ANWARUL
Jurnal Pendidikan dan Dakwah

e-ISSN : 2808-7895
p-ISSN : 2809-1043

Terindeks: Sinta 5, Copernicus, Dimensions, Scilit, Lens, Semantic, Garuda, Google, etc.

https://doi.org/10.58578/anwarul.v6i6.12735

Pengembangan Papan Edukasi Mikroskop Interaktif Berbasis AI untuk Materi Pewarnaan Sederhana Bakteri pada SMK

Development of an AI-Based Interactive Microscopy Teaching Board for Simple Bacterial Staining at SMK

Wefrina Maulini, Muhammad Irwan Padli Nasution, Solihah Titin Sumanti
UIN Sumatera Utara Medan
wefrina3009264001@uinsu.ac.id; irwannst@uinsu.ac.id

Submitted:	Revised:	Accepted:	Published:
Oct 10, 2026	Nov 8, 2026	Nov 19, 2026	Nov 24, 2026

Abstract

Artificial intelligence has been used to develop interactive learning media. Research on Gemini-based interactive microscope learning boards for teaching simple bacterial staining in vocational high schools remains limited. This study aimed to develop such a learning board for the Microbiological Analysis course and assess its validity and usability. This research and development study used the ADDIE model, which comprises five stages: analysis, design, development, implementation, and evaluation. The study involved 30 Grade 11 students in the *Analisis Pengujian Laboratorium* specialization and the Microbiological Analysis teacher at SMK Negeri 3 Medan. Data were collected using a student needs assessment questionnaire, validation forms for content and media experts, and usability questionnaires for the teacher and students. The learning board presents information and explains concepts through interactive visual components and allows students to explore the material independently with Gemini's assistance. The student needs assessment yielded a score of 92.4%. The content and media experts gave validation scores of 75.6% and 84.5%, respectively, with some sections of the content requiring minor revisions. The teacher and students gave usability scores of 75% and 86%, respectively. Based on these results, the learning board is suitable for use after minor content revisions and can serve as a practical alternative for teaching simple bacterial staining on smartphones, tablets, or computers.

Keywords: Microbiological Analysis; Gemini; Interactive Learning Media; Microscope Learning Board; Simple Bacterial Staining

Anwarul is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License

Abstrak: Kecerdasan buatan telah dimanfaatkan dalam pengembangan media pembelajaran interaktif. Kajian tentang papan edukasi mikroskop interaktif berbasis Gemini untuk materi pewarnaan sederhana bakteri di sekolah menengah kejuruan (SMK) masih terbatas. Penelitian ini bertujuan mengembangkan media tersebut untuk mata pelajaran Analisis Mikrobiologi serta menilai validitas dan kepraktisannya. Penelitian dan pengembangan ini menggunakan model ADDIE yang mencakup tahap analisis, perancangan, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Penelitian melibatkan 30 siswa kelas XI konsentrasi keahlian Analisis Pengujian Laboratorium dan guru mata pelajaran Analisis Mikrobiologi di SMK Negeri 3 Medan. Data dikumpulkan melalui angket analisis kebutuhan siswa, lembar validasi ahli materi dan ahli media, serta angket kepraktisan bagi guru dan siswa. Media ini menyajikan informasi dan penjelasan konsep melalui komponen visual interaktif serta memfasilitasi eksplorasi materi secara mandiri dengan bantuan Gemini. Skor analisis kebutuhan siswa mencapai 92,4%. Validasi oleh ahli materi dan ahli media menghasilkan skor masing-masing 75,6% dan 84,5%, dengan beberapa bagian materi memerlukan revisi minor. Penilaian kepraktisan oleh guru dan siswa menghasilkan skor masing-masing 75% dan 86%. Berdasarkan hasil tersebut, papan edukasi ini layak digunakan dengan revisi minor pada materi dan dapat menjadi alternatif media pembelajaran pewarnaan sederhana bakteri yang praktis digunakan melalui ponsel pintar, tablet, atau komputer.

Kata Kunci: Analisis Mikrobiologi; Gemini; Media Pembelajaran Interaktif; Papan Edukasi Mikroskop; Pewarnaan Sederhana Bakteri

PENDAHULUAN

Ketercapaian kompetensi pada Sekolah Menengah Kejuruan merupakan hal yang sangat dibutuhkan untuk bekerja pada bidang keahlian yang dituju. Pada mata pelajaran Analisis Pengujian Laboratorium, kompetensi Analisis Mikrobiologi tidak cukup hanya memahami konseptual, tetapi juga perlu pengembangan dalam keterampilan praktik yang presisi, kepatuhan terhadap Standar Operasional Prosedur, kesehatan dan keselamatan kerja (K3), serta kemampuan menganalisis hasil pengamatan praktik. Perkembangan teknologi saat ini menuntut kualitas tenaga kerja yang memiliki kompetensi yang terstandarisasi dan profesional di bidang Analisis Pengujian Laboratorium 2022).

Hasil asesmen awal terhadap peserta didik kelas XI Fase F, konsentrasi keahlian APL di SMK Negeri 3 Medan menunjukkan bahwa sebagian besar peserta didik belum memiliki pengetahuan dasar yang memadai mengenai mikroorganisme terutama bakteri. Selain itu, kemampuan mengoperasikan mikroskop secara mandiri dan sistematis masih beragam. Permasalahan yang ditemukan meliputi kesulitan mengenali bagian dan fungsi mikroskop, memahami urutan penggunaan alat, melakukan pemfokusan objek, serta mengikuti tahapan pengamatan preparat hasil pewarnaan sederhana bakteri. Kondisi tersebut berpotensi menimbulkan kesalahan prosedural yang dapat memengaruhi ketepatan hasil pengamatan, efektivitas pembelajaran praktik, dan keselamatan penggunaan peralatan laboratorium. Oleh

karena itu, diperlukan media pembelajaran yang dapat membantu peserta didik memahami konsep sekaligus mempelajari prosedur penggunaan mikroskop secara terstruktur.

Salah satu alternatif media yang dapat dikembangkan adalah Papan Edukasi Mikroskop Interaktif berbasis Gemini. Media ini dirancang dengan memanfaatkan Gemini AI untuk membantu penyajian materi secara sistematis dan interaktif. Materi yang disajikan meliputi bagian dan fungsi mikroskop, prosedur penggunaan, tahapan pemfokusan dari perbesaran rendah hingga tinggi, prosedur pengamatan preparat hasil pewarnaan sederhana bakteri, panduan untuk menghindari kesalahan penggunaan alat, serta kuis interaktif yang memungkinkan peserta didik berpartisipasi aktif dalam menjawab pertanyaan, memperoleh umpan balik, dan mengevaluasi pemahaman terhadap materi yang dipelajari. Media ini diharapkan dapat digunakan secara berulang sebagai pendukung pembelajaran sebelum dan selama kegiatan praktikum di laboratorium. Proses belajar mengajar pada era Society 5.0 ini diharapkan banyak muncul sebuah ide-ide inovatif dari para guru yang mana bertujuan agar peserta didik dapat nyaman dalam sebuah pembelajaran yang ada di sekolah (Paputungan et al., 2022).

Perkembangan teknologi pendidikan telah membuka peluang bagi guru untuk membuat media pembelajaran yang lebih interaktif dan berpusat pada siswa (Kusmartini, 2026). Media pembelajaran merupakan alat bantu yang digunakan untuk merangsang pikiran, perasaan, perhatian, dan keterampilan peserta didik sehingga proses pembelajaran dapat berlangsung lebih efektif. Istilah media berasal dari bahasa Latin *medius*, yang berarti perantara atau pengantar (Rilva et al., 2024). Perkembangan teknologi kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*/AI) telah memberikan peluang besar dalam pendidikan, terutama untuk meningkatkan efisiensi dan kreativitas guru dalam pembuatan bahan ajar digital (Baso Kaswar et al., 2025).

Penggunaan media pembelajaran bertujuan untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi proses pembelajaran serta mendukung pengembangan pengetahuan peserta didik secara optimal. Dengan demikian, pemilihan dan pengembangan media perlu mempertimbangkan karakteristik materi, kebutuhan peserta didik, serta kompetensi yang hendak dicapai.

Pengembangan media tersebut menggunakan model desain pembelajaran ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*) dimana pada tahapan analisis dilakukan analisis kebutuhan (*needs assesment*), kemudian pada tahapan desain dilakukan

perancangan media yang dibutuhkan berdasarkan identifikasi kebutuhan siswa, dilanjutkan dengan tahapan *development* untuk mewujudkan perencanaan media yang akan dihasilkan sebagai produk dan dilakukan validasi serta revisi, berlanjut lagi ke tahapan implementasi dimana produk digunakan langsung pada guru dan siswa, serta tahapan evaluasi dimana produk direvisi sesuai saran dan masukan dari pengguna yaitu guru beserta siswa. ADDIE adalah salah satu model pembelajaran yang sifatnya lebih generik (Branch, 2009).

Kebaruan penelitian ini terletak pada pengembangan papan edukasi mikroskop interaktif yang mengintegrasikan teknologi kecerdasan buatan Gemini dengan materi pewarnaan sederhana bakteri dalam pembelajaran Analisis Mikrobiologi di SMK. Media ini dirancang untuk pengenalan bagian dan fungsi mikroskop, prinsip pembesaran, panduan pengoperasian dan pemfokusan mikroskop, pemahaman prosedur pewarnaan sederhana, serta eksplorasi konsep melalui interaksi berbantuan Gemini dalam satu media pembelajaran yang terstruktur. Integrasi tersebut diharapkan dapat mendukung siswa dalam memahami konsep mikrobiologi dan mempelajari prosedur penggunaan mikroskop secara bertahap. Berbeda dari media yang hanya menyajikan informasi visual atau simulasi penggunaan mikroskop, produk ini diarahkan untuk menghubungkan papan edukasi sebagai sarana belajar dengan dukungan AI untuk eksplorasi dan pendalaman materi. Penerapan AI dalam pendidikan terus membuka peluang inovasi pembelajaran baru (Zhang & Aslan, 2021). Perkembangan Kecerdasan Buatan (AI) telah mentransformasi praktik pembelajaran secara global (Alhiane & Nafidi, 2026).

Kebaruan produk selanjutnya akan ditelaah melalui perbandingan dengan penelitian terdahulu serta pengujian kelayakan dan kepraktisan media dalam konteks pembelajaran vokasi.

Tujuan penelitian : 1. Menganalisis kebutuhan pembelajaran, 2. Mengembangkan media papan edukasi mikroskop interaktif pada pewarnaan sederhana bakteri, 3. Mengetahui kelayakannya sebagai media pembelajaran, 4. Mengetahui kepraktisan media saat digunakan oleh guru dan siswa.

METODE

Jenis penelitian ini adalah penelitian dan pengembangan (R & D). Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan media pembelajaran interaktif, mengetahui kelayakan dan

kepraktisan media Papan Edukasi Mikroskop Interaktif pada materi pembelajaran pewarnaan sederhana bakteri.

Model pengembangan media pembelajaran yang digunakan pada penelitian ini adalah ADDIE (*analysis, design, development, implementation, evaluation*). Penelitian pengembangan adalah upaya untuk mengembangkan dan menghasilkan suatu produk berupa materi, media, alat dan atau strategi pembelajaran, digunakan untuk mengatasi pembelajaran di kelas/laboratorium, dan bukan untuk menguji teori. Pengertian yang hampir sama juga dikemukakan oleh Borg & Gall (1983) bahwa, penelitian pengembangan adalah usaha untuk mengembangkan dan memvalidasi produk-produk yang akan digunakan dalam pendidikan. Seel & Richey (1994) juga memberikan pengertian bahwa, pengembangan adalah proses penerjemahan spesifikasi desain ke dalam bentuk fisik. Model ADDIE menyediakan proses yang sistematis, mulai dari menganalisis kebutuhan siswa, merancang konten, mengembangkan media, menerapkannya di kelas, dan mengevaluasi efektivitas pembelajaran (Arjo et al., 2026).

Penelitian dilaksanakan di SMK Negeri 3 Medan pada peserta didik kelas XI Konsentrasi Keahlian Analisis Pengujian Laboratorium (APL). Subjek penelitian terdiri atas siswa yang mengikuti pembelajaran Analisis Mikrobiologi sebanyak 30 orang.

Validator produk melibatkan ahli yang memiliki kompetensi sesuai dengan bidang pengembangan, yaitu ahli materi (bidang keahlian biologi), ahli media(bidang keahlian koding dan kecerdasan artifisial) dan praktisi/guru bidang keahlian (guru mikrobiologi). Uji coba produk dilakukan secara bertahap kepada peserta didik untuk mengetahui kepraktisan, keterterapan, dan efektivitas awal media yang dikembangkan.

Prosedur pengembangan ADDIE dilakukan dengan tahapan dan kegiatan pengembangan seperti tabel berikut :

Tabel *1* Tahap dan Kegiatan Pengembangan ADDIE

Tahap	Kegiatan Pengembangan
Analysis	Analisis kebutuhan pembelajaran, karakteristik peserta didik, karakteristik mata pelajaran (materi dan kurikulum), dan fasilitas laboratorium (sarana dan prasarana).
Design	Merancang konsep media (rancangan awal atau blueprint media), materi, aktivitas interaktif, dan instrumen penelitian (validasi ahli dan kepraktisan).
Development	Membuat prototype papan edukasi, menyusun konten, membuat infografis, validasi ahli, revisi produk, dan uji coba terbatas.
Implementation	Menerapkan produk dalam pembelajaran analisis mikrobiologi pada siswa kelas XI APL, pengisian angket kepraktisan oleh guru dan peserta didik, dan observasi penggunaan.

Tahap	Kegiatan Pengembangan
Evaluation	Menganalisis validitas, kepraktisan, keterlaksanaan, penguasaan konsep, keterampilan praktik, dan masukan pengguna untuk menentukan revisi akhir (penyempurnaan produk akhir).

Sumber : Data Primer

Tabel 1 menjelaskan tentang kegiatan pengembangan yang dilakukan pada pengembangan media pembelajaran Papan Edukasi Mikroskop Interaktif dengan tahapan ADDIE.

Instrumen penelitian beserta variabelnya dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel *2* Variabel dan Sumber Data dari Instrumen Penelitian

Variabel/Aspek	Instrumen	Sumber Data
Analisis kebutuhan peserta didik	Angket identifikasi kebutuhan pembelajaran	Siswa
Validitas materi	Lembar validasi ahli materi	Ahli materi
Validitas media	Lembar validasi ahli media	Ahli media
Kepraktisan	Angket respons siswa dan guru	Siswa/guru

Sumber : (Sugiyono, 2019)

Tabel 2 menunjukkan sumber data yang diperoleh dari setiap instrumen penelitian sesuai variabel/aspek yang dibutuhkan.

Teknik analisis data analisis kebutuhan pembelajaran peserta didik menggunakan perhitungan persentase dari skor setiap aspek dengan rumus :

P = (Skor yang diperoleh ÷ Skor maksimal) × 100%

Aspek yang diidentifikasi pada data analisis kebutuhan pembelajaran peserta didik adalah pemahaman awal peserta didik, penguasaan konsep mikroskop, keterampilan prosedural, kesulitan belajar, ketersediaan sarana dan waktu praktik, penggunaan media pembelajaran, kebutuhan media dan penerimaan teknologi, keselmatan kerja laboratorium, dan harapan terhadap media papan edukasi mikroskop interaktif. Data perhitungan persentase, lalu dilanjutkan menghitung reabilitas Cronbach (1951) dengan rumus :

$$r_{11} = \left(\frac{k}{k-1}\right)\left(1 - \frac{\sum \sigma_b^2}{\sigma_t^2}\right)$$

Dimana ;

r_{11} = Koefisien reliabilitas Alpha

k = Jumlah butir pertanyaan

$\sum\sigma_b^2$ = Jumlah varian butir

σ_t^2 = Varian total

Kriteria Penilaian Cronbach Alpha :

Nilai Cronbach Alpha berkisar antara 0 hingga 1. Secara umum, kategori interpretasi nilai reliabilitas adalah sebagai berikut:

- **> 0,90:** Reliabilitas sempurna / luar biasa
- **0,70 – 0,90:** Reliabilitas tinggi
- **0,50 – 0,70:** Reliabilitas moderat / sedang
- **≤ 0,50:** Reliabilitas rendah

Reliabilitas Cronbach (Cronbach's Alpha) adalah ukuran statistik untuk menguji konsistensi internal dari suatu instrumen pengukuran, seperti kuesioner atau angket. Uji ini menunjukkan sejauh mana butir-butir (item) pertanyaan saling berkaitan dan menghasilkan skor yang stabil apabila diukur secara berulang (Krisnawati et al., 2024).

Data validasi dan kepraktisan dianalisis menggunakan persentase:

$$\mathbf{P = (skor\ diperoleh / skor\ maksimum) \times 100\%.}$$

Kriteria kategori ditetapkan sesuai skala yang digunakan dalam instrumen. Kriteria keberhasilan dari data validasi ahli (materi dan media) dan kepraktisan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel *3* Kriteria Keberhasilan Validasi dan Kepraktisan

Aspek	Kriteria yang Disarankan
Validitas	Produk minimal berada pada kategori valid sesuai kriteria persentase instrumen.
Kepraktisan	Produk minimal berada pada kategori praktis berdasarkan respons pengguna.

Sumber : Data primer

Tabel 3 menjelaskan kriteria keberhasilan dari validitas dan kepraktisan produk yang diuji.

Validitas isi untuk penelitian pengembangan papan edukasi interaktif pewarnaan sederhana dihitung dengan rumus (Aiken, 1985);

$$V = \sum_S / [n(c-1)]$$

Keterangan : V = koefisien validitas; s = r − l_0; r = skor yang diberikan ahli; l_0 = skor terendah pada skala; n = jumlah ahli; c = skor tertinggi pada skala.

Kriteria / Interpretasi Nilai Aiken's V

Rentang nilai Aiken's V berada di antara 0 hingga 1:

- V > 0,80 atau V ≥ 0,75 : Validitas tinggi.
- 0,40 - 0,80 : Validitas sedang.
- V < 0,40 atau V < 0,6 : Validitas rendah / perlu direvisi.

Aiken's V merupakan metode yang sering digunakan untuk mengukur validitas isi, terutama dalam pengembangan instrumen penelitian seperti kuesioner atau tes . Validitas isi dilakukan untuk memeriksa sejauh mana isi dari suatu instrumen dapat mengukur apa yang seharusnya diukur (An Nabil et al., 2022).

HASIL

Hasil persentase analisis kebutuhan pembelajaran sebesar 92,4% dengan nilai reliabilitas Cornbach 0,91(> 0,9) menunjukkan bahwa pembelajaran penggunaan mikroskop dan teknik pewarnaan sederhana pada siswa SMK Negeri 3 Medan, konsentrasi keahlian Analisis Pengujian Laboratorium (APL) masih menghadapi beberapa kendala, terutama dalam memahami bagian dan fungsi mikroskop, prinsip penggunaan, serta keterampilan melakukan pengamatan preparat secara tepat.

Adapun aspek yang dianalisis beserta indikatornya dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel *4* Kisi-kisi angket analisis kebutuhan

No.	Aspek yang Dianalisis	Indikator
1	Kebutuhan pembelajaran	Metode, media, kesulitan belajar, kebutuhan media interaktif dan AI
2	Karakteristik peserta didik	Pengetahuan awal, keterampilan mikroskop, gaya belajar, motivasi, literasi digital
3	Karakteristik mata pelajaran	Materi, kompetensi, prosedur praktikum, kurikulum, keselamatan kerja
4	Fasilitas laboratorium	Mikroskop, alat dan bahan, media pembelajaran, perangkat digital, sarana prasarana

Sumber : Data primer

Tabel 4 menjelaskan indikator yang digunakan pada setiap aspek yang dianalisis untuk dasar pembuatan media, seperti kebutuhan pembelajaran, karakteristik peserta didik, mata pelajaran, dan sarana prasarana laboratorium.

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan tersebut, tujuan pertama dari penelitian ini yaitu mengembangkan media pembelajaran yang dapat membantu guru dan siswa pada mata pelajaran analisis mikrobiologi, khususnya materi pewarnaan sederhana telah terlaksana.

Pada tahap desain, produk dirancang dengan memasukkan prompt pada aplikasi Gemini AI, terdiri atas lima bagian panel, dan memuat capaian pembelajaran sesuai Surat Keputusan BSKAP Nomor 046/H/KR/2025 dan tujuan pembelajaran sesuai turunan dari capaian pembelajaran dengan bagian materi pewarnaan sederhana; konsep dan glosarium; prosedur dan K3LH; laboratorium virtual; dan kuis evaluasi. Alur isi produk mengikuti kebutuhan penggunaan mikroskop dan pengamatan pewarnaan mikroba.

Tabel *5* Hasil Validasi Produk

Validator	Skor Diperoleh	Skor Maksimum	Persentase	Kategori
Ahli materi	79	104	75,96%	Layak
Ahli media	71	84	84,52%	Layak

Sumber : Data primer

Tabel 5 menunjukkan hasil validasi yang diperoleh dari ahli materi dan media dengan persentase yang dikategorikan layak.

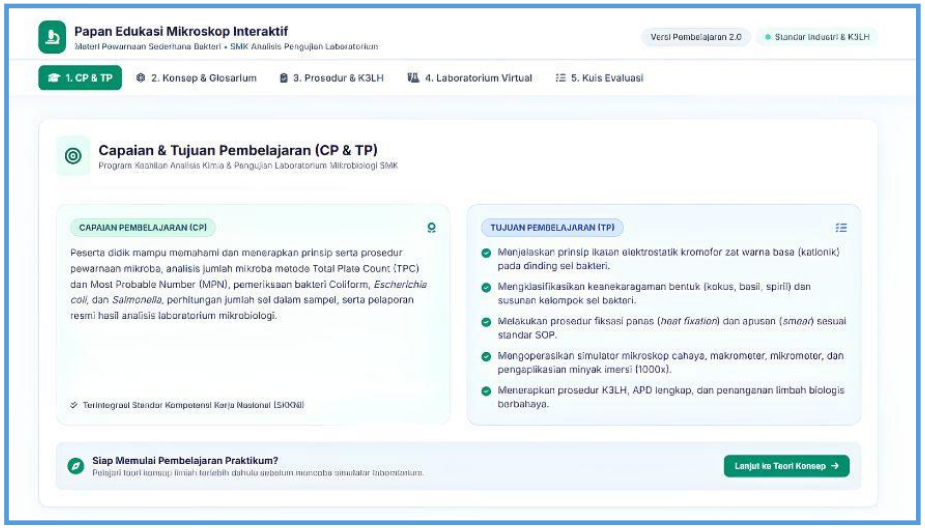
Berdasarkan hasil penilaian ahli materi dan media, produk Papan Edukasi Mikroskop Interaktif Berbasis Gemini AI pada Materi Pewarnaan Sederhana Bakteri dinyatakan layak digunakan dengan revisi.

Tabel *6* Rekapitulasi hasil perhitungan validasi isi dengan rumus Aiken's V

Validator	Persentase awal	Nilai Aiken's V	Kategori
Ahli materi	75,96%	0,68	validitas sedang (rentang 0,40-0,80)
Ahli media	84,52%	0,79	validitas tinggi (V > 0,80 atau V ≥ 0,75

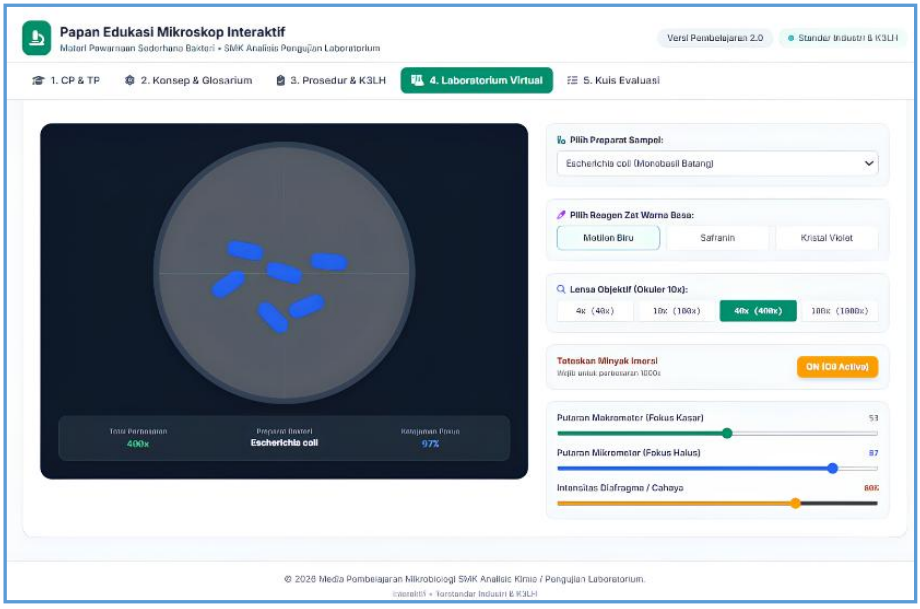
Sumber : Data primer

Tabel 6 menunjukkan hasil perhitungan dengan rumus Aiken's V, validitas isi dari instrumen validasi ahli materi masuk pada rentang sedang, dan validasi ahli media termasuk validitas tinggi.



Gambar *1* Tampilan Laman Depan Aplikasi
Sumber : Dokumentasi penulis (2026)

Gambar 1 menunjukkan tampilan halaman depan aplikasi Papan Edukasi Mikroskop interaktif dari pemanfaatan aplikasi Gemini AI dalam pembuatannya.



Gambar *2* Laman Bagian simulasi mikroskop pada aplikasi
Sumber : Dokumentasi penulis (2026)

Gambar 2 menunjukkan bagian simulasi mikroskop pada aplikasi Papan Edukasi Mikroskop interaktif.

Pada tahap implementasi, aplikasi yang telah direvisi digunakan oleh guru dan siswa pada pengaplikasiannya di dalam pembelajaran analisis mikrobiologi, terkhusus materi pewarnaan sederhana pada bakteri. Responden guru mata pelajaran dan siswa mengisi instrumen kepraktisan.

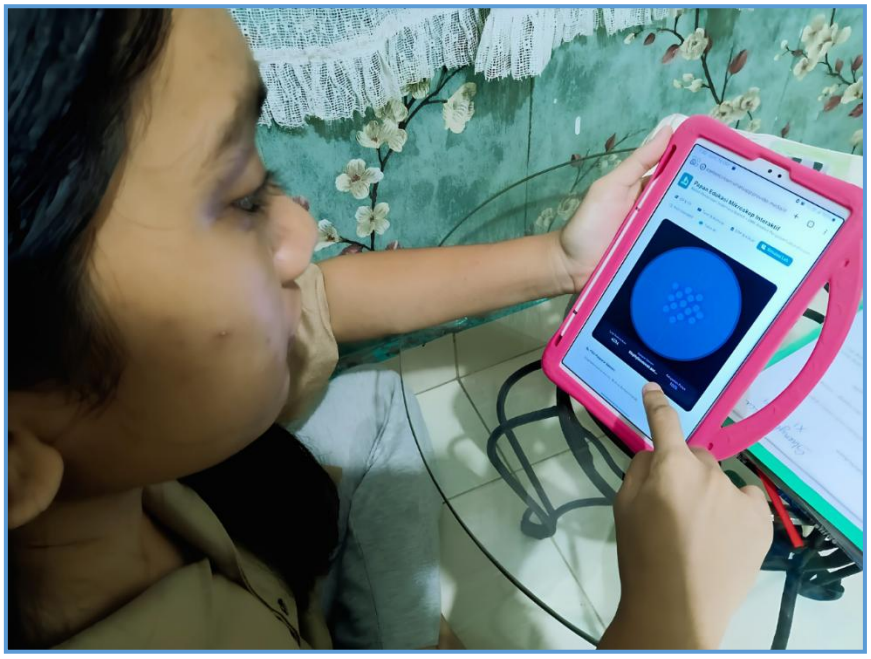
Tabel *7* Hasil Kepraktisan Produk

Responden	Skor	Skor Maksimum	Persentase	Kategori
Guru	105	140	75%	Praktis
Siswa	86	100	86%	sangat praktis

Sumber : Data primer

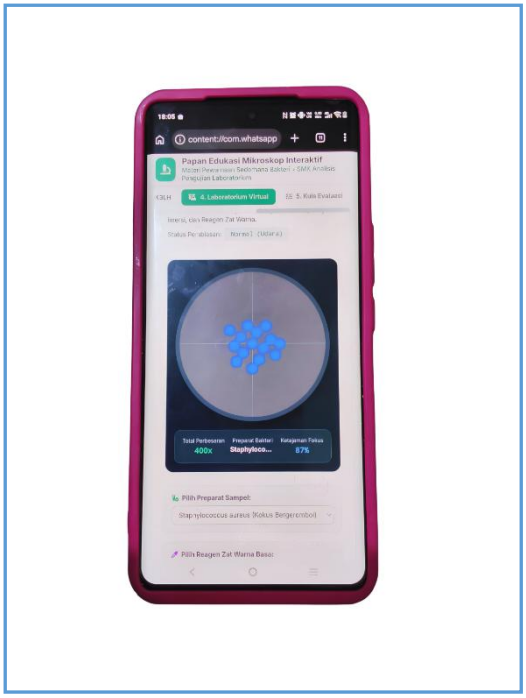
Tabel 7 menunjukkan data hasil kepraktisan produk Papan Edukasi Mikroskop interaktif dengan responden guru dan siswa.

Berdasarkan hasil penilaian kepraktisan produk oleh guru dan siswa, media papan edukasi mikroskop interaktif praktis digunakan sebagai media pembelajaran. Media ini dapat digunakan di perangkat *smartphone*, tablet, laptop, dan komputer serta diakses dimana saja dengan koneksi internet yang baik, sesuai kebutuhan pembelajaran peserta didik.



Gambar 3 Penggunaan aplikasi di perangkat tablet.
Sumber : Dokumentasi penulis (2026)

Gambar 3 menunjukkan penggunaan aplikasi Papan Edukasi Mikroskop interaktif pada tablet



Gambar *4* Penggunaan aplikasi di smartphone
Sumber : Dokumentasi penulis (2026)

Gambar 4 menunjukkan penggunaan aplikasi Papan Edukasi Mikroskop interaktif di ponsel pintar.

PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil identifikasi kebutuhan peserta didik dalam pembelajaran pewarnaan sederhana pada bakteri diperoleh data sebesar 92,4% yang menunjukkan tingkat kebutuhan peserta didik akan media pembelajaran yang dapat membantu pengenalan alat, bahan dan teknik praktikum sangat tinggi. Terutama dalam mengatasi keterbatasan peralatan yang tersedia di laboratorium.

Hasil validasi ahli materi menunjukkan bahwa Papan Edukasi Mikroskop Interaktif memperoleh persentase validitas sebesar 75,96% dan persentase validitas ahli media sebesar 84,52% Nilai tersebut berada pada kategori layak. Data ini menunjukkan bahwa aspek materi, visual, prosedural, dan keterbacaan produk telah memenuhi kriteria yang ditetapkan. Revisi dilakukan pada aspek konsep materi pewarnaan sederhana dan simulasi penggunaan mikroskop, serta penambahan fitur mode luring untuk mengantisipasi jika internet tidak tersedia.

Respons guru dan siswa menunjukkan persentase kepraktisan sebesar 75% (guru) dan 86% (siswa). Produk dinilai praktis dalam membantu peserta didik memahami bagian dan prosedur penggunaan mikroskop. Kepraktisan juga ditinjau dari kemudahan penggunaan, keterbacaan, kemenarikan, dan kesesuaian produk dengan kegiatan praktikum.

Temuan ini masih sejalan dengan penelitian Firdaus et.al (2022), Kholisah (2025), Jumiarni et al (2024) dan Ruhyana et al (2025) yang mengembangkan mikroskop *online* interaktif dan virtual yang berbasis AI. Namun berbeda dengan penelitian Anindita et al (2024) yang hanya mengembangkan digitalisasi preparat bakteri dan Hidayat et al (2023), serta Wiguna et al (2023) yang mengembangkan mikroskop digital. Pengembangan media papan edukasi mikroskop interaktif dikembangkan untuk media pembelajaran mata pelajaran analisis mikrobiologi, khususnya materi pewarnaan sederhana di SMK, sedang pada penelitian-penelitian sebelumnya hanya membahas pengembangan media pembelajaran mikroskop untuk mata pelajaran biologi di SMA ataupun universitas.

Penelitian pengembangan ini memiliki kontribusi terhadap penguatan teori, konsep, dan keterampilan dalam teknik pewarnaan sederhana bakteri di laboratorium. Secara praktis produk hasil penelitian pengembangan ini dapat digunakan sebagai media pembelajaran interaktif yang membantu siswa dalam memahami proses pengamatan bakteri menggunakan mikroskop pada materi pewarnaan sederhana.

Penelitian ini masih memiliki keterbatasan pada sistem aplikasi yang harus terkoneksi internet, belum memiliki fitur luring (*offline*), sehingga belum dapat mengantisipasi gangguan koneksi internet. Kemudian materi morfologi pada simulasi pengamatan mikroskop terhadap bakteri belum memenuhi semua bentuk bakteri. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat mengembangkan simulasi virtual proses pewarnaan sederhana secara lengkap dan gambar tampilan bakteri hasil pengamatan dapat diintegrasikan dalam bentuk unduhan laporan pengamatan praktik sederhana.

KESIMPULAN

Penelitian ini dirancang untuk mengembangkan media pembelajaran papan edukasi mikroskop interaktif dalam pewarnaan sederhana pada bakteri, menggunakan model pengembangan ADDIE.

Kesimpulan akhir mengenai validitas dan kepraktisan produk memperoleh validitas ahli materi sebesar 75,96%, ahli media 84,52%, kepraktisan guru sebesar 75%, dan

kepraktisan siswa sebesar 86%. Dengan demikian, produk media yang dikembangkan berpotensi membantu guru dalam menjelaskan bagian dan fungsi mikroskop, menyajikan informasi mengenai tahapan pewarnaan sederhana bakteri, serta menyediakan pengalaman belajar yang lebih menarik dan terstruktur. Integrasi Gemini juga membuka peluang pemanfaatan kecerdasan buatan sebagai pendukung pembelajaran yang responsif terhadap kebutuhan peserta didik. Meskipun demikian, pemanfaatannya perlu disertai verifikasi ketepatan informasi ilmiah oleh guru, pendampingan penggunaan teknologi, dan penyesuaian dengan ketersediaan perangkat serta akses internet di sekolah.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk memperluas uji kepraktisan media, menguji efektivitasnya terhadap hasil belajar dan keterampilan praktik, serta menyempurnakan integrasi Gemini agar informasi yang disajikan akurat dan sesuai kebutuhan peserta didik. Uji coba juga perlu dilakukan pada berbagai kelas atau sekolah dengan memperhatikan aksesibilitas perangkat dan internet. Dengan demikian, penelitian lanjutan diharapkan dapat memperkuat bukti empiris mengenai kelayakan, kepraktisan, dan efektivitas Papan Edukasi Mikroskop Interaktif Berbasis Gemini dalam pembelajaran Analisis Mikrobiologi di SMK.

DAFTAR PUSTAKA

Aiken, L. R. (1985). Three coefficients for analyzing the reliability and validity of ratings. *Educational and Psychological Measurement, 45*(1), 131–142. https://doi.org/10.1177/0013164485451012

Alhiane, M., & Nafidi, Y. (2026). Integrating intelligent-technological pedagogical and content knowledge (Intelligent-TPACK) and tripartite models to examine teachers' knowledge and attitudes toward artificial intelligence (AI). *ASEAN Journal of Educational Research and Technology, 5*(2), 229–244. https://ejournal.bumipublikasinusantara.id/index.php/ajert/article/view/845

Anindita, R., Nathalia, D. D., & Rahmadi, C. (2024). Digitalisasi Preparat Mikroskopis *Plasmodium falciparum* dan *Plasmodium vivax* sebagai Media Pembelajaran Protozoologi. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi, 12*(2), 2290–2301. https://e-journal.undikma.ac.id/index.php/bioscientist/article/view/13803

An Nabil, N. R., Wulandari, I., Yamtinah, S., Ariani, S. R. D., & Ulfa, M. (2022). Analisis Indeks Aiken untuk Mengetahui Validitas Isi Instrumen Asesmen Kompetensi Minimum Berbasis Konteks Sains Kimia. *PAEDAGOGIA, 25*(2), 184–191. https://doi.org/10.20961/paedagogia.v25i2.64566

Arjo, D. C., El-Roi Pasulu, Y., Handayani, S., Kailola, L. G., & Sinaga, D. (2026). Integrasi Multimedia dalam Pengembangan Pembelajaran Berbasis ADDIE untuk Mendorong Deep Learning di Sekolah Menengah Atas. *JPT: Jurnal Pendidikan Tematik, 7*(2), 65–71. https://siducat.org/index.php/jpt/article/view/2103

Baso Kaswar, A., Darma Andayani, D., Wahyu Prima, K., Nurjannah, & Ridwansyah. (2025). Pelatihan Penggunaan Generative AI Gemini untuk Pembuatan Bahan Ajar bagi Guru SMK Negeri 5 Barru. *VOKATEK: Jurnal Pengabdian Masyarakat, 3*(3), 171–176.

Borg, W. R., & Gall, M. D. (1983). *Educational research: An introduction* (4th ed.). Longman.

Branch, R. M. (2009). *Instructional design: The ADDIE approach*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-09506-6

Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika, 16*(3), 297–334. https://doi.org/10.1007/BF02310555

Firdaus, Z., Izza, J. N., Aruna, A., Novaldi, M. D., & Setiawan, D. (2022). Pengembangan Mikroskop Online Interaktif pada Materi Biologi Sel guna Revitalisasi Pembelajaran Praktikum Daring. *JINoP (Jurnal Inovasi Pembelajaran), 8*(1), 95–105.

Hidayat, C. A., Simbolon, S. D., Dilivio, G. J., Muttaqin, M., Ramadhani, U. A., Faisal, A., Prabowo, B. P., & Rahman, Y. A. (2023). Mikroskop Digital, Otomatis, dan Portabel Berbasis Raspberry Pi dengan Catu Daya DC. *Medika Teknika: Jurnal Teknik Elektromedik Indonesia, 5*(1), 21–29. https://doi.org/10.18196/mt.v5i1.18009

Jumiarni, D., Ekaputri, R. Z., Hidayat, R. R., Halimah, M., & Irawati, S. (2024). Pengembangan Virtual Laboratory sebagai Suplemen Praktikum Mikrobiologi. *Diklabio: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Biologi, 8*(1), 152–157.

Kholisah, S. (2025). Persepsi Guru dan Siswa terhadap Penerapan Teknologi Mikroskop Virtual dan Simulasi Biologi. *Jurnal Ilmiah IPA dan Matematika (JIIM), 3*(3), 93–102. https://jurnalcendekia.id/index.php/jiim/article/view/805

Krisnawati, E., Artanti, K. D., & Umar, N. H. (2024). Uji Validitas dan Reliabilitas Instrumen Penelitian Dukungan Suami terhadap Hambatan Penggunaan Metode Kontrasepsi Jangka Panjang pada Multipara Akseptor Aktif di Surabaya. *Media Gizi Kesmas, 13*(2), 659–664.

Kusmartini, Y., Widayati, M., & Sudiyana, B. (2026). Penerapan Media Interaktif Berbasis Gemini Canvas melalui Interactive Flat Panel dalam Pembelajaran Membaca Cerita Rakyat Berbasis Kearifan Lokal pada Siswa Kelas V SD Negeri 01 Dukuh. *GERAM, 14*(2), 215–229. https://doi.org/10.25299/geram.2026.27893

Nurhayati, I., Anwar, S., & Musthapa, I. (2022). Analisis Kebutuhan Materi Kimia untuk Siswa SMK Kompetensi Keahlian Analisis Pengujian Laboratorium pada Mata Pelajaran Analisis Mikrobiologi [Analysis of chemical material needs for vocational school students competency in laboratory testing analysis skills in microbiology analysis subjects]. *Jurnal Riset dan Praktik Pendidikan Kimia, 10*(1), 31–40. https://doi.org/10.17509/jrppk.v10i1.52148

Paputungan, F., Mashudi, I., Olii, R., & Ma, A. K. (2022). Penerapan Pembelajaran Digital Menggunakan Media dalam Teknologi Pendidikan pada Era Society 5.0 di Sekolah dan Perguruan Tinggi [Implementation of digital learning using media in educational technology in the Society 5.0 era in schools and higher education]. *Journal of Education and Culture (JEaC), 2*(1).

Rilva, H. M., Azim, F., Anshari, K., & Hayati, Z. (2024). Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif pada Mata Pelajaran SKEE Berbasis Android dengan Adobe Flash CS6 Kelas XI TOI di SMK Negeri 7 Pekanbaru. *EduTeach: Jurnal Edukasi dan Teknologi Pembelajaran, 5*(2), 132–140. https://doi.org/10.37859/eduteach.v5i2.6866

Ruhyana, L., Muhtar, Gunawan, Legowo, D. K., & Firman, A. (2026). Design and construction of a digital microscope for automatically counting *Escherichia coli* bacteria using artificial intelligence (AI). *Jurnal Kesehatan Masyarakat Perkotaan, 5*(2), 637–647. https://doi.org/10.37012/jkmp.v5i2.3239

Seels, B. B., & Richey, R. C. (1994). *Instructional technology: The definition and domains of the field*. Association for Educational Communications and Technology.

Wiguna, G. A., Kamaluddin, Makin, F. M. P. R., Welsiliana, Hanas, D. F., & Paramita, D. A. (2023). Pelatihan Pengembangan Mikroskop Digital sebagai Media Pembelajaran di SMAN 3 Kefamenanu. *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat Nusantara, 4*(4), 4636–4642. https://doi.org/10.55338/jpkmn.v4i4.1980

Zhang, K., & Aslan, A. B. (2021). AI technologies for education: Recent research & future directions. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 2*, Article 100025.