



**TRANSFORMASI PEMBELAJARAN VOKASI MELALUI PELATIHAN 3D PRINTING
SEBAGAI UPAYA PENINGKATAN KETERAMPILAN TEKNIS DI SMK NEGERI 1
KRAGILAN**

*Transforming Vocational Learning Through 3D Printing Training As An Effort To Improve
Technical Skills At SMK Negeri 1 Kragilan*

Hamid Abdillah¹, Moh Fawaid^{1*}, Atih Ardiansyah²

¹Pendidikan Vokasional Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, ²Ilmu
Komunikasi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Jl. Ciwaru Raya, Cipare, Kec. Serang, Kota Serang, Banten 42117

*Alamat Korespondensi : fawaid80@untirta.ac.id

(Tanggal Submission: 19 September 2025, Tanggal Accepted : 28 November 2025)



Kata Kunci :

*Pelatihan
Vokasional, 3D
Printing,
Teaching
Factory, SMK,
Keterampilan
Teknis*

Abstrak :

Perkembangan teknologi manufaktur menuntut sekolah vokasi untuk beradaptasi dengan perubahan industri. Salah satu teknologi yang berkembang pesat adalah 3D printing, yang mampu menghasilkan prototipe dengan cepat, presisi, dan biaya relatif terjangkau. SMK Negeri 1 Kragilan sebagai sekolah yang berada di kawasan industri Serang berupaya mengoptimalkan Teaching Factory melalui integrasi teknologi ini. Kegiatan pengabdian ini dilaksanakan dalam bentuk pelatihan 3D printing untuk guru dan siswa, dengan tujuan meningkatkan kompetensi teknis sekaligus mendukung transformasi pembelajaran vokasi. Metode pelatihan dilakukan secara partisipatif dengan pendekatan praktik langsung, meliputi pengenalan perangkat lunak desain, pengoperasian printer 3D, dan pembuatan produk sederhana. Evaluasi dilakukan melalui angket skala Likert, dokumentasi produk, serta testimoni peserta. Hasil pelatihan menunjukkan peningkatan signifikan pada aspek pemahaman materi (rata-rata 4,3), kemampuan teknis setelah pelatihan (4,4), dan manfaat bagi pekerjaan (4,7). Peserta berhasil menghasilkan lima prototipe produk, antara lain souvenir, casing telepon genggam, miniatur bangunan, model gear, dan gantungan kunci. Testimoni peserta mengonfirmasi bahwa pelatihan bermanfaat, meski masih ada masukan terkait perlunya waktu praktik yang lebih panjang. Kegiatan ini menegaskan bahwa pelatihan 3D printing tidak hanya meningkatkan keterampilan teknis guru dan siswa, tetapi juga membuka peluang inovasi produk di lingkungan Teaching Factory. Hasil ini menjadi pijakan

awal untuk mengembangkan kewirausahaan kreatif berbasis teknologi digital di sekolah vokasi.

Key word :

*Vocational
Training, 3D
Printing,
Teaching
Factory,
Vocational High
School,
Technical Skills*

Abstract :

The development of manufacturing technology requires vocational schools to adapt to industrial changes. One rapidly developing technology is 3D printing, which can produce prototypes quickly, precisely, and at a relatively affordable cost. SMK Negeri 1 Kragilan, as a school located in the Serang industrial area, strives to optimize the Teaching Factory through the integration of this technology. This community service activity is carried out in the form of 3D printing training for teachers and students, with the aim of improving technical competency while supporting the transformation of vocational learning. The training method is participatory with a hands-on approach, including an introduction to design software, 3D printer operation, and the creation of simple products. Evaluation is carried out through a Likert-scale questionnaire, product documentation, and participant testimonials. The training results showed significant improvements in aspects of material understanding (average 4.3), technical skills after training (4.4), and benefits for work (4.7). Participants successfully produced five product prototypes, including souvenirs, mobile phone casings, miniature buildings, gear models, and key chains. Participant testimonials confirm that the training is beneficial, although there is still input regarding the need for more practice time. This activity confirmed that 3D printing training not only improves the technical skills of teachers and students but also opens up opportunities for product innovation within the Teaching Factory environment. These results provide a starting point for developing digital technology-based creative entrepreneurship in vocational schools.

Panduan sitasi / citation guidance (APPA 7th edition) :

Abdillah, H., Fawaid, M., & Ardiansyah, A. (2025). Transformasi Pembelajaran Vokasi Melalui Pelatihan 3D Printing Sebagai Upaya Peningkatan Keterampilan Teknis Di SMK Negeri 1 Kragilan. *Jurnal Abdi Insani*, 12(11), 6069-6077. <https://doi.org/10.29303/abdiinsani.v12i11.3126>

PENDAHULUAN

Perubahan industri global yang ditandai dengan hadirnya era revolusi industri 4.0 dan society 5.0 telah mengubah paradigma keterampilan yang dibutuhkan dunia kerja (Atina *et al.*, 2020, 2021). Pendidikan vokasi sebagai salah satu pilar pembangunan sumber daya manusia harus mampu menjawab tantangan ini melalui transformasi pembelajaran yang relevan dengan kebutuhan industri (Billett, 2011).

SMK Negeri 1 Kragilan merupakan salah satu sekolah vokasi yang terletak di Kabupaten Serang, Provinsi Banten. Lokasinya sangat strategis karena berada di tengah kawasan industri besar. Potensi ini menjadi peluang besar bagi sekolah untuk mengembangkan Teaching Factory sebagai model pembelajaran berbasis produksi nyata (Jariah, 2019; Suwandi *et al.*, 2023; Wardiman, 1998). Namun, hasil observasi menunjukkan bahwa implementasi Teaching Factory di sekolah ini masih menghadapi sejumlah kendala, mulai dari keterbatasan manajemen, produk yang hanya beredar internal, hingga pemasaran yang belum berjalan efektif.

Salah satu strategi transformasi yang ditawarkan adalah integrasi teknologi 3D printing. Teknologi ini memungkinkan proses produksi menjadi lebih cepat, presisi, dan efisien dibandingkan



metode konvensional (Frazier, 2014; Gibson *et al.*, 2014; Sudira, 2019) Lebih jauh, 3D printing juga memberikan kesempatan bagi siswa untuk terlibat dalam proses desain digital hingga menghasilkan produk nyata. Hal ini penting untuk mendukung keterampilan abad 21 seperti kreativitas, pemecahan masalah, dan literasi teknologi (Freeman *et al.*, 2014)

Pelatihan 3D printing di SMK Negeri 1 Kragilan dirancang untuk meningkatkan kompetensi teknis guru dan siswa, sekaligus membuka jalan menuju pembelajaran vokasi yang lebih adaptif dan inovatif. Kegiatan ini tidak hanya berfokus pada aspek keterampilan teknis, tetapi juga menjadi pijakan awal untuk pengembangan ekosistem kewirausahaan kreatif di sekolah.

Dalam konteks kebijakan, kegiatan ini relevan dengan SDGs 4 (Pendidikan Berkualitas) dan SDGs 8 (Pekerjaan Layak dan Pertumbuhan Ekonomi) (Muduli *et al.*, 2024) Selain itu, program ini mendukung Indikator Kinerja Utama Perguruan Tinggi khususnya IKU 2 (pengalaman mahasiswa di luar kampus) dan IKU 5 (hasil kerja dosen digunakan masyarakat). Pada level nasional, program ini juga sejalan dengan Asta Cita Presiden yang menekankan peningkatan kualitas sumber daya manusia dan penguatan kemandirian masyarakat melalui pendidikan vokasi. Dengan landasan tersebut, kegiatan pelatihan 3D printing ini diharapkan mampu menjadi model praktik baik untuk transformasi Teaching Factory di sekolah vokasi.

METODE KEGIATAN

Pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat ini menggunakan pendekatan pelatihan partisipatif dengan metode workshop. Desain kegiatan disusun agar peserta tidak hanya menerima materi secara teoritis, tetapi juga memperoleh pengalaman praktik langsung. Pendekatan ini dipilih karena teknologi 3D printing bersifat aplikatif dan membutuhkan keterlibatan penuh peserta untuk memahami tahapan desain hingga menghasilkan produk.

Profil Peserta Kegiatan

Peserta pelatihan terdiri dari 50 orang yang berasal dari guru produktif dan siswa SMK Negeri 1 Kragilan. Pemilihan peserta dilakukan secara purposif dengan mempertimbangkan keterkaitan kompetensi yang mereka miliki dengan teknologi manufaktur digital. Peserta guru sebagian besar berasal dari jurusan teknik pemesinan dan rekayasa perangkat lunak, sementara siswa berasal dari kelas XI dan XII dengan latar belakang jurusan yang relevan dengan produksi dan desain.

Karakteristik peserta cukup beragam, baik dari segi pengalaman maupun motivasi. Sebagian guru belum pernah berinteraksi langsung dengan teknologi 3D printing, sehingga pelatihan ini menjadi pengalaman baru. Sementara itu, beberapa siswa sudah mengenal aplikasi desain 3D sederhana, namun belum pernah mengimplementasikannya ke dalam bentuk produk nyata. Keberagaman ini menjadi tantangan sekaligus potensi, karena proses pelatihan dapat mendorong terjadinya kolaborasi antar peserta.

Desain dan Tahapan Pelatihan

Pelatihan dilaksanakan selama dua hari, dengan durasi enam jam per hari. Struktur kegiatan dirancang agar peserta mengalami alur belajar bertahap dari pengenalan hingga produksi, yaitu:

1. Pengenalan Teknologi (Hari Pertama)

Peserta diperkenalkan dengan konsep dasar 3D printing, sejarah perkembangan, jenis-jenis printer, material yang digunakan (PLA, ABS), serta software pendukung. Pada tahap ini peserta juga diperkenalkan dengan aplikasi CAD (Computer Aided Design) sederhana untuk membuat desain produk.

2. Praktik Pengoperasian (Hari Kedua)

Peserta dilatih menggunakan software slicing untuk mempersiapkan file desain yang siap dicetak. Kegiatan meliputi pengaturan ukuran, layer, kecepatan cetak, serta kalibrasi printer.

Instruktur mendemonstrasikan penggunaan printer AnyCubic sebagai media pelatihan, kemudian peserta diberi kesempatan mencoba secara mandiri.

3. **Produksi Produk Sederhana (Mandiri terbimbing)**

Peserta diarahkan untuk membuat prototipe produk sederhana sesuai kreativitas mereka. Produk yang berhasil dicetak antara lain souvenir, gantungan kunci, action figure dsb. Setiap kelompok peserta bertanggung jawab menyelesaikan satu produk, sehingga pada akhir pelatihan terkumpul lima produk nyata hasil karya bersama.

Instrumen Evaluasi

Evaluasi pelatihan dilakukan melalui tiga instrumen utama:

1. Angket kepuasan peserta: menggunakan skala Likert 1–5 untuk mengukur enam aspek, yaitu pemahaman materi, kemampuan setelah pelatihan, manfaat pelatihan, penyajian materi, penguasaan instruktur, dan manajemen waktu.
2. Dokumentasi produk: menilai keberhasilan peserta dalam menghasilkan karya nyata yang dapat menjadi luaran Tefa.
3. Testimoni peserta: memberikan ruang bagi peserta untuk menyampaikan pengalaman, kesan, dan saran terhadap pelaksanaan pelatihan.

Teknik Analisis Data

Data kuantitatif dari angket dianalisis menggunakan statistik deskriptif sederhana, berupa nilai rata-rata (mean), persentase, dan kategori penilaian (sangat baik, baik, cukup, kurang). Data ini digunakan untuk menggambarkan persepsi peserta terhadap kualitas pelatihan. Sementara itu, data kualitatif dari testimoni dianalisis melalui pendekatan tematik. Testimoni dikategorikan berdasarkan tema yang muncul, seperti pengalaman baru, manfaat keterampilan, atau kebutuhan perbaikan pelatihan. Pendekatan ini bertujuan melengkapi gambaran hasil pelatihan, sehingga tidak hanya ditampilkan dalam bentuk angka, tetapi juga narasi pengalaman nyata peserta.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Tahap Pelaksanaan

Pelaksanaan pelatihan dilaksanakan dalam dua sesi utama, yaitu sesi teori dan sesi praktik, yang dirancang untuk saling melengkapi antara pemahaman konseptual dan keterampilan teknis peserta. Kegiatan berlangsung di aula SMKN 1 Kragilan, dengan melibatkan guru-guru dan siswa sebagai peserta aktif.

Sesi teori disampaikan oleh instruktur dari tim pengabdian masyarakat melalui presentasi materi menggunakan media power point. Materi mencakup pengenalan mengenai 3D printer, jenis dan potensi penggunaan dalam pengembangan teaching factory smk. Penyampaian materi dilakukan secara interaktif, dengan pendekatan dialogis yang melibatkan peserta dalam diskusi dan tanya jawab. Hal ini bertujuan untuk memastikan pemahaman peserta terhadap trend perkembangan teknologi 3D printer dan brainstorming untuk pengembangan teaching factory SMK. Kegiatan ini siakhir dengan penyerahan asset berupa 3D printer dengan sistem FDM dan DLP kepada mitra. Kegiatan sesi teori ditunjukkan oleh gambar 1 dan 2 dibawah ini.



Gambar 1. Kegiatan Sesi Teori



Gambar 2. Kegiatan Penyerahan Aset ke Mitra

Setelah penyampaian materi, kegiatan dilanjutkan dengan sesi praktik yang berfokus pada penerapan penggunaan 3D printer untuk pembuatan produk kreatif. Pelatihan ini dilakukan dengan tahapan pembautan 3D dan proses slicing dengan menggunakan software anycubic. Kemudian dilakukan dengan praktik pengoperasian 3D printer. Benda yang diproduksi dengan 3D printer yang digunakan dalam praktik merupakan hasil kreasi yang disiapkan oleh peserta sendiri sebelumnya, sehingga latihan bersifat kontekstual dan aplikatif. Instruktur memberikan demonstrasi terlebih dahulu untuk setiap tahapan persiapan dan pengoperasian, kemudian mendampingi peserta satu per satu selama praktik berlangsung.. Kegiatan sesi praktik ditunjukkan oleh gambar 3 dan 4 sebagai berikut.



Gambar 3. Kegiatan Penjelasan Praktik penggunaan 3D printer



Gambar 4. Kegiatan Praktik terbimbing penggunaan

Hasil Tahap Evaluasi Kuantitatif

Evaluasi kegiatan pelatihan *3D printing* di SMK Negeri 1 Kragilan dilakukan dengan menggunakan instrumen angket berbasis skala Likert 1–5. Instrumen ini menilai enam aspek utama, yakni (1) pemahaman materi, (2) kemampuan teknis setelah pelatihan, (3) manfaat pelatihan, (4) penyajian materi, (5) penguasaan instruktur, dan (6) manajemen waktu. Sebanyak 20 peserta yang terdiri dari guru dan siswa mengisi angket pada akhir sesi pelatihan.

Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa rata-rata keseluruhan berada pada skor 4,45 yang masuk kategori baik hingga sangat baik. Distribusi skor memperlihatkan sebagian besar peserta memberi nilai 4 dan 5, sementara nilai 3 hanya muncul pada beberapa indikator tertentu. Hal ini

mengindikasikan bahwa pelatihan memberikan pengalaman yang positif dan memenuhi harapan mayoritas peserta.

Tabel 1. Skor Rata-Rata Angket Evaluasi Pelatihan 3D Printing

Indikator Evaluasi	Rata-rata Skor	Kategori
Pemahaman materi	4,3	Baik
Kemampuan teknis setelah pelatihan	4,4	Baik
Manfaat pelatihan	4,7	Sangat Baik
Penyajian materi	4,5	Sangat Baik
Penguasaan instruktur	4,6	Sangat Baik
Manajemen waktu	4,2	Baik
Rata-rata keseluruhan	4,45	Baik-SB

Jika dilihat lebih rinci, indikator manfaat pelatihan memperoleh skor tertinggi, yaitu 4,7. Artinya, peserta tidak hanya memahami materi, tetapi juga merasakan nilai praktis dari keterampilan yang diperoleh. Hal ini sejalan dengan tujuan kegiatan pengabdian, yaitu memberikan keterampilan aplikatif yang bisa langsung diterapkan baik dalam proses pembelajaran maupun peluang usaha.

Indikator penguasaan instruktur (4,6) dan penyajian materi (4,5) juga menunjukkan hasil yang memuaskan. Peserta menilai instruktur mampu menyampaikan materi dengan jelas, sabar, dan responsif terhadap pertanyaan. Faktor ini penting, karena keberhasilan pelatihan sangat ditentukan oleh cara instruktur memfasilitasi proses belajar. Indikator dengan skor relatif lebih rendah adalah manajemen waktu (4,2). Meskipun masih dalam kategori baik, skor ini menunjukkan bahwa alokasi waktu pelatihan dianggap kurang panjang, terutama pada sesi praktik. Peserta merasa membutuhkan waktu tambahan untuk mencoba desain yang lebih kompleks atau mengulang langkah-langkah pencetakan.

Distribusi data juga menunjukkan pola menarik. Sebanyak 70% peserta memberi nilai 5 pada indikator manfaat pelatihan, sementara pada indikator manajemen waktu, hanya 30% yang memberi nilai 5, sisanya memilih 4 atau 3. Pola ini konsisten dengan testimoni yang mengusulkan penambahan jam praktik. Dengan demikian, secara kuantitatif dapat disimpulkan bahwa pelatihan *3D printing* sangat efektif dalam meningkatkan pemahaman dan keterampilan peserta, meskipun masih ada aspek teknis yang perlu diperbaiki, terutama terkait durasi kegiatan.

Hasil Tahap Evaluasi Kualitatif

Selain evaluasi kuantitatif melalui angket, pelatihan 3D printing di SMK Negeri 1 Kragilan juga menghasilkan data kualitatif berupa testimoni peserta. Data ini penting karena menggambarkan pengalaman subjektif, persepsi, dan refleksi peserta yang tidak selalu dapat ditangkap dengan angka. Testimoni dianalisis secara tematik dengan mengidentifikasi pola dan isu utama. Dari analisis tersebut muncul empat tema besar, yakni pengalaman baru, relevansi pembelajaran, motivasi kewirausahaan, dan kritik konstruktif.

1. Pengalaman Baru

Bagi sebagian besar peserta, terutama guru produktif yang belum pernah berinteraksi dengan printer 3D, kegiatan ini merupakan pengalaman pertama yang membuka wawasan baru. Salah seorang guru teknik mesin menyampaikan:

“Saya baru pertama kali menggunakan printer 3D, ternyata tidak sesulit yang dibayangkan. Dengan arahan instruktur, kami bisa langsung mencoba dan hasilnya sangat memuaskan.”

Testimoni ini menunjukkan bahwa teknologi baru yang awalnya dianggap rumit ternyata dapat dipahami dengan baik jika disampaikan dengan metode praktik langsung. Dokumentasi foto

memperlihatkan ekspresi kagum peserta ketika melihat hasil cetakan pertama keluar dari mesin, memperkuat narasi bahwa pengalaman pertama ini meninggalkan kesan mendalam.

2. Relevansi untuk Pembelajaran

Guru yang mengikuti pelatihan merasa keterampilan yang diperoleh sangat relevan untuk diterapkan dalam proses belajar mengajar di sekolah. Seorang guru RPL menuturkan:

“Pelatihan ini membuat saya lebih percaya diri mengajarkan materi berbasis desain digital kepada siswa. Sekarang saya punya contoh nyata bagaimana desain bisa langsung diwujudkan menjadi produk.”

Pernyataan ini mengindikasikan bahwa pelatihan tidak hanya meningkatkan keterampilan teknis individu, tetapi juga memperkaya strategi pembelajaran guru. Integrasi 3D printing ke dalam kurikulum dapat menjembatani teori dengan praktik, sehingga siswa belajar tidak hanya di ruang kelas, tetapi juga melalui pengalaman produksi nyata.

3. Motivasi Kewirausahaan

Bagi siswa, pelatihan ini tidak hanya sekadar latihan teknis, melainkan juga memunculkan ide-ide kewirausahaan. Seorang siswa kelas XI menyampaikan:

“Produk seperti gantungan kunci atau souvenir bisa dijual ke teman-teman, ini membuka ide bisnis kecil-kecilan.”

Kutipan ini memperlihatkan bahwa siswa mulai melihat keterampilan 3D printing dari perspektif ekonomi. Produk sederhana yang mereka buat dapat memiliki nilai jual, terutama jika dipasarkan secara kreatif melalui platform digital. Hal ini sejalan dengan semangat Teaching Factory, yaitu menjadikan sekolah sebagai pusat produksi sekaligus laboratorium kewirausahaan.

4. Kritik Konstruktif

Tidak semua testimoni bernuansa positif tanpa catatan. Beberapa peserta menggarisbawahi adanya keterbatasan waktu praktik. Seorang siswa kelas XII menuliskan:

“Waktu praktik terlalu singkat, sebaiknya ada tambahan jam agar bisa mencoba desain yang lebih rumit.”

Kritik ini sangat penting sebagai masukan untuk penyempurnaan program di masa depan. Foto kegiatan memperlihatkan siswa masih antusias mengoperasikan printer meskipun waktu pelatihan hampir habis, yang menegaskan bahwa mereka membutuhkan ruang lebih luas untuk mengeksplorasi teknologi ini..

Kegiatan pelatihan 3D printing ini membuktikan bahwa integrasi teknologi digital ke dalam Teaching Factory memberikan banyak keuntungan. Pertama, dari sisi produksi, sekolah dapat menghasilkan prototipe dengan biaya lebih rendah. Kedua, dari sisi pembelajaran, pelatihan ini berbasis proyek, melibatkan kolaborasi siswa dan guru, serta mendorong keterampilan abad 21 seperti problem solving dan kreativitas. Ketiga, dari sisi kewirausahaan, produk sederhana hasil pelatihan membuka peluang usaha kecil yang realistis.

Secara lebih luas, kegiatan ini berkontribusi pada agenda pembangunan global. Ia mendukung SDG 4 (pendidikan berkualitas) dengan memperkuat keterampilan teknologi siswa, serta SDG 8 (pekerjaan layak dan pertumbuhan ekonomi) dengan membuka peluang kerja baru. Pada level nasional, kegiatan ini mendukung IKU Perguruan Tinggi, khususnya IKU 5, dan sejalan dengan Asta Cita Presiden yang menekankan penguatan sumber daya manusia. Hasil ini menemukan bahwa integrasi 3D printing dalam pembelajaran meningkatkan kreativitas siswa dan guru sehingga hasil ini sejalan dengan penelitian (Verner & Merksamer, 2015). Selain itu, (Abdillah *et al.*, 2020, 2023; Abdillah & Ulikaryani, 2019; Gibson *et al.*, 2014) menekankan bahwa additive manufacturing mampu mempercepat proses desain dan produksi, suatu nilai yang terbukti dalam konteks SMK Kragilan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian PendidikanTinggi, Sain danTeknologi Republik Indonesia melalui Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (DPPM) yang telah mendanai progam pengabdianini melalui dana hibah “Program Kemitraan Masyarakat” tahun 2025.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, H., Munadi, M., & Supriyadi, N. W. (2020). Comparison Of 3d Printer and Wood Casting Pattern. *Jurnal Elektro Dan Mesin Terapan*, 6(2), 70–80.
- Abdillah, H., Nurtanto, M., Prasetyo, A., Puspito, J., & Ikhsanudin. (2023). Optimization of DLP 3D printing parameters on casting pattern manufacturing process. *AIP Conference Proceedings*, 2671(1), 20019.
- Abdillah, H., & Ulikaryani, U. (2019). Aplikasi 3D Printer Fused Deposit Material (FDM) pada Pembuatan Pola Cor. *SINTEK JURNAL: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 13(2), 110. <https://doi.org/10.24853/sintek.13.2.110-115>
- Atina, V. Z., Mahmudi, A. Y., & Abdillah, H. (2020). Ceper Foundry Industries, Technology Management Readiness for Industrial Revolution 4.0. *Brawijaya International Conference on Multidisciplinary Sciences and Technology*, 1(2020), 14–17.
- Atina, V. Z., Mahmudi, A. Y., & Abdillah, H. (2021). Industry Preparation In Ceper Klaten On Society 5.0. *International Journal of Economics, Business and Accounting Research (IJEBAR)*, 5(2).
- Billett, S. (2011). *Vocational education: Purposes, traditions and prospects*. Springer Science & Business Media.
- Frazier, W. E. (2014). Metal additive manufacturing: A review. *Journal of Materials Engineering and Performance*, 23(6), 1917 – 1928. <https://doi.org/10.1007/s11665-014-0958-z>
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(23), 8410 – 8415. <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>
- Gibson, I., Rosen, D. W., Stucker, B., & others. (2014). *Additive manufacturing technologies* (17). Springer.
- Jariah, A. (2019). Manajemen Teaching Factory Dalam Upaya Meningkatkan Kompetensi Peserta Didik Kompetensi Keahlian Tata Boga Di Smk Negeri 1 Barabai. *Prosiding Seminar Nasional PS2DMP ULM*, 5(2), 33–42.
- Muduli, K., Rout, S. K., Sarangi, S., Islam, S. M. N., & Mohamed, A. (2024). Evolutionary Manufacturing, Design and Operational Practices for Resource and Environmental Sustainability. In *Evolutionary Manufacturing, Design and Operational Practices for Resource and Environmental Sustainability*. wiley. <https://doi.org/10.1002/9781394198221>
- Sudira, P. (2019). The Role of Vocational Education in the Era of Industrial Automation. *Journal of Physics: Conference Series*, 1273, (1). Institute of Physics Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1273/1/012058>
- Suwandi, A., Muktiarni, Fitriyani, E., & Setiadi, R. P. (2023). Implementasi Program Teaching Factory (Tefa) Berbasis Unit Kewirausahaan Siswa Di SMK Kepariwisata Bandung. *Jurnal Ilmiah Global Education*, 4(4), 2215–2226.
- Verner, I., & Merksamer, A. (2015). Digital design and 3D printing in technology teacher education. In *Procedia CIRP* (Vol. 36, pp. 182 – 186). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.08.041>
- Wardiman, D. (1998). Pengembangan Sumber Daya Manusia: Melalui Sekolah Menengah Kejuruan (SMK). *Jakarta: PT Balai Pustaka*

