



PENGEMBANGAN MODUL CETAK PENGOLAHAN SAMPAH BASAH BERBANTUAN MAGGOT BSF DAN EFEKTIVITASNYA DALAM MENINGKATKAN PENGETAHUAN LINGKUNGAN SISWA

Muhammad Ainurridho^{1*}, Fatchur Rochman², Vivi Novianti³, & Khairil Asnan Haedar⁴

^{1,2,&3}Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang, Jalan Semarang Nomor 5, Malang, Jawa Timur 65145, Indonesia

⁴Biological Science (International Program), Faculty of Science, Khon Kaen University, 123 หมู่ที่ 16 Thanon Mittraphap, Mueang Khon Kaen, Khon Kaen 40002, Thailand

*Email: mainurridho01@gmail.com

Submit: 19-03-2024; Revised: 23-03-2024; Accepted: 02-04-2024; Published: 30-06-2024

ABSTRAK: Lingkungan didefinisikan sebagai perangkat aspek, baik itu dalam bentuk fisik, kimia, serta biologi, maupun faktor sosial yang memiliki kaitan secara langsung maupun tidak langsung terhadap makhluk hidup dan aktivitas manusia dalam jangka pendek dan jangka panjang. Namun, lingkungan dapat mengalami berbagai permasalahan, salah satu contohnya adalah perusakan lingkungan dengan menimbulkan sampah di lingkungan. Sampah yang ditimbulkan oleh masyarakat disebabkan salah satunya karena kurangnya pengetahuan mereka akan lingkungan. Terbukti dalam penelitian pendahuluan di SMA Negeri 11 Pinrang, hasil analisis awal menggunakan soal pengetahuan lingkungan siswa masih rendah dengan hasil keseluruhan sebanyak 43,73%. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa siswa masih banyak yang tidak mengetahui topik serta permasalahan lingkungan, khususnya sampah maupun pengolahannya, sehingga malas membuang sampah sesuai dengan kategorinya, dan mengolah sampah tersebut terkhusus pada sampah basah. Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan merujuk pada desain pengembangan *Plomp and Nieven* dan dilakukan kuasi eksperimen menggunakan model *PjBL* pada kelas X SMA Negeri 11 Pinrang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa modul cetak memiliki nilai kepraktisan 91,1% dengan kategori sangat praktis, sehingga layak digunakan dalam proses pembelajaran. Hasil rerata *pre-test* kelas eksperimen berjumlah 50,8% dengan kategori rendah setelah dibelajarkan menggunakan modul cetak, serta model *PjBL* dan *post-test* berjumlah 88 dengan kategori sangat tinggi serta mengalami peningkatan sebesar 37,2%. Hasil rerata *pre-test* kelas kontrol berjumlah 44,26% dengan kategori rendah setelah dibelajarkan hanya menggunakan model *PjBL* dan *post-test* berjumlah 79,6% dengan kategori tinggi serta mengalami peningkatan sebesar 35,34%. Maka dari itu, modul cetak dapat disimpulkan praktis serta efektif pada kelas eksperimen dengan nilai *N-Gain* sebesar 0,75.

Kata Kunci: Permasalahan Lingkungan, Modul Cetak, *Maggot BSF*, Model Pengembangan *Plomp and Nieven*, *PjBL*.

ABSTRACT: The environment is defined as a set of aspects in the form of physical, chemical and biological as well as social factors that have a direct or indirect relationship to living things and human activities in the short and long term. However, the environment can experience various problems, one example is environmental damage by causing waste in the environment. One of the reasons for the waste generated by the community is their lack of knowledge about the environment. It was proven in preliminary research at SMA Negeri 11 Pinrang, the results of the initial analysis using students' environmental knowledge questions were still low with an overall result of 43.73. These results indicate that there are still many students who do not know environmental topics and problems, especially waste and its processing, so they are lazy about disposing of waste according to the server and processing the waste, especially wet waste. This research is development research referring to *Plomp and Nieven's* development design and conducting a quasi-experiment using the *PjBL* model in class X at SMA Negeri 11 Pinrang. The research results show that the printed module has a practicality value of 91.1% in the very



practical category so it is suitable for use in the learning process. The average pretest result for the experimental class was 50.8 in the low category after learning using printed modules and the PjBL model and the posttest was 88 in the very high category and experienced an increase of 37.2%. The average pretest result for the control class was 44.26 in the low category after learning only using the PjBL model and the posttest was 79.6 in the high category and experienced an increase of 35.34%. Therefore, it can be concluded that the printed module is practical and effective in the experimental class with an N-Gain value of 0.75.

Keywords: Environmental Problem, Printed Module, BSF Maggot, Plomp and Nieven Development Model, PjBL.

How to Cite: Ainurridho, M., Rochman, F., Novianti, V., & Haedar, K. A. (2024). Pengembangan Modul Cetak Pengolahan Sampah Basah Berbantuan *Maggot BSF* dan Efektivitasnya dalam Meningkatkan Pengetahuan Lingkungan Siswa. *Bioscientist : Jurnal Ilmiah Biologi*, 12(1), 551-564. <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v12i1.11131>



Bioscientist : Jurnal Ilmiah Biologi is Licensed Under a CC BY-SA [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

PENDAHULUAN

Lingkungan menurut UNHCR (2018), didefinisikan sebagai seperangkat aspek fisik, kimia, dan biologi, serta faktor sosial yang berdampak langsung atau tidak langsung terhadap makhluk hidup, dan aktivitas manusia dalam jangka pendek dan jangka panjang. Namun, lingkungan dapat bermasalah seiring dengan peningkatan populasi manusia. Kesadaran masyarakat Indonesia terhadap lingkungan hidup yang masih minim menjadi salah satu faktor permasalahan lingkungan. Hal tersebut dibuktikan pada penelitian Putriani *et al.* (2022), yang menyebutkan bahwa sampah basah organik menjadi limbah dengan intensitas tinggi di salah satu sekolah di Jawa Timur. Selain itu, penelitian dari Mardhiyah (2022), menyebutkan bahwa dari 64 juta limbah yang dihasilkan dan berpotensi menjadi sebab permasalahan lingkungan, sekitar 60% berasal dari limbah organik.

Problematisa bahwa kurangnya kepedulian dan kepekaan lingkungan yang disebutkan sebelumnya diakibatkan karena pengetahuan tentang lingkungan masyarakat masih kurang (Ginting & Ekawati, 2016). Penelitian Sukma *et al.* (2020), menjelaskan bahwa integrasi dari pengetahuan lingkungan ke dalam pembelajaran siswa sekolah dasar penting untuk menjadi pondasi siswa di masa ke depannya untuk lebih menerapkan *environmental awareness*. Li (2018), menyebutkan bahwa kesadaran lingkungan mengacu pada proses manusia menyerap, memahami, menyimpan, dan mengatur informasi di lingkungan dalam proses belajarnya.

Pengetahuan lingkungan didefinisikan sebagai suatu ilmu tentang interaksi antar komponen ekosistem dengan proporsi yang seimbang guna tercipta stabilitas pada lingkungan dan termasuk ke dalam aspek penting dalam ekologi (Ashriady *et al.*, 2020). Ada tiga dimensi pengetahuan lingkungan, yaitu *System Knowledge*, *Action-Related Knowledge*, dan *Effectiveness Knowledge*. Defenisi dari *System Knowledge* biasanya berhubungan dengan pertanyaan tentang bagaimana suatu ekosistem itu beroperasi atau pengetahuan tentang masalah yang ada di lingkungan (Braun & Clarke, 2019). Contoh yang paling umum dari aspek *Uniform Resource Locator*: <https://e-journal.undikma.ac.id/index.php/bioscientist>



System Knowledge adalah pengetahuan tentang hubungan antara timbulan sampah terhadap perubahan lingkungan dengan indikasi perubahan iklim (Roufou *et al.*, 2021).

Jika *System Knowledge* pada pengetahuan lingkungan didefinisikan sebagai "mengetahui apa", maka pengetahuan dengan dimensi terkait tindakan atau *Action-Related Knowledge* adalah "mengetahui bagaimana", atau pengetahuan tentang pilihan perilaku dan kemungkinan tindakan yang diperoleh dari pengetahuan lingkungan yang telah diberikan. Contoh umum *Action-Related Knowledge* tercantum pada penelitian Liu *et al.* (2018), menyebutkan bahwa jika seseorang mengetahui sampah basah organik memiliki andil atau kontribusi menjadi penyebab lingkungan berubah, maka seseorang tersebut mengetahui aksi apa yang dilakukan untuk meminimalisir menumpuknya sampah basah organik tersebut, salah satunya dengan cara penerapan pengolahan sampah basah organik menggunakan lalat tentara hitam (*Black Soldier Fly*).

Dimensi pengetahuan lingkungan terakhir adalah *Effectiveness Knowledge*. Pengetahuan lingkungan dengan dimensi *Effectiveness Knowledge* memiliki definisi bahwa pengetahuan lingkungan yang diajarkan atau dipelajari oleh siswa berdampak pada pengetahuan mereka tentang perilaku konservasi yang efektif terhadap permasalahan lingkungan yang terjadi. Hal tersebut juga disebutkan oleh Purnama *et al.* (2020), bahwa perilaku konservasi yang berbeda memiliki potensi konservasi yang berbeda pula. Seperti contoh pada suatu kasus penggunaan kendaraan elektrik dinyatakan lebih efektif dalam meminimalisir perubahan lingkungan dibandingkan dengan penggunaan kendaraan yang menghasilkan emisi gas karbon CO₂ (Plötz *et al.*, 2021), sehingga diketahui bahwa seseorang atau sekelompok yang melakukan pengembangan kendaraan elektrik paham bahwa kendaraan elektrik menjadi solusi efektif dalam mencegah berbagai permasalahan lingkungan dan dikatakan bahwa seseorang atau sekelompok orang tersebut telah mencapai dimensi *Effectiveness Knowledge* pada pengetahuan lingkungan yang mereka miliki. Dimensi *Effectiveness Knowledge* memiliki keuntungan atau manfaat relatif dari pengetahuan lingkungan yang dimiliki seseorang, yaitu mengetahui keefektifan konservasi relatif, sehingga memiliki kemungkinan untuk seorang individu mampu mengembangkan perilaku konservasi terhadap lingkungan. Dimensi *Effectiveness Knowledge* telah diberi label sebagai "pengetahuan relasional", "pengetahuan tugas", dan "pengetahuan dampak" dalam lingkungan pendidikan.

Fakta data pendahuluan di SMA Negeri 11 Pinrang, hasil analisis awal menggunakan soal pengetahuan lingkungan siswa masih rendah dengan hasil keseluruhan sebanyak 43,73. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa siswa masih banyak yang tidak mengetahui topik serta permasalahan lingkungan, khususnya sampah maupun pengolahannya, sehingga malas membuang sampah sesuai dengan kategorinya, dan mengolah sampah tersebut terkhusus pada sampah basah. Maka dari seluruh data pendahuluan hasil analisis kebutuhan siswa melalui soal pengetahuan lingkungan gambaran bahwa SMA Negeri 11 Pinrang membutuhkan bahan ajar berupa modul cetak yang di dalamnya berisi materi tentang isu permasalahan lingkungan, khususnya sampah basah di sekitar sekolah, sehingga dapat menjadi bahan belajar pengolahan sampah basah organik sebagai solusi



mengatasi isu lingkungan di sekitar sekolah. Modul cetak dikembangkan sebagai salah satu cara mengatasi batasan sekolah yang disampaikan oleh guru biologi untuk tidak menggunakan alat elektronik kecuali *laptop*.

Modul cetak efektif digunakan sebagai bahan ajar dan sebagai bahan sosialisasi sekaligus panduan agar siswa memiliki kegiatan yang bersifat konservatif terhadap lingkungan sekolah mereka. Modul cetak yang dikembangkan adalah modul cetak didasarkan pada materi perubahan lingkungan, khususnya pada pengolahan sampah basah organik. Pengolahan sampah basah organik akan dibahas secara runut dimulai dari pengolahan sampah basah organik melalui biogas, *composting takakura*, hingga pada pengolahan sampah basah organik berbantuan *Maggot BSF*. Peruntutan tersebut dimaksudkan dengan tujuan tertentu, yaitu menguatkan alasan penggunaan *Maggot BSF* dalam pengolahan sampah basah organik efektif dan efisien dilakukan dikarenakan kemampuan beradaptasi *Maggot BSF* dan daya sintas *Maggot BSF* dalam mengolah sampah basah organik yang sangat tinggi, sehingga kegagalan pengolahan sampah basah organik minim terjadi, dan dikatakan bahwa pengolahan sampah basah organik berbantuan *Maggot BSF* efektif.

Selain itu, pengolahan sampah basah organik oleh *Maggot BSF* membutuhkan waktu yang relatif lebih singkat, yaitu membutuhkan waktu 2 hingga 3 hari pada *biopond* ukuran 40x15cm berisi 500 gram *Maggot BSF* dan 1000 gram sampah basah organik, sehingga dikatakan efisien dibandingkan pengolahan sampah basah melalui pembuatan biogas dan *composting takakura* dengan estimasi waktu 2 hingga 3 pekan, dan kegagalan yang sangat mungkin terjadi. Kehadiran modul cetak dengan kegiatan pengolahan sampah basah organik berbantuan dekomposer *Maggot Black Soldier Fly* juga mampu menjadi salah satu pemenuhan yang ditekankan pada Profil Pelajar Pancasila (P5) (Dewi & Sylvia, 2022), dan juga sebagai poin penting dalam tujuan pembangunan berkelanjutan (*Sustainable Development Goals*). Model pembelajaran yang tepat guna untuk pembelajaran menggunakan modul cetak pengolahan sampah basah organik berbantuan dekomposer *Maggot Black Soldier Fly* adalah *PjBL*.

Modul merupakan bahan ajar yang dapat membantu guru ketika menyampaikan materi, terkhusus materi biologi kepada siswa, dimana materi dalam modul dapat dimuat sesuai dengan kebutuhan siswa, serta siswa dapat belajar secara mandiri (Haka *et al.*, 2020). Maka dari itu, modul dapat digunakan sebagai bahan pendukung dalam penyampaian materi. Modul itu sendiri berisi rangkuman materi, pelatihan, dan mencakup bagaimana siswa membangun pengetahuan (Hamdunah *et al.*, 2016). Modul berperan penting dalam mencapai tujuan pendidikan dengan memungkinkan siswa menyesuaikan diri dengan karakteristik modul yang dikembangkan (Rosita, 2016; Utami *et al.*, 2023).

Telah terdapat beberapa bukti dalam penelitian terdahulu bahwa penggunaan modul cetak dapat membantu guru atau peneliti dari suatu penelitian pengembangan dalam menyampaikan membelajarkan siswa mereka. Salah satu penelitian yang membuktikan hal tersebut adalah hasil penelitian Prawita *et al.* (2019), dengan mengembangkan modul pembelajaran dengan integrasi model pembelajaran *Generative Based Learning*. Modul biologi berbasis *Generative Learning* dikembangkan berdasarkan aktivitas pembelajaran generatif. Modul



biologi dengan integrasi *Generative Based Learning* lebih efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir analitis siswa dibandingkan dengan modul konvensional. Interaksi modul biologi berbasis pembelajaran generatif pada siswa dengan motivasi membaca tinggi (*High Reading Motivation/HRM*) memiliki kemampuan berpikir analitis tertinggi. Sedangkan modul biologi dengan integrasi model *Generative Based Learning* pada siswa dengan motivasi membaca rendah (*Low Reading Motivation/LRM*) memiliki kemampuan berpikir analitis yang sama dengan interaksi modul konvensional pada siswa dengan motivasi membaca tinggi (*High Reading Motivation/HRM*). Keberhasilan penerapan modul harus dibarengi dengan mendorong motivasi membaca siswa. Selain itu, hasil penelitian dari Retnowati *et al.* (2020), menyebutkan bahwa modul biologi dengan integrasi penanaman karakter di dalamnya dapat meningkatkan sikap siswa yang baik terhadap lingkungan.

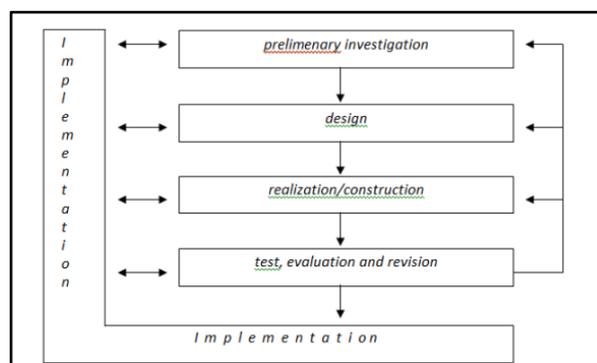
Modul sebagai bahan ajar itu sendiri terbagi atas dua jenis, yaitu modul cetak dan juga modul elektronik (*E-Module*), dan keduanya memiliki karakteristik yang hampir sama berdasarkan pada Dewi & Sylvia (2022), yaitu memiliki karakteristik sebagai berikut: 1) *self instructional*, siswa mampu membelajarkan dan memahami dirinya sendiri akan materi yang dipelajarinya dan tidak tergantung pada pihak lain; 2) *self contained*, seluruh materi pembelajaran dari satu unit kompetensi yang dipelajari terdapat di dalam satu modul yang utuh; 3) *stand alone*, modul yang dikembangkan tidak tergantung pada media lain atau tidak harus digunakan bersama-sama dengan media lain; 4) *adaptive*, modul hendaknya memiliki daya adaptif yang tinggi terhadap perkembangan ilmu dan perkembangan teknologi; 5) *user friendly*, modul hendaknya juga memenuhi kaidah akrab bersahabat/akrab dengan pemakainya; 6) konsisten dalam penggunaan *font*, spasi, dan tata letak. Perbedaan mendasar antara modul cetak dan juga modul elektronik (*E-Module*) adalah hanya ada pada penambahan dua karakteristik tambahan; 7) disampaikan dengan menggunakan suatu media elektronik berbasis komputer dan media elektronik lainnya; 8) memanfaatkan berbagai fungsi media elektronik, sehingga disebut sebagai multimedia; 9) memanfaatkan berbagai fitur yang ada pada aplikasi *software*; dan 10) perlu didesain secara cermat (memperhatikan prinsip pembelajaran).

Maka dari itu, tujuan dari penelitian ini adalah: 1) menghasilkan produk berupa modul cetak pengolahan sampah basah organik berbantuan dekomposer *Maggot BSF* untuk meningkatkan pengetahuan lingkungan; 2) menguji kevalidan dan kepraktisan produk berupa modul cetak pengolahan sampah basah organik berbantuan dekomposer *Maggot BSF* untuk meningkatkan pengetahuan lingkungan; dan 3) menguji perbedaan efektivitas implementasi produk berupa modul cetak pengolahan sampah basah organik berbantuan dekomposer *Maggot BSF* untuk meningkatkan pengetahuan lingkungan

METODE

Penelitian ini menggunakan model pengembangan dari Plomp & Nieveen (1997) yang dimutakhirkan pada bukunya, yaitu *Introduction to Education Design Research* karya Plomp & Nieveen (2013), dengan tahapan pengembangan: 1) *preliminary investigation*; 2) *design, realization/construction*; 3) *test, evaluation*

and revision; dan 4) *implementation*. Penelitian pengembangan ini pada dasarnya bertujuan untuk menghasilkan sebuah produk yang bermanfaat bagi penggunaannya, yakni siswa SMA Negeri 11 Pinrang kelas X, yaitu berupa modul cetak. Hasil akhir dari penelitian pengembangan ini adalah sebuah produk yang dapat digunakan sebagai salah satu bahan ajar bagi siswa SMA kelas X. Produk yang dihasilkan berupa modul cetak pengolahan sampah basah organik berbantuan *Maggot BSF* dengan disandarkan pada kegiatan pengolahan sampah basah organik mandiri. Pembelajaran untuk implementasi modul cetak dilakukan melalui model *PjBL*. Adapun langkah dari model pengembangan Plomp & Nieven (2013) dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Langkah Model Pengembangan *Plomp and Nieven* (Plomp & Nieven, 2013).

Penelitian pengembangan ini memiliki tujuan utama dalam menghasilkan sebuah produk berupa modul cetak pengolahan sampah basah berbantuan *Maggot BSF* untuk siswa SMA Negeri 11 Pinrang kelas X yang valid, praktis, dan efektif untuk digunakan dalam pembelajaran kelas dan mandiri siswa. Penelitian dilakukan di SMA Negeri 11 Pinrang hingga menguji efektivitas dari modul cetak terhadap pengetahuan lingkungan siswa SMA Negeri 11 Pinrang. Desain penelitian ini adalah *pre-experimental design* dengan memilih satu kelas untuk dilakukan uji coba modul cetak yang terlebih dahulu dilakukan uji kesetaraan kelas menggunakan analisis *ANOVA* dengan hasil 0,947 yaitu keseluruhan kelas X setara dalam bidang kognitif. Penelitian dimulai dari bulan Januari 2023 hingga Desember 2023 yang terdiri dari tahapan penelitian pendahuluan atau *preliminary investigation* hingga penyusunan laporan penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, hasil yang ditemukan didasarkan pada analisis tiap langkah dari model pengembangan *Plomp and Nieven*. Hasil penelitian ditekankan pada hasil analisis evaluasi dan implementasi dari modul cetak pengolahan sampah basah organik. Hasil dari evaluasi modul cetak terletak pada hasil validasi ahli materi maupun validasi ahli media dan bahan ajar sementara hasil dari implementasi dari penggunaan modul cetak pengolahan sampah basah berbantuan *Maggot BSF* terletak pada uji kepraktisan yang dilakukan kepada siswa dan uji keefektifan dengan menggunakan analisis *N-Gain*. Berikut ini dijabarkan secara rinci mengenai hasil penelitian dan pembahasan dari hasil penelitian tersebut.



Hasil

Hasil penelitian modul cetak, terlebih dahulu dilakukan validasi media dan bahan ajar dan diperoleh angka rata-rata penilaian 5 dengan persentase berjumlah 100%, sehingga modul cetak termasuk ke dalam kriteria sangat valid. Indikator penilaian validasi modul cetak meliputi desain sampul modul cetak, desain isi modul cetak, dan karakteristik isi modul cetak terbagi atas sembilan aspek, yaitu *self instruction*, *self contained*, *stand alone*, *adaptive*, *user friendly*, konsistensi, perangkat media, pemanfaatan multimedia hingga desain, dan tata letak modul cetak yang terdiri atas satu aspek, yaitu kegrafisan.

Pada bagian validasi materi pada modul cetak menurut ahli materi, maka diperoleh penilaian sebesar 5 dengan persentase berjumlah 100%, sehingga materi pada modul cetak yang menunjukkan bahwa, materi pada modul cetak tergolong dalam kategori sangat valid. Pada proses penilaian uji kepraktisan oleh siswa, dibagikan angket berupa angket respon siswa. Uji kepraktisan modul cetak dilakukan sebanyak empat kali. Proses tersebut adalah uji *one to one trial*, *small group trial*, *field trial*, hingga *conduct a pilot test*, dimana pada proses uji kepraktisan terakhir tersebut dilakukan pada kelas yang diimplementasikan modul cetak pengolahan sampah basah berbantuan *Maggot BSF*.

Pada uji *one to one trial* dengan menggunakan tiga subyek siswa, didapatkan hasil sebesar 88,93% yang didasarkan pada Tegeh (2014), modul termasuk ke dalam kategori praktis. Pada uji *small group trial* dengan menggunakan 13 subyek siswa, didapatkan hasil sebesar 94,4% yang didasarkan pada Tegeh (2014), modul termasuk ke dalam kategori sangat praktis. Pada uji *field trial* dengan menggunakan 23 subyek siswa, didapatkan hasil sebesar 88,91% yang didasarkan pada Tegeh (2014), modul termasuk ke dalam kategori praktis. Uji coba *conduct a pilot test* dilakukan dalam rangka peneliti dapat mengetahui kepraktisan hingga keefektifan modul cetak pengolahan sampah basah berbantuan *Maggot BSF* setelah dilaksanakannya implementasi pada kelas eksperimen. Uji coba ini dilakukan setelah keseluruhan uji coba telah dilaksanakan dan telah dilakukan revisi terakhir pada modul cetak. Uji coba *conduct a pilot test* dilakukan pada kelas yang nantinya digunakan sebagai kelas eksperimen atau kelas implementasi modul cetak, yaitu kelas X MIPA 2 dengan jumlah 30 siswa. Hasil rata-rata uji coba *conduct a pilot test* melalui angket respon yang telah dibagikan kepada siswa adalah 91,13% atau masuk ke dalam kategori sangat praktis (Tegeh, 2014). Kategori kepraktisan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kategori Kepraktisan Modul Cetak.

No.	Persentase	Tingkat Praktis
1	90% - 100%	Sangat praktis (dapat digunakan tanpa revisi)
2	75% - <90%	Praktis (dapat digunakan dengan sedikit revisi)
3	65% - <75%	Cukup Praktis (digunakan tapi memerlukan revisi besar)
4	55% - <65%	Kurang Praktis (disarankan untuk tidak digunakan)
5	<50%	Tidak Praktis (tidak boleh digunakan)

(Sumber: Tegeh, 2014).



Pengukuran yang dilakukan terakhir adalah efektivitas modul cetak pengolahan sampah basah berbantuan *Maggot BSF* terhadap kelas X MIPA 2 sebagai kelas implementasi. Teknik dari proses pengukuran efektivitas modul cetak pengolahan sampah basah berbantuan *Maggot BSF* untuk variabel literasi lingkungan, yaitu pengetahuan lingkungan, sikap peduli lingkungan, dan perilaku peduli lingkungan, serta keterampilan komunikasi siswa SMA Negeri 11 Pinrang dengan melakukan pemberian tes soal pengetahuan lingkungan sebanyak 20 nomor. Proses penghitungan efektivitas modul cetak pengolahan sampah basah berbantuan *Maggot BSF* dijabarkan dalam beberapa kategori dalam menginterpretasikan hasil hitung. Kategori dari hasil perhitungan atau penskoran *N-Gain* dapat dilihat pada Tabel 1. Hasil penghitungan *N-Gain* mengindikasikan dan menjadi penentu efektivitas modul cetak pengolahan sampah basah berbantuan *Maggot BSF*.

Penghitungan efektivitas modul cetak pengolahan sampah basah berbantuan *Maggot BSF* terhadap pengetahuan lingkungan didasarkan pada penghitungan *N-Gain* hasil dari rerata *pre-test* dan *post-test* soal uji pengetahuan lingkungan siswa pada kelas implementasi (X MIPA 2). Tabel dari kategorisasi penghitungan *N-Gain* (Tabel 2). penghitungan *N-Gain* hasil *pre-test* dan *post-test* pengetahuan lingkungan siswa kelas eksperimen dihasilkan data *N-Gain* skor berada pada angka 0,75 yang tergolong ke dalam kategori efektivitas tinggi.

Tabel 2. Penilaian Tingkat Keefektifan Modul Cetak.

No.	Rentang	Tingkat Keefektifan
1	$\langle g \rangle \geq 0.7$	Efektivitas Tinggi
2	$0.3 \leq (\langle g \rangle) < 0.7$	Efektivitas Sedang
3	$(\langle g \rangle) < 0.3$	Efektivitas Rendah

Pembahasan

Penelitian pengembangan yang telah dilakukan ini telah melalui beberapa proses, dimulai dari analisis kebutuhan siswa atau *preliminary investigation, design, realization/construction* yaitu pembuatan *storyboard*, kemudian dikembangkan menjadi *prototype, test, evaluation and revision*, dan *implementation* sesuai dengan tahapan desain pengembangan oleh *Plomp and Nieven*. Pada tahapan analisis kebutuhan, siswa yang kelasnya akan dilakukan implementasi, diuji coba menggunakan soal pengetahuan lingkungan dengan merujuk pada permasalahan lingkungan dan pengolahan sampah di lingkungan sekitar. Pada penyusunan soal pengetahuan lingkungan, peneliti merujuk pada aspek pengetahuan lingkungan dan indikator. Aspek pengetahuan lingkungan tersebut adalah *System Knowledge, Action-Related Knowledge*, dan *Effectiveness Knowledge*, serta indikator pengetahuan lingkungan, antara lain rekognisi topik lingkungan, analisis topik lingkungan, serta usaha aksi lingkungan.

Pada aspek *System Knowledge*, indikator rekognisi topik lingkungan dan sub-indikator mengetahui konsep timbulan sampah serta mengetahui konsep pengolahan sampah secara umum dan khusus terdapat 14 dari 30 siswa yang menjawab benar pada soal nomor 1, 13 dari 30 siswa yang menjawab benar pada soal nomor 2, dan 15 dari 30 siswa yang menjawab benar pada soal nomor 3. Pada aspek *System Knowledge*, indikator analisis topik lingkungan dan sub-indikator



menganalisis manfaat pengolahan sampah basah organik terdapat 13 dari 30 siswa yang menjawab benar pada soal nomor 4, 7 dari 30 siswa yang menjawab benar pada soal nomor 5, dan 11 dari 30 siswa yang menjawab benar pada soal nomor 6. Pada aspek *Action-Related Knowledge*, indikator analisis topik lingkungan dan sub-indikator menganalisis indikator pengolahan sampah basah organik menggunakan *Maggot BSF* terdapat 9 dari 30 siswa yang menjawab benar pada soal nomor 7, 13 dari 30 siswa yang menjawab benar pada soal nomor 8, dan 8 dari 30 siswa yang menjawab benar pada soal nomor 9. Pada aspek *Effectiveness Knowledge*, indikator usaha aksi lingkungan dan sub-indikator mengetahui pembuatan pupuk organik melalui kegiatan pengolahan sampah basah organik menggunakan *Maggot BSF* terdapat 2 dari 30 siswa yang menjawab benar pada soal nomor 10, 12 dari 30 siswa yang menjawab benar pada soal nomor 11, dan 18 dari 30 siswa yang menjawab benar pada soal nomor 12. Total dari hasil keseluruhan analisis kebutuhan siswa dengan diberikan soal pengetahuan lingkungan adalah berjumlah 43,73% kategori rendah.

Setelah dilakukan analisis kebutuhan (*preliminary investigation*), proses penelitian berlanjut pada tahapan desain (*design*). Pada tahapan ini, peneliti melakukan penelitian pendahuluan dengan tujuan untuk mendapatkan beberapa data yang menjadi salah satu bahan materi pada modul cetak. Bahan materi tersebut adalah laju konsumsi *Maggot BSF* terhadap pakan berupa ikan sapu-sapu (Haedar *et al.*, 2022), digunakan sebagai dasar materi pengolahan sampah basah di modul cetak berbantuan *Maggot BSF* dengan asumsi bahwa jika *Maggot BSF* pada pakan berupa ikan sapu-sapu yang notabene memiliki tekstur daging keras dapat diuraikan, maka sampah basah dengan karakteristik dominan basah juga dapat diuraikan dengan baik.

Data dari penelitian pendahuluan yang dilakukan selanjutnya adalah efektivitas produk dari pengolahan sampah basah berbantuan *Maggot BSF* berupa pupuk organik padat dan cair dapat diterapkan pada subyek tanaman tomat. Hasilnya adalah bahwa produk dari pengolahan sampah berbantuan *Maggot BSF*, yaitu berupa pupuk organik padat dan cair efektif terhadap pertumbuhan tanaman tomat dari awal perkecambahan hingga pada umur 60 hari. Tahapan selanjutnya adalah tahapan *realization/construction*, dimana peneliti menyusun *storyboard* yang akan menjadi dasar untuk membuat sebuah modul cetak. *Storyboard* yang telah disusun dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Komponen dalam *Storyboard* Produk Bahan Ajar Modul Cetak Pengolahan Sampah Basah Berbantuan *Maggot BSF* Berbasis Model *PjBL*.

No.	Komponen Media	Sub Komponen	Keterangan
1	Sampul Depan	Logo	Logo Universitas Negeri Malang (UM). Logo 3R (<i>Reduce, Reuse, Recycle</i>).
		Judul	Modul cetak pengolahan sampah basah (<i>degradable solid waste</i>) berbantuan <i>Maggot Black Soldier Fly (BSF)</i> .
		Rubrik pembuka (<i>Eye catcher</i>)	Gambar lalat <i>BSF, Maggot BSF</i> , sampah basah dan pupuk organik sebagai tajuk utama (<i>highlight</i>) atau <i>grand project</i> di dalam modul cetak.



No.	Komponen Media	Sub Komponen	Keterangan
2	Isi	Gambar sampul Penjabaran kompetensi	Desain sampul depan. Capaian Pembelajaran. Tujuan Pembelajaran. Alur Tujuan Pembelajaran. Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran.
		Index	Konten modul cetak. Daftar isi. Indikator pembelajaran.
		Halaman Awal	Gambaran umum materi perubahan lingkungan. Konten kunci. Segmentasi antar literasi lingkungan. Inti kasus tiap unit materi perubahan lingkungan.
		Rubrik	Bahasan utama. <i>Know the facts.</i> Gambar sumber primer dan sekunder. <i>QR Code</i> untuk video pembelajaran dan dokumen-dokumen pendukung pembelajaran, seperti format laporan sementara dan format lembar refleksi tiap unit di dalam modul cetak. Ruang pengetahuan lingkungan, sikap lingkungan, dan perilaku peduli lingkungan. LKPD. Glosarium.
		Impressum	Riwayat hidup penulis. Kutipan penulis.
3	Sampul Belakang	Sampul Belakang	Desain sampul belakang.

Pada tahapan *test, evaluation, and revisions* dilakukan uji validasi oleh validator ahli materi, validator ahli media, dan bahan ajar. Pada validasi materi, ada beberapa aspek yang sangat diperhatikan sebagai indikator dari kelayakan konten atau materi dari modul cetak pengolahan sampah basah berbantuan *Maggot BSF*. Aspek tersebut di antaranya, judul, contoh atau ilustrasi, gambar/foto/video, bahasa, kedalaman/keluasan materi, kebenaran konsep materi, dan kemutakhiran materi, hingga pada kekontekstualan materi. Hasil dari uji validasi materi pada modul cetak dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Rekapitulasi Validasi Ahli Materi.

No.	Aspek Penilaian	Rata-rata Penilaian	Persentase (%)	Kategori
1	Judul	5	100%	Sangat Valid
2	Contoh atau ilustrasi	5	100%	Sangat Valid
3	Gambar/foto/video	5	100%	Sangat Valid
4	Bahasa	5	100%	Sangat Valid
5	Kedalaman/keluasan materi	5	100%	Sangat Valid
6	Kebenaran konsep materi	5	100%	Sangat Valid
7	Kemutakhiran materi	5	100%	Sangat Valid
8	Kekontekstualan materi	5	100%	Sangat Valid



Uji validasi selanjutnya adalah uji validasi media dan bahan ajar. Pada validasi media dan bahan ajar, ada beberapa aspek yang sangat diperhatikan sebagai indikator dari kelayakan penggunaan media dan bahan ajar dari modul cetak pengolahan sampah basah berbantuan *Maggot BSF*. Aspek tersebut diantaranya desain sampul modul cetak, desain isi modul cetak, karakteristik isi modul cetak terbagi atas sembilan aspek yaitu self instruction, self contained, stand alone, adaptive, user friendly, konsistensi, perangkat media, pemanfaatan multimedia hingga desain dan tata letak modul cetak yang terdiri atas satu aspek yaitu kegrafisan. Berikut di halaman selanjutnya pada tabel 4 dicantumkan hasil dari uji validasi media dan bahan ajar pada modul cetak.

Tabel 4. Hasil Rekapitulasi Validasi Ahli Media dan Bahan Ajar oleh Ahli.

No.	Aspek Penilaian	Rata-rata Penilaian	Persentase (%)	Kategori
1	Desain sampul modul cetak	5	100%	Sangat Valid
2	Desain isi modul cetak	5	100%	Sangat Valid
3	Karakteristik isi modul cetak	5	100%	Sangat Valid
3a	<i>Self instruction</i>	5	100%	Sangat Valid
3b	<i>Self contained</i>	5	100%	Sangat Valid
3c	<i>Stand alone</i>	5	100%	Sangat Valid
3d	<i>Adaptive</i>	5	100%	Sangat Valid
3e	<i>User friendly</i>	5	100%	Sangat Valid
3f	Konsistensi	5	100%	Sangat Valid
3g	Perangkat media	5	100%	Sangat Valid
3h	Pemanfaatan multimedia	5	100%	Sangat Valid
3i	Desain	5	100%	Sangat Valid
4	Tata letak modul cetak	5	100%	Sangat Valid
4a	Kegrafisan	5	100%	Sangat Valid

Setelah didapatkan hasil dari uji validasi, modul cetak dilakukan revisi oleh peneliti sebelum kemudian dilakukan uji coba kepraktisan dengan menyebarkan angket respons siswa terkait modul cetak pengolahan sampah basah berbantuan *Maggot BSF*. Setelah modul cetak direvisi, maka modul cetak kembali dilakukan uji kepraktisan, dan didapatkan hasil rerata dari uji kepraktisan sebesar 91,13% dengan kategori sangat praktis. Efektivitas modul cetak didapatkan dari hasil implementasi modul cetak itu sendiri untuk melihat peningkatan pengetahuan lingkungan siswa sebelum implementasi dan setelah implementasi modul cetak pengolahan sampah basah berbantuan *Maggot BSF*. Hasil dari sebelum implementasi modul cetak atau *pre-test* adalah dengan rata-rata 50,8% dengan kategori rendah, dan setelah proses implementasi modul cetak atau *post-test* adalah dengan rata-rata sebesar 88 dengan kategori sangat tinggi. Nilai dari *N-Gain* yang didapatkan pada pengetahuan lingkungan adalah sebesar 0,75 dengan kategori sangat efektif.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dan pembahasan yang disusun mengenai modul cetak pengolahan sampah basah berbantuan *Maggot BSF*



dalam rangka meningkatkan keterampilan pengetahuan lingkungan siswa, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut: 1) modul cetak pengolahan sampah basah berbantuan *Maggot BSF* masuk dalam kriteria sangat valid untuk digunakan dalam proses pembelajaran setelah menjalani validasi oleh ahli media dan bahan ajar, ahli materi hingga ahli praktisi pendidikan biologi; 2) modul cetak pengolahan sampah basah berbantuan *Maggot BSF* masuk dalam kriteria sangat praktis untuk digunakan dalam proses pembelajaran setelah menjalani uji coba perseorangan, uji coba kelompok kecil dan uji coba lapangan terhadap siswa SMA Negeri 11 Pinrang; 3) modul cetak pengolahan sampah basah berbantuan *Maggot BSF* masuk dalam kategori efektif untuk meningkatkan pengetahuan lingkungan siswa SMA Negeri 11 Pinrang.

SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan yang telah diuraikan, saran yang tepat untuk dikemukakan dari penelitian ini adalah, selayaknya peneliti selanjutnya melakukan penelitian lanjutan mengenai literasi lingkungan, sehingga dapat melakukan penambahan variabel lainnya selain pengetahuan lingkungan, seperti sikap peduli lingkungan, perilaku peduli lingkungan, dan bagaimana pengetahuan lingkungan dapat mempengaruhi dua variabel lainnya, yaitu sikap peduli lingkungan dan perilaku peduli lingkungan di lingkungan sekolah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih saya tujukan kepada Kementerian Keuangan yang telah memberikan saya dana dalam melaksanakan penelitian ini, yaitu dalam bentuk beasiswa LPDP. Saya juga haturkan terima kasih saya kepada kedua orang tua saya dan Ririn Yuni Anggreini yang telah memberikan bantuan secara rohani bagi saya untuk melaksanakan dan menyelesaikan penelitian ini. Terakhir, saya juga berterima kasih kepada guru biologi SMA Negeri 11 Pinrang, Jabariah Abbas, S.Si.,M.Si., yang telah membantu saya dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Ashriady, A., Abdussamad, Z., Bawa, I. D. G. A. R., Kartikasari, D., Hartati, A., Mustakim, A., Ruhardi, A., Setyowati, E., Olii, M. R., Pakaya, R., Purwanto, N., & Hasan, M. (2020). *Pengetahuan Lingkungan*. Bandung: Media Sains Indonesia.
- Braun, V., & Clarke, V. (2019). Reflecting on Reflexive Thematic Analysis. *Qualitative Research in Sport, Exercise and Health*, 11(4), 589-597. <https://doi.org/10.1080/2159676X.2019.1628806>
- Dewi, R., & Sylvia, N. (2022). Pengelolaan Sampah Organik Untuk Produksi Maggot Sebagai Upaya Menekan Biaya Pakan Pada Petani Budidaya Ikan Air Tawar. *Jurnal Malikussaleh Mengabdi*, 1(1), 11-20. <https://doi.org/10.29103/jmm.v1n1.xxx>
- Ginting, R. K., & Ekawati, N. W. (2016). Pengaruh Pengetahuan Lingkungan terhadap Niat Membeli Produk Hijau pada Merek “Attack” dengan Kepedulian Lingkungan sebagai Variabel Mediasi. *E-Jurnal Manajemen Unud*, 5(4), 2223-2249.



- Haedar, K. A., Ainurridho, M., & Pagdee, A. (2022). Pleco-Based Feedstock for Black Soldier Fly Maggot: Potential Management for Invasive Pleco Fish (*Glyptoperichthys gibbiceps*) in Tempe Lake, Sulawesi Selatan, Indonesia. *Environment Asia*, 15(2), 152-158. <https://doi.org/10.14456/ea.2022.42>
- Haka, N. B., Anggoro, B. S., Hamid, A., Novitasari, A., Handoko, A., & Puspita, L. (2020). The Development of Biology Module Based on Local Wisdom of West Lampung: Study of Ecosystem Material. *Journal of Physics : Conference Series*, 1467(1), 1-11. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1467/1/012013>
- Hamdunah., Yunita, A., Zulkardi., & Muhafzan. (2016). Development a Constructivist Module and Web on Circle and Sphere Material with Wingeom Software. *Journal on Mathematics Education*, 7(2), 109-116. <https://dx.doi.org/10.22342/jme.7.2.3536.109-116>
- Li, Y. (2018). Study of the Effect of Environmental Education on Environmental Awareness and Environmental Attitude Based on Environmental Protection Law of the People's Republic of China. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(6), 2277-2285. <https://doi.org/10.29333/ejmste/86214>
- Liu, Z., Minor, M., Morel, P. C. H., & Rodriguez, A. J. N. (2018). Bioconversion of Three Organic Wastes by Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae) Larvae. *Environmental Entomology*, 47(6), 1609-1617. <https://doi.org/10.1093/ee/nvy141>
- Mardhiyah. (2022) Pengaruh Model Pembelajaran *Project Based Learning* terhadap kemampuan Representasi dan Disposisi Matematis Siswa. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Sumatera Utara.
- Plomp, T., & Nieveen, N. (2013). *Educational Design Research*. Enchede: Netherlands Institute for Curriculum Development.
- Plötz, P., Moll, C., Bieker, G., & Mock, P. (2021). From Lab-to-Road: Real-World Fuel Consumption and CO₂emissions of Plug-in Hybrid Electric Vehicles. *Environmental Research Letters*, 16(5), 1-11. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abef8c>
- Prawita, W., Prayitno, B. A., & Sugiyarto. (2019). Effectiveness of a Generative Learning-Based Biology Module to Improve the Analytical Thinking Skills of the Students with High and Low Reading Motivation. *International Journal of Instruction*, 12(1), 1459-1476.
- Purnama, F., Putrawan, I. M., & Sigit, D. V. (2020). Pengaruh Pengetahuan Mengenai Isu-Isu Lingkungan (*Knowledge about Environmental Issues*) dan Intensi untuk Bertindak (*Intention to Act*) terhadap Perilaku Bertanggung Jawab Lingkungan (*Responsible Environmental Behavior*) Siswa. *Indonesian Journal of Environmental Education and Management*, 5(1), 20-33. <https://doi.org/10.21009/IJEEM.051.02>
- Putriani, I., Malahayati, E. N., & Sholihah, A. (2022). Recycling Organic Waste to Actualize Environmental School Culture at SDN Kanigoro 03 Blitar Regency. *Jurnal Panrita Abdi*, 6(4), 729-738. <https://doi.org/10.20956/pa.v6i4.21328>



- Retnowati, R., Awaludin, M. T., & Heryawati, E. R. (2020). Developing an Integrated Biology Module for Students' Environmental Attitude Instruments. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*, 6(2), 327-334. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v6i2.11163>
- Rosita, C. D. (2016). The Development of Courseware Based on Mathematical Representations and Arguments in Number Theory Courses. *Infinity Journal*, 5(2), 131-140. <https://doi.org/10.22460/infinity.v5i2.219>
- Roufou, S., Griffin, S., Katsini, L., Polańska, M., Impe, J. F. M. V., & Valdramidis, V. P. (2021). The (Potential) Impact of Seasonality and Climate Change on the Physicochemical and Microbial Properties of Dairy Waste and its Management. *Trends in Food Science and Technology*, 116(1), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.07.008>
- Sukma, E., Ramadhan, S., & Indriyani, V. (2020). Integration of Environmental Education in Elementary Schools. *Journal of Physics : Conference Series*, 1481(1), 1-6. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1481/1/012136>
- Tegeh, I. M. (2014). *Model Penelitian Pengembangan*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- UNHCR. (2018). *Annual Public Health Global Review : Public Health, Reproductive Health & HIV, Nutrition & Food Security, Water, Sanitation & Hygiene*. Geneve: United Nations High Commissioner for Refugees.
- Utami, F., Utami, S. D., & Safnowandi, S. (2023). Struktur Komunitas Mangrove di Pesisir Pantai Cemara Kabupaten Lombok Barat dalam Upaya Penyusunan Modul Ekologi. *Biocaster : Jurnal Kajian Biologi*, 3(4), 206-225. <https://doi.org/10.36312/biocaster.v3i4.213>