



PELATIHAN TEKNOLOGI 3D PRINTING BAGI GURU SMK KRISTEN NUSANTARA KUDUS UNTUK MENDUKUNG KOMPETENSI KEAHLIAN DI ERA INDUSTRI 4.0

3d Printing Technology Training For Teachers Of Smk Kristen Nusantara Kudus To Support Expertise Competency In The Industry 4.0 Era

Bellachintya Reira Christata^{*}, Rangga Primadasa, Adhie Prayogo

Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muria Kudus

*Jalan Lkr. Utara, Kayuapu Kulon, Gondangmanis, Kabupaten Kudus, Jawa Tengah 59327
2296*

^{*}Alamat Korespondensi: bellachintya.reira@umk.ac.id

(Tanggal Submission: 17 April 2026, Tanggal Accepted : 22 Mei 2026)



Kata Kunci :

*3D Printing,
Pelatihan
Teknologi, SMK,
Industri 4.0*

Abstrak :

Perkembangan teknologi manufaktur aditif, khususnya 3D printing, menuntut sekolah kejuruan untuk beradaptasi dengan kebutuhan industri berbasis digital. Namun, pemanfaatan teknologi ini di tingkat SMK masih terbatas karena kurangnya kompetensi guru dan fasilitas pendukung. SMK Kristen Nusantara Kudus sebagai mitra membutuhkan penguatan kapasitas guru produktif agar mampu mengintegrasikan 3D printing dalam proses pembelajaran. Oleh karena itu, diperlukan program pelatihan terstruktur dan aplikatif. Kegiatan ini bertujuan meningkatkan kompetensi guru produktif dalam memahami dan mengoperasikan teknologi 3D printing serta mengintegrasikannya sebagai media pembelajaran dan pendukung kewirausahaan berbasis manufaktur aditif. Metode kegiatan meliputi tahap inisiasi dan persiapan, tahap sosialisasi, tahap pelatihan, tahap pendampingan, serta tahap keberlanjutan. Materi mencakup pengenalan konsep manufaktur aditif, proses slicing, hingga praktik pencetakan objek sederhana secara langsung menggunakan printer 3D. Pelaksanaan kegiatan menunjukkan peningkatan pemahaman guru terhadap konsep dasar manufaktur aditif dan alur kerja 3D printing dari tahap desain hingga produk jadi. Antusiasme peserta terlihat dari partisipasi aktif dalam diskusi dan praktik langsung. Guru juga mulai mengidentifikasi potensi integrasi 3D printing dalam mata pelajaran produktif serta peluang pengembangan produk kreatif berbasis kewirausahaan sekolah. Program ini memperkuat kesiapan sekolah dalam mengadopsi teknologi pembelajaran berbasis digital. Pelatihan 3D printing efektif meningkatkan kompetensi guru dan mendukung integrasi teknologi manufaktur aditif di SMK dibuktikan dengan hasil kuisioner.

Key word :

3D Printing,
Technology
Training, SMK,
Industry 4.0

Abstract :

The development of additive manufacturing technology, particularly 3D printing, requires vocational schools to adapt to the demands of the digital-based industry. However, the utilization of this technology at the vocational high school (SMK) level remains limited due to insufficient teacher competencies and supporting facilities. SMK Kristen Nusantara Kudus, as a partner institution, requires capacity strengthening of productive subject teachers to enable them to integrate 3D printing into the learning process. Therefore, a structured and practical training program is necessary. This community service activity aims to enhance the competence of productive teachers in understanding and operating 3D printing technology and integrating it as a learning medium as well as a support for entrepreneurship based on additive manufacturing. The implementation method consists of initiation and preparation stages, socialization, training, mentoring, and sustainability stages. The materials include an introduction to additive manufacturing concepts, the slicing process, and hands-on practice in printing simple objects using a 3D printer. The implementation results indicate an improvement in teachers' understanding of the basic concepts of additive manufacturing and the 3D printing workflow, from design to final product. Participants' enthusiasm was reflected in their active engagement during discussions and hands-on practice sessions. Teachers also began identifying potential integration of 3D printing into productive subjects and exploring opportunities for developing creative products aligned with school-based entrepreneurship initiatives. This program strengthens the school's readiness to adopt digital-based learning technologies. The effectiveness of the 3D printing training in improving teacher competence and supporting the integration of additive manufacturing technology in vocational schools is evidenced by questionnaire results.

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

Christata, B. R., Primadasa, R., & Prayogo, A. (2026). Pelatihan Teknologi 3D Printing Bagi Guru SMK Kristen Nusantara Kudus untuk Mendukung Kompetensi Keahlian di Era Industri 4.0. *Jurnal Abdi Insani*, 13(5), 864-873. <https://doi.org/10.29303/abdiinsani.v13i5.2920>

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi pada era revolusi industri 4.0 telah membawa perubahan signifikan dalam dunia industri, khususnya pada sektor manufaktur yang semakin mengarah pada digitalisasi dan otomatisasi (Roso et al., 2024). Salah satu teknologi yang berkembang pesat adalah 3D printing atau additive manufacturing, yaitu proses pembuatan objek tiga dimensi secara bertahap dengan menambahkan material berdasarkan model digital (CAD), (Wong & Hernandez, 2012). Teknologi ini dapat melakukan produksi yang lebih fleksibel, efisien, serta mampu menghasilkan geometri kompleks yang sulit dicapai dengan metode manufaktur konvensional (Ngo et al., 2018). Selain itu, perkembangan teknologi 3D printing juga telah memberikan dampak signifikan dalam berbagai sektor, termasuk pendidikan, karena kemampuannya dalam mendukung proses pembelajaran berbasis praktik dan inovasi (Arham et al., 2024).

Dalam konteks pendidikan vokasi, Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) memiliki peran strategis dalam menyiapkan lulusan yang siap kerja dan memiliki kompetensi sesuai dengan kebutuhan industri. Oleh karena itu, guru sebagai ujung tombak pembelajaran dituntut untuk terus meningkatkan kompetensinya, terutama dalam penguasaan teknologi terkini (Wati et al., 2024). Namun demikian,



masih terdapat kesenjangan antara perkembangan teknologi industri dengan kompetensi yang dimiliki oleh tenaga pendidik di SMK, khususnya dalam pemanfaatan teknologi digital dan manufaktur modern (Iswanda *et al.*, 2026). Keterbatasan pelatihan, fasilitas, serta minimnya pengalaman praktis menjadi faktor utama yang menyebabkan rendahnya adopsi teknologi 3D printing dalam proses pembelajaran.

Teknologi 3D printing memiliki potensi besar dalam mendukung pembelajaran berbasis praktik karena mampu mengintegrasikan konsep desain, manufaktur, dan kreativitas dalam satu proses yang utuh. Penggunaan teknologi ini juga sejalan dengan pendekatan pembelajaran berbasis proyek (*project-based learning*) yang dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan *problem solving* peserta didik. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penerapan pelatihan 3D printing melalui metode demonstrasi dan praktik langsung (*hands-on*) mampu meningkatkan kompetensi pengguna, baik dalam aspek pemahaman konsep maupun keterampilan operasional (Nugraha, 2025). Hal ini menunjukkan bahwa integrasi teknologi 3D printing dalam pendidikan vokasi sangat relevan untuk meningkatkan kesiapan lulusan dalam menghadapi dunia kerja.

Selain itu, perkembangan teknologi additive manufacturing juga didukung oleh kemajuan dalam material, metode, dan aplikasi yang semakin luas, sehingga menjadikannya sebagai salah satu teknologi kunci dalam transformasi industri modern. Bahkan, teknologi ini telah dianggap sebagai salah satu pendorong utama inovasi dalam pendidikan teknik dan rekayasa karena mampu menghadirkan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan aplikatif (Taufik *et al.*, 2025).

SMK Kristen Nusantara Kudus sebagai salah satu institusi pendidikan vokasi memiliki komitmen dalam meningkatkan kualitas pembelajaran melalui pemanfaatan teknologi. Namun, berdasarkan hasil observasi awal, diketahui bahwa sebagian besar guru belum memiliki pemahaman dan keterampilan yang memadai dalam penggunaan teknologi 3D printing, baik dari sisi pengoperasian perangkat keras maupun perangkat lunak pendukung seperti software slicing. Kondisi ini menjadi salah satu hambatan dalam implementasi pembelajaran berbasis teknologi di sekolah tersebut.

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan suatu kegiatan pengabdian kepada masyarakat dalam bentuk pelatihan teknologi 3D printing bagi guru. Kegiatan ini diharapkan dapat meningkatkan pemahaman dan keterampilan guru dalam mengoperasikan teknologi 3D printing serta mendorong integrasi teknologi tersebut dalam proses pembelajaran. Dengan demikian, kompetensi guru dapat meningkat dan berdampak positif terhadap kualitas pembelajaran di SMK, sehingga lebih adaptif terhadap perkembangan industri 4.0.

METODE KEGIATAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan di SMK Kristen Nusantara Kudus pada tanggal 24 Oktober 2025 dengan sasaran utama guru produktif sebanyak 17 orang sebagai peserta pelatihan. Metode yang digunakan dalam kegiatan ini adalah metode pelatihan berbasis praktik (*hands-on training*) yang dikombinasikan dengan penyampaian materi, demonstrasi, dan pendampingan. Pendekatan ini dipilih karena efektif dalam meningkatkan pemahaman konseptual sekaligus keterampilan teknis peserta. Pelaksanaan kegiatan dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

a. Tahap Inisiasi dan Persiapan

Pada tahap ini dilakukan identifikasi kebutuhan mitra melalui observasi awal dan komunikasi dengan pihak sekolah. Kegiatan ini bertujuan untuk mengetahui tingkat pemahaman guru terhadap teknologi 3D printing serta kesiapan sarana dan prasarana pendukung. Selanjutnya dilakukan penyusunan materi pelatihan yang meliputi konsep dasar 3D printing, pengenalan perangkat lunak slicing (Cura), serta pengoperasian mesin 3D printer. Selain itu, dilakukan juga persiapan alat dan bahan seperti mesin 3D printer, filament PLA, laptop, dan file desain 3D.

b. Tahap Sosialisasi

Kegiatan ini dilakukan melalui pertemuan langsung antara tim pengabdian dengan pihak sekolah dan guru sebagai peserta, dengan penyampaian materi secara interaktif mengenai perkembangan

teknologi di era industri 4.0 serta peran 3D printing dalam dunia industri dan pendidikan vokasi. Selain itu, dilakukan diskusi dan tanya jawab untuk mengidentifikasi tingkat pengetahuan awal peserta, pengalaman penggunaan teknologi, serta kendala yang dihadapi dalam proses pembelajaran. Hasil identifikasi tersebut digunakan sebagai dasar dalam penyesuaian materi pelatihan agar sesuai dengan kebutuhan mitra.

c. Tahap Pelatihan

Kegiatan pelatihan yang terdiri dari beberapa metode pembelajaran, yaitu: (1) Penyampaian Materi (Ceramah Interaktif), peserta diberikan pemahaman mengenai konsep dasar 3D printing, prinsip kerja, jenis teknologi, serta manfaatnya dalam dunia industri dan pendidikan. (2) Demonstrasi Tim pengabdian memberikan contoh penggunaan software Cura untuk proses slicing model 3D, mulai dari import file, pengaturan parameter (*layer height, infill, temperature*), hingga proses generating G-code. (3) Praktik Langsung (*Hands-on Training*), Peserta melakukan praktik secara langsung dengan mengoperasikan software Cura dan mesin 3D printer. Peserta dilatih mulai dari proses persiapan file, setting parameter, hingga proses pencetakan objek 3D. (4) Diskusi dan Tanya Jawab, Kegiatan diskusi dilakukan untuk memperdalam pemahaman peserta serta mengatasi kendala yang dihadapi selama praktik.

d. Tahap Pendampingan

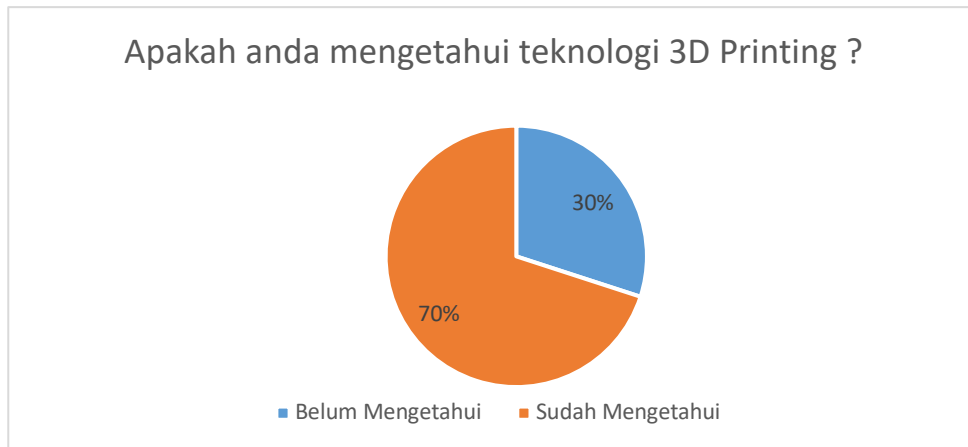
Tahap pendampingan dilakukan sebagai tindak lanjut dari kegiatan pelatihan untuk memastikan peserta mampu mengimplementasikan teknologi 3D printing secara mandiri dalam proses pembelajaran. Pada tahap ini, tim pengabdian memberikan bimbingan secara langsung maupun tidak langsung kepada guru dalam penggunaan software Cura dan pengoperasian mesin 3D printer, termasuk dalam penyesuaian parameter, troubleshooting, serta optimalisasi hasil cetak. Selain itu, pendampingan juga difokuskan pada integrasi teknologi 3D printing ke dalam kegiatan pembelajaran di kelas, seperti dalam pembuatan media ajar berbasis proyek. Selama proses pendampingan, dilakukan diskusi intensif untuk mengidentifikasi kendala yang dihadapi peserta serta memberikan solusi yang tepat. Dengan adanya tahap ini, diharapkan peserta tidak hanya memahami secara teoritis, tetapi juga mampu mengaplikasikan teknologi secara berkelanjutan dan meningkatkan kualitas pembelajaran di SMK.

e. Tahap Keberlanjutan

Tahap keberlanjutan difokuskan pada monitoring dan evaluasi awal terhadap pemanfaatan 3D printing oleh guru. Evaluasi dilakukan melalui observasi dan pengisian kuesioner untuk mengukur tingkat pemahaman, kepuasan, serta rencana tindak lanjut mitra. Hasil awal menunjukkan bahwa mitra berkomitmen untuk mengintegrasikan 3D printing ke dalam pembelajaran produktif dan kegiatan proyek siswa.

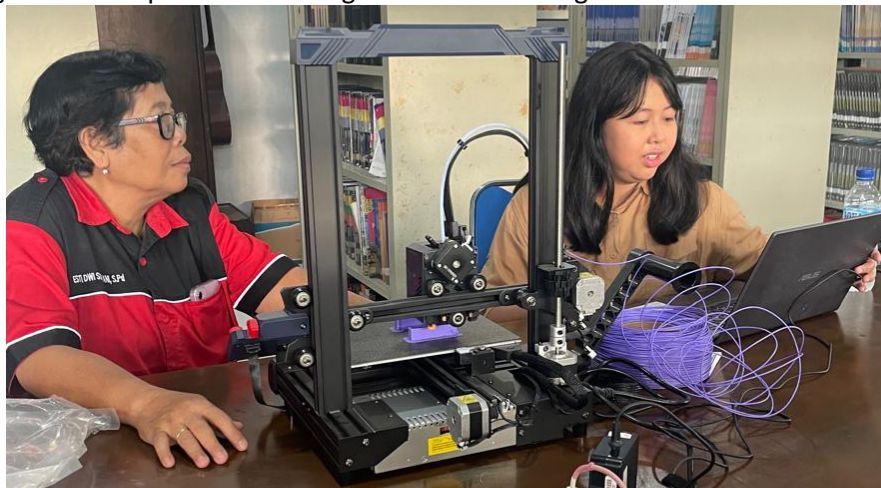
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat berupa pelatihan teknologi 3D printing telah dilaksanakan di SMK Kristen Nusantara Kudus dengan peserta sebanyak 17 guru produktif. Pelaksanaan kegiatan dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu persiapan, sosialisasi, pelatihan, pendampingan, dan keberlanjutan. Pada tahap persiapan tim pengabdian melakukan survey untuk mengetahui tingkat pengetahuan guru produktif terhadap teknologi 3D Printing. Pada Gambar 1 disajikan hasil dari survey



Gambar 1. Survey Pemahaman Teknologi 3D Printing

Gambar 1 diperoleh informasi bahwa 80% guru produktif belum memiliki pemahaman dan keterampilan yang memadai dalam penggunaan teknologi 3D printing, sehingga pelatihan yang dirancang dinilai relevan dan dibutuhkan. Selain itu, tim melakukan penyusunan materi pelatihan yang mencakup konsep dasar 3D printing, penggunaan software Cura, serta pengoperasian mesin 3D printer. Kesiapan sarana dan prasarana juga telah terpenuhi, meliputi ketersediaan mesin 3D printer, filament PLA, serta perangkat pendukung lainnya. Instrumen evaluasi seperti pre-test, post-test, dan kuesioner juga telah disiapkan untuk mengukur efektivitas kegiatan.



Gambar 2. Tahap Persiapan

Berdasarkan hasil tahap persiapan dan inisiasi yang telah dilakukan, selanjutnya kegiatan dilanjutkan pada tahap sosialisasi sebagai langkah awal dalam memberikan pemahaman kepada peserta mengenai pentingnya teknologi 3D printing dalam mendukung pembelajaran di SMK yang dapat dilihat pada Gambar 3. Kegiatan sosialisasi yang dilakukan secara interaktif mampu meningkatkan kesadaran peserta terhadap peran teknologi dalam era industri 4.0 serta relevansinya dengan kebutuhan dunia kerja. Berdasarkan hasil diskusi dan tanya jawab, diketahui bahwa sebagian besar peserta sebelumnya belum memiliki pengalaman dalam penggunaan teknologi 3D printing, namun menunjukkan minat dan antusiasme yang tinggi untuk mempelajarinya.



Gambar 3. Tahap Sosialisasi

Pada tahap pelatihan, peserta diberikan pemahaman mengenai konsep dasar 3D printing serta praktik penggunaan software Cura dan mesin 3D printer yang dapat dilihat pada Gambar 4. Peserta mampu mengikuti setiap tahapan kegiatan dengan baik, mulai dari proses slicing hingga pencetakan objek. Produk yang dihasilkan berupa objek sederhana yaitu prototype kursi berbasis desain digital yang menunjukkan bahwa peserta telah memahami alur kerja teknologi additive manufacturing. Hal ini sejalan dengan penelitian yang menyatakan bahwa penerapan teknologi 3D printing dalam pembelajaran mampu meningkatkan pemahaman konsep dan keterampilan teknis secara simultan, (Munir, 2025).



Gambar 4. Pelatihan 3D Printing

Setelah tahap pelatihan dilaksanakan dan peserta memperoleh pemahaman serta keterampilan dasar, kegiatan dilanjutkan dengan tahap pendampingan untuk memastikan kemampuan tersebut dapat diterapkan secara optimal. Selama proses pendampingan, peserta memperoleh bimbingan dalam mengatasi kendala teknis seperti pengaturan parameter printing, troubleshooting hasil cetak, serta optimalisasi penggunaan software Cura dan mesin 3D printer. Peserta juga mulai mampu mengembangkan ide pemanfaatan 3D printing sebagai media pembelajaran berbasis proyek yang relevan dengan mata pelajaran di SMK.



Gambar 5. Tahap Pendampingan

Secara umum, kegiatan berjalan dengan lancar dan mendapatkan respon yang positif dari peserta, dibuktikan dengan antusiasme peserta terlihat dari keaktifan dalam mengikuti sesi penyampaian materi, diskusi, serta praktik langsung penggunaan teknologi 3D printing. Hal ini menunjukkan bahwa pendekatan pelatihan yang digunakan mampu menarik minat dan meningkatkan keterlibatan peserta dalam proses pembelajaran, (Suryani *et al.*, 2020).

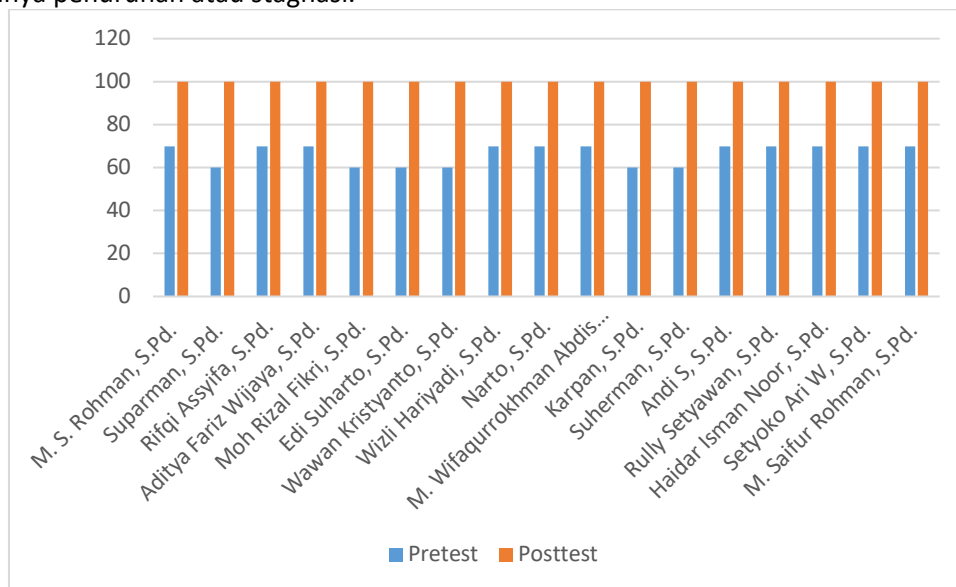
Tahap terakhir pada kegiatan pengabdian ini adalah tahap keberlanjutan yang difokuskan pada monitoring dan evaluasi awal terhadap pemanfaatan 3D printing oleh guru. Evaluasi dilakukan melalui observasi dan pengisian kuesioner untuk mengukur tingkat pemahaman, kepuasan, serta rencana tindak lanjut mitra yang dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil awal menunjukkan bahwa mitra berkomitmen untuk mengintegrasikan 3D printing ke dalam pembelajaran produktif dan kegiatan proyek siswa.

Tabel 1. Hasil pemahaman konsep teknik 3D Printing

Nama	Pretest	Posttest
M. S. Rohman, S.Pd.	70	100
Suparman, S.Pd.	60	100
Rifqi Assyifa, S.Pd.	70	100
Aditya Fariz Wijaya, S.Pd.	70	100
Moh Rizal Fikri, S.Pd.	60	100
Edi Suharto, S.Pd.	60	100
Wawan Kristyanto, S.Pd.	60	100
Wizli Hariyadi, S.Pd.	70	100
Narto, S.Pd.	70	100
M. Wifaqurrokhman Abdis Salam, S.Pd.	70	100
Karpan, S.Pd.	60	100
Suherman, S.Pd.	60	100
Andi S, S.Pd.	70	100
Rully Setyawan, S.Pd.	70	100
Haidar Isman Noor, S.Pd.	70	100
Setyoko Ari W, S.Pd.	70	100
M. Saifur Rohman, S.Pd.	70	100

Berdasarkan hasil evaluasi yang dilakukan terhadap 17 peserta pelatihan, diperoleh data nilai pre-test dan post-test yang menunjukkan adanya peningkatan pemahaman yang signifikan setelah

mengikuti kegiatan pelatihan 3D printing. Nilai pre-test peserta berada pada rentang 60–70, yang menunjukkan bahwa sebagian besar peserta memiliki pemahaman awal yang masih terbatas terkait teknologi 3D printing. Rata-rata nilai pre-test yang diperoleh adalah sebesar 66,47. Setelah mengikuti pelatihan, seluruh peserta memperoleh nilai post-test sebesar 100, sehingga rata-rata nilai post-test mencapai 100. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan yang sangat signifikan sebesar 33,53 poin atau sekitar 50,43% dibandingkan dengan kondisi awal. Peningkatan ini mengindikasikan bahwa materi pelatihan yang diberikan mampu meningkatkan pemahaman peserta secara menyeluruh terhadap konsep dan implementasi teknologi 3D printing. Selain itu, jika dilihat dari tingkat peningkatan individu pada Gambar 6, seluruh peserta mengalami peningkatan nilai yang konsisten, tanpa adanya penurunan atau stagnasi.



Gambar 6. Diagram Batang Hasil Pre-test VS Post-test

Peserta dengan nilai awal 60 mengalami peningkatan sebesar 40 poin, sedangkan peserta dengan nilai awal 70 mengalami peningkatan sebesar 30 poin. Hal ini menunjukkan bahwa pelatihan memberikan dampak yang merata bagi seluruh peserta, baik yang memiliki pemahaman awal rendah maupun sedang. Hasil ini menunjukkan bahwa metode pelatihan yang digunakan, yaitu kombinasi antara ceramah, demonstrasi, dan praktik langsung (*hands-on training*), efektif dalam meningkatkan kompetensi peserta. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa pembelajaran berbasis praktik mampu meningkatkan pemahaman dan keterampilan teknis secara signifikan dibandingkan metode konvensional, (Suryani *et al.*, 2020). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa kegiatan pelatihan 3D printing yang dilaksanakan berhasil mencapai tujuan dalam meningkatkan pemahaman guru terhadap teknologi, serta memiliki potensi untuk mendukung implementasi pembelajaran berbasis teknologi di SMK.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat berjudul “Pelatihan Teknologi 3D Printing bagi Guru SMK Kristen Nusantara Kudus untuk Mendukung Kompetensi Keahlian di Era Industri 4.0” telah dilaksanakan sesuai dengan tahapan yang direncanakan, meliputi tahap inisiasi dan persiapan, sosialisasi, pelatihan, serta pendampingan awal. Berdasarkan hasil pelaksanaan kegiatan, dapat disimpulkan bahwa program pengabdian ini memberikan dampak positif bagi para peserta dalam meningkatkan pemahaman mengenai teknologi 3D Printing. Hasil kegiatan menunjukkan adanya peningkatan pemahaman dan keterampilan awal guru dalam mengenal konsep manufaktur aditif, melakukan desain 3D sederhana, proses slicing, hingga pengoperasian dasar printer 3D. Guru

menunjukkan antusiasme dan kesiapan untuk mulai mengintegrasikan teknologi 3D printing dalam pembelajaran produktif serta pengembangan proyek siswa. Selain itu, kegiatan ini juga memperkuat kemitraan antara Universitas Muria Kudus dan SMK Kristen Nusantara Kudus dalam pengembangan kompetensi berbasis teknologi. Secara umum, kegiatan pengabdian ini relevan dengan kebutuhan mitra dan berpotensi memberikan dampak jangka panjang terhadap peningkatan kualitas pembelajaran vokasi, penguatan keterampilan guru, serta pengembangan inovasi pembelajaran berbasis industri 4.0.

Berdasarkan hasil pelaksanaan kegiatan pengabdian, beberapa saran yang dapat diberikan untuk keberlanjutan program adalah sebagai berikut (1) disarankan agar sekolah secara bertahap mengupayakan pengadaan atau pengembangan fasilitas 3D printing secara mandiri serta mengintegrasikan materi 3D printing ke dalam kurikulum dan kegiatan praktik siswa, khususnya pada mata pelajaran produktif dan proyek berbasis teaching factory. (2) Kegiatan pendampingan sebaiknya dilanjutkan secara berkala untuk memperkuat kompetensi guru, khususnya pada pengembangan desain yang lebih kompleks, troubleshooting lanjutan, dan penerapan 3D printing untuk media pembelajaran serta produk kewirausahaan. (3) Disarankan agar kegiatan pengabdian berikutnya difokuskan pada pengembangan model pembelajaran berbasis proyek, sertifikasi kompetensi dasar 3D printing bagi guru, serta kolaborasi dengan dunia industri untuk meningkatkan relevansi pembelajaran dengan kebutuhan pasar kerja.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim pelaksana menyampaikan terima kasih kepada LPPM Universitas Muria Kudus atas dukungan pendanaan pelaksanaan kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat ini. Apresiasi yang sebesar-besarnya juga disampaikan kepada SMK Kristen Nusantara Kudus sebagai mitra kegiatan atas kerja sama.

DAFTAR PUSTAKA

- Arham, M., Hamka, A., Fachruddin, M., Nasir, A. M. S., Tawakkal, M., Mislaluddin, M., & Syahril, S. (2024). *Teknologi dan Inovasi dalam Pendidikan Teknik Mesin: Tren dan Aplikasi Terbaru* (Edisi ke-1). Widina Media Utama.
- Iswanda, D., Naufal, A., Nurhaidah, N., Rahsyid, M. I., Manurung, A., Sulistiono, D., Supandi, S., Dewi, S. K., Sa'adah, N., Bahri, A., & Khan, B. (2026). Peningkatan Keterampilan Digital Prototyping Melalui Pelatihan Additive Manufacturing untuk Guru dan Siswa Prodi Teknik Perawatan Mekanik SMK Negeri 1 Sui Kunyit, Kabupaten Mempawah. *J-ABDI: Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, 5(10), 3161–3168.
- Munir, M. T., Jamwal, P. K., Li, B., Carter, S., & Hussain, S. (2025). Revolutionising Engineering Pedagogy: The Role of 3D Printing in Modern Engineering Education. *Innovations in Education and Teaching International*, 62(2), 575–593. <https://doi.org/10.1080/14703297.2024.2346554>
- Ngo, T. D., Kashani, A., Imbalzano, G., Nguyen, K. T. Q., & Hui, D. (2018). Additive Manufacturing (3D Printing): A Review of Materials, Methods, Applications and Challenges. *Composites Part B: Engineering*, 143, 172–196. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2018.02.012>
- Nugraha, Y. A. (2025). Peningkatan Kompetensi Teknologi 3D Printing bagi Siswa SMK Negeri 12 Jakarta Jurusan Rekayasa Perangkat Lunak. *Berdikari: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 8(1). <https://doi.org/10.52447/berdikari.v8i01.8576>
- Pristiwaningsih, E. R., Rizky, D., Atmojo, T. A., & Nadhifah, F. (2024). Transformasi Digital di Industri Manufaktur: Dampak pada Efisiensi Operasional. *Elektrise: Jurnal Sains dan Teknologi Elektro*, 14(02), 203–211. <https://doi.org/10.47709/elektrise.v14i02.4809>
- Suryani, N., Setiawan, A., & Putra, A. (2020). The Effect of Hands-On Learning on Vocational Students' Competence. *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, 26(2), 123–130.

- Taufik, I., Mubarak, I., Khoirunnisa, N., Kussuma H. S., M. F., & Retnosari, R. (2025). Pemanfaatan Teknologi 3D Printing untuk Pembuatan Media Pembelajaran di SMK Islam Secang. *Manhaj: Jurnal Penelitian dan Pengabdian Masyarakat*, 14(2), 128–136. <https://doi.org/10.29300/mjppm.v14i2.9308>
- Wati, S., & Nurhasannah, N. (2024). Penguatan Kompetensi Guru dalam Menghadapi Era Digital. *Jurnal Review Pendidikan Dasar: Jurnal Kajian Pendidikan dan Hasil Penelitian*, 10(2), 149–155. <https://doi.org/10.26740/jrpd.v10n2.p149-155>
- Wong, K. V., & Hernandez, A. (2012). A Review of Additive Manufacturing. *ISRN Mechanical Engineering*, 2012, Article 208760. <https://doi.org/10.5402/2012/208760>