

BUDIDAYA MAGGOT BSF BERBASIS GAMIFIKASI SEBAGAI INOVASI PEMBELAJARAN BIOLOGI UNTUK MENANGGULANGI SAMPAH ORGANIK DAPUR

Zuliande Zidan¹, Saefudin*¹, Kusnadi¹, Tri Suwandi¹

¹ Program Studi Pendidikan Biologi, FPMIPA UPI, Bandung, Indonesia

*E-mail : saefudin63@upi.edu

Abstrak. Indonesia is one of the largest food waste producing countries in the world. Emergency handling of organic waste is in interest of all levels of society, especially educational levels. One alternative solution to emergency waste is cultivating black soldier fly (BSF) maggots as a bioconversion that effectively breaks down organic waste. BSF maggot cultivation practices can be integrated with gamification as a Biology learning innovation to introduce bioconversion practices while increasing generation Z's interest and learning participation. This research aims to explain the effectiveness of implementing gamification-based BSF maggot cultivation practices in Biology learning. The research method uses is quantitative research with a posttest-only design. E-Worksheet is used to measure students' mastery concepts and questionnaire is used to measure students' responses regarding the integration of gamification with BSF maggot cultivation practices. The results of the research showed that the average students' mastery of concepts in general was in the very good category (88.54) at the end of the lesson and all students achieved completeness or mastery learning. The integration of BSF maggot cultivation practices with gamification was generally categorized as good (77.77) by students.

Key word : Biology Learning Innovation, Gamification, BSF Maggot Cultivation

Abstrak. Indonesia menjadi salah satu negara penghasil sampah makanan terbesar di dunia. Penanganan darurat sampah organik menjadi kepentingan semua lapisan masyarakat, khususnya jenjang pendidikan. Salah satu solusi alternatif darurat sampah ialah dengan budidaya maggot *black soldier fly* (BSF) sebagai biokonversi yang efektif mengurai sampah organik. Praktik budidaya maggot BSF dapat diintegrasikan dengan gamifikasi sebagai inovasi pembelajaran Biologi untuk mengenalkan praktik biokonversi sekaligus meningkatkan minat dan partisipasi belajar generasi Z. Penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan efektivitas penerapan praktik budidaya maggot BSF berbasis gamifikasi pada pembelajaran Biologi. Metode penelitian yang digunakan ialah penelitian kuantitatif dengan *posttest-only design* dengan instrumen berupa penugasan Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) dan angket respon. E-LKPD digunakan untuk mengukur penguasaan konsep peserta didik dan angket respon digunakan untuk mengukur respon peserta didik terkait integrasi gamifikasi dengan praktik budidaya maggot BSF. Analisis data penelitian dilakukan menggunakan statistika deskriptif melalui rata-rata kategori perolehan nilai, *mastery learning* dan persentase capaian respon peserta didik. Hasil penelitian menunjukkan rata-rata penguasaan konsep peserta didik secara umum pada kategori sangat baik (88,54) pada akhir pembelajaran serta seluruh peserta didik mencapai ketuntasan atau *mastery learning*. Integrasi praktik budidaya maggot BSF dengan gamifikasi secara umum dikategorikan baik (77,77) oleh peserta didik.

Kata Kunci : Inovasi Pembelajaran Biologi, Gamifikasi, Praktik Budidaya Maggot BSF

PENDAHULUAN

Indonesia menjadi salah satu negara penghasil sampah makanan terbesar di dunia. Indonesia sebagai negara G20 menjadi salah satu negara dengan performa yang paling buruk dalam mengelola sampah sisa makanan, maupun dalam pertanian berkelanjutan pada tahun 2021 (The Economist Intelligence & Unit and Barilla Foundation, 2021). Setiap penduduknya menghasilkan rata-rata sampah makanan sebesar 300kg setiap tahun (Saliem et al., 2021). Sosio-demografi, sikap, norma

dan rutinitas perencanaan makanan setiap individu menjadi faktor-faktor yang mempengaruhi perilaku menyisakan makanan (Chaerul & Zatadini, 2020). Diperlukan strategi pengelolaan sampah makanan yang spesifik berdasarkan faktor perilaku menyisakan makanan pada setiap elemen masyarakat. Khususnya pada faktor sikap dan rutinitas perencanaan makanan dapat dilatih dan dikenalkan melalui pembelajaran khusus untuk pelajar di institusi akademik.

Education for sustainable development (ESD) menjadi panduan untuk memberikan pengetahuan, keterampilan, perspektif dan nilai mengenai isu-isu terkait pembangunan berkelanjutan (Zhang et al., 2020). Salah satu tujuan pembangunan berkelanjutan yakni konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab (SDGs 12) memiliki target untuk mengurangi sampah makanan hingga 50% pada tahun 2030 (target 12.3) (Ardra & Barua, 2022). Berbagai cara dilakukan untuk mewujudkan target tersebut seperti peningkatan kebijakan, inovasi teknologi, mendesain ulang jalur distribusi makanan, peningkatan kesadaran masyarakat ataupun strategi khusus mengolah sampah makanan (Jacob-John et al., 2021). Khususnya untuk strategi pengelolaan sampah makanan, terdapat beberapa strategi seperti pembuatan kompos (Jamaluddin et al., 2021), biokonversi menjadi pakan ternak (Gunadi et al., 2021), pembuatan gas metan (Badriyah & Sudarti, 2024) ataupun biokonversi menjadi ekoenzim (Koosbandiah Surtikanti et al., 2021). Strategi lain dalam pengelolaan sampah makanan yang dapat diterapkan di lingkungan akademik ialah pemanfaatan larva atau *maggot black soldier fly* (BSF) (*Hermetia illucens*) sebagai biokonversi sampah makanan khususnya sampah organik dapur.

Praktik budidaya maggot BSF telah banyak dilakukan untuk mengurangi sampah makanan baik di lingkungan masyarakat (Hardianto & Anggriawan, 2023; Sukmareni et al., 2023) ataupun di institusi pendidikan (Sulistiyowati et al., 2023; Wulansari et al., 2024). Terbukti selain mengurangi sampah makanan, praktik ini juga memiliki nilai ekonomi untuk menjadi pakan ternak unggas ataupun perikanan (Satori et al., 2023). Praktik budidaya, siklus hidup dan karakteristik *maggot* BSF dapat menjadi media pembelajaran yang meningkatkan pengalaman peserta didik dalam belajar khususnya dalam bentuk kegiatan *hands-on*. Kegiatan *hands-on* seperti praktikum dapat membantu peserta didik untuk membangun hubungan antara teori yang sudah dimiliki dengan pengetahuan baru melalui serangkaian aktivitas yang bermakna (Zidan & Supriatno, 2023). Pengalaman belajar ini dapat diintegrasikan dengan kegiatan pendidikan formal di institusi pendidikan, salah satunya dengan mata pelajaran Biologi.

Praktik budidaya *maggot* BSF dapat diselaraskan dengan topik Biologi seperti biodiversitas, ekosistem, pencemaran lingkungan maupun bioteknologi. Namun, dalam penerapannya dibutuhkan strategi untuk meningkatkan keterlibatan peserta didik sekolah yang mayoritas termasuk generasi Z (Gen Z). Generasi ini sendiri seringkali sulit untuk fokus dan konsentrasi dalam belajar karena memiliki motivasi dan keterlibatan belajar yang rendah (Baydas & Cicek, 2019; Saxena & Mishra, 2021). Walaupun memiliki penguasaan teknologi yang lebih baik dari generasi sebelumnya (Andujar & López, 2019), gen z cenderung menyerah ketika bertemu dengan kesulitan dalam belajar (Seibert, 2021). Dibutuhkan strategi pembelajaran yang mampu meningkatkan keterlibatan peserta didik tanpa mengurangi penggunaan teknologi. Salah satu strategi pembelajaran yang dapat digunakan ialah dengan gamifikasi.

Gamifikasi secara istilah ialah mengintegrasikan elemen-elemen dalam permainan atau *games* dalam kehidupan sehari-hari (Ibarra-Herrera et al., 2019). Gamifikasi dalam pembelajaran dinilai mampu memberikan pengalaman belajar yang bermakna dalam kegiatan pembelajaran aktif yang memotivasi peserta didik (Chans & Portuguese Castro, 2021). Elemen menarik dalam permainan seperti skor, peringkat, *rewards* dan *achievement* dapat diintegrasikan dalam pembelajaran untuk meningkatkan hasil belajar peserta didik baik kognitif, afektif maupun psikomotor (Baydas & Cicek, 2019; Carrasco et al., 2019; Lathwesen & Belova, 2021). Strategi gamifikasi dapat diintegrasikan pada praktik budidaya *maggot* BSF untuk mengatasi minimnya keterlibatan peserta didik dalam

belajar sembari mengenalkan peserta didik dalam pengolahan sampah makanan. Dalam penelitian ini, integrasi antara praktik budidaya *maggot BSF* dengan strategi gamifikasi menjadi inovasi pembelajaran Biologi yang bertujuan untuk menanggulangi sampah organik dapur.

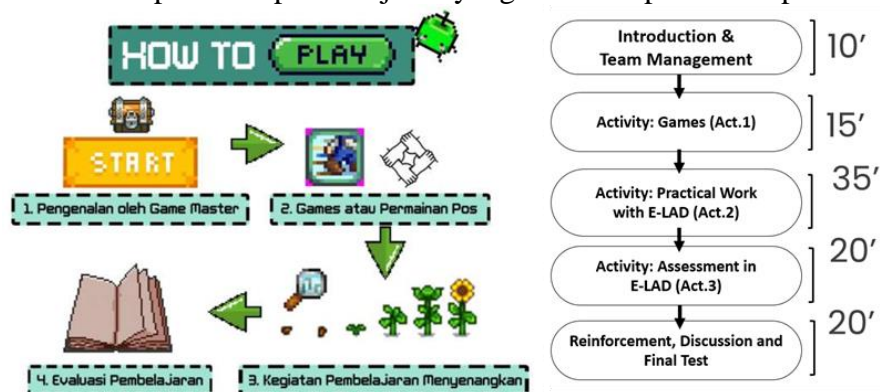
Tujuan dari penelitian ini secara umum ialah untuk mengukur capaian hasil belajar peserta didik terkait praktik budidaya *maggot BSF* pada topik pembangunan berkelanjutan. Penelitian ini juga mengukur respon peserta didik terkait integrasi gamifikasi pada praktik budidaya *maggot BSF*.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan metode pra-eksperimen dengan *posttest only design* (Creswell & Creswell, 2022). Desain ini dipilih karena tidak memungkinkan untuk mendapatkan kelas kontrol yang sebanding. Adapun subjek dari penelitian ini ialah mahasiswa calon guru Biologi berjumlah 15 orang. Penelitian dilaksanakan pada bulan oktober hingga november 2023 dengan lokasi kebun Botani UPI. Adapun instrumen yang digunakan ialah lembar kerja peserta didik elektronik (E-LKPD) dan angket respon siswa.

Instrumen E-LKPD menjadi panduan untuk praktikum, mencatat data, dan membangun pengetahuan baru melalui tabel hasil pengamatan dan pertanyaan di dalamnya. Instrumen ini digunakan untuk melihat capaian hasil belajar (*mastery learning*) khususnya dari jawaban siswa pada tabel hasil pengamatan dan 6 butir pertanyaan. Setiap jawaban dari instrumen E-LKPD dianalisis menggunakan statistika deskriptif dan dikatakan tuntas atau mencapai *mastery* jika skor melebihi 70 (Winget & Persky, 2022). Instrumen angket digunakan untuk mengukur respon mahasiswa terkait integrasi gamifikasi pada praktik budidaya *maggot BSF* dengan menggunakan skala *likert* 4 poin yakni 1-tidak setuju, 2-kurang setuju, 3-setuju dan 4-sangat setuju dalam bentuk pernyataan *favorable* dan *unfavorable*. Elemen gamifikasi yang diukur berfokus kepada: (1) tantangan/*challenge* yang diberikan; (2) lingkungan/*environment* tempat praktik dilaksanakan; dan (3) interaksi/*human interaction* yang terjadi saat pembelajaran. Adapun ketiga elemen tersebut diadaptasi dari penelitian Rivera (Rivera & Garden, 2021). Hasil respon siswa dianalisis menggunakan persentase capaian.

Pembelajaran dilaksanakan dalam dua pertemuan yakni pertemuan pertama yang berisi pengenalan prosedur pembelajaran berbasis gamifikasi, teori dan konsep dalam praktik budidaya *maggot BSF* dan pembangunan berkelanjutan, serta informasi seputar *rewards* dan *achievement* sebagai elemen gamifikasi yang dilaksanakan secara daring. Pertemuan kedua memuat pembelajaran praktik budidaya *maggot BSF* berbasis gamifikasi dengan rentang waktu 100 menit di kebun Botani UPI. Adapun secara umum prosedur pembelajaran yang dilalui dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Prosedur Pembelajaran Praktik Budidaya Maggot BSF berbasis Gamifikasi

Pada akhir pembelajaran, peserta didik diberikan kesempatan untuk melengkapi E-LKPD dan angket respon siswa yang telah disiapkan. Panduan praktikum, petunjuk dan informasi dimuat pada *microsoft word* yang telah diupload pada *Google Drive*. Pranala pada setiap dokumen diubah ke dalam QR Code yang kemudian dapat discan oleh gawai peserta didik.

Elemen gamifikasi terbagi menjadi dua yakni permainan prasyarat dengan judul *Botanical Treasure Hunts* dan elemen *rewards* dan *achievement* yang dapat diperoleh oleh individu atau kelompok. *Botanical treasure hunts* secara umum meminta peserta didik mencari petunjuk yang disembunyikan pada berbagai objek yang saling berkaitan. Objek tersebut disimpan dalam bentuk QR Code yang perlu dipindai dan memuat kuis seperti "*Cari saya dibawah Lavandula officinalis*". Objek terakhir memiliki kunci jawaban yang perlu disampaikan kepada pembimbing atau *game master* untuk mendapatkan QR Code E-LKPD. Adapun *reward* dan *achievement* yang diberikan dalam bentuk *fast player*, dan *best score: player* yang akan diberikan dalam bentuk sertifikat. Peserta didik dituntut untuk menyelesaikan setiap kegiatan dengan cepat dan tepat untuk mendapatkan *fast player*. Pada akhir kegiatan pembelajaran terdapat *final test* yang berisi seputar kuis praktik budidaya *maggot* BSF yang dimuat pada *learning management system* (LMS) Kahoot. Peserta didik akan mendapatkan *achievement best player* jika memiliki akumulasi nilai yang paling tinggi dari seluruh pemain pada kuis terakhir atau *final test*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan pembelajaran praktik budidaya *maggot* BSF berbasis gamifikasi dapat dilaksanakan sesuai rentang waktu yang ditentukan. Kegiatan permainan prasyarat yaitu *botanical treasure hunts* dapat dikerjakan hingga tuntas oleh peserta didik. Untuk permainan prasyarat dilaksanakan dengan tantangan berupa pencarian empat kertas berisi QR Code yang disembunyikan pada lokasi tertentu. Walaupun terdapat beberapa peserta didik yang kesulitan menemukan objek tersembunyi, namun seluruhnya mampu menyelesaikan permainan sebelum waktu selesai. Adapun ilustrasi dari kertas berisi QR Code yang disembunyikan dan dokumentasi permainan prasyarat dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Permainan Prasyarat: *Botanical Treasure Hunts*

Pelaksanaan kegiatan selanjutnya ialah kegiatan praktikum dengan judul "*Bagaiman peran maggot BSF dalam Pengolahan Sampah Makanan?*" seperti yang diilustrasikan pada Gambar 3. Kegiatan ini selesai dilaksanakan sesuai dengan rentang waktu yang ditentukan dengan bantuan E-LKPD. Berdasarkan tinjauan hasil belajar dari E-LKPD yang dikumpulkan diketahui seluruh peserta didik menyelesaikan soal-soal yang diberikan hingga tuntas. Adapun analisis dari data yang diperoleh akan dijelaskan dengan urutan: (1) rata-rata kategori perolehan nilai dan *mastery learning*; (2) respon siswa terkait integrasi gamifikasi dengan praktik budidaya *maggot* BSF.



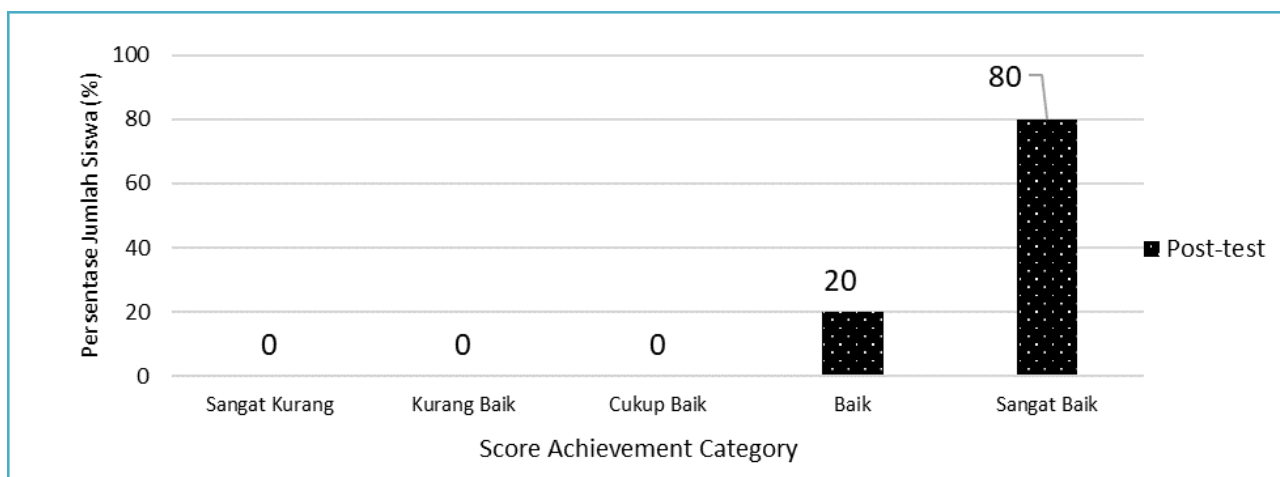
Gambar 3. Kegiatan Praktikum Budidaya *Maggot* BSF

Hasil belajar peserta didik diukur berdasarkan perolehan nilai yang dihitung dari jumlah skor benar dari 6 butir pertanyaan soal uraian yang diberikan pada E-LKPD. Secara umum butir soal mengukur pemahaman peserta didik terkait hasil observasi fase hidup *Hermetia illucens*, karakteristik pada setiap fase hidup, teknik budidaya, serta manfaat yang didapat berdasarkan aspek sosial, lingkungan dan ekonomi. Adapun hasil rekapitulasi perolehan nilai peserta didik terkait pemahaman praktik budidaya *maggot* BSF dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perolehan dan Interpretasi Nilai Peserta Didik

Faktor yang Dihitung	Nilai	Interpretasi Nilai
Mean	88.54	Sangat Baik
Min	79.17	Baik
Max	95.83	Sangat Baik

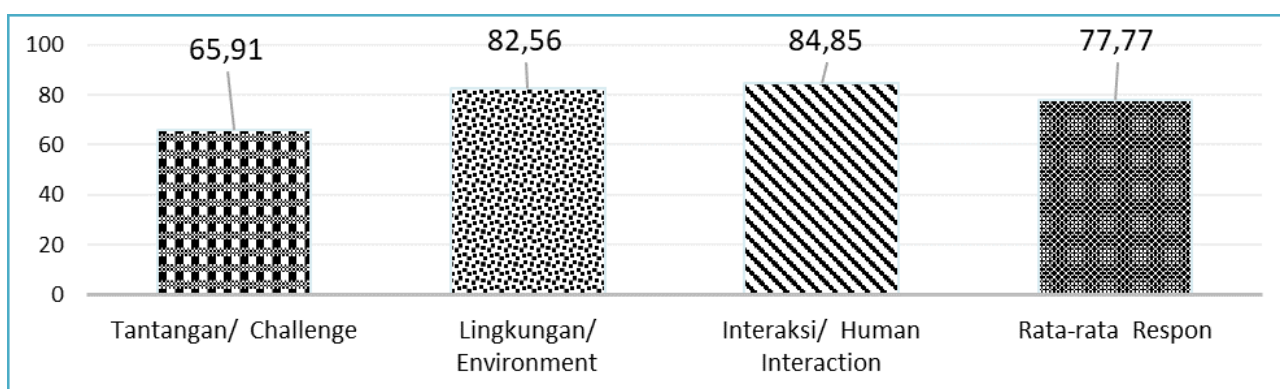
Merujuk pada Tabel 1., diketahui bahwa keseluruhan peserta didik secara umum memiliki rata-rata nilai dengan kategori sangat baik (88,54). Walaupun nilai minimum masih dalam kategori baik (79,17), namun nilai tersebut sudah mendekati kategori sangat baik. Pada saat pelaksanaan, diketahui seluruh peserta didik saling berkolaborasi melengkapi tabel hasil pengamatan pada E-DKL. Diketahui masing-masing peserta didik membagi peran untuk mengidentifikasi setiap fase hidup pada objek pengamatan yang berbeda. Adapun pertanyaan pada E-DKL mampu membantu peserta didik membangun pengetahuan terkait teknik budidaya dan karakteristik *Hermetia illucens*. Sebagai contoh pertanyaan ‘*Mengapa pada kotak budidaya maggot BSF terdapat selang migrasi yang terhubung dengan kotak yang lebih kecil?*’ membantu peserta didik mengidentifikasi karakteristik larva atau *maggot* yang hendak menjadi pupa membutuhkan tempat yang kering dengan intensitas cahaya yang lebih tinggi dari kotak budidaya. Adapun untuk melihat persentase capaian nilai pada setiap kategori dari seluruh jumlah peserta didik dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Distribusi Perolehan Nilai Peserta Didik

Berdasarkan Gambar 4., diketahui bahwa hampir seluruh peserta didik memiliki nilai dengan kategori sangat baik (80%). Adapun hanya sebagian kecil peserta didik yang memiliki nilai dalam kategori baik (20%). Hasil ini menunjukkan mayoritas peserta didik sudah memahami konsep, prinsip, dan teknik dalam budidaya *maggot* BSF dengan baik. Hasil dari observasi lapangan, menunjukkan sebagian kecil peserta yang kurang memahami lebih didasari dengan rasa jijik melihat *maggot* BSF sehingga kurang maksimal dalam observasi. Namun, perlu dicatat juga kegiatan praktikum di luar ruangan memungkinkan peserta didik untuk lebih bebas berdiskusi atau bertukar jawaban. Diperlukan perhatian dari guru atau pembimbing supaya jawaban peserta didik murni dari hasil temuan yang didapatkan sendiri. Hal ini untuk memastikan nilai yang diperoleh sesuai dengan apa yang dimiliki oleh masing-masing individu, bukan kolektif milik kelompok. Adapun hasil perolehan nilai selanjutnya menunjukkan seluruh peserta didik (100%) mencapai ketuntasan belajara atau mastery learning. Selanjutnya hasil angket respon siswa terkait integrasi gamifikasi pada praktik budidaya *maggot* BSF dapat dilihat pada Gambar 5.

Gambar 5. Rekapitulasi Angket Respon Peserta Didik terkait Integrasi Gamifikasi



Gambar 5. Rekapitulasi Angket Respon Peserta Didik terkait Integrasi Gamifikasi

Merujuk pada Gambar 5., ditemukan bahwa secara umum, peserta didik merespon bahwa integrasi gamifikasi pada praktik budidaya *maggot* BSF sudah dinilai baik (77.77). Hal ini menunjukkan bahwa strategi gamifikasi dapat menjadi alternatif untuk kegiatan-kegiatan yang

bersifat *hands-on* seperti praktikum. Berdasarkan data, diketahui gamifikasi yang diterapkan memungkinkan peserta didik berinteraksi satu sama lain dengan lebih baik (84.85). Interaksi ini memiliki nilai tertinggi karena didukung aktivitas praktikum di luar ruangan yang memperbolehkan peserta didik berkolaborasi, dan berinteraksi lebih bebas daripada di dalam ruangan. Respon peserta didik selanjutnya menunjukkan bahwa lingkungan praktik budidaya berbasis gamifikasi sudah dinilai baik (82.56). Perolehan nilai pada kategori tersebut didukung oleh pelaksanaan kegiatan praktikum di kebun Botani yang memudahkan peserta didik untuk bergerak, serta pembelajaran lebih bermakna karena objek atau fenomena yang ditemukan langsung dari sumbernya. Terakhir peserta didik merespon bahwa tantangan yang diberikan dalam gamifikasi dinilai cukup (65.91) selama pembelajaran berlangsung. Hasil ini didukung dengan tanggapan peserta didik yang menilai bahwa permainan prasyarat kurang menantang karena sedikitnya objek yang harus ditemukan. Lebih lanjut lagi, terdapat QR Code Mini Games yang tidak semua peserta didik kerjakan karena tersembunyi.

Diskusi dan masukan dari seminar mengemukakan bahwa integrasi gamifikasi dengan praktik budidaya *maggot* BSF sudah cukup baik. Namun, disarankan untuk melakukan ujicoba pada jenjang yang lebih rendah. Adapun masukan dari tim pelaksana ialah diperlukan pertemuan yang lebih banyak supaya peserta didik terlibat tidak hanya mengidentifikasi setiap fase, namun juga bertanggung jawab melakukan praktik budidaya dari telur hingga menghasilkan telur kembali. Lebih lanjut lagi, praktik budidaya disarankan tidak hanya kualitatif dari observasi, namun juga kuantitatif dengan mengukur jumlah pakan, jumlah atau berat sampah yang terurai, perkembangan berat *maggot*, intensitas cahaya yang diperlukan supaya bertelur, ataupun lebih spesifik seperti jenis atraktan yang cocok untuk menarik imago atau lalat BSF. Direkomendasikan juga penambahan tabel hasil pengamatan dari jumlah telur yang diletakkan dan sampah sisa makanan yang terurai dalam rentang waktu untuk meningkatkan literasi kuantitatif peserta didik.

Rekomendasi selanjutnya ialah diperlukan modul pembelajaran khusus yang menjelaskan setiap fase kegiatan yang akan dilewati serta *rewards* dan *achievement* yang diperoleh. Modul tersebut dapat didesain seperti *tutorial* dalam permainan ataupun seperti peta harta karun yang digunakan pada pembelajaran *education escape-room*. Modul juga dapat berisi diari perkembangan budidaya *maggot* BSF, teknik budidaya, pemanfaatan budidaya dalam ranah sosial hingga bagaimana memutar budidaya tersebut supaya bernilai ekonomi. Penggunaan QR Code dalam modul atau E-LKPD akan lebih baik ditambahkan pranala ke video yang dibuat secara mandiri. Lebih lanjut lagi, permainan prasyarat akan lebih baik jika disesuaikan dengan konsep atau materi terkait praktik budidaya *maggot* atau menggunakan media pembelajaran yang sudah ada dalam tempat budidaya.

KESIMPULAN

Praktik budidaya *maggot* BSF berbasis gamifikasi telah berhasil dilaksanakan dengan melewati prosedur pembelajaran berupa (1) pengenalan; (2) permainan prasyarat; (3) praktikum; (4) asesmen; dan (5) penguatan, diskusi dan kuis terakhir. Praktik budidaya berfokus kepada observasi siklus hidup, karakteristik pada setiap fase hidup dan teknik budidaya. Elemen gamifikasi yang difokuskan berupa permainan prasyarat dan pemberian skor, *rewards* dan *achievement*. Hasil dari penelitian ini menunjukkan secara umum penguasaan konsep peserta didik pada kategori sangat baik (88,54) dan seluruhnya mencapai ketuntasan (*mastery learning*). Integrasi praktik budidaya *maggot* BSF dengan gamifikasi secara umum dikategorikan baik (77.77) oleh peserta didik.

DAFTAR PUSTAKA

- Andujar, A., & López, C. (2019). Exploring new ways of eTandem and telecollaboration through the WebRTC protocol: Students' engagement and perceptions. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 14(5), 200–217. <https://doi.org/10.3991/ijet.v14i05.9612>
- Ardra, S., & Barua, M. K. (2022). Halving food waste generation by 2030: The challenges and strategies of monitoring UN sustainable development goal target 12.3. *Journal of Cleaner Production*, 380, 135042. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135042>
- Badriyah, B., & Sudarti, S. (2024). Penggunaan Energi Alternatif Sampah Organik Sebagai Biogas Untuk Mengurangi Penggunaan Gas Elpiji. ... of Health, Education, Economics, Science, and ..., 6, 79–84. <https://doi.org/10.36339/j-hest.v6i1.132>
- Baydas, O., & Cicek, M. (2019). The examination of the gamification process in undergraduate education: a scale development study. *Technology, Pedagogy and Education*, 28(3), 269–285. <https://doi.org/10.1080/1475939X.2019.1580609>
- Carrasco, C. J., Fernández, J., Gómez, M., & Vera, J. R. (2019). Effects of a gamification and flipped-classroom program for teachers in training on motivation and learning perception. *Education Sciences*, 9(4). <https://doi.org/10.3390/educsci9040299>
- Chaerul, M., & Zatadini, S. U. (2020). Perilaku Membuang Sampah Makanan dan Pengelolaan Sampah Makanan di Berbagai Negara: Review. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(3), 455–466. <https://doi.org/10.14710/jil.18.3.455-466>
- Chans, G. M., & Portuguese Castro, M. (2021). Gamification as a strategy to increase motivation and engagement in higher education chemistry students. *Computers*, 10(10). <https://doi.org/10.3390/computers10100132>
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2022). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. SAGE Publications. <https://books.google.co.id/books?id=Pr2VEAAAQBAJ>
- Gunadi, R. A. A., . M., . F., Yusuf, N., Sumardi, A., & Murdiratno, H. (2021). Sociopreneurship Pengolahan Sampah Organik Menjadi Pakan Ikan Dan Pakan Ternak. *Abdi Dosen : Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat*, 5(3), 373. <https://doi.org/10.32832/abdidos.v5i3.906>
- Hardianto, A. M., & Anggriawan, M. A. (2023). Membangun Ketahanan Pangan Ternak Unggas melalui Budidaya Larva Maggot di Desa Binong Pamarayan Kabupaten Serang. *Jurnal Pemberdayaan Ekonomi*, 2(2), 65–72. <https://doi.org/10.35912/jpe.v2i2.1483>
- Ibarra-Herrera, C. C., Carrizosa, A., Yunes-Rojas, J. A., & Mata-Gómez, M. A. (2019). Design of an app based on gamification and storytelling as a tool for biology courses. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, 13(4), 1271–1282. <https://doi.org/10.1007/s12008-019-00600-8>
- Jacob-John, J., D'souza, C., Marjoribanks, T., & Singaraju, S. (2021). Synergistic interactions of sdfs in food supply chains: A review of responsible consumption and production. *Sustainability (Switzerland)*, 13(16), 1–20. <https://doi.org/10.3390/su13168809>

- Jamaluddin, J., Okvika, L., & Fitria, F. (2021). Minimalisasi Sampah Organik Rumah Tangga Menjadi Kompos. *Jurnal Salingka Abdimas*, 1(2), 65–68. <https://doi.org/10.31869/jsam.v1i2.2970>
- Koosbandiah Surtikanti, H., Diah Kusumawaty, Yayan Sanjaya, Kusdianti, Didik Priyandoko, Try Kurniawan, Kartika, & Eliya Mei Sisri. (2021). Memasyarakatkan Ekoenzim Berbahan Dasar Limbah Organik untuk Peningkatan Kesadaran dalam Menjaga Lingkungan. *Sasambo: Jurnal Abdimas (Journal of Community Service)*, 3(3), 110–118. <https://doi.org/10.36312/sasambo.v3i3.532>
- Lathwesen, C., & Belova, N. (2021). Escape rooms in stem teaching and learning—prospective field or declining trend? A literature review. *Education Sciences*, 11(6). <https://doi.org/10.3390/educsci11060308>
- Rivera, E. S., & Garden, C. L. P. (2021). Gamification for student engagement: a framework. *Journal of Further and Higher Education*, 45(7), 999–1012. <https://doi.org/10.1080/0309877X.2021.1875201>
- Saliem, H. P., Mardianto, S., Sumedi, Suryani, E., & Widayanti, S. M. (2021). Policies and strategies for reducing food loss and waste in Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 892(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/892/1/012091>
- Satori, M., Chofyan, I., Yuliadi, Y., Rukmana, O., Wulandari, I. A., Izzatunnisaa, F., Kemaludin, R. P., & Rohman, A. S. (2023). Economical value organic waste treatment with Maggot BSF bioconversion. *AIP Conference Proceedings*, 2824(1), 40015. <https://doi.org/10.1063/5.0158409>
- Saxena, M., & Mishra, D. K. (2021). Gamification and gen Z in higher education: A systematic review of literature. *International Journal of Information and Communication Technology Education*, 17(4), 1–22. <https://doi.org/10.4018/IJICTE.20211001.0a10>
- Seibert, S. A. (2021). Problem-based learning: A strategy to foster generation Z's critical thinking and perseverance. *Teaching and Learning in Nursing*, 16(1), 85–88. <https://doi.org/10.1016/j.teln.2020.09.002>
- Sukmareni, J., Sianipar, S. A., Fadiah, S. N., & Esterilita, M. (2023). Implementasi Pemberdayaan Masyarakat Melalui Budi Daya Maggot Sebagai Alternatif Penanggulangan Sampah Organik Masyarakat Di Desa Cijagang Implementation of Community Empowerment Through Maggot Cultivation As an Alternative for Community Organic Waste Man. *Journal of Scientech Research and Development*, 5(2), 341–355. <https://idm.or.id/JSCR/index.php/JSCR>
- Sulistyowati, F., Handoyono, N. A., Erlangga, S. Y., Damayanti, A. P., & Setiawan, A. (2023). Maggot cultivation as an organic waste decomposer at the SahabatQu Islamic Boarding School. *Community Empowerment*, 8(11), 1668–1677. <https://doi.org/10.31603/ce.10373>
- The Economist Intelligence, & Unit and Barilla Foundation. (2021). *Fixing Food 2021: An opportunity for G20 countries to lead the way*. 44. <https://foodsustainability.eiu.com>
- Winget, M., & Persky, A. M. (2022). A Practical Review of Mastery Learning. *American Journal of Pharmaceutical Education*, 86(10), ajpe8906. <https://doi.org/10.5688/ajpe8906>

- Wulansari, N. K., Prihatiningsih, N., & Nurchasanah, S. (2024). *Pelatihan Budidaya Maggot Dalam Meningkatkan Keterampilan Santri Pondok Pesantren Al-Ikhsan Beji, Kabupaten Banyumas*. 2(4), 1183–1188.
- Zhang, T., Shaikh, Z. A., Yumashev, A. V., & Chlad, M. (2020). Applied model of E-learning in the framework of education for sustainable development. *Sustainability (Switzerland)*, 12(16), 1–15. <https://doi.org/10.3390/SU12166420>
- Zidan, Z., & Supriatno, B. (2023). *BIODIK: Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi Analisis dan Rekonstruksi Desain Kegiatan Laboratorium Mitosis Akar Bawang Merah (Allium cepa) melalui Model ANCOR (Analysis and Reconstruction of Laboratory Activity Design: Mitotic of Allium cepa using ANCOR mode*. 09, 37–49. <https://online-journal.unja.ac.id/biodik>