

## PELATIHAN DESAIN PRODUK MENGGUNAKAN TEKNOLOGI ADDITIVE MANUFACTURING DI SMK NEGERI 1 TANJUNG RAYA

<sup>1)</sup> Rifelino, <sup>2)</sup> Zainal Abadi, <sup>3)</sup> Irma Yulia Basri

<sup>1,2)</sup>Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

<sup>3)</sup>Departemen Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

<sup>1,2,3)</sup>Jl. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar Padang, Sumatera Barat

E-mail : [rifelino@ft.unp.ac.id](mailto:rifelino@ft.unp.ac.id), [zainalabadi@ft.unp.ac.id](mailto:zainalabadi@ft.unp.ac.id), [irmaybe@ft.unp.ac.id](mailto:irmaybe@ft.unp.ac.id)

### ABSTRAK

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan untuk meningkatkan kemampuan desain gambar teknik guru dan merealisasikannya dalam bentuk objek purwarupa dengan menggunakan teknologi additive manufacturing di Sekolah Menengah Kejuruan di Tanjung Raya-Kabupaten Agam. Materi pelatihan berupa desain gambar digital 3 dimensi menggunakan aplikasi AutoCad, pengaturan slicing parameter melalui aplikasi Cura, dan proses cetak pada mesin 3D printing. Penyampaian materi pelatihan menggunakan metode ceramah, diskusi, demonstrasi, dan tugas individu. Tugas mendesain gambar digital tersebut ditransformasikan dalam bentuk objek 3 dimensi melalui proses cetak pada mesin. Workshop dilaksanakan selama durasi 2 hari, diikuti sebanyak 15 orang guru bidang mata pelajaran produktif jurusan teknik mesin. Beberapa produk dihasilkan berupa abjad 3 dimensi, table top organizer, dan profil roda gigi. Hasil workshop menunjukkan bahwa kemampuan guru-guru meningkat dalam mendesain objek 3 dimensi dan menciptakan objek purwarupa pada mesin 3D printing. Hal ini dibuktikan dengan beberapa produk purwarupa yang dibuat. Antusias peserta meningkat mengingat teknologi mesin 3D printing dapat membuat karya gambar digital menjadi produk purwarupa. Keterampilan yang diajarkan pada pelatihan ini memberikan stimulus kepada para peserta untuk kreatif dalam menciptakan produk 3 dimensi baik untuk hiasan, merchandise bahkan miniatur yang dimanfaatkan sebagai media pembelajaran. Hasil produk yang dicapai setelah kegiatan pelatihan ini memuaskan dengan geometri, dimensi dan kerapian objek yang baik.

**Kata Kunci:** 3D printing, desain kreatif, manufaktur aditif, sekolah kejuruan

### ABSTRACT

*The purpose of the community service is to improve teachers' skill in terms of mechanical drawing and realize it in the form of prototype objects utilized additive manufacturing technology at Vocational High Schools in Tanjung Raya-Agam Regency. The workshop material consists of 3D digital drawing designs using the AutoCad software, slicing parameter settings through the Cura software, furthermore the printing process on a 3D printing machine. Lecture technique was applied in terms of conveying teaching materials, discussions, demonstrations, and individual tasks. The tasks of digital drawing transformed into 3-dimensional objects through a printing process on machine. The workshop completed in 2-day duration with 15 participants of productive subject teachers of mechanical engineering departmen. producing several products in the form of 3-dimensional alphabets, table top organizers, and gear profiles. Some of products produces such as 3D alphabets, table top organizers, and gear profile. The results of the workshop revealed that the teachers' competencies had increased in designing 3D objects and creating prototype objects on 3D printing machine. This is proven by several prototype products that were produced. The enthusiasm of the participants increased considering that 3D printing machine able to generate digital mechanical drawing into prototype products. The competencies taught during workshop provides stimulus to participants to be creative in generate 3D products such as decoration, merchandise and even miniatures that are used as learning media. The product results achieved after this training activity are satisfactory with good geometry, dimensions and neatness of objects.*

**Keyword:** 3D printing, creative design, additive manufacturing, vocational school

## PENDAHULUAN

Media pembelajaran purwarupa (*prototype*) merupakan sarana media yang membantu siswa dalam memahami suatu materi pelajaran karena meyerupai suatu objek yang sesungguhnya. Guru-guru di sekolah kejuruan, seperti di SMK Negeri 1 Tanjung Raya belum mengenal seutuhnya teknologi yang dapat digunakan dalam membuat suatu objek media dalam bentuk 3 dimensi. Sejauh ini, hanya berupa sebatas desain objek berupa gambar teknik. Melalui kegiatan pengabdian yang disuguhkan dalam bentuk pelatihan ini bertujuan untuk memberikan wawasan dan meningkatkan keterampilan guru di SMK dalam membuat kreatifitas media 3 dimensi dengan menggunakan mesin 3D printing.

Teknologi *Additive Manufacturing (AM)* merujuk kepada kemampuan suatu mesin yang dapat menghasilkan suatu objek dengan menggunakan bahan aditif tertentu. Bahan aditif yang digunakan dapat berupa serbuk, filamen, cairan, dan lainnya [1]. Teknologi ini memungkinkan para desainer atau operator mesin menghasilkan suatu bentuk objek dalam tampilan yang menyerupai rupa aslinya. Jika biasanya mencetak suatu gambar pada lembaran kertas, kain, plastik atau media lainnya dalam bidang tertentu, itu hanyalah proses cetak 2 dimensi. Dimana objek yang dihasilkan pada cetak 2 dimensi ini hanya berupa gambar-gambar yang menempel pada suatu bidang. Katakanlah seseorang mencetak suatu teks tertentu, maka mesin cetak yang digunakan hanyalah dapat menghasilkan gambar 2 dimensi pada suatu bidang. Namun, lain halnya mencetak suatu objek dalam bentuk 3 dimensi yang dapat menghasilkan bentuk yang menyerupai aslinya, dan memiliki volume [2]. Mesin 3D printing memiliki kemampuan tersebut.

Mesin 3D printing jenis *Fused Deposition Modelling (FDM)* merupakan tipe yang paling populer di Indonesia. Harganya yang relatif terjangkau, mudah dioperasikan dan konstruksinya yang *portable* sehingga mudah ditempatkan meski hanya di atas sebuah meja kerja sekalipun. Dengan memanfaatkan filamen sebagai bahan aditifnya, melalui sebuah ruang pemanas (*chamber*) filamen tersebut dilelehkan pada temperatur tertentu (sekitar 180°C – 230°C). Lelehan dari filamen tersebut menempel pada permukaan meja kerja lapis demi lapisnya. Dan bergerak ke arah vertikal hingga membentuk objek yang memiliki ruang (volume), dan objek 3 dimensi yang diinginkan tercipta [3].

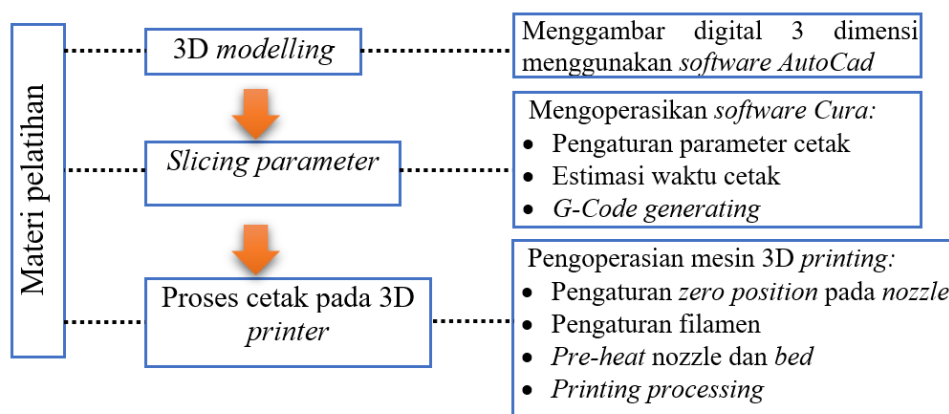
Kemampuannya yang sangat mumpuni itu membuat teknologi *additive manufacturing* ini dapat membuat objek *real* hingga menyerupai bentuk produk yang sesungguhnya. Dengan proses kerjanya yang relatif cepat dan dapat membuat berbagai produk miniatur (*prototype*), maka 3D *printing* disebut juga sebagai teknologi *rapid prototyping* [4]. Dengan berbagai keunggulannya, maka 3D *printer* dapat dimanfaatkan untuk membuat produk-produk kreatif berupa *merchandise*, hiasan interior, aksesoris pajangn. Di samping itu dapat juga dimanfaatkan untuk membuat berbagai media pembelajaran [5] miniatur oleh guru bagi para siswanya di kelas [6]. Misalnya, guru ingin menjelaskan tentang keuntungan mekanis dari suatu konstruksi roda gigi. Maka, perlu adanya suatu model objek yang memiliki bentuk, dimensi dan geometri yang serupa dengan roda gigi sesungguhnya. Mesin 3D *printing* mampu membuat objek roda gigi miniatur tersebut.

Guru-guru di tingkat Sekolah Menengah Kejuruan penting menguasai pemanfaatan dari teknologi 3D *printing* ini. Karena dapat dimanfaatkan sebesar-besarnya untuk proses pembelajaran di kelas. Lebih jauh dari itu, produk-produk kreatif 3 dimensi yang memiliki nilai seni tertentu dapat memberikan manfaat ekonomis. Seperti, produk mainan anak-anak, gantungan kunci, label nama 3 dimensi, hiasan pajangan kantor, dan laonnya. Produk-produk tersebut dapat dijual,

sehingga memberikan profit ekonomis bagi sekolah. Maka dari itu, kegiatan pengabdian ini dipersembahkan untuk memperkenalkan dan melatih guru-guru produktif pada SMK Negeri 1 Tanjung Raya-Kabupaten Agam agar dapat berkreasi baik dalam menunjang media pembelajaran di kelas atau menambah *income genertaring* bagi sekolah [7].

Dengan keterampilan dasar menggambar digital dalam bentuk 3 dimensi (gambar perspektif), guru dapat merealisasikannya dengan mencetak pada perangkat ini. Menggambar teknik merupakan keterampilan penting bagi guru dan siswa SMK khususnya pada keahlian Teknik Mesin. Berbagai program CAD (*Computer Aided Design*) dapat digunakan untuk membuat gambar digital 3 dimensi, seperti: AutoCad, Inventor, Solidworks, ataupun Sketchup. Mengingat besarnya manfaat peranan teknologi ini dalam pembelajaran, maka melalui kegiatan pengabdian ini dapat memberikan edukasi baik bagi guru dan siswa [8] dalam menciptakan kreasi inovatif media pembelajaran [9]. Media pembelajaran desain model 3D printing ini merupakan alternatif pemanfaatan media berupa protipe di samping beberapa media digital yang telah ada, seperti: *augemted reality*, dan *virtual reality* [10].

Secara umum, terdapat 3 tahapan penting dalam penyampaian materi pelatihan dalam kegiatan ini, seperti yang ditampilkan pada ilustrasi gambar 1 berikut:



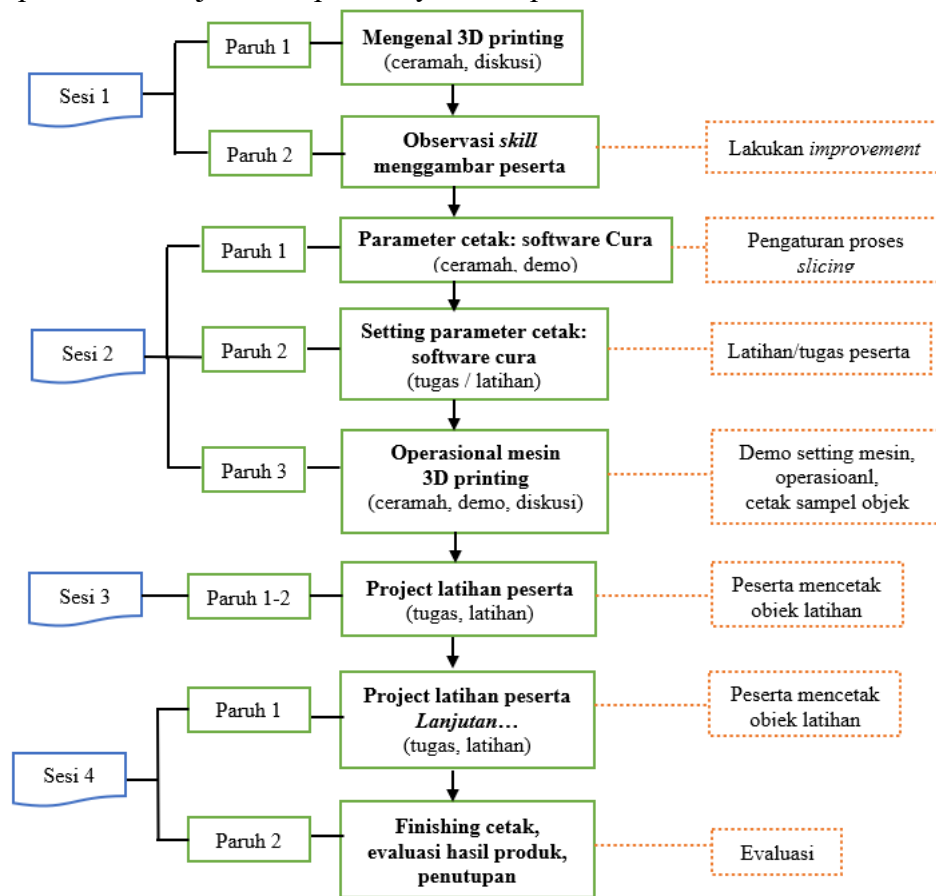
Gambar 1. Tahapan proses 3D printing

## METODE PELAKSANAAN

Aktivitas pengabdian bagi guru-guru kejuruan ini dilakukan di SMK Negeri 1 Tanjung Raya, Kabupaten Agam-Sumatera Barat dengan jumlah peserta sebanyak 15 orang yang terdiri guru-guru kejuruan pada program keahlian Teknik Mesin dan Teknik Pengelasan. Kegiatan pelatihan ini dilaksanakan dalam kurun waktu 2 hari, yang terdiri dari 4 sesi dengan durasi waktu 4 jam untuk masing-masing sesinya. Penjajakan awal tentang kemampuan dasar guru dalam mendesain gambar teknik dilakukan melalui wawancara dan observasi langsung pada perangkat komputer yang digunakan. Diketahui, ternyata seluruh peserta telah memiliki kemampuan menggambar teknik yang memadai sebagai *basic skill* dalam membuat objek 3 dimensi pada mesin 3D printing. Untuk mengukur kemampuan peserta dalam pelatihan ini dengan mengamati produk hasil cetak pada mesin. Untuk memperjelas prosedur kegiatan pelatihan, *flowchart* pada gambar 2 berikut menunjukkan tahapan-tahapan yang dilakukan.

Satu unit mesin 3D printing Anycubic tipe 4Max digunakan dalam kegiatan pelatihan ini dengan menggunakan filamen PLA (*Polylactid Acid*) sebagai bahan aditifnya. Filamen jenis PLA merupakan bahan polimer organik yang sering diaplikasikan pada pada mesin 3D printer tipe FDM

[11]. Dua perangkat lunak digunakan sebagai fasilitas pendukung, yaitu AutoCad dan Ultimaker Cura. Untuk membuat gambar digital dalam bentuk objek 3 dimensi menggunakan program AutoCad. Sedangkan perangkat lunak Ultimaker Cura dimanfaatkan sebagai perangkat untuk pengaturan parameter cetak, seperti: *layer height, print speed, precentage infill, nozzle temperatur*, dan parameter-parameter tambahan lainnya [12]. Selanjutnya, aplikasi Ultimaker Cura dapat menampilkan simulasi proses sehingga dapat diketahui estimasi waktu proses cetak, dan menghasilkan kode-kode G (*G-code*). *G-code* ini merupakan kode-kode perintah bagi mesin dalam mencetak objek yang diinginkan. Pelaksanaan pelatihan dilakukan dengan metode ceramah, diskusi, tanya jawab, demonstrasi, dan pengerjaan tugas. Materi tentang apa itu 3D printing, fungsi, tahapan pembuatan objek dan aplikasinya disampaikan secara sistematis.



Gambar 2. Tahapan Kegiatan Pelatihan

## HASIL

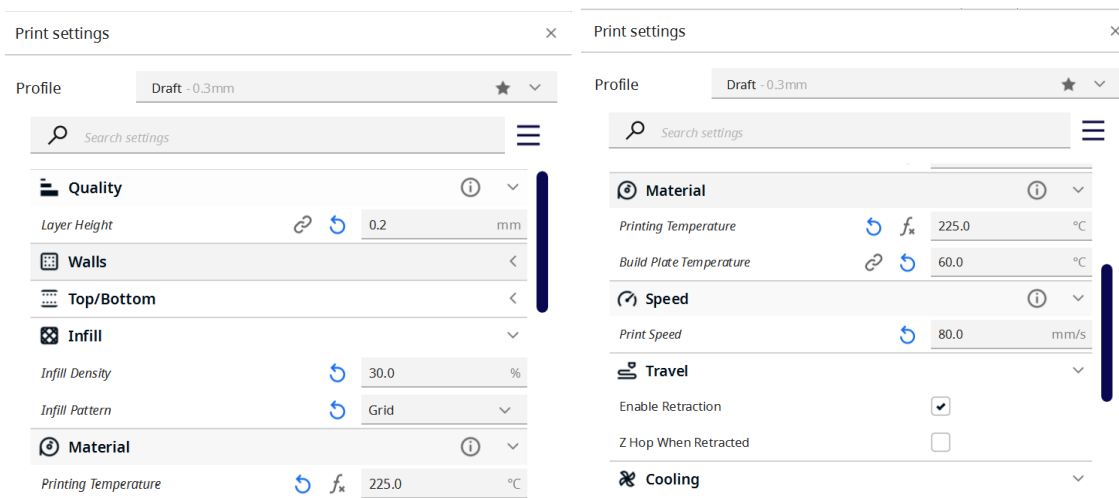
Pelatihan ini ditujukan bagi guru-guru kejuruan pada program keahlian Teknik Mesin dengan harapan agar keterampilan yang diperoleh para peserta dapat disampaikan ke para siswa. Gambar teknik merupakan panduan yang difungsikan untuk perancangan, perakitan, modifikasi suatu konstruksi mesin menurut standar yang ditetapkan dalam bentuk garis, simbol pengerjaan, dan tulisan yang dicantumkan dalam bentuk gambar. Melalui gambar teknik akan memudahkan proses fabrikasi, manufaktur tanpa adanya interaksi secara lisan antara *designer* dan operator atau bagian produksi, karena informasi lengkap telah tertuang di dalam gambar teknik. Namun, masih terdapat beberapa guru yang belum terampil dalam membuat objek 3 dimensi dengan menggunakan perangkat lunak AutoCad. Menggambar 3d dimensi adalah keterampilan lanjutan

setelah gambar 2 dimensi. Berawal dari desain objek gambar 3D inilah kreatifitas itu muncul untuk selanjutnya dicetak menggunakan mesin 3D *printing*.

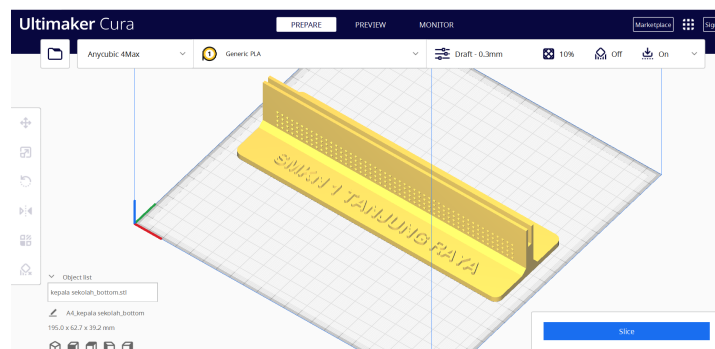
Secara umum, luaran yang dicapai pada 3 materi yang dihasilkan oleh para peserta terdiri dari: 1) file gambar digital dalam format *STL (Standard Triangle Language)*, 2) *G-code* yang dihasilkan dari simulasi parameter cetak pada perangkat lunak Cura, dan 3) Produk purwarupa setelah melalui proses cetak pada mesin 3D *printing*. Para peserta pelatihan diminta untuk mencetuskan ide apa yang akan dibuat terlebih dahulu, selanjutnya menggambar objek 3 dimensi. Beberapa peserta membuat huruf-huruf 3 dimensi, label nama kepala sekolah, dan *table top organizer*. Untuk pengaturan paramater cetak menggunakan perangkat lunak Cura, para peserta diminta memperhatikan meng-*input*-kan parameter-parameter penting berikut ini:

Tabel 1. *Parameter setting* mesin 3D *printing*

Parameter	Nilai	Satuan unit
<i>Layer height</i>	0.1 – 0.3	mm
<i>Print speed</i>	50 – 80	mm/second
<i>Infill density</i>	20 - 50	%
<i>Temperatur nozzle</i>	190 – 230	°C
<i>Build plate temperature</i>	40 – 60	°C
<i>Retraction</i>	<i>enable</i>	<i>enable</i>



Gambar 3. Pengaturan parameter cetak pada *software Ultimaker Cura*



Gambar 4. Tampilan objek untuk *generate G-code*

*G-code* diperoleh setelah melakukan simulasi pada aplikasi Cura untuk selanjutnya di-inputkan pada *mainboard* mesin 3D *printing*. Berikut ini beberapa contoh produk yang dihasilkan dari kegiatan pelatihan.



Gambar 5. Produk hasil kegiatan pelatihan

Pelatihan yang dilakukan selama 2 hari menunjukkan peningkatan kompetensi yang signifikan positif. Semua peserta pelatihan telah memiliki *basic skill* yang memadai dalam hal menggambar 2 dimensi. Kemampuan tersebut menjadi modal penting untuk ditingkatkan pada taraf desain gambar digital bentuk 3 dimensi. Dari 15 peserta pelatihan menunjukkan peningkatan kemampuan mendesain objek 3 dimensi sebesar 90% lebih, dimana sebelum training hanya 4 orang dari seluruh peserta secara keseluruhan (26.7%). Sedangkan untuk kemampuan membuat produk *prototype* menggunakan mesin 3D *printing* menunjukkan kemampuan peserta meningkat sebesar 86.7%, dimana belum ada satupun peserta yang pernah menggunakan teknologi 3D *printing* dalam membuat objek purwarupa 3 dimensi. Gambar 6 berikut ini memberikan informasi tentang kompetensi yang dimiliki oleh peserta pada sebelum dan setelah mengikuti pelatihan. Hal ini mengungkapkan bahwa para peserta pelatihan merasa terbantu dengan *workshop* ini, baik secara wawasan keilmuan dan kemampuan psikomotorik mendesain produk 3 dimensi hingga melakukan proses cetak pada mesin 3D *printing*.



Gambar 6. Komparasi *skill* peserta sebelum dan sesudah *training*

## Pembahasan

Dilihat dari aspek geometri, dimensi, dan estetika menunjukkan bahwa produk yang dihasilkan memuaskan. Mengingat cukup banyaknya parameter cetka yang harus diatur, maka operator perlu mempertimbangkan beberapa faktor berikut ini:



1. Jika membuat produk dengan volume yang cukup besar, dapat menggunakan *infill density* yang relatif kecil (20% - 30%). Apabila objek yang dibuat berbentuk relatif tipis nilai *infill density* dapat diperbesar (50% - 80%). Hal ini bertujuan agar hasil yang diperoleh tidak terkesan rapuh [13].
2. Pertimbangkan nilai *layer height* (0,1 mm – 0.3 mm), jika angkanya terlalu kecil maka prodeuk yang dihasilkan semakin detail dan rapi namun, akan memakan durasi cetak yang lebih lama. Nilai *layer height* 0,3 mm dapat digunakan untuk objek yang relatif datar dan tidak banyak lengkungan pada permukaan [14].
3. Gunakan temperatur *nozzle* sesuai yang direkomendasikan oleh pabrikan. Filamen PLA yang digunakan pada pelatihan ini menggunakan filamen ESUN dengan diameter 1,75 mm dengan temperatur rekomendasi
4. Pemilihan parameter *Print speed* memberikan efek terhadap durasi cetak dan kualitas permukaan produk. Makin besar angka *print speed* maka waktu cetak semakin singkat namun untuk produk yang memiliki profil yang detail dapat menghasilkan permukaan produk menjadi tidak *smooth*. Hal ini dikarenakan lelehan filamen yang keluar dari *nozzle* menjadi lebih renggang dan kurang padat.

Pemanfaatan mesin 3D *printing* sebagai bagian dari teknologi *additive manufacturing* merupakan hal yang baru bagi para peserta. Ternyata, alat ini dapat dimanfaatkan sebagai sarana penunjang dalam pembelajaran, salah satunya menciptakan berbagai media pembelajaran purwarupa. Hal menantang dari kompetensi desain manufaktur ini bagi para peserta adalah bagaimana merealisasikan ide-ide desain kreatif menjadi produk purwarupa melalui mesin 3D *printing*. Kemampuan mendesain objek 3 dimensi dengan menggunakan aplikasi CAD adalah hal yang utama. Selanjutnya optimalisasi *slicing parameter* pada proses cetak memerlukan latihan dan eksperimen yang kontinu. Karena seluruh peserta pelatihan telah memiliki kemampuan dasar gambar teknik 2 dimensi, maka hal tersebut menjadi merupakan modal dasar untuk melanjutkan tahapan selanjutnya. Sehingga, pemahaman bagaimana mengoperasikan mesin 3D *printing* dengan pengaturan parameter cetak yang optimal relatif lebih mudah.

Kompetensi yang diperoleh guru selama pelatihan dapat dikembangkan lebih baik lagi dengan melakukan percobaan individual ataupun kolaborasi sesama kolega dalam menciptakan berbagai produk *prototype* media pembelajaran. Muara dari semua itu adalah bagaimana dapat ditularkan kepada para siswa dalam pembelajaran di kelas. Pengembangan materi kurikulum, pembelajaran 3D *printing* sangat mungkin dilakukan sebagai salah satu pelajaran tentang desain produk.

### **Dokumentasi Kegiatan**

Pengenalan teknologi 3D *printing* bagi sekolah kejuruan disampaikan kepada guru-guru kejuruan untuk meningkatkan produktifitas tenaga pendidik dalam menciptakan berbagai media pembelajaran yang menarik dan inovatif. Berikut ini merupakan dokumentasi kegiatan yang dilakukan dalam rangka pengabdian kepada masyarakat ke lingkungan sekolah.



Gambar 7. Penyampaian materi pelatihan



Gambar 8. Demonstrasi operasional mesin 3D *printing*

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kegiatan pelatihan yang disampaikan menunjukkan bahwa teknologi 3D *printing* merupakan suatu metode desain produk yang baru, yang belum pernah diperoleh oleh para guru bidang mata pelajaran produktif sekalipun. Kemampuan peserta dalam berkreasi menciptakan objek purwarupa dengan menggunakan mesin 3D *printing* meningkat lebih baik, dan termotivasi untuk menciptakan suatu media pembelajaran yang dapat digunakan di kelas. Menurut para peserta, keterampilan membuat objek *prototype* ini akan menjadi materi kompetensi yang dapat ditularkan kepada para siswa. Sehingga, dengan harapan para siswapun juga mendapatkan kompetensi dalam bidang desain manufaktur. Mengingat potensi yang dapat dikembangkan lebih jauh, para guru dan siswa dapat berkolaborasi dalam membuat karya seni berupa asesoris rumah tangga, pernak-pernik, *merchandise* yang bernilai ekonomis untuk dijual. Hal ini akan menjadi materi adaptif yang dimasukkan ke dalam materi ajar di sekolah. Tidak tertutup kemungkinan untuk ke depannya dapat menjadi topik pelatihan yang membahas peluang bisnis yang dapat memberikan profit ekonomis dari produk-produk kreatif hasil cetakan mesin 3D *printing*.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. Jyothish Kumar, P. M. Pandey, and D. I. Wimpenny, “3D printing and additive manufacturing technologies,” *3D Print. Addit. Manuf. Technol.*, pp. 1–311, Aug. 2018, doi: 10.1007/978-981-13-0305-0.
- [2] S. adi Nugroho and A. A. Magriyanti, “PERKEMBANGAN TEKNOLOGI DALAM PROSES PERCETAKAN 3 DIMENSI DAN APLIKASINYA,” *Pixel J. Ilm. Komput. Graf.*, vol. 13, no. 1, 2020, doi: 10.51903/pixel.v13i1.194.
- [3] I. Gibson, D. Rosen, B. Stucker, and M. Khorasani, “Additive manufacturing technologies,” *Addit. Manuf. Technol.*, pp. 1–675, Nov. 2020, doi: 10.1007/978-3-030-56127-7/COVER.
- [4] N. Shahrubudin, T. C. Lee, and R. Ramlan, “An overview on 3D printing technology: Technological, materials, and applications,” *Procedia Manuf.*, vol. 35, pp. 1286–1296, 2019, doi: 10.1016/j.promfg.2019.06.089.
- [5] F. Al Anshori, W. Hidayat, and W. Kurniadi, “ADAPTASI TEKNOLOGI 3D PRINTER SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN MODERN BAGI GURU BIOLOGI DI KOTA PALOPO,” *J. Abdi Insa.*, vol. 10, no. 3, pp. 1862–1871, Sep. 2023, doi: 10.29303/ABDIINSANI.V10I3.1095.
- [6] F. Al Anshori and E. Sohriati, “Pengembangan Media Pembelajaran Biologi SMA Berbasis 3D Printing Berbahan Filamen Botol Plastik Bekas Untuk Meningkatkan Sikap Peduli Lingkungan,” *Didakt. J. Kependidikan*, vol. 13, no. 4 Nopember, pp. 4515–4524, Nov. 2024, doi: 10.58230/27454312.1268.
- [7] R. Noorani, “3D Printing : Technology, Applications, and Selection,” Aug. 2017, doi: 10.1201/9781315155494.
- [8] E. L. Luluk, D. Arisandi, S. Hartati, L. Trisnawati, and L. Susanti, “Edukasi Peranan Teknologi Dalam Pembelajaran Di Smk Abdurrah Menghadapi Era Society 5.0,” *J. Pengabd. Masy. Multidisiplin*, vol. 6, no. 3, pp. 330–340, 2023, doi: 10.36341/jpm.v6i3.3352.
- [9] M. A. Daik, Y. E. Tanaem, D. A. Bekuliu, Y. Y. E. Sole, and N. D. Para, “Pelatihan Pembuatan Media Pembelajaran Sebagai Upaya Meningkatkan Kompetensi Guru Par Di Klasis Kota Kupang Timur,” *J. Pengabd. Masy. Multidisiplin*, vol. 6, no. 2, pp. 136–153, 2023, doi: 10.36341/jpm.v6i2.2989.
- [10] B. Arifitama, “Pelatihan Pembuatan Model 3D Alat Peraga Edukasi Hidrologi Berbasis Augmented Reality Untuk Guru,” *J. Pengabd. Masy. Multidisiplin*, vol. 4, no. 2, pp. 110–117, 2020, doi: 10.36341/jpm.v4i2.1263.
- [11] D. Corapi, G. Morettini, G. Pascoletti, and C. Zitelli, “Characterization of a polylactic acid (PLA) produced by Fused Deposition Modeling (FDM) technology,” *Procedia Struct. Integr.*, vol. 24, no. 2019, pp. 289–295, 2019, doi: 10.1016/j.prostr.2020.02.026.
- [12] S. Kirihara and K. Nakata, “Multi-dimensional Additive Manufacturing,” *Multi-dimensional Addit. Manuf.*, pp. 1–175, Jan. 2020, doi: 10.1007/978-981-15-7910-3/COVER.
- [13] Z. S. Suzen, T. Mesin, and P. Manufaktur Negeri Bangka Belitung, “Pengaruh Tipe Infill dan Temperatur Nozzle terhadap Kekuatan Tarik Produk 3D Printing Filamen Pla+ Esun,” *Manutech J. Teknol. Manufaktur*, vol. 12, no. 02, pp. 73–80, Dec. 2020, doi: 10.33504/MANUTECH.V12I2.133.
- [14] L. Jyothish Kumar, P. M. Pandey, and D. I. Wimpenny, *3D printing and additive manufacturing technologies*. 2018. doi: 10.1007/978-981-13-0305-0.