J. Pengabdian Isola 5 (1) (2026)
Jurnal Pengabdian Isola
http://ejournal.upi.edu/jpi

Fabrication Laboratory (Fablab) Workshop for University Student in Designing Products with Economic Potential

[Workshop *Fabrication Laboratory* (Fablab) untuk Mahasiswa dalam Pengembangan Produk Bernilai Jual]

Triannisa Rahmawati[1,2*], Asep Kadarohman[2,3], Won Koo Lee[2,4], Vito Winata Haunan[2,5]

[1]*Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia, Jalan Dr. Setiabudi No 229, Bandung, Indonesia*
[2]*Fabrication Laboratory, Universitas Pendidikan Indonesia, Jalan Dr. Setiabudi No 229, Bandung, Indonesia*
[3]*Program Studi Ilmu Pengetahuan Alam, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia, Jalan Dr. Setiabudi No 229, Bandung, Indonesia*
[4]*Chemistry Department, Sogang University, Seoul, South Korea*
[5]*Sekolah Menengah Atas Muhammadiyah 1 Bandung, Jalan Kancil No.1, Malabar Bandung, Indonesia*

A B S T R A K

Fabrication Laboratory (fablab) adalah ruang dengan seperangkat alat digital fabrikasi standar yang memberi masyarakat kemampuan untuk membuat *prototype* dan produk sendiri. Beberapa penelitian menunjukkan tingginya keterkaitan antara fablab dengan pengembangan ide pembuatan produk yang dapat diperjualbelikan. Meski telah banyak penelitian dalam integrasi fablab dalam pembelajaran, serta potensi dalam membangun jiwa wirausaha, pengetahuan fablab, khususnya di Indonesia masih perlu dilakukan diseminasi, salah satunya melalui kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM). Adapun tujuan dari PkM ini adalah memberi wawasan, pengalaman penggunaan terhadap alat fablab, sehingga peserta memiliki gambaran dalam pengembangan *prototyping* produk dengan nilai jual. Kegiatan PkM dilakukan terhadap mahasiswa tingkat 2 dan 3 di ruang fablab edu, Universitas Pendidikan Indonesia (UPI) selama 2 hari dengan menekankan pada pembelajaran penggunaan alat *3D printer* dan *laser cutter*, serta *brainstorming* pengembangan ide pembuatan *prototype* barang yang unik, serta berpotensi bernilai jual. Hasil kegiatan memperlihatkan 71,4% peserta *workshop* fablab sangat setuju bahwa fablab dapat memberikan fasilitas lengkap dalam membuat *prototype*/produk dengan potensi nilai jual; dan lebih dari 60% sangat setuju bahwa *workshop* fablab membantu dalam mengembangkan ide, kemampuan berpikir kritis, serta kreatif. Lebih lanjut terhadap hasil pengamatan pasca kegitan, diperoleh informasi bahwa jika diadakan *workshop* fablab kembali, 100% mahasiswa akan mendaftar dan mengikuti kegiatan *workshop.*

INFO ARTIKEL

Diterima: 20 Mei 2026
Direvisi: 10 Juni 2026
Disetujui: 25 Juni 2026
Terpublikasi *online*: 1 Juli 2026

Kata Kunci:
3D Printer
Fabrication laboratory
Laser cutter
Produk bernilai jual

A B S T R A C T S

Fabrication Laboratory (fablab) is a space with a set of standard digital fabrication tools which provide ability to create almost everything. Several studies have shown a strong correlation between fablab and the development of ideas for making marketable products. Although there has been a lot of research on the integration of fablab in learning, as well as its potential to foster an entrepreneurial spirit, fablab knowledge, particularly in Indonesia, still requires wider dissemination. One approach to achieve this is through community service (PkM) activities. The purpose of this community service

Keywords:
3D Printer
Fabrication laboratory
Laser cutter
Marketable products

is to provide insight and hands-on experience in using fablab equipments, enabling participants to develop the prototype of products with commercial value. Community service activities were carried out for second and third year students at the fablab education room (fablab edu) UPI. The activities were held for 2 days emphasizing training on the use of 3D printers and laser cutters, followed by brainstorming session to develop ideas for unique, marketable prototypes. The results of the activity showed that 71.4% of the workshop participants strongly agreed that fablab provides complete facilities in making prototypes/products with commercial potential. Furthermore, over 60% strongly agreed that the fablab workshop assisted on developing ideas, critical thinking skills, and creativity. Post-activity observations revealed that if the fablab workshop were held again, 100% of university students would register and participate.

✉Alamat korespondensi:
Fabrication Laboratory (Fablab), UPI
Jl. Dr. Setiabudhi No. 229 Bandung (40154)
E-mail: triannisa.ra@upi.edu

p-ISSN 2830-490X
e-ISSN 2830-7178

Pendahuluan

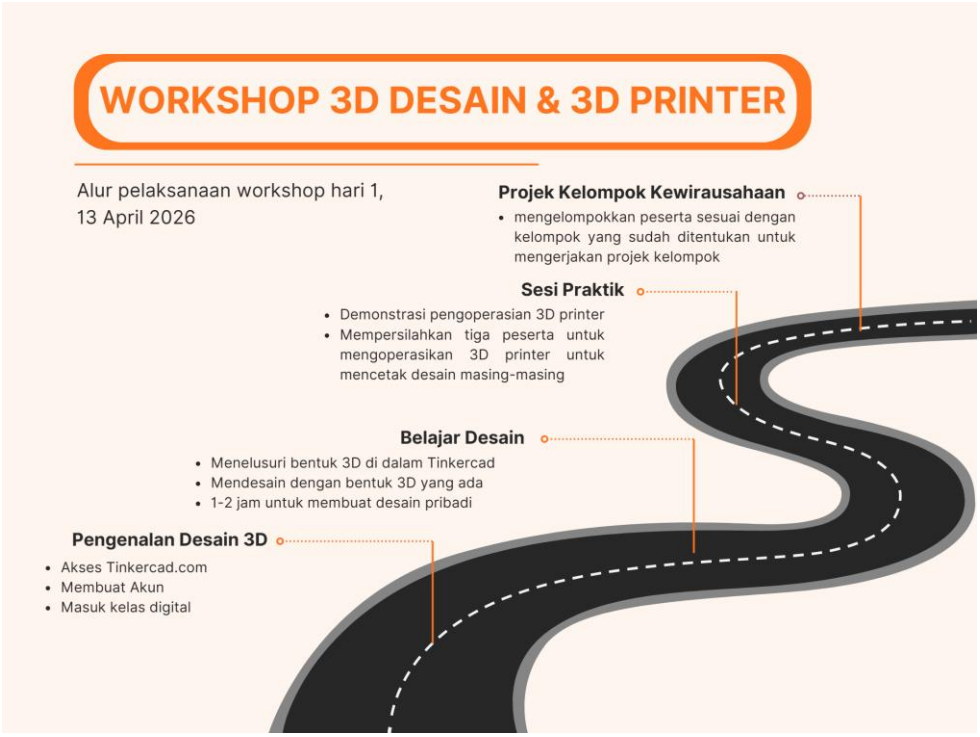
Transformasi dalam pendidikan dipengaruhi oleh perkembangan teknologi, dimana perkembangan ini menawarkan kesempatan mendefinisikan ulang pembelajaran. Beberapa teknologi yang saat ini banyak digunakan, diantaranya penggunaan *Artificial Intelegence (AI), Augmented Reality, Adaptive Learning,* dan lainnya. Integrasi teknologi dalam pembelajaran dapat berimplikasi pada inovasi pembelajaran, peningkatan interaksi, dan memberi fasilitas cara belajar yang baru (Mena-Guacas, et al., 2025). Lebih jauh lagi, penggunaan teknologi dalam pembelajaran dapat menjadi pemercepat inovasi dalam pembelajaran, membuat pendidik mengadopsi kompetensi pedagogi yang berpusat pada siswa (Kalyani, 2024), berpotensi mengubah kelas menjadi lingkungan belajar yang dinamis dan interktif, serta mendorong keterlibatan dan pencapaian target peserta didik lebih (Celik & Baturay, 2024). Beberapa pembelajaran yang telah mengintegrasikan teknologi terbarukan dalam pembelajaran, diantaranya: (1) AI (model bahasa ChatGPT), dapat dianggap sebagai bahasa kedua oleh peserta didik dengan memberikan umpan balik pada tulisan, membantu dalam penggunaan ragam bahasa formal, dan meningkatkan keterampilan komunikasi (Ozcelic & Eksi, 2024); (2) cara meningkatkan capaian luaran mahasiswa pascasarjana dengan menggunakan media flipbook berbasis microlearning yang dianggap berdampak positif pada aksesibilitas, keterlibatan, retensi pengetahuan, pengalaman belajar secara keseluruhan, dan nilai ujian akhir mahasiswa dibandingkan pendekatan pembelajaran tradisional (Al-Zahrani, 2024); (3) model *Flipped Project-Based Learning* yang diimplementasikan dengan Moodle LMS dapat meningkatkan kemampuan komunikasi dan pemecahan masalah peserta didik dalam pembelajaran pemrograman dibandingkan pendekatan *blended learning* konvensional (Ruslan et al., 2024), dan lainnya. Selain jenis teknologi tersebut, terdapat teknologi lain yang dapat diterapkan dalam mengempangkan media pembelajaran itu sendiri, yaitu penggunaan *Fabrication Laboratory* (Fablab).

Fablab adalah ruang dengan seperangkat alat digital fabrikasi standar yang memberi masyarakat kemampuan untuk membuat *prototype* dan produk sendiri. Tempat ini memungkinkan semua orang hampir dapat membuat apapun. Pada Desember 2003, CBA (*Center for Bits and Atoms*) MIT mendirikan fablab pertama di South End Technology Center, Boston, dengan peralatan senilai ~$50.000 termasuk *laser cutter, 3D printer*, dan mesin *milling* (kemudian menjadi model replikasi global) (Gershenfeld, 2012). Beberapa penelitian berkaitan dengan fablab, diantaranya: (1) dampak kuliah fabrikasi digital pada pengembangan kemampuan fabrikasi digital dan kreativitas (Soomro et. al., 2025); (2) fablab sebagai ruang untuk mempromosikan STEM dan memberikan kesempatan pendidikan yang merata bagi komunitas dari berbagai latar belakang usia dan negara (Gonzalez-Nieto et. al., 2020); (3) studi kasus tentang keberlanjutan dan kolaborasi dalam membuat sesuatu di fablab (Fleischmann et al., 2016); (4) kebaruan dari *makerspace*/fablab, kriteria yang harus diperhatikan saat membuat desain pada kebutuhan industri yang ada di Norwegia (Bisballe et al., 2016); (5) aksesibilitas dalam memanfaatkan *makerspace*/fablab memungkinkan untuk membangun *prototipe* dengan tingkat detail rendah namun fungsionalitas tinggi untuk mengeksplorasi preferensi dan motivasi pengguna dengan cara yang terkontrol dan dapat diulang (Jensen & Steinert, 2020); dan seterusnya. Hasil penelitian juga memperlihatkan bahwa penggunaan fablab dalam pembelajaran membantu pengguna untuk membangun *prototipe* dengan tingkat detail rendah namun fungsionalitas tinggi untuk mengeksplorasi preferensi dan motivasi pengguna dengan cara yang terkontrol dan dapat diulang (Togou et. al., 2020).

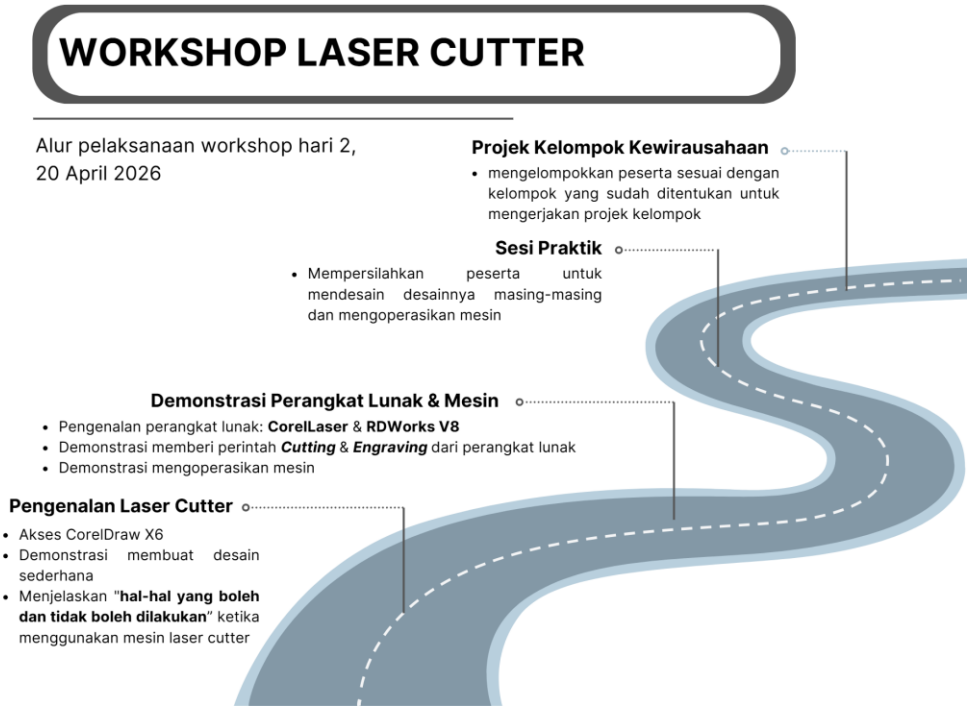
Selain diintegrasikan dalam pembelajaran, fablab juga berperan penting dalam menciptakan produk yang berpotensi memiliki nilai jual, karena fablab adalah tempat membuat apapun yang belum ada sekalipun menjadi barang nyata secara fisik dan memiliki nilai guna. Beberapa penelitian yang menghubungkan keterkaitan/peran dari fablab dalam mengembangkan ide/pengembangan produk yang dapat diperjualbelikan, antara lain: (1) pengenalan teknologi fablab dalam program pendidikan bisnis dapat berdampak positif pada *self-efficacy* kewirausahaan mahasiswa dan niat menjadi seorang pengusaha (Monllor & Soto-Simeone, 2020); (2) fablab/*makerspace* memperlihatkan adanya dan besar akses teknologi dalam meningkatkan peluang inovasi dan kewirausahaan, meski masih ditemukan ruang kolaborasi tidak popular di beberapa kalangan (Zakoth et. al., 2024); (3) fablab berperan sebagai *prototyping platform* teknis untuk inovasi dan invensi yang merangsang kewirausahaan di tingkat lokal maupun regional, serta tempat dimana inventor belajar, bertemu, berbagi pengetahuan, dan berkolaborasi (Majzlik et. al., 2020); (4) pentingnya kemampuan digitalisasi siswa untuk meningkatkan kesiapan dalam berbisnis untuk mendorong kemajuan ekonomi (Spilbergs et al., 2026); dan lainnya. Meski telah banyak penelitian dalam integrasi fablab dalam pembelajaran, serta potensi dalam membangun jiwa wirausaha, pengetahuan fablab, khususnya di Indonesia masih perlu dilakukan diseminasi. Hal ini dikarenakan popularitas fablab yang dinilai masih kurang. Oleh karena itu, pelaksanaan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) dilaksanakan melalui *workshop* fablab dengan penekanan penggunaan alat fablab dalam menggali ide pembuatan *prototype* barang yang memiliki nilai jual.

Metode

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) dilakukan selama 2 kali, yaitu pada tanggal 13 dan 20 April 2026 di ruang *Fabrication Laboratory* (Fablab), Gedung Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam C, Universitas Pendidikan Indonesia (UPI). Ruang Fablab merupakan fasilitas hibah yang diberikan Pemerintah Korea melalui konsorsium *Leading University Project for International Cooperation* (LUPIC). Kegiatan *workshop* ini diikuti oleh mahasiswa yang mengontrak perkuliahan kewirausahaan, dengan total peserta 14 orang (perempuan 8 orang, laki-laki 6 orang), dan 4 orang tutor yang terdiri dari 2 orang operator fablab dan 2 orang dosen Universitas Pendidikan Indonesia. Hari pertama, tanggal 13 April 2026 adalah *workshop* fablab mengenai penggunaan alat *3D printer* dan hari kedua, tanggal 20 April 2026 *workshop* fablab mengenai penggunaan alat *laser cutter*. Kegiatan ini terdiri dari tiga tahap utama, yaitu: (1) pendahuluan, (2) desain dan praktik, dan (3) evaluasi. Secara lebih detail, kegiatan ditampilkan seperti pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Alur pelaksanaan hari pertama, *workshop* fablab penggunaan alat *3D printer*.



Gambar 2. Alur pelaksanaan hari pertama, *workshop* fablab penggunaan alat *laser cutter*.

Hasil dan Pembahasan

Fabrication Laboratory Education (Fablab Edu) didirikan dalam rangka meningkatkan kualitas pendidikan di Indonesia, melalui kerjasama dengan Korea Selatan. Kegiatan *workshop* ini berfokus untuk menggali ide para mahasiswa yang mengontrak mata kuliah kewirausahaan untuk dapat membuat produk yang dapat dijual, memiliki nilai guna dari fablab, serta dapat menggunakan alat-alat yang ada di fablab, terutama *3D printer* dan *laser cutter*, serta memiliki *softskill* diluar dari keahlian mata kuliah spesifik prodi lainnya.

Kegiatan *workshop* dilakukan selama total 12 jam, masing-masing 6 jam per hari. Dari hasil analisis awal diketahui bahwa 93% mahasiswa hanya pernah mendengar fablab saja, dan belum pernah memiliki pengalaman dalam menggunakan alat, ataupun membuat produk di fablab. Sementara itu, 7% mahasiswa yang mengetahui fablab menyatakan bahwa: (1) Fablab adalah ruang atau fasilitas yang menyediakan berbagai alat digital seperti *printer* 3D, *laser cutter,* dan mesin CNC untuk membuat atau memproduksi *prototipe* dan produk secara mandiri. Fablab biasanya digunakan untuk inovasi, pembelajaran, dan pengembangan teknologi; (2) Fablab adalah sebuah laboratorium yang memanfaatkan alat dan teknologi terkini yang dapat mewadahi siswa/mahasiswa untuk belajar dan berkarya; (3) Fablab adalah laboratorium fabrikasi digital yang menyediakan berbagai alat berbasis teknologi untuk merancang, membuat, dan mengembangkan *prototipe* atau produk secara mandiri; (4) Laboratorium yang menyediakan akses teknologi tertentu untuk berkreasi atau membuat *prototipe* tertentu; (5) *Workshop* umum berskala kecil yang dilengkapi dengan teknologi manufaktur digital canggih, dan seterusnya, dimana secara umum diperoleh informasi bahwa peserta meyakini fablab sebagai ruang laboratorium fabrikasi yang menyediakan alat berteknologi tinggi berbasis digital, seperti *laser cutter,* 3D *printer*, untuk membuat *prototype* suatu produk tertentu.

Hari pertama *workshop* tanggal 13 April 2026 dimulai dengan pengenalan desain 3D, berupa aplikasi Tinkercad. Pada kesempatan tersebut peserta diminta untuk mengakses *platform* desain tiga dimensi, yaitu di https://www.tinkercad.com/. Dikarenakan untuk pemula, penggunaan aplikasi ini relatif mudah dibandingkan aplikasi sejenis. Setelah peserta berhasil mengakses *platform* Tinkercad, peserta diarahkan untuk membuat akun dan masuk ke dalam kelas digital yang telah disiapkan (*classroom virtual* dalam aplikasi Tinkercad). Langkah pertama yang dilakukan oleh para peserta setelah memasuki kelas digital adalah menelusuri bentuk-bentuk tiga dimensi yang difasilitasi oleh *platform*. Kemudian, para peserta menyimak penjelasan fungsi-fungsi antarmuka yang disediakan oleh *platform*. Setelah mengenal bentuk-bentuk tiga dimensi serta fungsi dari antarmuka pada *platform* Tinkercad, masing-masing peserta diarahkan untuk berlatih membuat desain sederhana sebelum dapat melanjutkan ke sesi praktik.

Sesi praktik dimulai ketika para peserta sudah cukup mahir dalam membuat desain tiga dimensi yang mereka inginkan. Pada sesi ini, para peserta menyimak demonstrasi pengoperasian mesin 3D *printer Flashforge Adventurer 3*. Tidak hanya memperhatikan demonstrasi, sebanyak tiga orang peserta berkesempatan untuk mengoperasikan mesin 3D *printer* secara langsung. Mereka dibimbing untuk memproses desain mereka melalui tahap *slicing*, atau menerjemahkan desain tiga dimensi menjadi barisan *code* pemrograman sehingga dapat dibaca oleh mesin, hingga pada akhirnya mereka mengoperasikan mesin 3D *printer* untuk mencetak desain yang telah mereka kerjakan. Dengan proses pencetakkan desain tiga dimensi yang memerlukan waktu, para peserta dikelompokkan ke dalam grup kewirausahaan yang sebelumnya telah ditentukan. Pengelompokkan ini bertujuan untuk membahas lebih lanjut mengenai projek mata kuliah yang mereka emban, yaitu memanfaatkan fasilitas fablab UPI untuk membuat produk jadi yang bernilai.



Gambar 3. Dokumentasi pelaksanaan hari pertama, (a) pengarahan kegiatan *workshop*, (b) pembuatan desain untuk pencetakan desain 3D dengan menggunakan *3D printer.*

Hari kedua *workshop* dilaksanakan 1 pekan kemudian, yaitu 20 April 2026, dengan peserta yang sama (Gambar 4). Kali ini, peserta dibekali materi mesin *laser cutter* yang mendukung pembuatan produk bernilai jual, juga berkaitan dengan perkuliahan kewirausahaan. Di awal kegiatan, peserta menyimak penjelasan *platform* yang digunakan dalam membuat desain untuk alat *laser cutter*. Nama aplikasi tersebut adalah *CorelDraw*. Selain itu, dijelaskan pula fungsi antarmuka yang dimiliki oleh *platform* tersebut. Kemudian peserta mengamati demonstrasi pembuatan desain sederhana serta penjelasan mengenai "hal-hal yang boleh dan tidak boleh dilakukan" ketika menggunakan mesin *laser cutter*.



Gambar 4. Dokumentasi pelaksanaan hari pertama, (a) *best practice* pembuatan desain pada aplikasi *corellaser* untuk *laser cutter*, (b) pemateri dan peserta menggunakan alat *laser cutter CNC LS-1390,* 150 Watt.

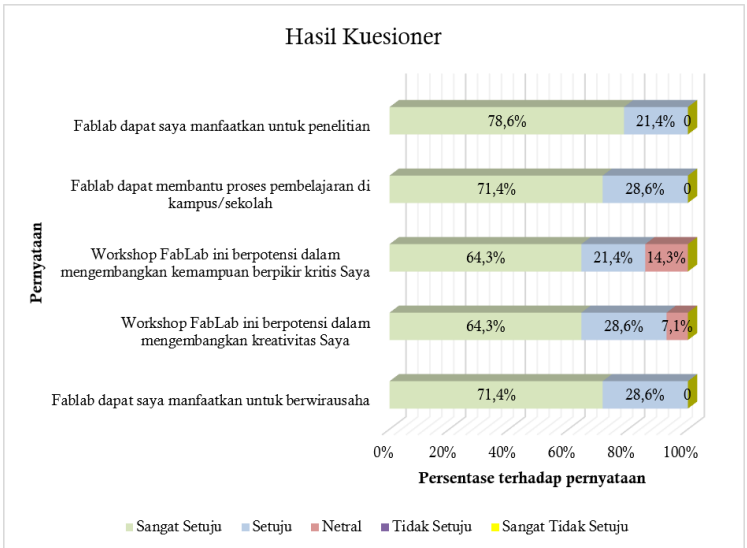
Lebih lanjut, para peserta diarahkan untuk menyimak perangkat lunak *CorelLaser* serta *RDWorks V8* yang digunakan untuk memberikan perintah *cutting* atau *engraving* pada mesin *laser cutter*. Perangkat lunak *CorelLaser* digunakan jika menggunakan alat *laser cutter* tipe CNC-LS6040 dengan *power* 100 Watt, sedangkan *RDWorks V8* untuk CNC LS-1390 dengan *power* 150 Watt. Pembekalan materi perangkat lunak ini dilakukan secara paralel dengan demonstrasi cara memberikan perintah kepada mesin, serta cara mengoperasikan mesin *laser cutter.* Pemahaman yang disimak oleh peserta diuji pada sesi praktik. Mereka diarahkan untuk membuat desain sederhana, yang kemudian akan mereka produksi mandiri dengan bimbingan. Setiap peserta mendapatkan kesempatan untuk mendesain serta memproduksi desain yang ingin mereka ciptakan. Beriringan dengan berlangsungnya sesi praktik, para peserta dikelompokkan kembali ke dalam kelompok kewirausahaan yang telah ditetapkan. Pada sesi ini, kelompok yang tidak sedang praktik memantapkan desain projek yang mereka kerjakan. Setelah kegiatan *workshop* berakhir, dilakukan penyebaran kuesioner. Penyebaran kuesioner ditujukan agar program lebih terarah dan mengetahui *feedback* dari peserta *workshop.* Hasil dari penyebaran kuesioner diperlihatkan seperti pada Gambar 5.

Secara umum, distribusi pengisian kuesioner berada pada rentang sangat setuju, setuju, dan netral. Dimana pada seluruh aspek yang ditanyakan, lebih dari 60% peserta sangat setuju dengan 5 katagori pertanyaan, yaitu kaitan fablab dengan: (1) berwirausaha; (2) pengembangan kreativitas: (3) pengembangan berpikir kritis; (4) proses pembelajaran di sekolah; dan (5) penelitian.

Berdasarkan Gambar 5, tanggapan peserta terkait "pemanfaatan fablab dalam berwirausaha", menunjukkan bahwa 71,4% sangat setuju, dan 28,6% setuju fablab berperan penting dalam mengembangkan ide dan menghasilkan *prototype*/produk yang memiliki nilai jual. Mahasiswapun merasa termotivasi untuk melakukan eksplorasi lebih mendalam terhadap ruang lingkup *prototype* yang dapat dihasilkan. Lebih lanjut, tidak satupun peserta menyatakan fablab tidak ada kaitannya dengan kegiatan berwirausaha.

Beberapa rancangan yang mereka buat untuk dijual diantaranya barang sederhana seperti gantungan kunci. Selain itu, terdapat rancangan membuat lego gantungan kunci; lampu tidur dengan fitur pengaturan waktu ideal istirahat, dilengkapi dengan sensor suhu, kelembapan, alarm, serta dapat mengatur warna lampu sesuai dengan kebutuhan/situasi penggunaan; *puzzle* tabel periodik dengan basis *mechanical keyboard*; *tracking hidration* (alat mendeteksi kecukupan tubuh terhadap hidrasi); dan seterusnya. Ide dalam membuat barang yang dirancang mahasiswa mulai dari sederhana hingga sedang. Sederhana dalam artian hanya menggunakan alat *3D printer* dan/atau *laser cutter*, sedangkan rumit saat menggunakan Arduino untuk dapat menghasilkan barang yang dihasilkan. Arduino yang digunakan dikatagorikan memiliki tingkat kerumitan sedang, jika *programming/coding* tidak terlalu rumit, tidak melibatkan banyak sensor, dan keterikatan satu komponen dengan komponen lain lebih sederhana.

Sementara itu, tanggapan pengisian kuesioner mengenai "pemahaman fablab dapat meningkatkan kemampuan berpikir kreatif dan kritis" menunjukkan hasil yang tidak berbeda signifikan, yaitu 64,3% sangat setuju bahwa fablab dapat membantu berpikir kreatif dan kritis 28,6 setuju, 7,1% netral bahwa fablab dapat membantu berpikir kreatif, serta 21,4% setuju, 14,3% netral fablab dapat membantu berpikir kritis. Hasil pengisian kuesioner juga memperlihatkan sebanyak 71,4% mahasiswa berpendapat fablab dapat membantu proses pembelajaran di kampus ataupun di sekolah, dan 78,6% menyatakan fablab dapat dimanfaatkan dalam kegiatan penelitian.



Gambar 5. Hasil penyebaran kuesioner *workshop* fablab secara keseluruhan.

Lebih lanjut, hasil pengamatan pasca kegitan, diperoleh informasi bahwa jika diadakan *workshop* fablab kembali, 100% mahasiswa akan mendaftar dan mengikuti kegiatan *workshop*. Hal ini menunjukkan minat peserta terhadap *workshop* yang tinggi. Pada kesempatan yang sama, peserta menyampaikan kegiatan *workshop* telah dikemas secara menarik, sehingga proses kegiatan terasa menyenangkan. Selain itu, beberapa peserta menyampaikan fasilitas fablab yang lengkap meningkatkan motivasi dalam berwirausaha: karena alat-alatnya menarik untuk digunakan, dan hasilnya juga sesuai dengan yang kita inginkan; serta teknologi yang digunakan di fablab ini dapat mempermudah proses pembuatan suatu produk.

Simpulan

Pelaksanaan PkM *workshop* fablab terhadap mahasiswa selama 2 hari memfokuskan pada *design, hands on* penggunaan alat *3D Printer*, dan *laser cutter*. Selain itu, peserta juga diajak untuk mengembangkan ide, sehingga dapat membuat *prototype/*produk bernilai jual dan tentunya bermanfaat. Berdasarkan hasil penyebaran kuesioner, tanggapan peserta terkait "pemanfaatan fablab dalam berwirausaha", menunjukkan bahwa 71,4% sangat setuju, dan 28,6% setuju fablab berperan penting dalam mengembangkan ide dan menghasilkan *prototype/*produk yang memiliki nilai jual. Mahasiswa merasa termotivasi untuk melakukan eksplorasi lebih mendalam terhadap ruang lingkup *prototype* yang dapat dihasilkan. Lebih lanjut, tidak satupun peserta menyatakan fablab tidak ada kaitannya dengan kegiatan berwirausaha. Sementara itu, pesertapun berharap agar diadakan program *workshop* fablab kembali.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada *Leading University Project for International Cooperation* (LUPIC) melalui *National Research Foundation of Korea* (NRF) yang didanai oleh Kementerian Pendidikan Korea, dan Sogang University yang telah mendukung pendirian *fabrication laboratory* (fablab) di Universitas Pendidikan Indonesia, sehingga dapat digunakan pada kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat.

Daftar Pustaka

Al-Zahrani, A. M. (2024). Enhancing postgraduate students' learning outcomes through flipped mobile-based microlearning. *Research in Learning Technology*, *32*(1), 1-16.

Bisballe, M. et al. (2016). State of the art of makerspaces—success criteria when designing makerspaces for norwegian industrial companies. *In: Procedia CIRP, 54*(1)*,* 65–70.

Celik & Baturay. (2024). Technology and innovation in shaping the future of education. *Smart Learn. Environ. 11*(54), 1-6.

Fleischmann, K., Hielscher, S., Merritt, T. (2016). Making things in Fab Labs: a case study on sustainability and co-creation. *Digit. Creat*. *27*(2), 113–131.

Gershenfeld, N. (2012). How to make almost anything: The digital fabrication revolution. *Foreign Affairs, 91*(6), 43-57.

González-Nieto, N. A., Ching-Chiang, L. W. C., Fernández-Cárdenas, J. M., Reynaga-Peña, C. G., Santamaría-Cid-de-León, D., Díaz-de-León-Lastras, A., & Cortés Capetillo, A. J. (2020). FabLabs in vulnerable communities: STEM education opportunities for everyone. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM), 14*(4), 1535-1555.

Jensen, M. B., & Steinert, M. (2020). User research enabled by makerspaces: bringing functionality to classical experience prototypes. *Cambridge University Press, 34*(3), 315-326.

Kalyani, L.K. (2024). The role of technology in education: enhancing learning outcomes and 21st century skills. *International Journal of Scientific Research in Modern Science and Technology*, *3*(4), 05–10.

Majzlik, T., Filipenska, M., Delevoye, C., de Biasio, D., Glatz, F., Schmidt, M., Hanak, V., Matejova, E., & Havlicek, V. (2020). *Fablabia: FabLab as an entrepreneurship-supporting tool for SMEs.* European Innovation Council (EIC).

Monllor, J., & Soto-Simeone, A. (2020). The impact that exposure to digital fabrication technology has on student entrepreneurial intentions. *International Journal of Entrepreneurial Behavior & Research, 26*(7), 1505–1523.

Ruslan., Lu'mu, Fakhri, M.M., Ahmar, A. A., & Fadhilatunisa, D. (2024). Effectiveness of the flipped project-based learning model based on moodle LMS to improve student communication and problem-solving skills in learning programming. *MDPI Education Sciences, 14*(9), 1-16.

Soomro, S. A., Nanjappan, V., Casakin, H., &Georgiev, G. V. (2025). Fostering technical skills and creativity in the digital fabrication spaces: an open-ended prototyping approach. *International Journal of Technology and Design Education*, *35* (1)*,* 1081-1102.

Spilbergs, A., Mavlutova, I., & Lesinskis, K. (2026). Entrepreneurial intention of students: The role of digital tools and personal factors in entrepreneurship education. *PLoS One, 21*(1), 1-16.

Togou, M. A., Lorenzo, C., Cornetta, G., & Muntean, G. M. (2020). Assessing the effectiveness of using fab lab-based learning in schools on K–12 students' attitude toward STEAM. *IEEE Transactions on Education, 63*(1), 56-62.

Zakoth, D., Mauroner, O., & Emes, J. (2024). The role of makerspaces in innovation processes: an exploratory study. *R&D Management, 54*(1), 398-428.