 1 Windusari, yang beralamat di Dusun Patreman, Banjarsari, Windusari, Kabupaten Magelang, Jawa Tengah. Lokasi ini memiliki jarak tempuh yang relatif dekat dari Universitas Tidar, yaitu sekitar 10,7 km dengan waktu tempuh 16-18 menit dari Universitas Tidar.

Keterlibatan SMK Negeri 1 Windusari dalam proses perencanaan pengabdian ini juga sangat penting untuk memastikan relevansi program. Oleh karena itu, proses pengabdian ini dimulai dengan komunikasi dan survei awal untuk mengidentifikasi isu mendasar yang dihadapi komunitas, yaitu kurangnya pemahaman mendalam tentang 3D *Printing*. Teknologi yang menjadi fokus pelatihan adalah 3D *Printing* tipe *Fused Deposition Modeling* (FDM), seperti pada Gambar 1, yang termasuk ke dalam kategori *Material Extrusion* (Godec et al., 2022) berdasarkan standar klasifikasi *Additive Manufacturing* (AM) yang diterbitkan oleh ASTM (ASTM International, 2016). Dalam proses FDM, filamen termoplastik dilelehkan dalam *extruder* yang dipanaskan pada

temperatur tertentu, lalu didorong keluar melalui *nozzle* untuk membentuk lapisan-lapisan objek secara berturut-turut (*layer by layer*) (Sandanamsamy et al., 2023).



Gambar 1. Ilustrasi 3D Printing tipe Fused Deposition Modeling (FDM) (Tientcheu et al., 2024)

Metode atau strategi pelaksanaan pengabdian yang digunakan untuk mencapai tujuan berfokus pada transfer pengetahuan dan keterampilan praktik melalui tahapan yang terstruktur, yaitu:

1. Pra-Pelatihan

- Komunikasi intensif dengan mitra untuk menyepakati jadwal dan peserta pelatihan.
- Konfirmasi mengenai kesiapan pelaksanaan pengabdian, khususnya terkait peserta dan tempat pelatihan.
- Penyusunan Modul Pelatihan, seperti yang terdapat pada Gambar 1.



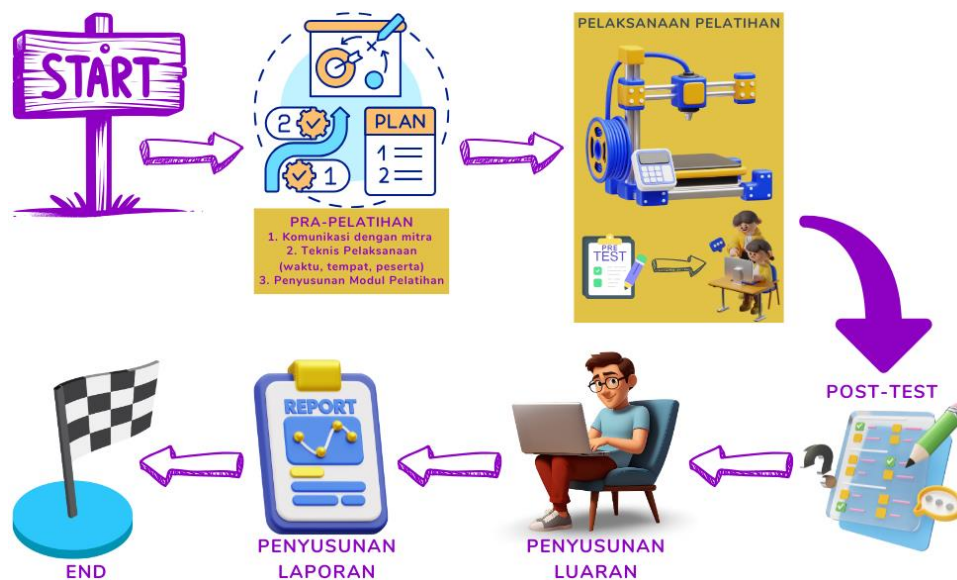
Gambar 2. Modul Ajar Pelatihan

2. Pelaksanaan Pelatihan

- Melakukan pre-test.
- Metode yang digunakan adalah gabungan ceramah/pematerian (transfer knowledge) dan praktik langsung (learning by doing).

- 3D Printing yang digunakan untuk praktik adalah tipe Fused Deposition Modeling (FDM).
 - Peserta pelatihan secara aktif mempraktikkan materi yang sebenarnya juga bisa dipelajari dari modul ajar pelatihan.
3. Evaluasi
- Melakukan post-test.
 - Evaluasi dilakukan menggunakan metode kuantitatif dengan membandingkan pre-test dan post-test untuk menilai peningkatan pengetahuan peserta
4. Penyusunan Luaran dan Laporan

Tahapan pelaksanaan pengabdian ini secara ilustratif disajikan seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Tahapan Pelaksanaan Pengabdian

Hasil dan Pembahasan

Kegiatan pengabdian ini diikuti oleh 15 orang siswa, guru, dan laboran di Jurusan Teknik Permesinan, SMK Negeri 1 Windusari, Kabupaten Magelang, Provinsi Jawa Tengah. Dalam pelaksanaannya, peserta terlihat memiliki motivasi tinggi mengingat ini merupakan teknologi yang cukup baru di lingkungan sekolah. Hal ini dapat dibuktikan dengan berbagai pertanyaan yang disampaikan oleh peserta selama kegiatan.

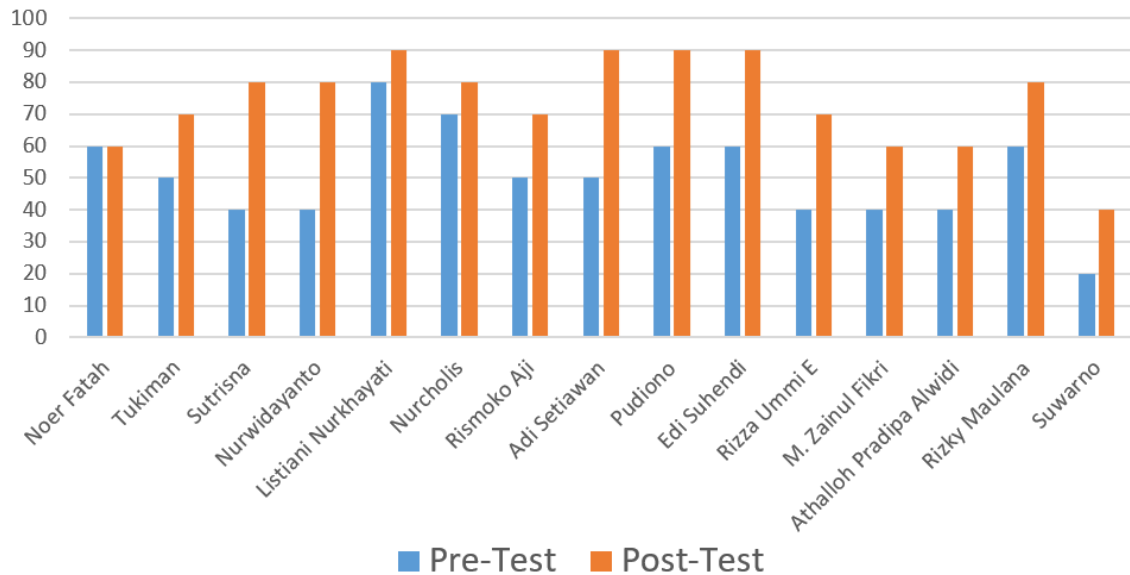


Gambar 4. Antusiasme Peserta selama Pelatihan 3D Printing

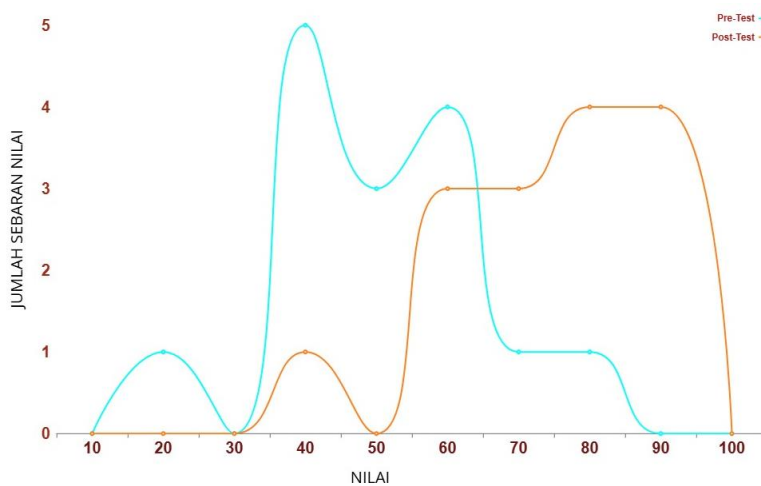
Para guru dan siswa merasakan bahwa pelatihan 3D Printing tidaklah serumit yang dibayangkan dan bisa dilaksanakan di dalam pembelajaran sekolah. Pemahaman peserta dievaluasi menggunakan *pre-test* (sebelum pelatihan) dan *post-test* (setelah pelatihan). Hasilnya disajikan pada Tabel 1.

<i>Tabel. 1 Hasil Pre-Test dan Post-Test Peserta Pelatihan</i>			
No	Nama Peserta	Nilai Pre-Test	Nilai Post-Test
1	Noer Fatah	60	60
2	Tukiman	50	70
3	Sutrisna	40	80
4	Nurwidayanto	40	80
5	Listiani Nurkhayati	80	90
6	Nurcholis	70	80
7	Rismoko Aji	50	70
8	Adi Setiawan	50	90
9	Pudiono	60	90
10	Edi Suhendi	60	90
11	Rizza Ummi E	40	70
12	M. Zainul Fikri	40	60
13	Athalloh Pradipa Alwidi	40	60
14	Rizky Maulana	60	80
15	Suwarno	20	40
Rata-rata perolehan nilai		50,67	74

Berdasarkan Tabel 1, rata-rata nilai *pre-test* yang mengukur pemahaman awal peserta adalah 50,67. Setelah mengikuti pelatihan intensif, rata-rata nilai *post-test* meningkat tajam menjadi 74. Peningkatan rata-rata ini menunjukkan adanya peningkatan kompetensi dan pengetahuan peserta dalam penguasaan konsep *3D Printing*. Data tersebut disajikan dengan diagram batang seperti pada Gambar 5. Sedangkan sebaran perolehan nilai divisualisasikan seperti pada Gambar 6.



Gambar 5. Diagram Batang Hasil *Pre-Test* dan *Post-Test*



Gambar 6. Kurva Sebaran Perolehan Nilai

Dari 15 peserta, pada saat *pre-test*, yang memperoleh nilai 40 ada 5 orang, nilai 50 ada 3 orang, nilai 60 ada 4 orang, serta sisanya memperoleh nilai 20, 70, dan 80. Sementara itu, pada saat *post-test*, banyak yang memperoleh nilai 80 dan 90 yaitu masing-masing 4 orang, nilai 60 dan 70 masing-masing 3 orang, serta sisanya nilai 40 sebanyak 1 orang. Oleh karena itu, dapat dilihat bahwa kurva pada Gambar 6 menunjukkan pergeseran sebaran nilai ke arah sumbu x positif.

Kesimpulan

Mengacu pada hasil dan pembahasan yang telah diuraikan, kegiatan pengabdian masyarakat berupa pelatihan *3D Printing* dengan tipe mesin FDM di SMK Negeri 1 Windusari, maka dapat ditarik beberapa simpulan dan rekomendasi.

1. Peningkatan Kompetensi Teknis. Pelatihan *3D Printing* (FDM), berhasil meningkatkan pengetahuan dan keterampilan teknis peserta. Peningkatan pemahaman ini sangat krusial mengingat *3D Printing* merupakan salah satu teknologi kunci di era Revolusi Industri 4.0.
2. Kesiapan Menghadapi Industri 4.0. Transfer *knowledge* mengenai *Additive Manufacturing* sebagai teknologi kunci di era Revolusi Industri 4.0 telah memperkuat kompetensi Jurusan Teknik Permesinan, sehingga menyiapkan lulusan SMK menjadi tenaga kerja yang lebih adaptif dan kompeten di bidang manufaktur, khususnya *Additive Manufacturing*.

Berdasarkan temuan dan capaian yang telah diperoleh, terdapat beberapa saran untuk langkah keberlanjutan dan kegiatan berikutnya.

1. Integrasi Kurikulum. Pihak SMK Negeri 1 Windusari disarankan untuk menginstitutionalisasi keterampilan *3D Printing* sebagai bagian integral dari kurikulum dan kegiatan praktik Jurusan Teknik Permesinan, guna memberikan kesempatan praktik yang lebih sering kepada siswa.
2. Pengembangan lain seperti untuk wirausaha. Perlu adanya program pengabdian yang berfokus pada implementasi keterampilan *3D Printing* untuk mendorong wirausaha siswa (misalnya dalam pembuatan souvenir lokal atau produk *customized*), yang secara langsung mendukung sektor ekonomi dan kreatifitas siswa.

Ucapan Terima Kasih

Penghargaan dan terima kasih disampaikan kepada LPPM Universitas Tidar yang telah memberikan dukungan finansial dan administratif sehingga program pengabdian ini dapat berjalan dengan lancar. Apresiasi tinggi juga disampaikan kepada SMK Negeri 1 Windusari, khususnya Kepala Sekolah, Guru, dan Siswa Jurusan Teknik Permesinan, atas sambutan, partisipasi, dan kerja sama yang sangat kooperatif selama pelaksanaan pelatihan. Terakhir, ucapan terima kasih juga disampaikan kepada tim *3D Printing Enthusiast* Teknik Mesin Universitas Tidar yang telah berkontribusi aktif dalam transfer pengetahuan dan pendampingan praktik kepada peserta, memastikan proses pelatihan berjalan efektif dan kondusif.

Referensi

- Andriyansyah, D., Sriyanto, S., Jamaldi, A., & Taufik, I. (2021). Evaluasi Akurasi Dimensi pada Objek Hasil 3D Printing. *Journal of Mechanical Engineering*, 5(1). <https://doi.org/10.31002/jom.v5i1.3942>
- ASTM International. (2016). *Standard Terminology for Additive Manufacturing – General Principles – Terminology*.
- Butt, J. (2020). Exploring the Interrelationship between Additive Manufacturing and Industry 4.0. *Designs*, 4(2), 13. <https://doi.org/10.3390/designs4020013>
- Dipta, S. D., Rahman, Md. M., Ansari, Md. J., & Uddin, Md. N. (2025). A Comprehensive Review of Sustainable and Green Additive Manufacturing: Technologies, Practices, and Future Directions. *Journal of Manufacturing and Materials Processing*, 9(8), 269. <https://doi.org/10.3390/jmmp9080269>
- Fuad Hilmy, Endang Mawarsih, & Firmansyah, R. (2025). Pelatihan Proses Slicing Untuk Menentukan Parameter Optimal Dalam Proses 3D Printing (Additive Manufacturing). *JURPIKAT (Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat)*, 6(2), 1059–1067. <https://doi.org/10.37339/jurpikat.v6i2.2271>
- Godec, D., Gonzalez-Gutierrez, J., Nordin, A., Pei, E., & Ureña Alcázar, J. (Eds). (2022). *A Guide to Additive Manufacturing*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-05863-9>
- Mahdi Hamad, B., & K. Jawad, M. (2024). The Fourth Industrial Revolution: A Historical and Conceptual Review. *Journal of Economics and Administrative Sciences*, 30(141), 154–172. <https://doi.org/10.33095/gh3a7g38>
- Mohamed, O. A., Masood, S. H., & Bhowmik, J. L. (2015). Optimization of fused deposition modeling process parameters: A review of current research and future prospects. *Advances in Manufacturing*, 3(1), 42–53. <https://doi.org/10.1007/s40436-014-0097-7>
- Olivia, S., Anshar, K., Muliana, E., Faliza, N., & Novianti, Y. (2024). *Pengenalan Teknologi 3D Print Sebagai Pendukung Wirausaha Bagi Siswa SMK Kota Lhokseumawe*.
- Ortiz, J. H. (2020). *Industry 4.0 Current Status and Future Trends*. IntechOpen.

- Sandanamsamy, L., Harun, W. S. W., Ishak, I., Romlay, F. R. M., Kadirgama, K., Ramasamy, D., Idris, S. R. A., & Tsumori, F. (2023). A comprehensive review on fused deposition modelling of polylactic acid. *Progress in Additive Manufacturing*, 8(5), 775–799. <https://doi.org/10.1007/s40964-022-00356-w>
- Suwendi, S., Basir, Abd., & Wahyudi, J. (2022). *Metodologi Pengabdian Masyarakat*. Direktorat Pendidikan Tinggi Keagamaan Islam, Direktorat Jenderal Pendidikan Islam, Kementerian Agama RI.
- Taufik, I., Budiono, H. S., Herianto, H., & Andriyansyah, D. (2020). Pengaruh Printing Speed terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Hasil Additive Manufacturing dengan Polylactic Acid Filament. *Journal of Mechanical Engineering*, 4(2). <https://doi.org/10.31002/jom.v4i2.3412>
- Taufik, I., Herianto, H., & Herliansyah, M. K. (2017). *Monitoring dan Analisis Mesin 3D Printing Berbasis Sensor Getaran untuk Mengoptimalkan Kualitas Hasil*. 1, 1–9.
- Tientcheu, S. W. T., Djouda, J. M., Bouaziz, M. A., & Lacazedieu, E. (2024). A review on fused deposition modeling materials with analysis of key process parameters influence on mechanical properties. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 130(5–6), 2119–2158. <https://doi.org/10.1007/s00170-023-12823-x>
- Zhou, L., Miller, J., Vezza, J., Mayster, M., Raffay, M., Justice, Q., Al Tamimi, Z., Hansotte, G., Sunkara, L. D., & Bernat, J. (2024). Additive Manufacturing: A Comprehensive Review. *Sensors*, 24(9), 2668. <https://doi.org/10.3390/s24092668>