



Biodik: Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi
ISSN 2580-0922 (*online*), ISSN 2460-2612 (*print*)
Volume 12, Number 2, Year 2026, Page 241-259
Available online at:
<https://online-journal.unja.ac.id/biodik>



Research Article

Pengembangan *Powerpoint* Interaktif Materi Bioteknologi dari Hasil Isolasi, Karakterisasi, dan Filogenetik BAL pada Fermentasi Cincalok

(Development of an Interactive Powerpoint on Biotechnology Material Based on the Isolation, Characterization, and Phylogenetic Analysis of LAB in Cincalok Fermentation)

Oktaviani Andhika Putri¹, Laili Fitri Yeni², Yokhebed³

Program Studi S-1 Pendidikan Biologi, FKIP, Universitas Tanjungpura, Indonesia
Jl. Profesor Dokter H. Hadari Nawawi, Bansir Laut, Kec. Pontianak Tenggara, Kota Pontianak, Kalimantan Barat
78115

*Corresponding Author: andhikaputri503@gmail.com

Article Information	ABSTRACT
Submitted: 11 – 12 – 2025 Accepted: 07 – 05 – 2026 Published: 03 – 06 – 2026	This study aimed to develop an interactive PowerPoint learning medium for biotechnology based on the isolation, characterization, and phylogenetic analysis of lactic acid bacteria (LAB) from cincalok fermentation and to determine its feasibility. The study employed a Research and Development (R&D) approach using the ADDIE model adapted into three stages: Analysis, Design, and Development. The medium integrated biotechnology content, the local potential of cincalok, and LAB research findings, supported by images, animations, interactive navigation, and evaluation activities. The feasibility of the medium was assessed by five validators using 16 criteria covering format, content, and language aspects. The validation results showed that all criteria obtained a CVR value of 0.99 and were categorized as valid. Therefore, the developed interactive PowerPoint medium was considered valid and feasible for further implementation in learning. Key words: Interactive Powerpoint, biotechnology, cincalok
Publisher	ABSTRAK
Program Studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Jambi, Jambi- Indonesia	Penelitian ini bertujuan mengembangkan media powerpoint interaktif materi bioteknologi berbasis hasil isolasi, karakterisasi, dan analisis filogenetik bakteri asam laktat (BAL) pada fermentasi cincalok serta mengetahui kelayakannya. Penelitian menggunakan metode <i>Research and Development</i> (R&D) dengan model ADDIE yang diadaptasi menjadi tiga tahap, yaitu <i>Analysis</i>, <i>Design</i>, dan <i>Development</i>. Media dikembangkan dengan mengintegrasikan materi bioteknologi, potensi lokal cincalok, dan hasil penelitian BAL yang dilengkapi gambar, animasi, navigasi interaktif, dan evaluasi. Kelayakan media divalidasi oleh lima validator menggunakan 16 kriteria yang mencakup aspek format, isi, dan bahasa. Hasil validasi menunjukkan seluruh kriteria memperoleh nilai CVR sebesar 0,99 dan termasuk kategori valid. Dengan demikian, media powerpoint interaktif yang dikembangkan dinyatakan valid dan layak untuk digunakan pada tahap implementasi pembelajaran selanjutnya. Kata kunci: <i>Powerpoint</i> interaktif, Bioteknologi, Cincalok



This Biodik : Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi is licensed under a CC BY-NC-SA ([Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/))

PENDAHULUAN

Penggunaan sarana pembelajaran yang memanfaatkan teknologi menjadi kebutuhan penting dalam pembelajaran Biologi, khususnya pada materi bioteknologi di jenjang SMA. Materi ini sering dianggap abstrak karena banyak konsep yang memerlukan visualisasi serta konteks nyata sehingga konsep tersebut dapat dipahami peserta didik dengan lebih jelas. Pemanfaatan media digital berbasis *powerpoint* interaktif memungkinkan penyajian materi yang tersusun lebih terstruktur, menarik, serta selaras dengan pola belajar peserta didik (Astutik, 2021). Dalam konteks pembelajaran abad ke-21, visualisasi, animasi, dan interaktivitas menjadi komponen utama untuk meningkatkan kualitas proses belajar dan pemahaman konsep ilmiah yang kompleks (Khaerunnisa et al., 2021).

Pengembangan sejalan dengan arah Kurikulum Merdeka yang menekankan pentingnya pengalaman belajar yang bermakna dan memberikan ruang bagi peserta didik untuk menelusuri materi secara otonom. *Powerpoint* interaktif, sebagai bagian dari multimedia non-linear, memberikan keleluasaan navigasi dan kontrol bagi pengguna sehingga dapat menghadirkan pengalaman pembelajaran yang bersifat individual dan menyesuaikan kebutuhan pengguna (Surjono, 2017). Rohmawati et al. (2024) juga menyatakan bahwa *powerpoint* interaktif sebagai media pembelajaran berbasis slide yang dirancang sedemikian rupa sehingga pengguna dapat memilih jalur materi, mengakses latihan dan soal, dan berinteraksi dengan konten bukan sekadar presentasi linear. *Powerpoint* interaktif dipahami sebagai media daring yang memanfaatkan fitur hyperlink untuk membuat materi dapat dijelajahi secara interaktif oleh siswa, sehingga pembelajaran menjadi lebih dinamis dan tidak monoton (Pramesti et al., 2021). Selain itu, karakter multimedia yang mengintegrasikan teks, audio, video, animasi, serta evaluasi interaktif terbukti mampu mendorong partisipasi dan memperbaiki capaian pembelajaran siswa dalam berbagai penelitian.

Merujuk pada temuan wawancara yang dilakukan bersama guru Biologi kelas X SMA N 1 Sungai Raya Kepulauan pada tahun 2024 mengenai materi bioteknologi, guru menyampaikan bahwa media yang digunakan sebagian besar berupa slide *powerpoint* yang hanya berisi ringkasan materi dan sangat sederhana. Media tersebut bersifat linear dan tidak menyediakan fitur interaktif yang dapat membantu siswa mengeksplorasi konsep bioteknologi secara lebih mendalam. Selain itu, materi masih berfokus pada contoh umum seperti makanan fermentasi tempe, tapai, kecap, dan keju. Oleh karena itu, perlu ditambahkan produk fermentasi lokal seperti cinalok ke dalam media pembelajaran *powerpoint* di sekolah. Dengan menambah muatan cinalok pada PPT, diharapkan siswa dapat lebih memahami potensi lokal di sekitarnya. Pembelajaran masih berlangsung dengan pendekatan ceramah, sehingga peserta didik menunjukkan tingkat keaktifan yang rendah dan mengalami kesulitan dalam memahami materi yang bersifat abstrak serta membutuhkan bantuan visualisasi proses. Oleh karena itu, penambahan informasi tentang cinalok dalam media pembelajaran serta penggunaan *powerpoint* interaktif diharapkan dapat membantu siswa lebih memahami potensi lokal sekaligus memperkuat pembelajaran materi bioteknologi. Pengembangan media *powerpoint* interaktif diharapkan dapat meningkatkan fokus siswa serta membangun lingkungan belajar yang bersifat interaktif. *Powerpoint* interaktif memiliki keunggulan sebagai media pembelajaran yaitu visualisasi menarik karena ada perpaduan warna, huruf dan memadukan berbagai komponen multimedia (teks, gambar, animasi, audio, dan video) yang memfasilitasi visualisasi konsep (Daulay et al. 2022; Putri, 2023). Selain itu, kemampuan navigasi dan kontrol pengguna pada *powerpoint* interaktif memberi kebebasan bagi siswa untuk mengulang atau memilih jalur belajar yang sesuai dengan kebutuhannya, sehingga mendorong kemandirian dan diferensiasi pembelajaran (Dinisa Putri et al., 2023). Penelitian pengembangan media

powerpoint interaktif menunjukkan bahwa desain media yang memperhatikan keterbacaan, keseimbangan visual, dan integrasi interaktivitas dapat meningkatkan motivasi, keterlibatan, dan hasil belajar peserta didik pada berbagai topik IPA dan Biologi (Maenah et al., 2024). Oleh karena itu, *powerpoint* interaktif merupakan pilihan media yang tepat untuk menyajikan materi bioteknologi berbasis konteks lokal seperti produk fermentasi dan hasil karakterisasi mikroba, karena mampu menyatukan representasi ilmiah dan aktivitas belajar yang bersifat eksploratif serta terukur.

Selain kebutuhan akan media yang lebih interaktif, hasil wawancara tersebut juga menunjukkan bahwa materi bioteknologi yang diajarkan di sekolah masih terbatas dan berfokus pada contoh umum. Padahal pembelajaran bioteknologi dapat menjadi lebih relevan apabila dikaitkan dengan potensi lokal yang dekat dengan kehidupan siswa. Salah satu potensi tersebut adalah produk fermentasi cinalok, yang merupakan contoh nyata proses bioteknologi konvensional dan mudah dijumpai di lingkungan masyarakat pesisir Kalimantan Barat. Pemanfaatan produk fermentasi lokal sebagai sumber belajar terbukti dapat meningkatkan relevansi dan keterlibatan peserta didik karena materi menjadi lebih kontekstual dan sesuai dengan pengalaman keseharian mereka (Qolbi et al., 2016). Oleh karena itu, integrasi potensi lokal seperti cinalok ke dalam media pembelajaran, khususnya media interaktif, menjadi langkah penting untuk memperkaya pemahaman siswa terhadap konsep bioteknologi.

Berdasarkan uraian tersebut, pengembangan *powerpoint* interaktif materi bioteknologi dari hasil isolasi, karakterisasi, dan filogenetik BAL pada fermentasi cinalok menjadi penting untuk dilakukan. Media ini diharapkan tidak hanya memenuhi kelayakan isi dan desain, tetapi juga berfungsi secara optimal dalam mendukung pemahaman siswa terhadap konsep bioteknologi melalui visualisasi, interaktivitas, dan keterkaitannya dengan potensi lokal. Inovasi media ini juga diharapkan berperan dalam menyediakan sumber belajar digital yang relevan, kontekstual, dan selaras dengan perkembangan teknologi pembelajaran.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan pendekatan *Research and Development* (R&D) dengan menggunakan kerangka pengembangan ADDIE. Pendekatan R&D dipilih karena memungkinkan pengembangan produk pendidikan melalui tahapan analisis, perancangan, dan pengembangan secara terstruktur dan sistematis (Rahayu, 2025). Model ADDIE mencakup lima tahap utama, yaitu *Analysis* (analisis), *Design* (desain), *Development* (pengembangan), *Implementation* (implementasi), dan *Evaluation* (evaluasi). Pada penelitian ini, model ADDIE diadaptasi dengan membatasi prosedur pengembangan pada tiga tahap, yaitu *Analysis*, *Design*, dan *Development* (ADD). Pembatasan tersebut disesuaikan dengan fokus penelitian yang bertujuan menghasilkan produk media pembelajaran yang valid dan layak berdasarkan hasil validasi ahli (validator). Oleh karena itu, tahap *Implementation* berupa uji coba produk kepada peserta didik dan tahap *Evaluation* berupa evaluasi penggunaan serta efektivitas produk dalam pembelajaran tidak dilakukan dalam penelitian ini. Dengan demikian, penelitian ini secara khusus menggunakan adaptasi tiga tahap ADDIE (*Analysis–Design–Development*) yang berfokus pada analisis kebutuhan, perancangan, pengembangan, dan validasi produk. Tahapan penelitian yang diadaptasi dari model ADDIE tersebut diuraikan sebagai berikut:

Tahapan *Analysis* (analisis)

Langkah awal dalam kerangka ADDIE dimulai dari tahap analisis (*analysis*). Pada tahap ini dilakukan identifikasi terhadap kebutuhan pembelajaran, termasuk menentukan produk yang sesuai

untuk peserta didik, menetapkan tujuan belajar, memilih materi yang relevan, menganalisis lingkungan belajar, serta merancang strategi penyampaian yang tepat (Azizah & Syarifah, 2021; Zamsiswaya et al., 2024).

Tahapan *Design* (desain)

Tahap berikutnya adalah perancangan (*design*). Tahap ini difokuskan pada penyusunan *storyboard* sebagai kerangka awal pengembangan *powerpoint* interaktif. *Storyboard* disusun untuk mengatur alur penyampaian materi, tata letak slide, skema visual, warna, ukuran font, serta pemilihan elemen multimedia yang akan digunakan. Pada tahap ini juga ditentukan jenis interaktivitas yang akan ditambahkan, seperti tombol navigasi dan ilustrasi visual untuk membantu pemahaman konsep materi. Desain media disusun agar dapat memvisualisasikan data hasil penelitian BAL, termasuk foto isolat, karakterisasi morfologi, serta pohon filogenetik sehingga siswa memperoleh pengalaman belajar yang lebih konkret dan kontekstual. Dalam perancangan, data penelitian yang kompleks diseleksi sesuai capaian pembelajaran dan tujuan pembelajaran Biologi Fase E. Penyederhanaan dilakukan pada bentuk penyajian dan kedalaman penjelasan, bukan pada fakta ilmiahnya. Data karakterisasi BAL disajikan melalui gambar dan keterangan singkat, sedangkan data filogenetik melalui pohon filogenetik beserta keterangannya untuk membantu siswa memahami hubungan kekerabatan mikroorganisme. Informasi teknis yang tidak mendukung tujuan pembelajaran tidak dijelaskan secara mendalam, sehingga fakta ilmiah yang abstrak dapat disajikan secara konkret dan kontekstual tanpa mengubah maknanya.

Tahapan *Development* (pengembangan)

Tahap ketiga adalah pengembangan (*development*). Tahap pengembangan dilakukan dengan merealisasikan *storyboard* menjadi produk *powerpoint* interaktif versi awal. Seluruh elemen visual, teks, ilustrasi, grafik, dan konten penelitian BAL pada fermentasi cinalok dimasukkan sesuai rancangan. Media kemudian dikembangkan menjadi draf awal yang fungsional, termasuk pengaturan navigasi, penyisipan kuis interaktif, serta penyelarasan desain visual. Setelah itu, draf *powerpoint* interaktif ini disiapkan untuk proses validasi oleh ahli guna memastikan bahwa isi materi, aspek visual, serta unsur interaktivitasnya selaras dengan prinsip-prinsip pembelajaran serta layak digunakan pada tahap implementasi. Mengacu pada masukan hasil validasi, dilakukan penyempurnaan agar produk yang dihasilkan layak digunakan sebagai media pembelajaran (Harja et al., 2025).

Hasil validasi akan dianalisis menggunakan analisis *Content Validity Ratio* (CVR) menurut Lawshe (1975) dengan rumus berikut:

$$CVR = \frac{Ne - \frac{N}{2}}{\frac{N}{2}}$$

Keterangan:

- CVR : *Content Validity Ratio* (rasio validasi isi/RVI)
Ne : Jumlah Panelis/ validator yang menyetujui kevalidan (dianggap setuju jika nilai setiap kriteria 3 atau 4, jika < 3 maka dianggap tidak menyetujui)
N : Jumlah panelis/validator seluruhnya

Ketentuan indeks CVR sebagaimana dijelaskan oleh Lawshe (1975:567–568) adalah sebagai berikut.

- Apabila jumlah responden yang memberi penilaian “setuju” atau “sangat setuju” kurang dari separuh total responden, maka nilai CVR bernilai negative.

- Apabila tepat setengah responden menyatakan “setuju” atau “sangat setuju”, nilai CVR menjadi 0.
- Apabila seluruh responden memberikan penilaian “setuju” atau “sangat setuju”, nilai CVR mencapai 1, meskipun dapat disesuaikan menjadi 0,99 bergantung pada jumlah responden. Dalam penelitian ini, dengan lima orang responden, nilai kritis CVR ditetapkan sebesar 0,99.
- Apabila proporsi responden yang memilih “setuju” atau “sangat setuju” melebihi setengah dari keseluruhan responden, maka nilai CVR berada pada rentang 0 hingga 0,99.

Setelah memperoleh nilai CVR untuk setiap butir penilaian, langkah berikutnya adalah menghitung CVI (*Content Validity Index*), yaitu nilai rata-rata CVR pada tiap aspek yang dinilai.

$$CVI = \frac{CVR}{\text{jumlah sub kriteria}}$$

Kriteria kevalidan atau kesesuaian dari indeks CVR dan CVI adalah sebagai berikut:

$0 \leq 0,33$	: tidak valid
$0,34 \leq 0,67$	: cukup valid
$0,68 \leq 0,99$	: valid

Jika media dinyatakan “valid” maka bahan ajar tersebut dapat digunakan. Apabila tingkat kevalidannya berada pada kategori “cukup valid”, bahan ajar tetap dapat dimanfaatkan namun perlu dilakukan perbaikan. Sebaliknya, jika media dinilai “tidak valid” maka bahan ajar tersebut tidak layak untuk digunakan.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada tahap analisis, peneliti melakukan identifikasi kebutuhan melalui wawancara dengan guru Biologi kelas X SMA Negeri 1 Sungai Raya Kepulauan. Hasil wawancara menunjukkan bahwa media yang digunakan dalam pembelajaran masih didominasi slide *powerpoint* sederhana yang berisi ringkasan materi dan disajikan secara linear tanpa fitur interaktif, sehingga belum mampu membantu siswa mengeksplorasi konsep bioteknologi secara mendalam. Materi dalam PPT juga masih berfokus pada contoh umum makanan fermentasi seperti tempe, tapai, kecap, dan keju, serta belum memuat contoh fermentasi lokal seperti cinalok yang dekat dengan kehidupan siswa. Dengan menambah muatan cinalok pada media pembelajaran, diharapkan siswa lebih memahami potensi lokal di sekitarnya. Oleh karena itu, penambahan informasi tentang cinalok dalam media pembelajaran, serta penggunaan media *powerpoint* interaktif diharapkan dapat membantu siswa lebih memahami potensi lokal daerahnya sekaligus memperkuat pembelajaran materi bioteknologi. Pada tabel 1. merupakan hasil analisis Capaian Pembelajaran, Tujuan pembelajaran, Kompetensi dan Materi.

Tabel 1. Capaian Pembelajaran, Tujuan pembelajaran, Kompetensi dan Materi

Capaian Pembelajaran	Tujuan Pembelajaran	Kompetensi	Materi
Pada akhir Fase E, peserta didik memiliki kemampuan untuk memahami sistem pengukuran, energi alternatif, ekosistem, bioteknologi, keanekaragaman hayati, struktur atom, reaksi kimia, hukum-hukum dasar kimia, dan perubahan iklim sehingga responsif dan dapat berperan aktif dalam menyelesaikan masalah pada isu-isu lokal dan global. Semua upaya tersebut diarahkan pada pencapaian tujuan pembangunan yang berkelanjutan (<i>Sustainable Development Goals/SDGs</i>).	Menjelaskan Bioteknologi konvensional	Menjelaskan	Bioteknologi konvensional
	Memahami Bioteknologi Modern (Transgenik dan Teknik DNA Rekombinan)	Memahami	Bioteknologi modern
	Menjelaskan Kultur Jaringan Tumbuhan, klonning dan bayi tabung	Menjelaskan	KulJar, Klonning, Bayi Tabung
	Menjelaskan Hibridoma, Teknik plasmid dan peranan mikroorganisme dalam bioteknologi	Menjelaskan	Hiridoma, teknik plasmid

Capaian Pembelajaran	Tujuan Pembelajaran	Kompetensi	Materi
	Membuat Praktikum Bioteknologi Konvensional (STEM)	Membuat	Praktikum Biotek Konvensional
	Menganalisa Dampak negatif Bioteknologi	Menganalisis	Dampak Bioteknologi

Tahap kedua yaitu desain, pada tahap ini peneliti melakukan perancangan muatan materi dan struktur penyajian dalam media *powerpoint* interaktif. Media yang dikembangkan memuat materi bioteknologi dengan fokus pada submateri fermentasi dan hasil penelitian terkait isolasi, karakterisasi, serta filogenetik bakteri asam laktat (BAL) yang diperoleh dari produk fermentasi cinalok. Penyusunan materi mengacu pada capaian pembelajaran biologi fase E kurikulum merdeka tahun 2024 serta alur tujuan pembelajaran yang disusun oleh guru sekolah. *Powerpoint* interaktif ini dirancang dengan *storyboard* awal yang memuat susunan slide secara terstruktur, meliputi bagian pembuka, isi, dan penutup. Bagian pembuka berisi judul materi, menu utama, capaian pembelajaran, dan tujuan pembelajaran. Bagian isi terdiri atas materi bioteknologi (konvensional & modern), penjelasan cinalok sebagai contoh fermentasi lokal, konsep dasar BAL, teknik isolasi mikroba, hasil penelitian berupa morfologi, fisiologi, dan filogenetik BAL, serta identifikasi spesies yang ditemukan. Bagian penutup memuat rangkuman, latihan interaktif berbasis kuis, glosarium, dan daftar pustaka. Seluruh desain slide memperhatikan prinsip kejelasan dan keterbacaan, termasuk proporsi teks, pemilihan warna, ukuran font, serta peletakan gambar agar mendukung pemahaman siswa secara optimal.

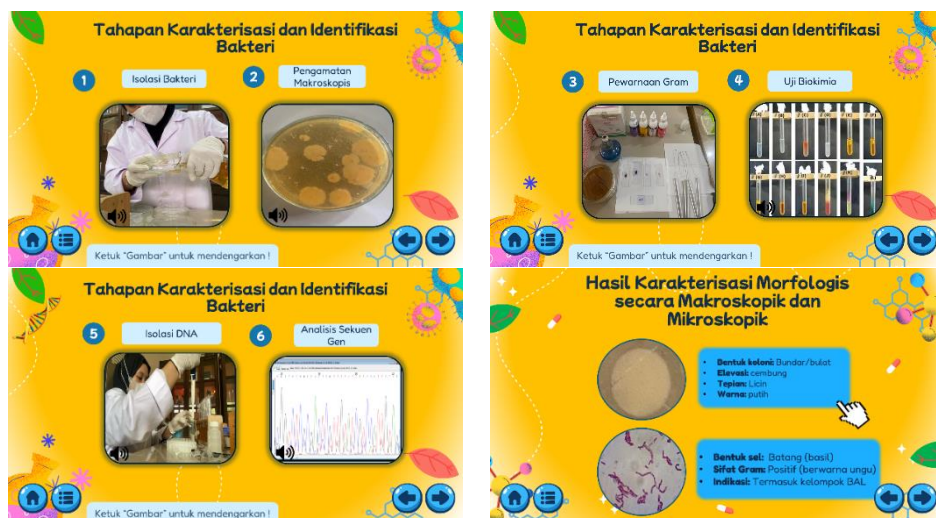
Tahap ketiga merupakan tahap pengembangan media *powerpoint* interaktif. Pada tahap ini, desain yang telah disusun sebelumnya diwujudkan ke dalam bentuk produk digital yang lengkap. Proses pengembangan mencakup penyusunan seluruh slide sesuai *storyboard*, pengintegrasian materi bioteknologi dengan hasil penelitian isolasi, karakterisasi, dan filogenetik BAL dari cinalok, serta penambahan elemen visual pendukung seperti ilustrasi, foto hasil penelitian, dan grafik pohon filogenetik untuk memperjelas konsep yang disampaikan. Peneliti juga menambahkan fitur interaktif berupa tombol navigasi, animasi, serta kuis evaluatif yang interaktif untuk meningkatkan partisipasi siswa dalam kegiatan pembelajaran. Pada tahap ini juga dilakukan pemilihan penggunaan bahasa yang komunikatif serta sesuai dengan tingkat literasi peserta didik, pemilihan gambar yang relevan, serta penyusunan alur materi secara logis agar mudah dipahami. Media *powerpoint* interaktif kemudian disusun secara utuh sebagai draf awal dan selanjutnya disiapkan untuk proses validasi ahli. Produk awal ini telah memenuhi struktur yang direncanakan, terdiri dari bagian pembuka, isi, dan penutup, dengan total keseluruhan slide disesuaikan agar tetap proporsional, tidak berlebihan, namun tetap mencakup semua informasi penting yang dibutuhkan siswa. Berikut tampilan slide pada *powerpoint* interaktif yang dikembangkan.

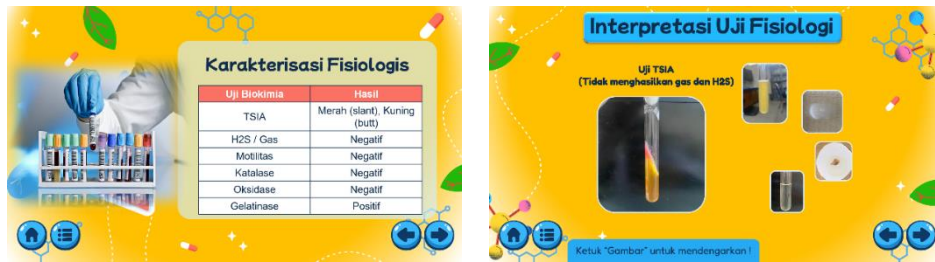


Gambar 1. Bagian Slide Pembuka

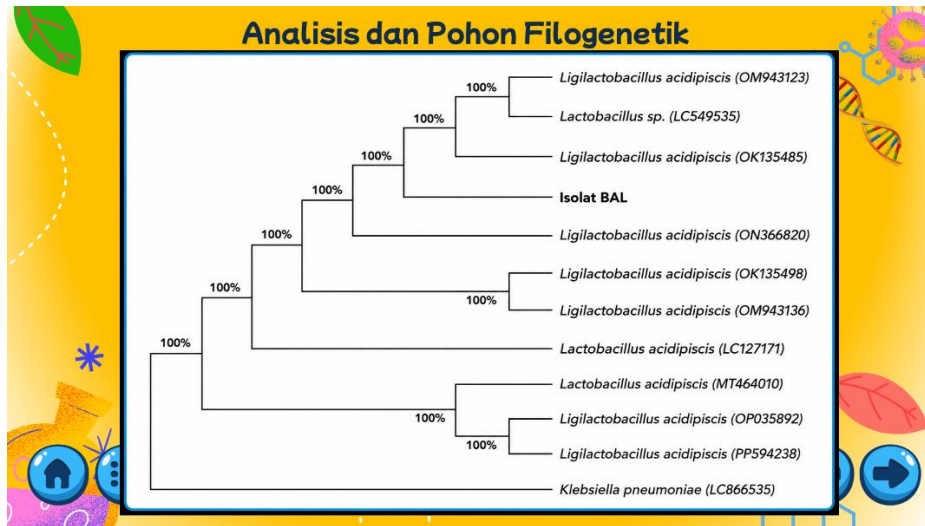


Gambar 2. Bagian Slide Materi Bioteknologi





Gambar 3. Bagian Slide Hasil Karakterisasi dan Identifikasi BAL



Gambar 4. Bagian slide Hasil Analisis Filogenetik BAL



Gambar 5. Bagian Slide Evaluasi

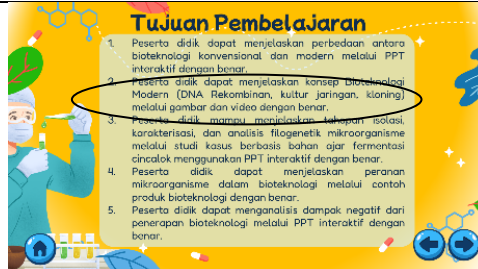
Setelah media *powerpoint* interaktif selesai dikembangkan, produk kemudian dipersiapkan untuk melewati tahap validasi oleh para ahli guna menilai tingkat kelayakan dari aspek format penyajian, akurasi materi, dan keterbacaan bahasa. Kegiatan validasi melibatkan lima orang ahli, yang terdiri atas dua dosen Pendidikan Biologi FKIP UNTAN serta tiga guru Biologi tingkat X di SMA. Instrumen validasi memuat 16 kriteria penilaian yang dikelompokkan ke dalam tiga aspek utama, yakni format, substansi materi, dan kebahasaan. Umpan balik yang diberikan para validator menjadi dasar dalam melakukan penyempurnaan agar media *powerpoint* interaktif semakin sesuai dan layak digunakan pada pembelajaran bioteknologi di tingkat SMA. Hasil validasi kelayakan media *powerpoint* interaktif pada submateri bioteknologi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Validasi Media Powerpoint Interaktif Materi Bioteknologi

Kriteria	Validator					CVR	Ket.
	1	2	3	4	5		
Aspek Format							
Warna tulisan kontras dengan background dan mudah dibaca	3	4	4	4	3	0,99	Valid
Gambar memiliki resolusi tinggi, tidak buram, dan pewarnaan sesuai	3	4	4	4	3	0,99	Valid
Tersedia petunjuk penggunaan yang jelas dan tombol navigasi berfungsi baik	4	4	4	4	4	0,99	Valid
Narasi, backsound, dan tema desain antar slide konsisten dan mendukung penyampaian informasi yang jelas, akurat, dan menarik	3	4	4	4	4	0,99	Valid
Gambar dan animasi seimbang dengan ruang slide dan mendukung isi materi	3	4	4	4	4	0,99	Valid
Jenis dan ukuran tulisan sesuai ruang slide, menarik, dan mudah dibaca	4	4	4	4	3	0,99	Valid
Aspek Isi							
Isi materi sesuai CP dan TP	4	4	3	4	4	0,99	Valid
Penyajian materi bervariasi (teks, gambar, video) dan sesuai kebutuhan	4	4	4	4	4	0,99	Valid
Materi disajikan secara runtut, jelas, dan mendukung urutan pembelajaran	3	4	4	4	4	0,99	Valid
Materi mudah dimengerti, ringkas, dan menarik	3	4	4	4	4	0,99	Valid
Informasi tentang karakterisasi BAL (morfologi, fisiologi, filogenetik) unik dan menambah pengetahuan	4	4	3	4	4	0,99	Valid
Soal evaluasi sesuai untuk mengukur pemahaman peserta didik	3	4	4	4	4	0,99	Valid
Jumlah slide sesuai dengan alokasi waktu pembelajaran	3	4	3	4	4	0,99	Valid
Aspek Bahasa							
Bahasa sesuai kaidah PUEBI	3	4	4	4	4	0,99	Valid
Kalimat sesuai struktur bahasa Indonesia	3	4	4	4	4	0,99	Valid
Kalimat tidak menimbulkan penafsiran ganda atau menyinggung unsur SARA	3	4	4	4	4	0,99	Valid

Setelah validasi validator memberikan masukan dan saran untuk memperbaiki media yang dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Perbaikan Media Powerpoint Interaktif

Sebelum Perbaikan	Sesudah Perbaikan
 Jumlah slide masih cukup banyak karena beberapa materi ditampilkan pada slide yang berbeda meskipun membahas topik yang sama.	 Jumlah slide telah berkurang karena slide yang memuat materi sejenis digabungkan menjadi satu slide terpadu.
 Tujuan pembelajaran belum menunjukkan kompetensi yang dapat diidentifikasi dengan kata kerja operasional.	 Tujuan pembelajaran telah direvisi menggunakan kata kerja operasional yang jelas, terukur, dan sesuai dengan capaian pembelajaran kurikulum merdeka.



Media tidak memiliki ikon atau tanda khusus pada gambar yang memiliki audio.



Media telah dilengkapi ikon atau simbol suara untuk memperjelas bahwa gambar tersebut memiliki audio atau narasi.



Tidak terdapat keterangan yang menjelaskan bentuk koloni, elevasi, dan tepian bakteri.



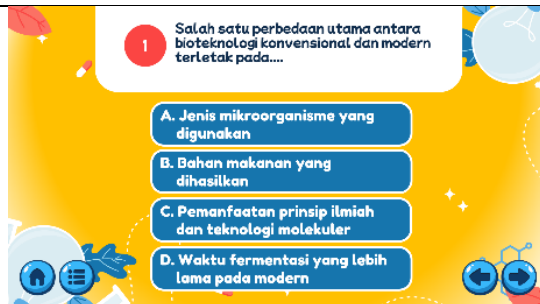
Telah ditambahkan keterangan rinci mengenai bentuk koloni, elevasi, dan tepian bakteri untuk memperkuat pemahaman materi.



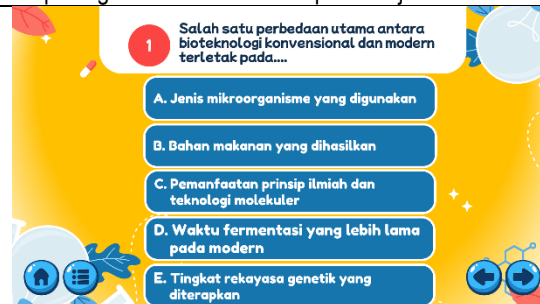
Video yang digunakan berisi penjelasan verbal panjang dengan sedikit animasi.



Video telah diganti dengan versi yang memuat animasi visual menarik dan informatif. Tombol "back" dan "next" dihapus agar alur sesuai urutan pembelajaran.



Soal evaluasi hanya memiliki empat pilihan jawaban (A–D).



Soal evaluasi telah diperbaiki menjadi lima pilihan jawaban (A–E) sesuai dengan jenjang SMA.



Teks ditampilkan dalam jumlah banyak dengan tata letak monoton dan shape seragam.



Teks telah diringkas, tata letak diperbaiki dengan penggunaan animasi dan transisi yang menarik, serta variasi bentuk shape agar lebih dinamis.

Aspek Format

Pada kriteria pertama yaitu warna tulisan kontras dengan background dan mudah dibaca. Hasil validasi menunjukkan nilai CVR 0,99 sehingga pemilihan warna dianggap memenuhi standar keterbacaan. Kombinasi warna teks dan latar belakang dinilai konsisten memberikan kontras yang baik sehingga siswa mudah membaca isi materi. Kondisi ini penting karena kontras tinggi terbukti membantu audiens menangkap informasi lebih efektif dan mengurangi kelelahan visual. Temuan tersebut sejalan dengan pandangan Richard Goring (2022) dan Afixt (2022) bahwa kontras warna merupakan dasar desain presentasi yang aksesibel. Selain mempermudah pembacaan, kontras juga berperan dalam membentuk hierarki visual sehingga bagian penting pada slide lebih terlihat jelas. Dengan demikian, penerapan kontras warna pada media ini dapat dikatakan sudah memenuhi prinsip desain yang efektif.

Pada kriteria kedua yaitu gambar memiliki resolusi tinggi, tidak buram, dan pewarnaan sesuai. Nilai CVR 0,99 menunjukkan bahwa seluruh validator menilai kualitas gambar sudah baik dan tampil jelas tanpa pecah. Keberadaan gambar beresolusi tinggi sangat membantu siswa dalam memahami objek bioteknologi yang membutuhkan ketelitian visual. Hasil ini diperkuat oleh Meilani et al. (2022) yang menjelaskan bahwa gambar berkualitas dapat meningkatkan perhatian dan retensi konsep siswa. Dalam media ini, gambar asli hasil penelitian turut memberi nilai tambah karena membuat materi lebih autentik. Kejelasan visual juga berfungsi sebagai strategi pedagogis yang memperkuat pemahaman siswa terhadap proses isolasi dan karakterisasi BAL. Oleh karena itu, penggunaan gambar resolusi tinggi menjadi salah satu kekuatan utama media ini.

Pada kriteria ketiga yaitu petunjuk penggunaan dan navigasi. Seluruh validator memberikan skor tertinggi dengan nilai CVR 0,99 yang menandakan navigasi media sangat jelas dan mudah digunakan. Tombol next, back, dan home berfungsi baik sehingga memudahkan guru dan siswa dalam berpindah antar slide. Navigasi yang baik juga berkontribusi terhadap interaktivitas dan membuat siswa lebih leluasa memilih materi yang ingin dipelajari. Temuan ini sejalan dengan pendapat Sahara & Adistana (2023) yang menyatakan bahwa navigasi efektif dapat mengurangi kejenuhan belajar. Selain itu, tampilan navigasi yang konsisten memperkuat struktur penyajian media dan membantu siswa tetap fokus. Dengan demikian, unsur navigasi pada media ini dinilai sudah sangat mendukung pengalaman belajar yang optimal.

Pada kriteria keempat yaitu narasi, backsound, dan tema desain antar slide konsisten dan mendukung penyampaian informasi yang jelas, akurat, dan menarik. Nilai CVR 0,99 menunjukkan bahwa konsistensi elemen visual dan auditori dalam media ini dinilai sangat baik oleh validator. Keseragaman warna, tata letak, dan tipografi memudahkan siswa memahami alur informasi secara berurutan. Konsistensi ini penting karena perubahan visual yang drastis dapat meningkatkan beban kognitif siswa. Hal tersebut sejalan dengan temuan Inui et al. (2025) yang menekankan pentingnya harmoni visual dalam meningkatkan persepsi kualitas slide. Peng & Pavel (2021) juga menambahkan bahwa narasi yang konsisten membantu audiens mengikuti materi dengan lebih mudah. Dengan desain yang stabil dan backsound yang tidak mengganggu, media ini berhasil menciptakan pengalaman belajar yang koheren dan nyaman.

Pada kriteria kelima yaitu gambar dan animasi seimbang dengan ruang slide dan mendukung isi materi keseimbangan visual. Nilai CVR 0,99 menunjukkan bahwa tata letak gambar dan animasi dinilai proporsional serta tidak berlebihan. Validator menilai bahwa visual ditempatkan pada ruang yang tepat sehingga tetap mendukung isi materi tanpa menutupi teks. Temuan ini sejalan dengan Wahidin (2025), yang menyatakan bahwa animasi dan gambar harus memperjelas konsep, bukan sekadar memberi efek

estetis. Media ini menunjukkan kejelasan melalui penggunaan animasi yang sederhana dan tidak mengganggu perhatian siswa. Keseimbangan visual ini juga membantu siswa memahami informasi inti secara lebih fokus. Dengan demikian, aspek format media sudah memenuhi prinsip desain instruksional yang modern dan efektif.

Pada kriteria keenam yaitu jenis dan ukuran tulisan sesuai ruang slide, menarik, dan mudah dibaca. Nilai CVR 0,99 menunjukkan bahwa pemilihan font serta ukuran teks sudah tepat dan sesuai dengan karakteristik peserta didik. Huruf yang digunakan tidak terlalu kecil atau rapat sehingga mendukung proses pembacaan yang mudah. Temuan ini diperkuat oleh Arya et al. (2023) yang menjelaskan bahwa jenis dan ukuran font berpengaruh signifikan terhadap keterbacaan. Kilpeläinen & Häkkinen (2023) juga menekankan pentingnya kontras warna dan bobot huruf dalam meningkatkan kecepatan membaca. Pada media ini, penggunaan font sans-serif memberikan tampilan yang bersih dan jelas. Meski beberapa slide masih padat teks, secara keseluruhan keterbacaan materi sudah sangat baik.

Aspek Isi

Pada kriteria ketujuh yaitu kesesuaian materi dengan capaian pembelajaran dan tujuan pembelajaran. Hasil validasi menunjukkan nilai CVR 0,99, menandakan bahwa materi telah sesuai dengan kurikulum dan memenuhi standar kelayakan isi. Tujuan pembelajaran yang jelas dengan kata kerja operasional memang diperlukan sebagai dasar perancangan strategi dan media pembelajaran (Batubara, 2020). Selaras dengan prinsip *curriculum alignment*, kesesuaian materi dengan CP dan TP memastikan alur instruksional berjalan terarah. Maulani & Merliana (2024) menegaskan bahwa bahan ajar yang selaras dengan CP menghasilkan proses belajar yang lebih efektif dan terukur. Kurikulum Merdeka juga menekankan penyusunan materi berbasis CP agar kompetensi esensial dapat dicapai secara sistematis. Dengan demikian, kesesuaian materi dalam media ini menunjukkan bahwa produk telah mendukung pencapaian kompetensi secara langsung dan valid secara kurikuler.

Pada kriteria kedelapan yaitu variasi penyajian, seluruh validator memberikan skor 4 dengan CVR hitung 0,99 yang berarti valid. Penggunaan kombinasi teks, gambar, dan video dinilai telah membantu peningkatan pemahaman siswa karena menyajikan informasi secara interaktif. Variasi penyajian multimedia mendorong aktivitas belajar yang lebih dinamis dan memfasilitasi gaya belajar beragam. Selain itu, penggunaan multimedia interaktif terbukti meningkatkan motivasi dan partisipasi siswa (Rahman et al., 2024). Presentasi multimodal juga mendukung pemrosesan kognitif dengan memberikan stimulus visual dan auditori secara seimbang. Dengan variasi penyajian yang tepat, media dapat memperkuat aksesibilitas dan daya tarik pembelajaran. Hal ini menunjukkan bahwa media telah memenuhi prinsip desain pembelajaran modern yang adaptif dan responsif terhadap kebutuhan peserta didik.

Pada kriteria kesembilan yaitu materi disajikan dengan runtut dan jelas. Nilai CVR sebesar 0,99 menunjukkan bahwa penyajian materi dinilai sistematis dan valid oleh para validator. Alur materi yang tersusun dari pengantar bioteknologi hingga hasil filogenetik memudahkan siswa memahami informasi secara bertahap. Penyajian yang runtut juga menghindarkan kebingungan karena peserta didik menerima konsep secara berurutan dan terstruktur. Penyusunan materi berbasis sumber ilmiah yang valid meningkatkan kredibilitas akademik dan mendukung pencapaian tujuan pembelajaran. Hal ini sejalan dengan temuan Lewar et al. (2025) yang menyatakan bahwa struktur materi yang ilmiah dan sistematis memperkuat kualitas instruksional. Dengan demikian, media telah menunjukkan penyusunan isi yang konsisten, logis, dan selaras dengan standar pedagogis.

Pada kriteria kesepuluh yaitu materi mudah dimengerti, ringkas, dan menarik. Nilai CVR 0,99 menegaskan bahwa materi telah memenuhi prinsip kejelasan dan ringkas sesuai teori *Cognitive Load*. Materi yang sederhana dan tidak bertele-tele dapat mengurangi *extraneous load*, sehingga memudahkan siswa memproses konten inti. Hadi (2022) menyatakan bahwa e-modul berbasis CLT efektif karena menyajikan informasi secara efisien dan tidak membebani memori kerja. Suhaeniah & Subaidi (2024) menambahkan bahwa penyederhanaan konten instruksional merupakan kunci pengurangan beban kognitif. Pendekatan multisensorik visual-auditori yang terbukti efektif oleh Wasi et al. (2025) juga mendukung pemahaman dengan tetap mempertahankan kesederhanaan tampilan. Oleh karena itu, materi dalam media ini dinilai mampu menjaga keseimbangan antara ringkas, jelas, dan tetap menarik bagi siswa.

Penyederhanaan materi dalam media ini perlu dibedakan dari penyederhanaan fakta ilmiah. Penyederhanaan dilakukan pada cara penyajian informasi agar sesuai dengan karakteristik peserta didik kelas X Fase E, sedangkan substansi dan kebenaran konsep sains tetap dipertahankan. Informasi ilmiah yang kompleks disajikan secara bertahap melalui kombinasi teks singkat, gambar, diagram, dan visualisasi sehingga siswa dapat memusatkan perhatian pada informasi utama. Dengan cara tersebut, hasil penelitian digunakan sebagai konteks pembelajaran tanpa menghilangkan makna ilmiah dari data yang disajikan.

Pada kriteria kesebelas yaitu informasi tentang karakterisasi BAL. Penilaian validator menghasilkan CVR 0,99, menunjukkan bahwa konten penelitian yang disajikan telah relevan dan memberikan wawasan baru. Penyajian karakterisasi BAL, termasuk *Ligilactobacillus acidipiscis*, memperkaya materi dengan konteks ilmiah dan lokal. Informasi kontekstual semacam ini dapat meningkatkan pengalaman belajar karena siswa dapat menghubungkan konsep bioteknologi dengan fenomena nyata. Harahap (2025) menegaskan bahwa literasi kontekstual meningkatkan keterlibatan peserta didik ketika materi dikaitkan dengan realitas budaya atau lingkungan sekitar. Integrasi konten penelitian murni juga menambah nilai akademik dan otentisitas materi pembelajaran. Dengan demikian, kriteria ini menunjukkan bahwa media memiliki kekuatan dalam penyampaian informasi ilmiah yang relevan dan bermakna.

Pada penyajian informasi filogenetik, penyederhanaan diterapkan pada aspek interpretasi data tanpa mengubah hasil hubungan kekerabatan yang diperoleh. Pohon filogenetik digunakan sebagai representasi visual untuk membantu peserta didik memahami pemanfaatan data biologis dalam mengidentifikasi hubungan kekerabatan antarmikroorganisme. Penyajian difokuskan pada kemampuan peserta didik dalam menginterpretasikan pola percabangan dan kedekatan kekerabatan, sedangkan tahapan teknis analisis molekuler dan komputasi filogenetik yang tidak berkaitan langsung dengan tujuan pembelajaran disajikan secara terbatas. Dengan demikian, penyajian data filogenetik tetap mempertahankan substansi dan makna ilmiah hasil penelitian, sekaligus menyesuaikan kedalaman materi dengan karakteristik dan kompetensi peserta didik kelas X Fase E.

Pada kriteria kedua belas yaitu soal evaluasi sesuai untuk mengukur pemahaman peserta didik. Hasil validasi menunjukkan nilai CVR 0,99, yang menandakan bahwa soal evaluasi telah sesuai dengan jenjang SMA dan mampu mengukur pemahaman siswa secara tepat. Evaluasi yang efektif harus selaras dengan tujuan pembelajaran agar kompetensi siswa dapat diukur secara valid dan relevan. Pendekatan *assessment for learning* (AfL) menekankan pentingnya asesmen formatif digital karena dapat memberikan umpan balik konstruktif dan segera, sehingga membantu guru menyesuaikan strategi pengajaran. Penelitian Yuliyanti & Fajar (2025) menunjukkan bahwa kuis digital dan formulir online

meningkatkan partisipasi siswa serta memberikan umpan balik instan untuk memperbaiki proses belajar. Selaras dengan itu, Teibang et al. (2025) menemukan bahwa umpan balik cepat setelah asesmen mampu meningkatkan pemahaman konsep secara signifikan. Selain itu, Rokhmawati (2024) menegaskan bahwa evaluasi formatif yang terstruktur dan berfokus pada capaian pembelajaran tidak hanya mengukur pemahaman, tetapi juga berfungsi sebagai instrumen diagnostik yang memperkuat kompetensi siswa.

Pada kriteria ketiga belas yaitu jumlah slide sesuai alokasi waktu. Nilai CVR 0,99 menunjukkan bahwa media telah dinilai valid meskipun beberapa validator memberi saran penyesuaian jumlah slide. Peneliti melakukan pengurangan slide untuk menyesuaikan durasi agar kegiatan belajar tidak melebihi waktu pembelajaran. Naegle (2021) menekankan bahwa rata-rata durasi ideal penyampaian materi adalah sekitar satu menit per slide, sehingga pengaturan jumlah slide menjadi faktor penting untuk menjaga efektivitas penyampaian. Harahap (2025) menyatakan bahwa keteraturan penyajian dan pengelolaan durasi merupakan faktor penting dalam keberhasilan pembelajaran. Penyesuaian ini memastikan bahwa siswa dapat mengikuti materi tanpa merasa terburu-buru. Dengan demikian, jumlah slide yang digunakan telah memenuhi kebutuhan pembelajaran dan selaras dengan waktu yang tersedia.

Aspek Bahasa

Pada kriteria keempat belas yaitu bahasa sesuai kaidah PUEBI. Nilai CVR 0,99 menunjukkan bahwa penggunaan bahasa dalam media telah dinilai valid dan mengikuti aturan penulisan baku. Penerapan kaidah PUEBI memastikan ejaan, tanda baca, dan tata tulis tersusun tepat sehingga informasi mudah dipahami dan tidak menimbulkan ambiguitas. Kepatuhan terhadap kaidah ini juga menjadi indikator bahwa bahan ajar memenuhi standar akademik yang diperlukan dalam penyusunan media pendidikan. Temuan Pertiwi et al. (2024) menunjukkan bahwa kesalahan ejaan atau tanda baca dalam bahan ajar digital dapat menyebabkan miskonsepsi dan menurunkan pemahaman peserta didik. Dengan demikian, bahasa yang digunakan dalam media ini telah memenuhi standar kebahasaan yang baik. Hal ini menjadikan media lebih layak digunakan karena mampu menyampaikan pesan secara jelas dan akurat sesuai kebutuhan pembelajaran.

Pada kriteria kelima belas yaitu, kalimat sesuai struktur bahasa Indonesia. Skor validasi dengan CVR 0,99 menunjukkan bahwa kalimat dalam media disusun secara efektif, komunikatif, dan tidak berbelit-belit. Struktur kalimat yang baik meminimalkan kesalahan interpretasi siswa dan memastikan informasi diterima secara jelas. Kalimat yang disusun sesuai pola SPOK serta memenuhi prinsip efektivitas merupakan syarat penting agar materi dapat tersampaikan secara utuh. Murod et al. (2021) menemukan bahwa struktur kalimat yang runtut dan efektif meningkatkan daya serap materi secara signifikan. Selain itu, Husain et al. (2024) menegaskan bahwa penerapan ejaan dan tata bahasa yang benar mendukung literasi siswa serta menjaga kejelasan pesan. Dengan demikian, struktur kalimat dalam media ini telah memenuhi standar kebahasaan yang mendukung pemahaman peserta didik secara optimal.

Pada kriteria terakhir yaitu kalimat tidak menimbulkan penafsiran ganda atau menyinggung unsur SARA. Nilai CVR 0,99 menunjukkan bahwa seluruh validator menilai bahasa dalam media bebas dari ambiguitas maupun unsur SARA, sehingga aman digunakan dalam konteks pembelajaran. Bahasa yang netral dan inklusif penting untuk menciptakan suasana belajar yang adil dan nyaman bagi semua peserta didik. Dalam teori pendidikan inklusif, Suciati & Umayu (2025) menekankan bahwa penggunaan bahasa yang sensitif gender dan sosial dapat membangun budaya kesetaraan di ruang kelas. Panjaitan et al. (2025) juga menyebutkan bahwa literasi sosial dan bahasa inklusif merupakan bagian dari upaya

menciptakan keadilan dalam pendidikan nasional. Oleh sebab itu, penggunaan bahasa yang menghormati keberagaman suku, agama, dan ras dalam media ini berperan penting dalam mendukung pendidikan karakter yang berkeadilan. Media ini dinilai telah mematuhi prinsip tersebut sehingga layak digunakan dalam pembelajaran inklusif.

Masukan para ahli yang terlibat dalam proses validasi media pembelajaran menjadi landasan utama dalam penyempurnaan desain, konten, serta kualitas penyajiannya. Seluruh saran tersebut dapat dijelaskan secara ilmiah melalui prinsip-prinsip teori beban kognitif dan teori pembelajaran multimedia yang menekankan pentingnya penyajian materi secara terstruktur, ringkas, dan sesuai dengan karakteristik peserta didik.

Salah satu masukan penting berkaitan dengan penyesuaian jumlah slide agar sejalan dengan durasi pembelajaran. Hal ini sejalan dengan temuan dalam *Cognitive Load Theory* yang menunjukkan bahwa penyajian materi secara berlebihan dalam satu sesi dapat meningkatkan *extraneous cognitive load*, sehingga menghambat proses pengolahan informasi. Penelitian Sari et al. (2025) menegaskan bahwa penyederhanaan konten dan pengaturan waktu penyampaian berkontribusi signifikan terhadap efektivitas proses belajar. Masukan lainnya menekankan perlunya perumusan tujuan pembelajaran dengan menggunakan kata kerja operasional. Prinsip tersebut sejalan dengan panduan perumusan tujuan pembelajaran modern yang menekankan indikator yang terukur sehingga memudahkan pelaksanaan evaluasi dan analisis pencapaian belajar (Rahmawati et al., 2024b).

Temuan ini diperkuat oleh Yohanes & Lusbiantoro (2019) yang menyatakan bahwa tanda visual berfungsi sebagai pemandu kognitif yang membantu siswa memfokuskan perhatian pada informasi utama. Saran berikutnya mencakup penambahan keterangan pada gambar hasil pengamatan. Integrasi antara teks dan visual dipandang perlu untuk mencegah *split-attention effect*, yaitu kondisi ketika perhatian peserta didik terpecah karena informasi visual dan tekstual tidak terpadu. Sari et al. (2025) menegaskan bahwa penggabungan keduanya merupakan strategi efektif untuk menekan beban kognitif berlebih sekaligus meningkatkan kejelasan makna.

Selain itu, penggunaan animasi interaktif pada video pembelajaran direkomendasikan sebagai pengganti narasi panjang. Penelitian mutakhir dalam bidang multimedia learning menunjukkan bahwa animasi interaktif tidak hanya meningkatkan keterlibatan peserta didik, tetapi juga memfasilitasi terbentuknya *germane cognitive load*, yaitu beban kognitif positif yang mendukung penguatan skema pengetahuan. Kajian internasional terbaru, termasuk penelitian Twabu (2025), juga menegaskan bahwa konten visual yang adaptif dan interaktif mampu meningkatkan efektivitas pembelajaran secara signifikan.

Pada aspek evaluasi, direkomendasikan penggunaan soal pilihan ganda dengan lima opsi jawaban. Model ini dinilai mampu meningkatkan kualitas instrumen penilaian dan mengurangi peluang jawaban tebak, sehingga lebih sesuai dengan kompleksitas kognitif peserta didik tingkat SMA. Rekomendasi tersebut sejalan dengan prinsip evaluasi modern yang menekankan bahwa instrumen penilaian harus menantang, proporsional, dan terukur. Hal ini relevan dengan prinsip evaluasi dalam penelitian oleh Rahmawati et al. (2024) yang menekankan pentingnya evaluasi yang menantang namun terukur. Penyederhanaan teks slide menjadi poin-poin utama serta penggunaan animasi transisi yang proporsional juga menjadi perhatian penting. Penelitian sistematis menunjukkan bahwa tampilan visual yang sederhana dan informasi yang dipadatkan mampu mengurangi beban kognitif ekstrinsik serta meningkatkan fokus siswa pada inti materi. Desain yang ringkas dan interaktif ini turut memperkuat efektivitas media pembelajaran berbasis multimedia sebagaimana dijelaskan oleh Yohanes & Lusbiantoro (2019).

KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan media *powerpoint* interaktif materi bioteknologi yang dikembangkan melalui tiga tahapan model ADDIE, yaitu *Analysis, Design, dan Development*. Hasil analisis kebutuhan menunjukkan bahwa guru dan siswa membutuhkan media pembelajaran yang lebih interaktif dan relevan dengan potensi lokal untuk mengatasi kesulitan memahami konsep bioteknologi yang bersifat abstrak. Proses validasi yang melibatkan lima validator menghasilkan nilai CVR 0,99 pada seluruh 16 kriteria, sehingga media dinyatakan valid pada aspek format, isi, dan bahasa. Temuan ini mengindikasikan bahwa desain visual, kualitas gambar, kejelasan navigasi, kesesuaian materi dengan capaian pembelajaran, integrasi data penelitian BAL, dan struktur bahasa telah memenuhi standar kelayakan media pembelajaran. Selain itu, pemanfaatan elemen interaktif seperti navigasi tombol, animasi, serta kuis evaluatif menunjukkan bahwa media mampu meningkatkan keterlibatan siswa dan memperkaya pengalaman belajar. Dengan demikian, *powerpoint* interaktif yang dikembangkan dinyatakan valid dan layak digunakan sebagai media pembelajaran bioteknologi kelas X berdasarkan hasil validasi ahli.

Revisi yang dilakukan berdasarkan masukan validator turut meningkatkan efektivitas media melalui penyesuaian jumlah slide, perbaikan tujuan pembelajaran, penambahan keterangan pada gambar, penyederhanaan teks, serta penggantian video dengan animasi interaktif. Integrasi potensi lokal berupa cincalok juga memperkaya konteks pembelajaran sehingga relevan dengan lingkungan siswa. Dengan demikian, *powerpoint* interaktif yang dikembangkan dinyatakan sangat layak digunakan dan berpotensi meningkatkan pemahaman konsep siswa pada materi bioteknologi sekaligus mendukung penerapan pembelajaran yang adaptif, kontekstual, dan berbasis teknologi.

DAFTAR PUSTAKA

- Afixt. (2022). *Color Contrast and Readability: The Cornerstones of Accessible Design*. Afixt Blog. <https://afixt.com/color-contrast-and-readability-the-cornerstones-of-accessible-design/>
- Arya, N., Saraswat, S., & Lal, S. P. (2023). Understanding the assessment methods for readability and legibility in typography: A systematic review. *Biological Forum – An International Journal*, 15(June), 919–926. <https://www.researchgate.net/publication/384241495%0AUnderstanding>
- Astutik, S. (2021). Penggunaan media video pembelajaran dan power point dalam mata pelajaran Tik kelas Vii di Smp Negeri 1 Guruh. *Science, Engineering, Education, and Development Studies (SEEDS): Conference Series*, 4(2), 80–86. <https://doi.org/10.20961/seeds.v4i2.56735>
- Azizah, N., & Syarifah. (2021). Desain pembelajaran ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation) e-Learning pada materi sejarah kebudayaan islam. *Jurnal Pendidikan Islam*, 12(2), 109–120. <https://doi.org/10.22236/jpi.v12i2.7934>
- Batubara, H. H. (2020). *Tips dan trik merancang media visual*. November. https://www.researchgate.net/profile/Hamdan-Batubara/publication/346496273_Tips_dan_Trik_Merancang_Media_Visual/links/5fc5274c92851c301296a78d/Tips-dan-Trik-Merancang-Media-Visual.pdf
- Daulay, S. N., Pristiwati, R., Semarang, U. N., Studi, P., & Indonesia, B. (2022). Rekonstruksi media power point dalam pembelajaran teks prosedur. *ASAS:JURNAL SASTRA*, 11(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.24114/ajs.v11i1.31861>
- Dinisa Putri, B. E., Azmi, S., Primajati, G., & Baidowi. (2023). Pengembangan media powerpoint interaktif untuk meningkatkan kemampuan komunikasi matematis siswa kelas VIII SMP. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Holistik (JIPH)*, 2(2), 197–216. <https://doi.org/10.55927/jiph.v2i2.3924>
- Goring, R. (2022). *Presentation design principles for better PowerPoint design*. 8 Th Feb 2022. <https://www.brightcarbon.com/blog/presentation-design-principles-better-powerpoint-design/>
- Hadi, W. (2022). *Pengembangan bahan ajar matematika berbasis cognitive load theory tipe worked*

- example berorientasi pada hasil belajar dan kepercayaan diri siswa* [Universitas Hamzanwadi]. [https://eprints.hamzanwadi.ac.id/5259/1/FULL SKRIPSI.pdf](https://eprints.hamzanwadi.ac.id/5259/1/FULL%20SKRIPSI.pdf)
- Harahap, A. A. (2025). Transformasi pembelajaran bahasa Indonesia di era kurikulum merdeka : kajian literatur kritis terhadap pendekatan literasi kontekstual. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 9(2), 17999–18007. <https://jptam.org/index.php/jptam/article/view/28828/19268>
- Harja, S. L., Nuranisa, S., & Hasbiyalloh, T. (2025). Development of video based learning media using the ADDIE model to enhance students ' understanding of OHS : a study at Universitas Pendidikan Indonesia. *Jurnal Pendidikan Multimedia (EDSENCE)*, 7(1), 49–60. <https://ejournal.upi.edu/index.php/Edsence>
- Husain, N., Hamzah, R. A., & Dwisaputri, R. (2024). Pengajaran tata bahasa dan ejaan bahasa Indonesia di SD. *Jurnal Pendidikan Bahasa*, 14(2), 49–56. <https://doi.org/10.37630/jpb.v14i2.2101>
- Inui, T., Oh, S., & Kuan, M. (2025). Seeing like a designer without one : a study on unsupervised slide quality assessment via designer cue augmentation. *ArXiv Preprint ArXiv:2508.19289*. <https://arxiv.org/pdf/2508.19289>
- Khaerunnisa, F., Sunarjan, Y., & Tri Atmaja, H. (2021). The effect of the use of powerpoint media on the interest in learning history of class X students of SMA Negeri 1 Bumiayu. *Indonesian Journal of History Education* 2021:, 6(1), 39–52. <https://journal.unnes.ac.id/>
- Kilpeläinen, M., & Häkkinen, J. (2023). An effective method for measuring text legibility in XR devices reveals clear differences between three devices. *September*, 1–11. <https://doi.org/10.3389/frvir.2023.1243387>
- Lawshe, C. H. (1975). A quantitative approach to content validity. *Personnel Psychology*, 28(4), 563–575. <https://doi.org/10.1111/j.1744-6570.1975.tb01393.x>
- Lewar, A. K., Sada, M., & Bulan, S. (2025). Pengembangan video pembelajaran materi sistem imun untuk siswa kelas xi SMA. *Jurnal Inovasi Pembelajaran Biologi*, 7(September), 41–51. <https://journal.unesa.ac.id/index.php/jipb>
- Maenah, M., Taufiqulloh, T., & Sudibyo, H. (2024). Pengembangan media pembelajaran powerpoint interaktif untuk meningkatkan kompetensi profesional guru. *Journal of Education Research*, 5(3), 3272–3282. <https://doi.org/10.37985/jer.v5i3.1452>
- Maulani, A., & Merliana, A. (2024). Analisis keterpaduan pembelajaran dalam pembuatan modul ajar ipas kelas v sekolah dasar. *Jurnal Binagogik*, 11(2), 185–193. <https://ejournal.stkipbbm.ac.id/index.php/pgsd%0AAANALISIS>
- Meilani, M., Suyadi, & Nurdiasyah, N. (2022). Efektivitas penggunaan media gambar dalam pembelajaran. *Edukatif : Jurnal Ilmu Pendidikan*, 4(5), 7288. <https://edukatif.org/index.php/edukatif/index%0AEfektivitas>
- Murod, M., Utomo, S., & Utaminingsih, S. (2021). Efektivitas bahan ajar e-modul interaktif berbasis android untuk peningkatan pemahaman konsep lingkaran kelas VI SD. *Fenomena*, 20(2), 219–232. <https://doi.org/10.35719/fenomena>
- Naegle, K. M. (2021). Ten simple rules for effective presentation slides. *PLOS Computational Biology*, 17(12), 2–7. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PCBI.1009554>
- Panjaitan, M., Dinihari, Y., & Siburian, M. F. (2025). Pendidikan bahasa khusus dan literasi sosial sebagai pilar keadilan inklusif menuju Indonesia emas 2045. *Lingua Rima: Jurnal Pendidikan Bahasa Dan Sastra Indonesia*, 14(2), 351–365. <http://jurnal.umat.ac.id/index.php/lgrm>
- Peng, Y., & Pavel, A. (2021). Say It All : Feedback for Improving Non-Visual Presentation Accessibility. *In Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3411764.3445572>
- Pertiwi, A. B., Idmania, D., Pradana, O. S., Ciptarini, R., Gustami, M., Syafa, S. Z., Purwo, A., Utomo, Y., Ripai, A., Semarang, U. N., & Semarang, K. (2024). Analisis kesalahan berbahasa pada teks berita dalam platform digital Kompas edisi Desember 2023 sebagai alternatif membaca kritis siswa kelas. *Dinamika Pembelajaran : Jurnal Pendidikan Dan Bahasa*, 4, 84–105. <https://doi.org/https://doi.org/10.62383/dilan.v1i4.823>

- Pramesti, P. D., Dibia, I. K., & Ujianti, P. R. (2021). Media pembelajaran video berbasis power point. *Jurnal Pedagogi Dan Pembelajaran*, 4(2), 258. <https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/JP2/index>
- Putri, M. P. K. (2023). Pengembangan media power point interaktif untuk meningkatkan hasil belajar peserta didik sd kelas V. *Jpgsd*, 11(11), 2378–2387. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jurnal-penelitian-pgsd/article/view/58888/45841>
- Qolbi, F., Kartimi, & Rivianti, E. (2016). Penerapan pembelajaran berbasis sains budaya lokal ngarot untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa pada konsep plantae (studi eksperimen kelas X di SMA N 1 Lohbener). *Scientiae Educatia: Jurnal Pendidikan Sains*, 5(2), 105–121. <https://www.syekhnurjati.ac.id/jurnal/index.php/sceducatia/article/download/958/861>
- Rahayu, A. (2025). Metode penelitian dan pengembangan (R&D) : pengertian, jenis dan tahapan. *DIAJAR: Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran*, 4(3), 459–470. <https://doi.org/10.54259/diajar.v4i3.5092>
- Rahman, H., Faisal, M., & Syamsuddin, A. F. (2024). Meningkatkan motivasi belajar peserta didik melalui model pembelajaran problem based learning berbantuan multimedia interaktif. *Jurnal Pendidikan Dasar Dan Keguruan*, 9(1), 12–24. <https://doi.org/10.47435/jpdk.v9i1.2778>
- Rahmawati, A. D., Ardianzah, F., & Novitasari, P. (2024a). Penerapan Teori Beban Kognitif dalam Pengajaran. 4(04), 463–472.
- Rahmawati, A. D., Ardianzah, F., & Novitasari, P. (2024b). Penerapan teori beban kognitif dalam pengajaran matematika dalam mengurangi beban kognitif tak esensial. *Jurnal Jendela Pendidikan*, 4(04), 463–472. <https://www.ejournal.jendelaedukasi.id/index.php/JJP%0APenerapan>
- Rohmawati, A., Trisnani, N., & Sugiyanta, G. (2024). Pengembangan powerpoint interaktif sebagai media pembelajaran bangun datar di kelas IV sd. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Ke-SD-An*, 10(2), 129–138. <https://journal.ipw.ac.id/index.php/dikdastika/article/download/128/97>
- Rokhmawati, R. (2024). Peran evaluasi formatif dalam mendukung pembelajaran berbasis capaian pembelajaran. *Joedu: Journal of Basic Education*, 03(01). <https://ejournal.stitmiftahulmidad.ac.id/index.php/joedu>
- Sahara, A. I., & Adistana, G. A. Y. P. (2023). Pengembangan media pembelajaran interaktif berbasis articulate storyline 3 pada materi perhitungan volume pekerjaan pondasi dan sloof. *Jurnal Kajian Pendidikan Teknik Bangunan (JKPTB)*, 9(2), 1–11. <https://doi.org/10.26740/jkptb.v9i2.58587>
- Sari, F. F., Sudatha, I. G. W., Santoso, M. H., & Suartama, I. K. (2025). Mengurangi beban kognitif dalam pembelajaran matematika : tinjauan sistematis strategi dan intervensi pembelajaran. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Indonesia (JPPI)*, 5, 1630–1644. <https://doi.org/10.53299/jppi.v5i3.2190>
- Suciati, S., & Umayana, N. M. (2025). Constructing gender-sensitive culture through language learning. *Jurnal Pendidikan Indonesia*, 14(3), 513–523. <https://doi.org/10.23887/jpiundiksha.v14i3.93231>
- Suhaeniah, & Subaidi. (2024). Penerapan cognitive load theory dalam sistem pembelajaran. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 09. file:///C:/Users/USER/Downloads/559.+Suhaeniah_Belum+Kirim.pdf
- Surjono, H. D. (2017). *Multimedia Pembelajaran Interaktif* (1st ed.). UNY Press. https://sar.ac.id/stmik_ebook/prog_file_file/008OjKWccN.pdf
- Teibang, D., Misnawati, Junari, Ilham, & Luthfiyah. (2025). Evaluasi hasil asesmen melalui pemberian umpan balik dalam tes formatif sebagai tolak ukur hasil belajar siswa. *Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 8, 2236–2242. <https://doi.org/10.54371/jiip.v8i2.6836>
- Twabu, K. (2025). Enhancing the cognitive load theory and multimedia learning framework with AI insight. *Discover Education*. <https://doi.org/10.1007/s44217-025-00592-6>
- Wahidin. (2025). Pengembangan media pembelajaran visual untuk meningkatkan pemahaman konsep siswa. *Jurnal Ilmiah Edukatif*, 11(01), 285–295. <https://journal.iainsambas.ac.id/index.php/edukatif/article/download/3720/2698>
- Wasi, R. A., Ismail, S., Mulyadi, Y., & Rindiani, A. (2025). Integrasi cognitive load theory dan pembelajaran multisensorik: kerangka neuro-kognitif untuk optimalisasi pemahaman dan keterlibatan siswa di era digital. *Jurnal Ilmu Pendidikan Dan Psikologi*, 5(3), 1165–1177.

- <https://doi.org/10.51878/paedagogy.v5i3.6532>
- Yohanes, B., & Lusbianoro, R. (2019). Teori beban kognitif: elemen interaktivitas dalam pembelajaran matematika. *Jurnal Inovasi Pendidikan Dan Pembelajaran Matematika*, 5, 1–8.
<https://doi.org/10.52166/inspiramatika.v5i1.1477>
- Yuliyanti, E., & Fajar, W. N. (2025). Integrasi teknologi dalam asesmen formatif: inovasi pembelajaran ips abad ke-21 ekani. *Jurnal Inovasi Pendidikan Berbantuan Teknologi*, 5(2).
<https://jurnalp4i.com/index.php/edutech/article/view/5249>
- Zamsiswaya, Syawaluddin, & Syahrizul. (2024). Pengembangan odel ADDIE (analisis , design , development , implemetation , evaluation). *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 8, 46363–46369.
<https://jptam.org/index.php/jptam/article/view/22709>