



Pengembangan E-LKPD Berbasis STEM yang Berorientasi pada Keterampilan Proses Sains dan Pemahaman Konsep Peserta Didik pada Materi Bioteknologi di SMA Swasta Shafiyatul Amaliyyah Medan

^{1*}Siti Sari, ²Idramsa, ³Ashar Hasairin

¹Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan, Indonesia.

^{2,3}Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan, Indonesia

*Corresponding Author e-mail: sitisari.8236174001@mhs.unimed.ac.id

Received: July 2025; Revised: August 2025; Accepted: September 2025; Published: September 2025

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan menguji kelayakan serta efektivitas E-LKPD Bioteknologi berbasis STEM sebagai solusi atas keterbatasan media pembelajaran biologi yang umumnya masih berfokus pada teks cetak dan metode ceramah. Metode penelitian yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D) dengan model 4D (*Define, Design, Develop, dan Disseminate*), melibatkan validasi ahli, tanggapan guru, uji coba perorangan, hingga implementasi pada kelas eksperimen dan kontrol di SMA Swasta Shafiyatul Amaliyyah Medan. Hasil validasi menunjukkan bahwa produk memperoleh penilaian dengan kategori sangat baik, yaitu oleh ahli materi sebesar 87.61%, ahli pembelajaran dan media 93,75%, serta ahli bahasa 95,23%. Tanggapan guru terhadap E-LKPD mencapai 97,69% dengan kategori sangat baik, sementara hasil uji perorangan peserta didik menunjukkan angka 96,31% dengan kategori yang sama. Implementasi di kelas eksperimen menunjukkan peningkatan signifikan pada keterampilan proses sains dengan rata-rata persentase 89,2%, lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol dengan 61%. Selain itu, pemahaman konsep siswa juga meningkat dengan nilai N-Gain 0,75 (tinggi) pada kelas eksperimen, dibandingkan 0,60 (sedang) pada kelas kontrol. Simpulan dari penelitian ini adalah bahwa E-LKPD Bioteknologi berbasis STEM terbukti valid, praktis, dan efektif dalam meningkatkan keterampilan proses sains serta pemahaman konsep peserta didik sesuai tuntutan Kurikulum Merdeka.

Kata Kunci: E-LKPD; STEM; keterampilan proses sains; pemahaman konsep; bioteknologi

Abstract: This study aims to develop, validate, and examine the effectiveness of a STEM-based Biotechnology E-LKPD as a solution to the limitations of biology learning media, which are generally focused on printed texts and lecture methods. The research employed a Research and Development (R&D) approach using the 4D model (Define, Design, Develop, and Disseminate), involving expert validation, teacher responses, individual trials, and implementation in both experimental and control classes SMA Swasta Shafiyatul Amaliyyah Medan. Validation results indicated that the product achieved very good criteria, with scores of 87.61% from material experts, 93.75% from learning and media experts, and 95.23% from language experts. Teacher responses to the E-LKPD reached 97.69% (very good), while students' individual trial responses recorded 96.31% (very good). The implementation in the experimental class demonstrated a significant improvement in science process skills with an average percentage of 89.2%, compared to 61% in the control class. Furthermore, students' conceptual understanding increased with an N-Gain score of 0.75 (high) in the experimental class, compared to 0.60 (medium) in the control class. These findings conclude that the STEM-based Biotechnology E-LKPD is valid, practical, and effective in enhancing students' science process skills and conceptual understanding, aligning with the goals of the Merdeka Curriculum.

Keywords: E-LKPD; STEM; science process skills; conceptual understanding; biotechnology

How to Cite: Sari, S., Idramsa, & Hasairin, A. (2025). Pengembangan E-LKPD Berbasis STEM yang Berorientasi pada Keterampilan Proses Sains dan Pemahaman Konsep Peserta Didik pada Materi Bioteknologi di SMA Swasta Shafiyatul Amaliyyah Medan. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 13(3), 2405–2419. <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v13i3.17795>



<https://doi.org/10.33394/bioscientist.v13i3.17795>

Copyright© 2025, Sari et al

This is an open-access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) License.



PENDAHULUAN

Pembelajaran abad ke-21 menekankan pentingnya pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta keterampilan yang relevan dengan kebutuhan

masyarakat modern. Peserta didik diharapkan menguasai keterampilan proses sains (KPS) dan pemahaman konsep untuk dapat berpikir kritis, analitis, dan inovatif (Van Laar *et al.*, 2019; Hasibuan *et al.*, 2025; AlSultan *et al.*, 2021; Manurung & Lisa, 2023). KPS menjadi landasan penting karena membantu peserta didik dalam mengamati, mengklasifikasi, merumuskan hipotesis, serta menguji gagasan melalui pendekatan ilmiah (Duda & Matuszewski, 2019; Putri & Raharjo, 2024). Selain itu, pemahaman konsep yang kuat memungkinkan peserta didik mengaitkan pengetahuan teoritis dengan aplikasi praktis, sehingga meningkatkan literasi sains (Maulidia & Santosa, 2023; Safahi & Mutiara, 2019). Dalam konteks biologi, khususnya bioteknologi, penguasaan KPS dan pemahaman konsep menjadi semakin penting karena bidang ini berhubungan langsung dengan isu-isu global, seperti kesehatan, lingkungan, dan ketahanan pangan (Nugraini & Amelia, 2023; Sulistyowati & Roshayanti, 2022). Dengan demikian, pembelajaran bioteknologi di tingkat SMA tidak hanya mendukung penguasaan materi akademik, tetapi juga menyiapkan peserta didik agar mampu berkontribusi terhadap tantangan global melalui pendekatan ilmiah yang aplikatif.

Meskipun penting, penelitian menunjukkan bahwa keterampilan proses sains dan pemahaman konsep peserta didik di Indonesia masih rendah. Data *Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS)* memperlihatkan banyak siswa tidak mencapai standar KPS yang diharapkan (Suharti, 2024). Pada materi bioteknologi, peserta didik mengalami kesulitan dalam memahami konsep dasar seperti rekayasa genetika dan kultur jaringan karena sifatnya yang abstrak dan kompleks (Nugraini & Amelia, 2020). Kendala lain muncul dari keterbatasan fasilitas laboratorium serta biaya praktikum yang tinggi, sehingga pembelajaran sering kali hanya berbasis teori. Di negara lain, berbagai solusi diterapkan untuk mengatasi masalah serupa, misalnya penggunaan simulasi digital dan eksperimen virtual untuk menggantikan keterbatasan praktikum fisik (Liu *et al.*, 2020). Penelitian di Korea dan Tiongkok menunjukkan bahwa pemanfaatan *platform* pembelajaran *online* dan laboratorium virtual dapat meningkatkan motivasi, pemahaman konsep, serta keterampilan berpikir kritis peserta didik (Hwang *et al.*, 2020; Zhao *et al.*, 2021). Hal ini menegaskan bahwa inovasi berbasis teknologi merupakan kebutuhan mendesak bagi pembelajaran bioteknologi di Indonesia.

Berdasarkan hasil wawancara dengan guru biologi di SMA Swasta Shafiyatul Amaliyyah Medan, penerapan E-LKPD sudah pernah dilakukan menggunakan *Google Form*, namun belum maksimal sehingga keterampilan proses sains dan pemahaman konsep peserta didik belum sesuai standar. Kondisi ini memperlihatkan adanya gap antara kebutuhan pembelajaran abad ke-21 dengan implementasi di lapangan. Padahal, sekolah ini memiliki sarana memadai, seperti akses internet yang stabil, laboratorium komputer dengan prosesor *core i5*, serta latar belakang peserta didik yang mayoritas sudah memiliki perangkat seluler. Oleh karena itu, pendekatan inovatif berbasis teknologi sangat memungkinkan diterapkan. Salah satu solusi yang ditawarkan adalah pengembangan E-LKPD.

Namun, E-LKPD tidak cukup hanya bersifat digital, tetapi harus memiliki pendekatan yang tepat. Salah satu pendekatan yang relevan adalah STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*). Pendekatan STEM menekankan integrasi ilmu pengetahuan dan teknologi untuk memecahkan masalah nyata melalui proyek atau eksperimen virtual (Setiawan *et al.*, 2020). Dengan menerapkan STEM ke dalam E-LKPD bioteknologi, peserta didik tidak hanya membaca atau menjawab soal, tetapi juga diajak untuk menganalisis kasus bioteknologi, melakukan simulasi eksperimen, dan menyimpulkan hasil seperti ilmuwan (Sabila *et al.*, 2023; Liu *et al.*, 2020; Zhao *et al.*, 2021). Efektivitas pendekatan STEM dalam mendukung

pembelajaran bioteknologi juga telah dibuktikan oleh beberapa penelitian terbaru. Oetari & Idramsia (2025) mengembangkan instrumen evaluasi berbasis STEM pada materi mikologi yang menegaskan bahwa pendekatan STEM tidak hanya efektif diterapkan dalam bentuk kegiatan pembelajaran, tetapi juga dapat diintegrasikan ke dalam perangkat evaluasi yang mendukung peningkatan kemampuan berpikir kritis, kreatif, dan pemecahan masalah peserta didik. Lebih lanjut, Majlaini *et al.* (2025) mengembangkan modul bioteknologi berbasis *Socio-Scientific Issues* (SSI) yang dipadukan dengan pendekatan STEM untuk meningkatkan kemampuan *problem-solving* dan *creative thinking* siswa. Temuan ini semakin memperkuat bahwa integrasi pendekatan STEM ke dalam media ajar seperti E-LKPD berpotensi besar dalam membangun kompetensi ilmiah abad ke-21 secara komprehensif.

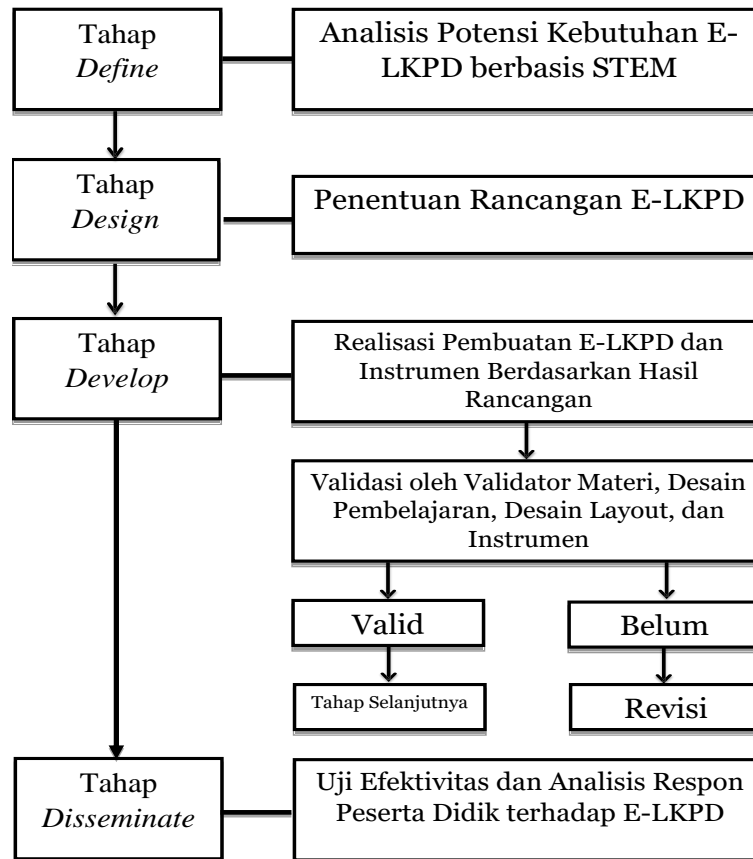
Pembelajaran berbasis STEM juga menjadi jembatan yang mengintegrasikan KPS dan pemahaman konsep peserta didik secara harmonis. Melalui integrasi sains, teknologi, rekayasa, dan matematika dalam satu rangkaian aktivitas pembelajaran, peserta didik tidak hanya dilibatkan dalam eksplorasi praktik ilmiah, tetapi juga diarahkan untuk merefleksikan hasil temuannya dan mengaitkannya dengan konsep-konsep bioteknologi yang relevan. Pembelajaran berbasis STEM juga sejalan dengan prinsip *student-centered learning* yang menempatkan peserta didik sebagai subjek aktif dalam proses berpikir ilmiah. Safahi & Mutiara (2019) menegaskan bahwa pendekatan ini tidak hanya meningkatkan kemampuan berpikir kritis, tetapi juga memperkuat literasi sains karena peserta didik dilibatkan secara langsung dalam merumuskan masalah, merancang solusi, serta mengkomunikasikan ide secara kolaboratif. Dengan demikian, integrasi KPS, pemahaman konsep, dan pembelajaran berbasis STEM membentuk kerangka berpikir yang utuh dan relevan untuk membekali peserta didik menghadapi tantangan era modern.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan E-LKPD berbasis STEM yang berorientasi pada peningkatan keterampilan proses sains dan pemahaman konsep peserta didik pada materi bioteknologi di SMA Swasta Shafiyatul Amaliyyah Medan kelas X. Kontribusi utama penelitian ini adalah menghadirkan media pembelajaran inovatif yang interaktif, efektif, dan sesuai dengan kebutuhan pembelajaran abad 21. Indikator keterampilan proses sains yang dikembangkan mencakup observasi, pengukuran, klasifikasi, perumusan hipotesis, serta analisis data (Duda & Matuszewski, 2019; Putri & Raharjo, 2024). Sementara itu, indikator pemahaman konsep meliputi kemampuan menjelaskan, mengaitkan, dan menerapkan konsep bioteknologi dalam kehidupan nyata (Hasibuan *et al.*, 2024; Maulidia & Santosa, 2023). Secara teoretis, penelitian ini berkontribusi terhadap pengembangan model pembelajaran bioteknologi yang lebih relevan dengan kebutuhan era digital. Secara praktis, penelitian ini mendukung terciptanya literasi sains dan kesiapan generasi muda dalam menghadapi tantangan global, khususnya di bidang bioteknologi, lingkungan, dan teknologi terapan (Hasibuan, 2025; Mardhiyah *et al.*, 2021).

METODE

Penelitian ini menggunakan metode penelitian dan pengembangan (*Research and Development*) dengan tujuan menghasilkan produk berupa E-LKPD berbasis STEM serta menguji efektivitasnya dalam meningkatkan keterampilan proses sains dan pemahaman konsep peserta didik. Model pengembangan yang digunakan adalah 4-D (*Define, Design, Develop, and Disseminate*) yang dikemukakan oleh Thiagarajan dan Semmel. Model ini dipilih karena bersifat sistematis, komprehensif, dan terbukti efektif dalam pengembangan produk pembelajaran. Penelitian ini dilaksanakan di SMA

Swasta Shafiyatul Amaliyyah Medan pada Maret–September 2025 dengan tahapan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahap pengembangan E-LKPD berbasis STEM Model 4-D

Subjek penelitian ini melibatkan berbagai pihak, yaitu 2 ahli materi, 2 ahli pembelajaran dan media, 2 ahli bahasa, 3 guru biologi, serta siswa kelas X SMA Swasta Shafiyatul Amaliyyah. Peserta didik dibagi ke dalam dua kelompok, yaitu kelas eksperimen (X_C) dan kelas kontrol (X_D) dengan masing-masing sejumlah 25 siswa. Pembagian dilakukan berdasarkan nilai Ujian Tengah Semester (UTS) yang setara, sehingga kedua kelas memiliki tingkat kemampuan akademik yang relatif homogen. Objek penelitian adalah E-LKPD berbasis STEM pada materi bioteknologi, yang dikembangkan untuk mendukung pembelajaran biologi dengan fokus pada keterampilan proses sains dan pemahaman konsep.

Instrumen penelitian yang digunakan terdiri dari angket analisis kebutuhan untuk mengidentifikasi masalah awal pembelajaran bioteknologi, angket validasi untuk menilai kelayakan produk, angket respon guru dan peserta didik, lembar observasi keterampilan proses sains berdasarkan indikator Rustaman (2009) dan tes pemahaman konsep berbentuk pilihan ganda sebanyak 25 butir soal. Validasi sendiri dilakukan dengan menggunakan skala *Likert* 1–4, mengacu pada BNSP dan dimodifikasi sesuai karakteristik E-LKPD (Margayu *et al.*, 2020; Siregar & Aghni, 2021). Prosedur penelitian mengikuti tahapan model 4-D yang dilengkapi dengan validasi ahli, uji coba perorangan (3 siswa), kelompok kecil (9 siswa), dan kelompok besar (21 siswa), serta uji lapangan terbatas.

Data penelitian dianalisis dengan dua pendekatan: deskriptif dan kuantitatif inferensial. Analisis deskriptif digunakan untuk menilai kelayakan produk berdasarkan

hasil validasi ahli, respon guru, dan peserta didik dengan menghitung persentase skor sesuai kategori (Sugiyono, 2022) seperti tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria persentase validasi oleh ahli

Kriteria	Skor	Persentase
Sangat Baik	4	81% - 100%
Baik	3	61% - 80%
Kurang Baik	2	41% - 60%
Tidak Baik	1	21% - 40%

Instrumen observasi keterampilan proses sains memiliki batas skor minimum = 1 dan batas skor maksimum = 4. Sehingga jarak interval tiap skor 0,75. Perhitungan persentase skor sesuai kategori yang tertera pada Tabel 2.

Tabel 2. Klasifikasi skor keterampilan proses sains

Rentang Skor KPS	Kategori
$0 < KPS \leq 20$	Sangat Kurang Baik
$20 < KPS \leq 40$	Kurang Baik
$40 < KPS \leq 60$	Cukup
$60 < KPS \leq 80$	Baik
$80 < KPS \leq 100$	Sangat Baik

Analisis kuantitatif dilakukan terhadap hasil *pretest* dan *posttest* pemahaman konsep. Efektivitas produk dihitung menggunakan *N-Gain* (Hasruddin, 2025) dengan kategori tertera pada Tabel 3.

Tabel 3. Pembagian skor *N-gain*

Nilai <i>N-Gain</i>	Kategori
$g > 0,7$	Tinggi
$0,3 \leq g \leq 0,7$	Sedang
$g < 0,3$	Rendah

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian pengembangan yang dilakukan adalah pengembangan E-LKPD berbasis STEM yang berorientasi pada keterampilan proses sains dan pemahaman konsep peserta didik SMA Swasta Shafiyatul Amaliyyah Medan kelas X pada materi bioteknologi dengan mengacu pada model pengembangan 4-D. Penelitian ini dilakukan berdasarkan tahapan yang terdapat dalam model 4-D, yang terdiri atas tahap pendefinisian (*define*), perancangan (*design*), pengembangan (*develop*), dan penyebaran (*disseminate*).

Tahap *Define*

Tahap *Define* dilakukan untuk menetapkan persyaratan pembelajaran melalui analisis kebutuhan kurikulum, peserta didik, dan guru.

1. Analisis *Front-End*

Analisis *front-end* dilakukan untuk mengetahui kurikulum yang digunakan serta permasalahan utama dalam pembelajaran biologi, khususnya materi bioteknologi. SMA Swasta Shafiyatul Amaliyyah menerapkan Kurikulum Merdeka yang menekankan pembelajaran berbasis kompetensi dan peningkatan keterampilan proses sains. Namun, hasil angket menunjukkan sebagian besar siswa masih kesulitan memahami konsep dasar bioteknologi sehingga diperlukan media pembelajaran digital interaktif.

2. Analisis Lerner (Peserta Didik)

Peserta didik memiliki karakteristik beragam, namun mayoritas menyukai pembelajaran visual, diskusi kelompok, dan proyek langsung. Sebanyak 94% siswa menyatakan kesulitan memahami bioteknologi, sementara 96% merasa bosan jika hanya menggunakan buku cetak. Hal ini menunjukkan perlunya media E-LKPD interaktif berbasis STEM untuk meningkatkan motivasi dan pemahaman siswa.

3. Analisis Konsep

Konsep yang dipelajari dalam materi bioteknologi meliputi pengertian dasar, peran mikroorganisme, pemanfaatan dalam berbagai bidang, serta dampak positif dan negatifnya. Peserta didik diharapkan mampu menganalisis, mengevaluasi, dan menciptakan produk sederhana berbasis bioteknologi. Dengan demikian, materi harus disusun secara sistematis agar mendukung kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah.

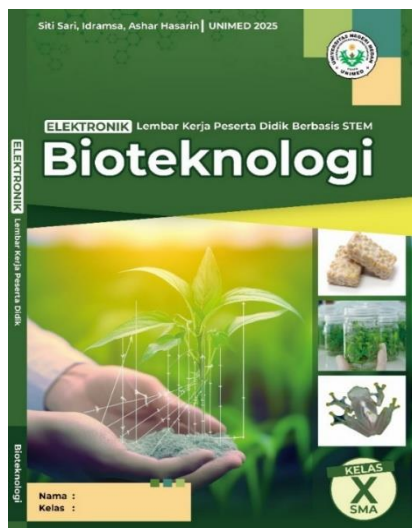
4. Menetapkan Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaran ditetapkan berdasarkan Kurikulum Merdeka yang menekankan pemahaman konsep serta keterampilan proses sains. Peserta didik diharapkan mampu menjelaskan, menganalisis, mengevaluasi, serta mengomunikasikan penerapan bioteknologi dalam kehidupan sehari-hari. Selain itu, mereka juga diarahkan untuk merancang produk sederhana dan mengaitkan bioteknologi dengan isu global serta pembangunan berkelanjutan (SDGs).

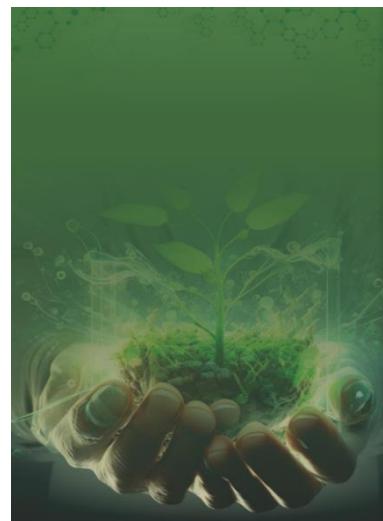
Tahap Design

Tahap desain bertujuan untuk merancang bahan ajar pada E-LKPD berbasis STEM yang akan dikembangkan. Langkah pertama dilakukan dengan merumuskan capaian kompetensi, indikator, serta tujuan pembelajaran yang selaras dengan Kurikulum Merdeka. Perumusan ini menjadi acuan utama dalam menyusun kegiatan pembelajaran agar sesuai dengan kebutuhan peserta didik dan materi bioteknologi.

Selanjutnya, perencanaan struktur E-LKPD dilakukan dengan membaginya menjadi tiga bagian utama, yaitu pembuka, isi, dan penutup. Bagian pembuka berisi sampul, pendahuluan, dan daftar isi, sedangkan bagian isi terdiri dari judul, tujuan pembelajaran, landasan teori, langkah kegiatan, pengumpulan data, pertanyaan, dan kesimpulan. Pada bagian terakhir, E-LKPD dilengkapi dengan daftar referensi sebagai sumber rujukan. E-LKPD dirancang menggunakan aplikasi *canva*, kemudian dimuat dan diakses pada situs *online flip book* tertera pada Gambar 2.



Cover depan E-LKPD



Cover belakang E-LKPD



Gambar 2. Desain E-LKPD berbasis STEM

Desain konten pembelajaran dirancang dalam empat Lembar Kegiatan (LK). LK 1 berisi prinsip dasar bioteknologi, baik konvensional maupun modern, serta pemanfaatan mikroorganisme melalui pengamatan video dan artikel. LK 2 membahas teknik kultur jaringan, kloning pada hewan, serta rekayasa genetika yang dilengkapi praktikum virtual. LK 3 menekankan pada pengamatan pembuatan yoghurt di laboratorium virtual atau video, di mana peserta didik mengkomunikasikan kembali prosesnya. LK 4 berfokus pada analisis takaran yang tepat dalam produk bioteknologi dan dampak negatifnya melalui artikel atau video, sehingga peserta didik dapat melakukan analisis risiko dan manfaat bioteknologi untuk pengambilan keputusan. Seluruh lembar kerja dimuat dan diakses pada laman *worksheet* secara *online* seperti pada Gambar 3.





Lembar Kerja III

Lembar Kerja IV

Gambar 3. Lembar Kerja E-LKPD berbasis STEM

Selain perancangan konten, tahap desain juga mencakup pengembangan instrumen penelitian untuk mengukur kelayakan produk. Instrumen tersebut berupa lembar validasi untuk ahli, angket respon peserta didik, serta tes hasil belajar. Dengan perencanaan ini, diharapkan E-LKPD yang dikembangkan mampu memenuhi standar kualitas, menarik, serta efektif dalam meningkatkan pemahaman siswa mengenai bioteknologi.

Tahap Develop

Tahap ketiga yang dilakukan adalah tahap pengembangan untuk menghasilkan E-LKPD berbasis STEM pada materi bioteknologi yang telah disempurnakan. Tahap ini dilaksanakan melalui penilaian ahli materi, ahli pembelajaran dan media, ahli bahasa, respon guru biologi, serta siswa kelas X SMA Swasta Shafiyatul Amaliyyah.

1. Validitas Ahli Materi

Validitas ahli materi E-LKPD berbasis STEM berorientasi pada keterampilan proses sains dan pemahaman konsep peserta didik SMA Swasta Shafiyatul Amaliyyah Medan diuji oleh 2 dosen ahli dengan hasil tertera pada Tabel 4.

Tabel 4. Ringkasan persentase setiap aspek validitas ahli materi

No.	Aspek Penilaian	Persentase	Kriteria
1	Penyajian	95%	Sangat Baik
2	Penyajian Isi	92,85%	Sangat Baik
3	Bahasa	75%	Baik
	Rata-rata	87,61%	Sangat Baik

Hasil validasi dari tim ahli materi menunjukkan bahwa aspek penyajian dan isi pada E-LKPD bioteknologi berbasis STEM telah memenuhi kriteria sangat baik. Penyajian materi dinilai sesuai dengan indikator, tujuan pembelajaran, serta kedalaman konsep bioteknologi, sehingga dapat mendukung capaian pembelajaran yang diharapkan. Rata-rata persentase validasi mencapai 87,61%, yang menunjukkan bahwa E-LKPD layak digunakan dengan sedikit revisi.

2. Validitas Ahli Pembelajaran dan Media

Validitas ahli pembelajaran dan media E-LKPD berbasis STEM yang berorientasi pada keterampilan proses sains dan pemahaman konsep peserta didik SMA Swasta Shafiyatul Amaliyyah Medan diuji oleh 2 dosen ahli dengan hasil pada Tabel 5.

Tabel 5. Ringkasan persentase setiap aspek validitas ahli pembelajaran dan media

No.	Aspek Penilaian	Persentase	Kriteria
1	Penyajian	96,88%	Sangat Baik
2	Penyajian Isi	93,75%	Sangat Baik
3	Kegrafikan	87,50%	Sangat Baik
4	Komponen STEM	96,88%	Sangat Baik
Rata-rata		93,75%	Sangat Baik

Validasi oleh tim ahli pembelajaran dan media menegaskan bahwa desain tampilan, penyajian isi, kegrafikan, serta integrasi komponen STEM sudah tergolong sangat baik. LKPD dinilai menarik, mudah dipahami, serta memiliki alur penyajian yang runtut sehingga memudahkan peserta didik dalam menggunakannya. Dengan nilai rata-rata 93,75%, E-LKPD ini layak digunakan sebagai media pembelajaran interaktif.

3. Validitas Ahli Bahasa

Validitas ahli bahasa E-LKPD berbasis STEM berorientasi pada keterampilan proses sains dan pemahaman konsep peserta didik SMA Swasta Shafiyatul Amaliyyah Medan diuji oleh 2 dosen ahli dengan hasil tertera pada Tabel 6.

Tabel 6. Ringkasan persentase setiap aspek validitas ahli bahasa

No.	Aspek Penilaian	Persentase	Kriteria
1	Bahasa dan Kebahasaan	98,21%	Sangat Baik
2	Penyajian Informasi dan Pesan	100%	Sangat Baik
3	Psikologis dan Motivasi Belajar	87,50%	Sangat Baik
Rata-rata		95,23%	Sangat Baik

Validasi oleh tim ahli bahasa memperlihatkan bahwa aspek kebahasaan, penyajian informasi, serta motivasi belajar yang ditimbulkan dari penggunaan E-LKPD berada pada kategori sangat baik. Kalimat, tata bahasa, dan penggunaan istilah biologi dinilai sesuai dengan kaidah bahasa Indonesia serta tingkat pemahaman siswa. Hasil rata-rata 95,23% menegaskan bahwa E-LKPD ini tidak hanya komunikatif tetapi juga mampu memotivasi peserta didik untuk lebih aktif dalam pembelajaran.

4. Respon Guru dan Siswa

Untuk mengetahui kelayakan dan efektivitas E-LKPD bioteknologi berbasis STEM dari sudut pandang praktisi pendidikan, dilakukan uji tanggapan oleh guru biologi SMA. Penilaian ini mencakup tiga aspek utama, yaitu penyajian, bahasa, dan desain, yang masing-masing dinilai menggunakan indikator terperinci. Hasil perhitungan tanggapan guru terhadap E-LKPD disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Ringkasan persentase setiap aspek respon guru biologi

No.	Aspek Penilaian	Persentase	Kriteria
1	Penyajian	95,83%	Sangat Baik
2	Bahasa	100%	Sangat Baik
3	Desain	97,23%	Sangat Baik
Rata-rata		97,69%	Sangat Baik

Berdasarkan hasil tanggapan dari tiga orang guru, E-LKPD bioteknologi berbasis STEM memperoleh kategori sangat baik pada semua aspek. Aspek penyajian memperoleh persentase 95,83% karena materi disusun secara sistematis, logis, serta dilengkapi ilustrasi yang relevan dengan pembelajaran. Aspek bahasa mendapat nilai sempurna 100% karena sesuai dengan kaidah EYD, komunikatif, dan mudah dipahami, sedangkan aspek desain mencapai 97,23% dengan tampilan fisik, pemilihan warna, dan gambar yang dinilai menarik dan sesuai materi. Secara keseluruhan, rata-rata penilaian mencapai 97,69% (sangat baik) sehingga E-LKPD layak digunakan dalam pembelajaran.

Selain tanggapan guru, dilakukan pula uji coba perorangan untuk mengetahui respons langsung dari peserta didik terhadap E-LKPD bioteknologi berbasis STEM. Penilaian ini melibatkan tiga responden yang menilai aspek penyajian, bahasa, dan desain sesuai dengan pengalaman belajar mereka. Hasil uji perorangan tersebut dapat dilihat pada Tabel 8.

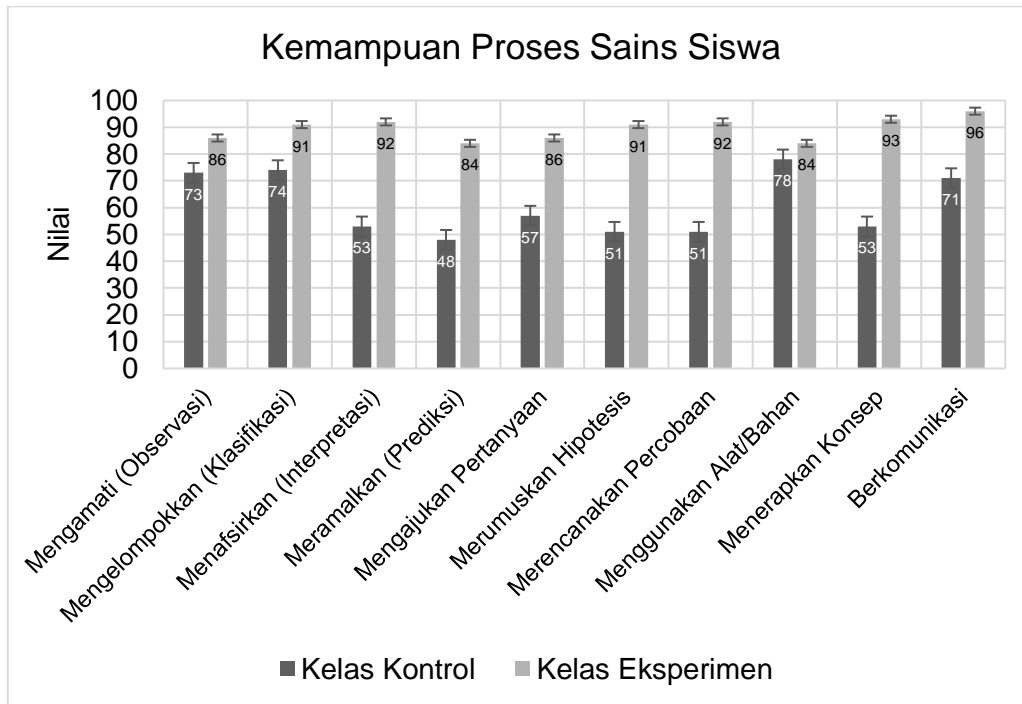
Tabel 8. Ringkasan persentase setiap aspek respon siswa

No.	Aspek Penilaian	Persentase	Kriteria
1	Penyajian	97,23%	Sangat Baik
2	Bahasa	94,47%	Sangat Baik
3	Desain	97,23%	Sangat Baik
Rata-rata		96,31%	Sangat Baik

Hasil uji perorangan yang melibatkan tiga responden menunjukkan bahwa E-LKPD bioteknologi berbasis STEM juga mendapat tanggapan sangat baik. Aspek penyajian mencapai 97,23% dengan penilaian positif terhadap kemudahan memahami petunjuk, kesederhanaan materi, serta kelengkapan gambar dan ilustrasi. Aspek bahasa memperoleh persentase 94,47% karena dinilai jelas, komunikatif, sesuai EYD, dan mudah dipahami oleh peserta didik. Sementara itu, aspek desain meraih nilai 97,23% karena cover, tata warna, dan kesesuaian gambar dinilai mendukung pembelajaran. Rata-rata keseluruhan penilaian mencapai 96,31% (sangat baik), yang berarti E-LKPD ini efektif dan menarik untuk digunakan dalam proses belajar.

Tahap Disseminate

Untuk mengetahui efektivitas penggunaan media pembelajaran, dilakukan pengukuran keterampilan proses sains (KPS) pada peserta didik kelas eksperimen dan kelas kontrol melalui observasi. Hasil perbandingan dapat dilihat pada Gambar 4.

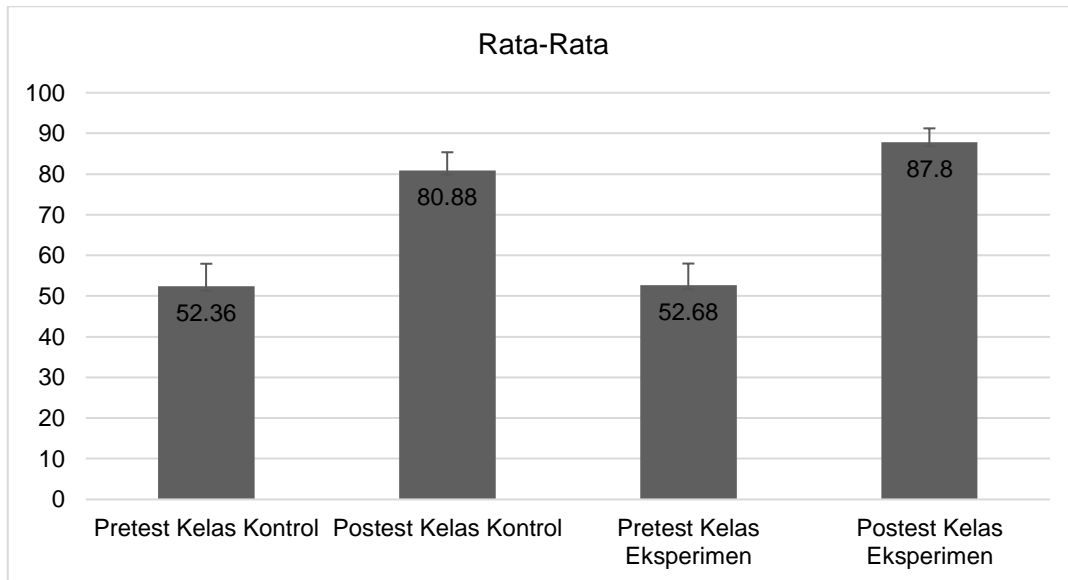


Gambar 4. Perbandingan keterampilan proses sains siswa kelas kontrol dan kelas eksperimen berdasarkan indikator KPS

Berdasarkan data, rata-rata skor keterampilan proses sains kelas eksperimen setelah penggunaan E-LKPD yang dikembangkan mencapai 89,2% dengan kategori sangat baik, sedangkan kelas kontrol hanya memperoleh 61% dengan kategori baik. Hampir semua indikator KPS pada kelas eksperimen berada pada kategori sangat baik, khususnya pada aspek berkomunikasi (96%) dan menerapkan konsep (93%). Sebaliknya, pada kelas kontrol beberapa indikator masih tergolong kurang baik, terutama pada keterampilan meramalkan (48%) dan merumuskan hipotesis (51%). Secara keseluruhan, hasil perbandingan menunjukkan bahwa kelas eksperimen memiliki capaian keterampilan proses sains yang lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol. Hal ini membuktikan bahwa penggunaan media pembelajaran dalam penelitian ini mampu meningkatkan kemampuan peserta didik dalam mengamati, mengolah informasi, dan mengomunikasikan hasil dengan lebih efektif.

Keterampilan Proses Sains (KPS) antara kelas kontrol dan kelas eksperimen berada pada tingkat yang relatif berbeda. Rata-rata nilai KPS kelas kontrol adalah 24,40 dengan standar deviasi 2,74, sedangkan kelas eksperimen memiliki rata-rata 35,68 dengan standar deviasi 1,78. Nilai rata-rata yang berbeda signifikan menunjukkan bahwa kelas eksperimen memiliki kemampuan proses sains yang lebih tinggi setelah diberikan perlakuan pembelajaran berupa E-LKPD berbasis STEM. Perbedaan standar deviasi yang lebih tinggi pada kelas kontrol mengindikasikan bahwa variasi kemampuan siswa pada kelas tersebut sedikit lebih beragam dibandingkan kelas eksperimen.

Untuk melihat lebih rinci peningkatan pemahaman konsep siswa pada kelas kontrol dan kelas eksperimen, dilakukan analisis terhadap nilai pretes dan postes. Hasil perbandingan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Perbandingan pemahaman konsep siswa kelas kontrol dan kelas eksperimen

Data Gambar 5 menunjukkan bahwa baik kelas kontrol maupun kelas eksperimen memiliki kemampuan awal yang relatif setara, dibuktikan dengan skor *pretest* yang hampir sama, yaitu 52,36 pada kelas kontrol dan 52,68 pada kelas eksperimen. Namun setelah perlakuan, terjadi peningkatan yang signifikan pada kedua kelas, meskipun dengan tingkat pencapaian yang berbeda. Kelas kontrol yang menggunakan pembelajaran konvensional mengalami kenaikan rata-rata menjadi 80,88 dengan standar deviasi 4,484, sedangkan kelas eksperimen yang mendapatkan perlakuan pembelajaran berbasis STEM mengalami peningkatan lebih tinggi hingga mencapai rata-rata 87,8 dengan standar deviasi lebih kecil yaitu 3,441. Hal ini mengindikasikan bahwa tidak hanya pemahaman konsep peserta didik pada kelas eksperimen lebih baik secara rata-rata, tetapi juga lebih merata karena variasi nilainya lebih rendah. Dengan demikian, pembelajaran menggunakan E-LKPD berbasis STEM terbukti lebih efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep secara signifikan dan konsisten dibandingkan pembelajaran konvensional.

Untuk melihat efektivitas E-LKPD dilakukan uji *N-gain*. Ringkasan hasil skor *N-gain* dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Uji *N-Gain* data pretes dan postes

Kelas	Pretes	Postes	Skor N-Gain	Persentase (%)	Kategori
Kontrol	52,36	80,88	0,60	60,33	Sedang
Eksperimen	52,68	87,8	0,75	74,52	Tinggi

Berdasarkan hasil analisis yang ditampilkan pada Tabel 9, dapat diketahui bahwa terjadi peningkatan pemahaman konsep baik pada kelas eksperimen maupun kelas kontrol. Pada kelas eksperimen, rata-rata nilai pretest sebesar 52,68 meningkat menjadi 87,8 pada posttest dengan skor *N-Gain* 0,75 atau 74,52% yang termasuk kategori tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan E-LKPD berbasis STEM mampu memberikan peningkatan yang signifikan terhadap pemahaman konsep peserta didik. Sementara itu, pada kelas kontrol rata-rata nilai pretest sebesar 52,36 meningkat menjadi 80,88 pada posttest dengan skor *N-Gain* 0,60 atau 60,33% yang berada pada kategori sedang. Perbandingan hasil tersebut mengindikasikan bahwa pembelajaran menggunakan E-LKPD berbasis STEM lebih efektif dalam

meningkatkan pemahaman konsep peserta didik pada materi bioteknologi dibandingkan pembelajaran yang tidak menggunakan produk tersebut. Selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh Sabila *et al.* (2023) bahwa E-LKPD berbasis STEM efektif meningkatkan pemahaman konsep siswa.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa (1) Pengembangan E-LKPD Bioteknologi berbasis STEM mampu menjadi solusi terhadap keterbatasan media pembelajaran yang sebelumnya hanya berfokus pada teks cetak dan ceramah, (2) E-LKPD yang dihasilkan telah divalidasi oleh para ahli dengan hasil 87,61% pada aspek materi, 93,75% pada aspek media dan pembelajaran, serta 95,23% pada aspek bahasa, ditambah tanggapan guru sebesar 97,69% dan uji perorangan siswa sebesar 96,31%, seluruhnya berada pada kategori sangat baik sehingga dapat dikatakan layak digunakan dalam proses pembelajaran, (3) Implementasi E-LKPD ini terbukti efektif meningkatkan keterampilan proses sains dan pemahaman konsep peserta didik, ditunjukkan dengan peningkatan nilai rata-rata kelas eksperimen dari 52,68 pada *pretest* menjadi 87,80 pada *posttest* dengan skor *N-Gain* 0,75 (kategori tinggi), dibandingkan dengan kelas kontrol yang hanya meningkat dari 52,36 menjadi 80,88 dengan skor *N-Gain* 0,60 (kategori sedang).

REKOMENDASI

E-LKPD berbasis STEM ini dapat dikembangkan pada materi dan jenjang lain dengan dukungan teknologi yang lebih interaktif agar pemanfaatannya lebih optimal. Hambatan dalam penelitian berupa keterbatasan waktu, jumlah sampel, dan perbedaan kemampuan awal siswa perlu diperhatikan, sehingga penelitian selanjutnya diharapkan melibatkan sampel lebih luas dan waktu uji coba yang lebih panjang untuk memperoleh hasil yang lebih komprehensif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada dosen pembimbing dan penguji yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta masukan berharga selama proses penelitian ini. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada Universitas Negeri Medan yang telah memberikan dukungan dan fasilitas dalam pelaksanaan penelitian. Penghargaan setinggi-tingginya disampaikan kepada pihak SMA Swasta Shafiyatul Amaliyyah Medan, khususnya guru dan peserta didik kelas X, yang telah berpartisipasi aktif dan memberikan kesempatan sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- AlSultan, A., Henson Jr, H., & Lickteig, D. (2021). Mengkaji Pemahaman Konseptual Guru Prajabatan Terhadap Literasi Ilmiah. *Pengajaran dan Pendidikan Guru*, 10(2), 103-127.
- Duda, J., & Matuszewski, J. (2019). The Role of Science Process Skills in the Education System: A Comparative Study. *Attractive: Innovative Education Journal*, 1(1), 224-231.
- Hasibuan, A. A. U. (2024). Pengembangan MONOLI (Monopoli Lingkungan) Berbantu Teknologi QR Code Untuk Meningkatkan Kemampuan Literasi Sains Siswa Pada Materi Pencemaran Lingkungan. *Jurnal Biologi dan Pembelajarannya (JB&P)*, 11(2), 230-237.

- Hasibuan, A. A. U., Tarigan, G. A. B., Rambe, K. U., Tarigan, S. A., & Gultom, E. S. (2024). Uji Aktivitas Antibakteri Dari Ekstrak Daun Sirih Terhadap Bakteri *Bacillus cereus*. *Jurnal Biologi dan Pembelajarannya (JB&P)*, 11(1), 47-54.
- Hasibuan, A. A. U., Lubis, K., Sinambela, M., Sari, W. D. P., Ningsih, W., Siregar, K. J. & Lubis, G. D. U. (2025). Pengembangan Monopoli Berbantuan Teknologi QR Code Sebagai Media Pembelajaran IPA Pada Materi Keanekaragaman Hayati Indonesia di SMP Negeri 27 Medan. *Jurnal Biologi dan Pembelajarannya (JB&P)*, 12(1), 46-59.
- Hasruddin. (2025). *Evaluasi dan Asesmen Pembelajaran*. Bandung: Alfabeta
- Hwang, G.-J., Wu, P.-H., & Chen, C.-H. (2020). A Learning Analytics Approach to Enhance the Learning Performance of Students in a Flipped Classroom: A Case Study in Biotechnology Education. *Computers & Education*. 7(1). 11-19.
- Liu, M., Wang, J., & Zhang, Y. (2020). The Impact of Digital Tools on Science Process Skills: A Study of High School Students in China. *International Journal of Science Education*. 25(4) 1-12.
- Majlaini, H., Edi, S., & Hasairin, A. (2025). Developing an SSI-Based Module on Biotechnology to Improve Students' Problem-Solving and Creative Thinking Skills. *Biosfer: Jurnal Pendidikan Biologi*, 18(1), 161–173.
- Manurung, S., & Lisa, F. (2023). Model Pembelajaran Berbasis Proyek untuk Keterampilan Abad 21. *Jurnal Pendidikan dan Pengajaran*, 12(1), 45-60.
- Mardhiyah, M. et al. (2021) dalam Maulidah, S. N., Madani, M. A., Nabilah, N., Ali, M. R. R., Ikmawati, I., & Untu, Z. (2024). Analisis Peran Guru dalam Pembelajaran Abad 21... *Populer: Jurnal Penelitian Mahasiswa*, 3(2), 31-42.
- Margayu, T., Yelianti, U., & Hamidah, A. (2020). Pengembangan LKPD Berbasis Inkuiri Terbimbing Pokok Bahasan Klasifikasi Mahluk Hidup. *Biodik*, 6(2), 133–144.
- Maulidia, R., & Santosa, D. (2023). Urgensi Keterampilan Abad 21 pada Peserta Didik. *Jurnal Pembelajaran, Bimbingan, dan Pengelolaan Pendidikan*, 4(4), 20-24.
- Nugraini, A. R., & Amelia, R. N. (2020). Profil Literasi Bioteknologi Siswa SMP dalam Pembelajaran IPA. *Proceedings of the National Seminar on Education*. 1(1). 27-35.
- Nugraini, A. R., & Amelia, R. N. (2023). Analisis Pemahaman Konsep Materi Bioteknologi Pada Siswa Kelas XII SMA. *In Proceeding Seminar Nasional IPA*. 1(1). 20-27.
- Oetari, N. A., & Idramsa, I. (2025). Development of Science Technology Engineering and Mathematics (STEM) Embedded Evaluation Tool for Micology Learning. *Jurnal Pembelajaran dan Biologi Nukleus*, 11(2), 769–784.
- Putri, M., & Raharjo, M. (2024). Pengembangan E-LKPD Berbasis Website Liveworksheets dengan Model Discovery Learning pada Pembelajaran IPAS di Sekolah Dasar. *SITTAH: Journal of Primary Education*, 5(1), 17-32.
- Sabila, S., Tanjung, I. F., & Jayanti, U. N. A. D. (2023). Pengembangan E-LKPD Berbasis STEM untuk Meningkatkan Kemampuan Literasi Sains Siswa pada Materi Bioteknologi. *Jurnal Pendidikan Biologi*. 4(1), 33–43.
- Safahi, A., & Mutiara, R. (2019). Perbedaan Keterampilan Proses Sains Biologi Siswa SMA Akreditasi A dengan SMA Akreditasi B. *Bioeduscience*. 3(2), 106–111.
- Setiawan, N. C. E., Sutrisno, S., Munzil, M., & Danar, D. (2020). Pengenalan STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) dan Pengembangan Rancangan Pembelajarannya. *Lambung Inovasi: Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, 5(2), 56-64.

- Siregar, M. N. N., & Aghni, R. I. (2021). Pengembangan Perangkat Pembelajaran Berbasis Problem Based Learning (PBL) untuk Meningkatkan Higher Order Thinking Skill (HOTS). *Jurnal Pendidikan Akuntansi (JPAK)*, 9(2), 292–301.
- Sugiyono. (2022). *Metode Penelitian & Pengembangan*. Bandung: Alfabeta.
- Suharti. (2024). Analisis Keterampilan Proses Sains Peserta Didik Kelas VIII SMP Terakreditasi A se-Kecamatan Rappocini. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*. 4(1), 1–8.
- Sulistyowati, A., & Roshayanti, F. (2022). Profil Kemandirian dan Kreativitas Siswa SMA Sedes Sapientiae pada Pembelajaran Konsep Bioteknologi. *Jurnal Pendidikan Biologi*. 3(1), 10-15.
- Van Laar, E., Van Deursen, A. J., Van Dijk, J. A., & de Haan, J. (2019). Faktor Penentu Keterampilan Digital Abad 21: Survei Skala Besar di Kalangan Pekerja Profesional. *Komputer dalam Perilaku Manusia*, 10(1), 93-104.
- Zhao, Y., Pugh, K., & Lee, J. (2021). Technology and Collaboration: The Impact on Student Learning in Science Education. *Journal of Science Teacher Education*, 1(1), 233-245.