

ADAPTASI TEKNOLOGI 3D PRINTER SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN MODERN BAGI GURU BIOLOGI DI KOTA PALOPO

*Adaptation of 3D Printer Technology as a Modern Learning Media for Biology teachers in
Palopo City*

Fitrah AL Anshori*, Wahyu Hidayat, Wisnu Kurniadi

Pendidikan Biologi, Universitas Cokroaminoto Palopo PPKN, Universitas Cokroaminoto
Palopo Teknik Informatika, Universitas Cokroaminoto Palopo

Kampus 1 Universitas Cokroaminoto Palopo

Alamat korespondensi: fitrahal@uncp.ac.id

(Tanggal Submission: 15 Juli 2023, Tanggal Accepted : 6 September 2023)



Kata Kunci :

*3D Printing,
Media
Pembelajaran
Modern,
Pembelajaran
Biologi*

Abstrak :

Media pembelajaran adalah komponen penunjang dalam proses pengajaran terutama biologi. Media pembelajaran membantu guru menjelaskan materi yang rumit dan sulit untuk dihadirkan di dalam kelas. Banyak alternatif media pembelajaran yang tersedia saat ini mulai dari media asli yang bisa berasal dari laut, hutan, kebun dan tempat sekitar sekolah. Saat ini sudah terdapat teknologi modern yaitu 3D printing, teknologi ini diyakini dapat membantu guru untuk membuat media pembelajaran biologi secara mandiri. Tujuan kegiatan ini adalah untuk sharing informasi mengenai media pembelajaran biologi modern yaitu berbasis 3D printing. Metode kegiatan pelatihan ini menggunakan teknik ceramah, dan demonstrasi langsung. Kegiatan ini dimulai dengan observasi, pelatihan membuat media biologi 3D printing, dan pelatihan implementasi media biologi di sekolah. Hasil kegiatan ini yaitu terjadi peningkatan pengetahuan mitra tentang mesin 3D printing dari 12,5 % menjadi 87,5%. Terjadi peningkatan pengetahuan mitra tentang pengurusan HKI dari 18,75% menjadi 87,5%. Terjadi peningkatan pengetahuan mitra tentang model media 3D printing dari 6,25% menjadi 93,75%. Terjadi peningkatan pengetahuan mitra seputar materi ultimaker cura 0% menjadi 81,25%. Terjadi peningkatan pengetahuan mitra tentang teknik pewarnaan media dari 37,5% menjadi 100%. Kesimpulan dari kegiatan ini yaitu berdasarkan hasil penyebaran angket didapatkan data bahwa terjadi peningkatan pengetahuan dan keterampilan mitra seputar 3D printing sebagai media pembelajaran dari 15% menjadi 90%.

Key word :

3D Printing,
Modern
Learning Media,
Biology Learning

Abstract :

Learning media is a supporting component in the teaching process, especially biology. Learning media helps teachers explain material that is complicated and difficult to present in class. Many alternative learning media are available today, starting from original media which can come from the sea, forests, gardens and places around the school. Currently, there is modern technology, namely 3D printing. This technology is believed to be able to help teachers create biology learning media independently. The purpose of this activity is to share information about modern biology learning media that is based on 3D printing. This training activity method uses lecture techniques, and direct demonstrations. This activity began with observation, training in making 3D printing biological media, and training in implementing biological media in schools. The result of this activity was an increase in partners' knowledge about 3D printing machines from 12.5% to 87.5%. There was an increase in partners' knowledge of HKI management from 18.75% to 87.5%. There was an increase in partners' knowledge of 3D printing media models from 6.25% to 93.75%. There was an increase in partners' knowledge about cura ultimaker material 0% to 81.25%. There was an increase in partners' knowledge of media coloring techniques from 37.5% to 100%. The conclusion from this activity is that based on the results of distributing the questionnaire, it was found that there was an increase in partners' knowledge and skills regarding 3D printing as a learning medium from 15% to 90%.

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

Anshori, F. A., Hidayat, W., & Kurniadi, W. (2023). Adaptasi Teknologi 3d Printer Sebagai Media Pembelajaran Modern Bagi Guru Biologi Di Kota Palopo. *Jurnal Abdi Insani*, 10(3), 1862-1871. <https://doi.org/10.29303/abdiinsani.v10i3.1095>

PENDAHULUAN

Media pembelajaran adalah komponen penunjang dalam proses pengajaran terutama biologi. Media pembelajaran membantu guru menjelaskan materi yang rumit dan sulit untuk dihadirkan di dalam kelas. Khusus pembelajaran biologi sangatlah membutuhkan media yang relevan dengan aslinya, bila perlu media itu sifatnya nyata dan mudah di jangkau untuk dibawa ke dalam kelas. Namun faktanya terlalu banyak media berupa makhluk hidup dan makhluk yang tidak nampak mata sulit untuk dihadirkan sehingga para guru harus menyediakan model yang mirip dengan aslinya. Pembelajaran tentang zoology bisa berdampak negatif terhadap lingkungan karena makhluk hidup akan terganggu. Oleh karena itu teknologi dapat membantu mengatasi masalah ini, mulai dari virtual reality dan 3D printing (Keaveney, 2016).

Banyak alternatif media pembelajaran yang tersedia saat ini mulai dari media asli yang bisa berasal dari laut, hutan, kebun dan tempat sekitar sekolah, media tiruan yang siap pakai dan dijual oleh pihak – pihak luar sekolah, media digital yang banyak tersebar di internet tinggal di download. Namun media – media tersebut tidak selalu sesuai dengan keinginan dan kebutuhan di sekolah. Maka untuk mengatasi hal ini diperlukan skil setiap pengajar untuk dapat membuat medianya sendiri. Mahalnya biaya pengadaan media pembelajaran biologi yang nyata membuat masih banyak pengajar yang mengandalkan teori tanpa adanya media yang diperlihatkan. Proses pembelajaran biologi di abad ke 21 harus mengacu pada 3 hal yaitu proses, produk, sikap. Ketiga keterampilan ini wajib dimiliki oleh siswa agar dapat memahami seara mendalam ilmu sains terutama ilmu biologi (Sudarisman, 2015).

Media pembelajaran membantu meningkatkan interaksi antara guru dan siswa agar kegiatan pembelajaran menjadi lebih efektif (Tafonao, 2018). Semakin banyak media yang digunakan di dalam



pembelajaran maka semakin baik pula hasil pembelajaran yang akan tercapai. Saat ini terdapat beberapa jurusan yang sangat membutuhkan teknologi 3D printing seperti kedokteran, elektro, teknik mesin serta teknik sipil. Dimasa depan akan semakin banyak jurusan yang membutuhkan teknologi 3D printing. Hal ini disebabkan karena kebebasan dalam membuat karya yang semakin baik, banyak sekali desain yang unik dan telah dibuat pada marketplace 3d printing. Selain itu masyarakat UMKM juga dapat diajari tentang bagaimana cara membuat kemasan bagi produknya berbasis 3D printing. Masyarakat juga dapat membuat karya sendiri untuk menghasilkan sejenis souvenir yang unik dan hanya mereka yang memiliki desainnya. Souvenir ini dapat dijual di tempat – tempat wisata (Wibowo & Mayasari, 2018).

Teknologi 3D printing mempunyai kemampuan untuk menghasilkan bentuk dengan tingkat kemiripan tinggi. Teknologi 3D printing dapat digunakan untuk membuat model apa saja, mulai dari anatomi, rangka, hewan – hewan darat dan laut serta bakteri dan sel. Teknologi ini sudah mulai banyak digunakan di sekolah – sekolah di negara maju. Teknologi rekayasa jaringan sudah sanget berkembang akhir - akhir ini, mereka sudah dapat membuat jaringan tiruan dengan teknologi 3D printing (Bose, 2013). Alat pertama kali yang dipatenkan tentang 3D printing yaitu pada tahun 1993 dimana pada saat ini mesin 3D printing digunakan untuk membuat komponen plastik logam dan keramik (Gros,2014). Teknologi 3D printing dapat membantu melakukan pencetakan secara bertahap dengan memanfaatkan model yang sudah ada secara terkomputerisasi (Shahrudin, 2019). Tingkat presisi dari teknologi 3D printing mencapai 0,1 mm namun waktu yang digunakan untuk membuatnya mencapai 1 hari lebih untuk ukuran besar (Budi, 2022). Teknologi 3D printing mampu mengatasi masalah kadal yang menghabiskan banyak biaya dan sulit diadakan (Mulyono, 2021).

Teknologi yang diterapkan di dalam pembelajaran dapat membantu meningkatkan kualitas pembelajaran, namun dapat mempengaruhi tatanan sosial masyarakat (Lestari, 2018). Hal ini disebabkan karena jika seseorang berfokus pada teknologi yang sedang digunakannya biasanya mereka akan mengacuhkan kondisi di sekitarnya. Hal ini dapat diamati perbedaannya antar kondisi sosial masyarakat di kota yang penuh teknologi dan didaerah pedesaan yang masih minim teknologi.

Berdasarkan hasil observasi tim dengan mitra melalui ketua MGMP biologi SMA di kota Palopo ternyata membutuhkan pengetahuan dan pemahaman pembuatan media pembelajaran biologi berbasis 3D printing ini. Teknologi 3D printing sudah mulai masuk dunia pendidikan sejak 2009 dimana beberapa model dicetak menggunakan mesin 3D printer untuk diajarkan ke siswa (Aslan & Çelik, 2022). Berdasarkan hasil analisis berbagai macam media pembelajaran biologi yang efektif ternyata yang berbasis multimedialah yang paling baik karena banyak indera yang terlibat di dalamnya (Surata, 2020). Inovasi di dalam media pembelajaran yang berbasis 3D printing akan menghasilkan model media yang presisi dan menggambar media dapat menggunakan teknologi (Marpaung, 2020) Pada beberapa negara maju, kemampuan pencetakan menggunakan 3D printing sudah wajib dimiliki oleh siswa setara SMA. Namun di Indonesia kompetensi itu belum diwajibkan, padahal skil tersebut sangat bermanfaat di abad 21 (Syaifudin, 2022).

Tujuan pelaksanaan kegiatan ini yaitu meningkatkan pengetahuan dan pemahaman mitra dalam hal ini MGMP biologi SMA se kota Palopo menggunakan media pembelajaran modern yaitu 3D printing di dalam kelas. Manfaat kegiatan yaitu agar penggunaan teknologi modern di kelas bisa masif, dapat memberikan perspektif yang berbeda dalam hal pembuatan media pembelajaran biologi. Harapannya setiap guru biologi dapat mengajar di kelas menggunakan media berbasis 3D printing.

METODE KEGIATAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat Adaptasi teknologi 3D printing sebagai media pembelajaran biologi modern dilaksanakan mulai tanggal 15 Juli 2023 – 21 Agustus 2023. Kegiatan ini dilaksanakan di beberapa lokasi mulai dari meeting room bisang, meeting room OT, serta beberapa sekolah tempat mengajar mitra. Bentuk kegiatan yaitu pelatihan dan pendampingan yang

dilaksanakan secara terstruktur. Adapun mitra yang terlibat pada kegiatan ini yaitu perkumpulan guru MGMP Biologi SMA di kota Palopo. Jumlah mitra yang terlibat secara aktif dalam kegiatan ini yaitu 16 orang guru biologi. Sasaran kegiatan ini yaitu guru biologi SMA di kota palopo yang aktif mengajar dan tergabung dalam MGMP biologi. Berikut ini adalah rangkaian kegiatan Adaptasi teknologi 3D printing sebagai media pembelajaran biologi modern :

1. Observasi permasalahan dan kebutuhan mitra dilakukan untuk mengetahui sejauh mana pengetahuan mitra seputar pemanfaatan 3D printing. Serta menjalin kerjasama antara tim pelaksana, program studi dengan mitra untuk kegiatan lanjutan lainnya.
2. Melakukan FGD untuk menyusun rencana kegiatan 3D printing dan menyusun jadwal kegiatan dengan mitra hingga kegiatan ini berakhir. Pada tahap ini juga direncanakan materi pelajaran apa saja yang akan dibuatkan media pembelajaran 3D printing.
3. Melaksanakan kegiatan pelatihan dan pendampingan pembuatan dan pencarian model 3D printing yang merupakan dasar dari pembuatan media. Pada tahap ini mitra akan diedukasi mengenai pembuatan model, pemilihan model yang pas dengan kebutuhan di dalam kelas karena 1 materi ajar bisa memiliki beragam media pembelajaran yang berbeda – beda.
4. Pelatihan dan pendampingan penggunaan software ultimaker cura dibutuhkan sebagai dasar untuk melakukan pencetakan di mesin 3D printing. Media yang sudah dipilih pada tahap yang sebelumnya dilanjutkan untuk di slice menggunakan software. Salah dalam proses ini bisa berdampak pada hasil media pembelajaran yang kurang maksimal. Salah satu software yang dapat digunakan untuk membuat desain 3D printing yaitu autocad, kita dapat membuat desain sendiri dengan lebih mudah (Tanjung, 2023).
5. Pelatihan dan pendampingan penggunaan mesin 3D printing merupakan tahap yang paling penting karena mesin yang digunakan sangat sensitif bila salah dalam penggunaannya. Beberapa bagian mesin 3D printing harus di gunakan secara hati – hati. Mitra akan didampingi menggunakan alat untuk membuat media pembelajaran, sekaligus membantu maintenance alat jika mengalami kerusakan selama penggunaannya.
6. Pelatihan dan pendampingan pendaftaran HKI adalah kegiatan untuk memaksimalkan hasil karya mitra agar dapat masuk ke dalam database dirjen HKI. Setiap mitra mendapatkan pelatihan bagaimana pengurusan HKI yang tepat.
7. Pelatihan dan pendampingan teknik pewarnaan media pembelajaran 3D printing. Pada kegiatan ini diharapkan media yang telah di print dapat diwarnai agar disenangi oleh siswa ketika digunakan di dalam kelas masing - masing
8. Pelatihan dan pendampingan penggunaan media pembelajaran 3D di dalam kelas. Pada kegiatan ini masing – masing mitra akan mengaplikasikan setiap media pembelajaran yang dibuatnya untuk diaplikasikan ke siswanya. Setelah itu tim pelaksana akan membagikan angket untuk siswa agar dapat diketahui bagaimana respon siswa tersebut belajar menggunakan 3D printing.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil observasi tim pelaksana dengan mitra kegiatan ini yaitu terjalin MOU dengan mitra selama 5 tahun kedepan, mou dilaksanakan dengan ditandatanganinya MOU antara prodi pendidikan biologi Universitas Cokroaminoto Palopo dengan MGMP Biologi SMA di kota palopo.





Gambar 1. Observasi dengan mitra ketua MGMP Biologi SMA



Gambar 2. Tanda tangan MOU dengan mitra perwakilan MGMP Biologi SMA

Pada saat observasi dengan mitra didapatkan data bahwa selama ini media pembelajaran yang digunakan guru masih kurang variatif jumlahnya dan jenisnya. Media yang digunakan seperti power point, animasi yang telah tersedia di internet, dan beberapa media pembelajaran yang mudah mengalami kerusakan. Tim pelaksana menawarkan media pembelajaran berbasis 3D printing untuk mengatasi masalah kurnagnya media di sekolah.



Gambar 3. Dokumentasi Kegiatan FGD dengan mitra

Pada gambar 3 merupakan kegiatan FGD dengna perwakilan pengurus MGMP biologi untuk membahas rencana kegiatan hingga akhir. Pada sesi ini mitra mengajukan beberapa pertanyaan teknis seperti kebutuhan yang akan dibawa oleh rekan – rekan guru pada saat pelatihan, spesifikasi laptop, dan waktu pelaksanaannya. Tim pelaksana memaparkan secara detail rangkaian kegiatan yang akan berlangsung sampai akhir.



Gambar 4. Pelatihan dan pendampingan pembuatan model 3D printing

Pada gambar 4 merupakan bentuk kegiatan pelatihan pembuatan model dibantu dengan menggunakan software blender dan cult3d. Pada tahap ini guru di dampingi untuk mencari model – model media pembelajaran biologi yang telah tersedia. Pada tahap ini guru – guru berhasil menemukan media biologi yang dibutuhkan untuk semester berjalan.



Gambar 5. Pelatihan software ultimaker cura

Pada gambar 5 merupakan kegiatan pendampingan software ultimaker cura. Software ini akan digunakan untuk slice media sehingga dapat di print pada mesin 3D printing. Selama pelatihan dilakukan uji coba melakukan teknik slice sendiri secara individu. Pada tahap ini tim pelaksana menyediakan video tutorial agar dapat dipelajari secara mandiri oleh guru – guru biologi.



Gambar 6. Dokumentasi kegiatan pelatihan penggunaan mesin 3D printing

Pada gambar 6 merupakan kegiatan pelatihan dan penggunaan mesin 3D printing dilakukan dengan mengajak guru – guru untuk menguji sendiri alatnya. Pada langkah ini setiap guru diajarkan bagaimana mengatur print dengan benar. Serta dilatih bagaimana cara agar hasil printnya tidak mengalami kerusakan. Hasilnya guru – guru sudah dapat mengoperasikan mesin 3D printing tanpa di bantu lagi.



Gambar 7. Pelatihan pengurusan karya ke dirjen HKI

Pada gambar 7 merupakan bentuk pelatihan cara mendaftarkan karya ke dirjen kekayaan intelektual dilakukan dengan mendatangkan pakar di bidang ini. Pelatihan ini dianggap penting karena setiap karya yang telah dibuat oleh guru sebaiknya di daftar HKI nya agar tidak di klaim oleh orang lain. Hasil dari kegiatan ini yaitu guru – guru sudah dapat mengetahui manfaat jika karya yang dibuatnya selama ini didaftarkan di dirjen HKI.



Gambar 8. Pelatihan pewarnaan media pembelajaran 3D printing

Gambar 8 merupakan kegiatan lanjutan yakni pelatihan pewarnaan media 3D printing yang sudah dibuat masing – masing guru. Media diberikan warna sesuai dengan hasil yang telah mereka print sesuai dengan warna umum yang seharusnya. Media yang awalnya diprint berwarna putih setelah diwarnai menjadi lebih beragam hasilnya dan dapat dipahami oleh siswa nantinya.



Gambar 9. Bentuk Implementasi media pembelajaran menggunakan media 3D printing di dalam kelas

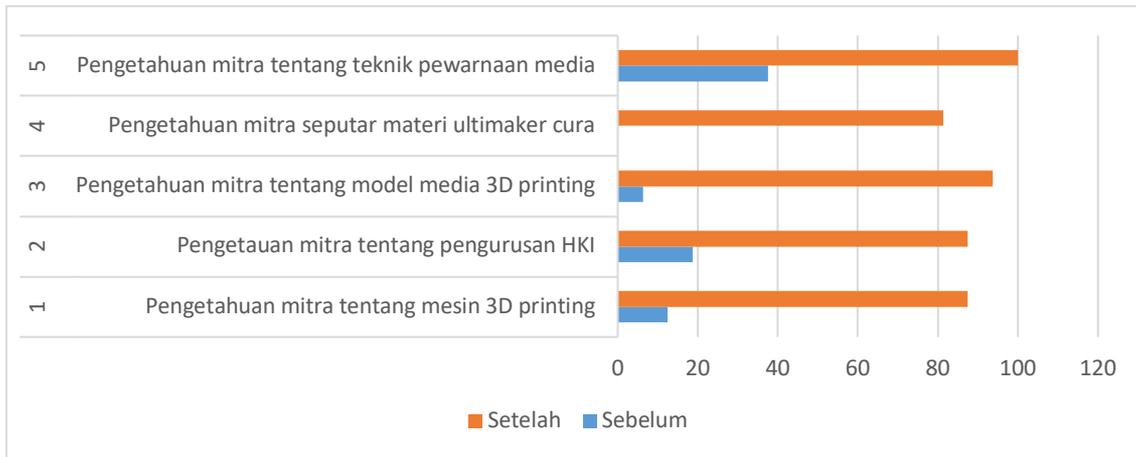
Gambar 9 merupakan bentuk implementasi media 3D printing di dalam kelas yang dilaksanakan oleh guru – guru biologi di kelasnya masing – masing. Beberapa guru sudah mengaplikasikan di dalam kelas sementara yang lainnya menunggu sampai materi yang memanfaatkan media tersebut tiba sesuai jadwalnya. Selama proses pengajaran di kelas setiap guru menyebarkan angket untuk diisi oleh siswa mengenai minat mereka selama menggunakan media pembelajaran 3D printing.

Selama pelaksanaan kegiatan, disebarkan angket sebelum dan setelah kegiatan berakhir. Hasil analisis angket yang disebarkan tim pelaksana kepada mitra untuk melihat perubahan yang terjadi selama sebelum pelaksanaan kegiatan dan setelah pelaksanaan kegiatan ini dapat dilihat pada tabel 1 berikut ini :

Table 1. Indikator kegiatan pelatihan

No	Indikator kegiatan	Presentase perubahan (%)	
		Sebelum	Setelah
1	Pengetahuan mitra tentang mesin 3D printing	12,5	87,5
2	Pengetahuan mitra tentang pengurusan HKI	18,75	87,5
3	Pengetahuan mitra tentang model media 3D printing	6,25	93,75
4	Pengetahuan mitra seputar materi ultimaker cura	0	81,25
5	Pengetahuan mitra tentang teknik pewarnaan media	37,5	100
Rata - rata		15	90

Berdasarkan hasil analisis indikator keberhasilan kegiatan ini terjadi peningkatan pengetahuan mitra seputar 3D printing sebagai media pembelajaran dari 15% menjadi 90%. Hal ini menandakan bahwa program ini sudah berjalan dengan baik. Selain itu setelah di serahkan ke mitra, alat 3D printing dan komponennya sudah dapat berfungsi dengan baik untuk melakukan pencetakan secara mandiri. Guru berharap agar terdapat inovasi yang lebih baik lagi untuk pembelajaran di dalam kelas.



Gambar 10. Grafik perubahan pengetahuan mitra menggunakan beberapa indikator

Berdasarkan hasil penyebaran angket kepada mitra setelah melaksanakan kegiatan pelatihan terlihat bahwa terjadi peningkatan pengetahuan pada mitra dari 15% menjadi 90% mengenai 3D printing sebagai media pembelajaran modern. Namun berdasarkan hasil observasi dan wawancara dengan mitra masih perlu diadakan pendampingan lanjutan terutama pada bagian penggunaan alat dan apabila terjadi kerusakan part alat serta penggunaan aplikasi slicer ultimaker cura. Selain itu pembuatan media pembelajaran menggunakan mesin 3D printing masih membutuhkan waktu yang cukup lama sehingga diperlukan waktu beberapa bulan untuk memaksimalkan pembuatan media bagi seluruh mitra dari berbagai sekolah. Masa pembuatan 1 media membutuhkan waktu paling cepat 2 jam dan paling lambat 3 hari.

Secara umum seluruh rangkaian kegiatan sudah berlangsung dengan baik dan sesuai rencana. Berdasarkan wawancara dengan guru yang telah menerapkan media pembelajaran 3D printing di kelas terlihat bahwa siswa sangat antusias untuk belajar dengan memanfaatkan 3D printing. Hal ini sejalan dengan pengabdian yang dilakukan budi tahun 2022 bahwa media pembelajaran yang dibuat dengan menggunakan teknologi 3D printing dapat menghasilkan media dengan tingkat presisi 0,1 mm. Sehingga setiap detail dari anatomi di biologi dapat dimunculkan dengan akurat (Budi, 2022).

Hal yang sama dengan penelitian Tafanao tahun 2018 bahwa kehadiran media pembelajaran dapat meningkatkan interaksi pembelajaran antara guru dan siswa. Setelah mitra menerapkan media pembelajaran 3D printing di dalam kelas terlihat siswa sangat antusias melakukan pengamatan dan mengajukan pertanyaan kepada guru yang berhubungan dengan media tersebut. Beberapa media ditampilkan dalam wujud yang berbeda dengan gambar yang sering diperlihatkan oleh guru melalui gambar agar siswa diajarkan untuk mengenali wujud asli dari setiap media (Tafanao, 2018).

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penyebaran angket didapatkan data bahwa terjadi peningkatan pengetahuan dan keterampilan mitra seputar 3D printing sebagai media pembelajaran dari 15% menjadi 90%. Waktu untuk membuat media pembelajaran biologi modern membutuhkan waktu mulai 1 jam sampai 3 harian per media.

Saran untuk memaksimalkan minat belajar siswa khususnya biologi agar membuat media pembelajaran modern ini berbasis 3D printing. Dibutuhkan kesabaran dalam menunggu media jadi dan dapat digunakan dari segi waktu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada pihak DRTPM, Universitas Cokroaminoto Palopo, dan MGMP Biologi SMA di Kota Palopo yang telah terlibat dalam menyukseskan kegiatan ini hingga

tahap akhir. Kegiatan ini merupakan hibah tahun 2023 dengan nomor kontrak Nomor Kontrak Induk Pengabdian Kepada Masyarakat : 073/E5/PG.02.00.PM/2023 pada tanggal 19 juni 2023 dan Nomor Kontrak Turunan Pengabdian Kepada Masyarakat : 967/LL9/PK.00.PPM/2023, tanggal 18 Juli 2023. Kami berharap bisa melanjutkan kerjasama ini dan melaksanakan kegiatan yang lebih rutin untuk peningkatan dunia pendidikan. (ASLAN & ÇELİK, 2022) (Wibowo & Mayasari, 2018)

DAFTAR PUSTAKA

- ASLAN, A., & ÇELİK, Y. (2022). A Literature Review on 3D Printing Technologies In Education. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 6(3), 592–613.
- Bose, S., Vahabzadeh, S., & Bandyopadhyay, A. (2013). Bone tissue engineering using 3D printing. *Materials today*, 16(12), 496-504.
- Budi, S. S., Hendrawan, A. B., Fathurrohman, A. S., & Lestari, F. A. (2022). Pengabdian kepada Masyarakat: Workshop Pengenalan 3D Printing Kelas XI SMK Muhammadiyah Larangan, Kabupaten Brebes. *E-Dimas: Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, 13(4), 628-631.
- Gross, B. C., Erkal, J. L., Lockwood, S. Y., Chen, C., & Spence, D. M. (2014). Evaluation of 3D printing and its potential impact on biotechnology and the chemical sciences.
- Keaveney, S., Keogh, C., Gutierrez-Heredia, L., & Reynaud, E. G. (2016, October). Applications for advanced 3D imaging, modelling, and printing techniques for the biological sciences. In *2016 22nd international conference on virtual system & multimedia (VSMM)* (pp. 1-8). IEEE.
- Lestari, S (2018). Peran teknologi dalam pendidikan di era globalisasi. *EDURELIGIA: Jurnal Pendidikan Agama Islam*, ejournal.unuja.ac.id,
- Marpaung, J. V. (2020). Penerapan Konsep Pembelajaran Industri 4.0 pada Pendidikan Dasar Desain. *Jurnal Desain Idea: Jurnal Desain Produk Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya*, 19(1), 19-26.
- Mulyono, S. (2021). Potensi 3D printing sebagai media edukasi dalam pendidikan keperawatan. *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 1(5), 895-908.
- Shahrubudin, N., Lee, T. C., & Ramlan, R. J. P. M. (2019). An overview on 3D printing technology: Technological, materials, and applications. *Procedia Manufacturing*, 35, 1286-1296.
- Sudarisman, S. (2015). Memahami hakikat dan karakteristik pembelajaran biologi dalam upaya menjawab tantangan abad 21 serta optimalisasi implementasi kurikulum 2013. *Florea: Jurnal Biologi dan Pembelajarannya*, 2(1).
- Surata, IK, Sudiana, IM, & I, Gede, (2020). Meta-analisis media pembelajaran pada pembelajaran biologi. *Journal of Education ...*, ejournal.undiksha.ac.id,
- Syaifudin, A., Effendi, M. K., Pramono, A. S., Kaelani, Y., Ariatedja, J. B., & Harnany, D. (2022). Analisis Efektivitas Pelatihan Singkat 3D Modelling, 3D Scanning, dan 3D Printing pada Siswa SMA. *Sewagati*, 6(5), 598-606.
- Tafonao, T (2018). Peranan media pembelajaran dalam meningkatkan minat belajar mahasiswa. *Jurnal komunikasi pendidikan*, journal.univetbantara.ac.id,
- Tanjung, L. S., Azriadi, E., Fiatno, A., & Sari, R. K. (2023). Pelatihan Pengenalan Penggunaan Mesin 3d Printing Di Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai. *JES-TM Social and Community Service*, 1(2).
- Wibowo, N. S., & Mayasari, F. (2018). Pelatihan Desain dan Pembuatan Objek 3 Dimensi Menggunakan Printer 3D Sebagai Pendukung Program Keterampilan di MAN 1 Jember. *Prosiding*.