

EFEKTIVITAS *E-BOOK* DENGAN METODE MNEMONIK BERBASIS *AUGMENTED REALITY* MATERI VIRUS UNTUK MELATIH PEMAHAMAN KONSEP PESERTA DIDIK

Aini Salsabila

Pendidikan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya,
aini.22141@mhs.unesa.ac.id

Pramita Yakub

Pendidikan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya,
pramitayakub@unesa.ac.id

Corresponding author: pramitayakub@unesa.ac.id

Abstrak

Materi virus dalam pembelajaran biologi memiliki karakteristik abstrak dan kompleks sehingga sering menimbulkan kesulitan pemahaman konsep pada peserta didik. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur efektivitas *E-book* berbasis AR yang dikembangkan dengan metode R&D pada materi virus ditinjau dari aspek validitas, kepraktisan, dan keefektifan untuk melatih pemahaman konsep peserta didik. Penelitian ini menggunakan metode penelitian dan pengembangan dengan tahapan pengembangan media, uji validitas oleh ahli, uji kepraktisan, serta uji keefektifan melalui *pretest* dan *posttest*. Subjek penelitian adalah peserta didik kelas X SMAN 17 Surabaya. Data dianalisis menggunakan teknik analisis deskriptif kuantitatif, uji kepraktisan, serta perhitungan *N-gain* untuk mengukur peningkatan pemahaman konsep. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *E-book* memperoleh nilai validitas rata-rata sebesar 92,18% dengan kategori sangat valid dan nilai kepraktisan sebesar 99,36% dengan kategori sangat praktis. Selain itu, *E-book* terbukti sangat efektif dalam melatih pemahaman konsep peserta didik dengan nilai rata-rata *N-gain* sebesar 0,77 yang termasuk kategori tinggi, serta peningkatan pada seluruh indikator pemahaman konsep termasuk kategori sedang hingga tinggi. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa *E-book* metode mnemonik berbasis *Augmented Reality* efektif digunakan sebagai media pembelajaran biologi pada materi virus.

Kata Kunci: *E-book*, metode mnemonik, *Augmented Realty*, virus

Abstract

Virus material in biology learning has abstract and complex characteristics, which often cause difficulties for students in understanding concepts. This study aims to measure the effectiveness of an Augmented Reality (AR)-based E-book developed using the Research and Development (R&D) method on virus material in terms of validity, practicality, and effectiveness in training students' conceptual understanding. This study employed a research and development method that included stages of media development, validity testing by experts, practicality testing, and effectiveness testing through pretest and posttest. The research subjects were tenth-grade students of SMAN 17 Surabaya. The data were analyzed using quantitative descriptive analysis techniques, practicality analysis, and N-gain calculations to measure the improvement of conceptual understanding. The results showed that the E-book obtained an average validity score of 92.18% which falls into the very valid category and a practicality score of 99.36% which is categorized as very practical. In addition, the E-book proved to be highly effective in training students' conceptual understanding, with an average N-gain score of 0.77 which is classified as high. Improvements were also found across all indicators of conceptual understanding, ranging from moderate to high categories. Based on these results, it can be concluded that the mnemonic method-based Augmented Reality E-book is effective for use as a biology learning medium on virus material.

Keywords: *E-book*, mnemonic method, *Augmented Reality*, conceptual understanding, virus

PENDAHULUAN

Pemahaman konsep merupakan salah satu aspek penting dalam pembelajaran biologi karena berperan dalam menentukan keberhasilan peserta didik dalam menguasai materi secara bermakna. Konsep-konsep biologi bersifat fundamental dan saling berkaitan, sehingga tingkat pemahaman konsep peserta didik akan terus berkembang seiring dengan pengalaman belajar dan jenjang pendidikan yang ditempuh. Pemahaman konsep yang baik tidak hanya ditunjukkan melalui kemampuan mengingat informasi, tetapi juga kemampuan mengaitkan, menjelaskan, serta menerapkan konsep dalam berbagai konteks pembelajaran.

Pembentukan pemahaman konsep dipengaruhi oleh faktor internal dan eksternal. Salah satu faktor internal yang berpengaruh signifikan adalah daya ingat. Kelemahan daya ingat menjadi hambatan utama dalam memahami konsep karena proses pemahaman diawali dengan kemampuan mengingat informasi dasar yang selanjutnya diolah menjadi pengetahuan yang bermakna (Anitra et al., 2022). Apabila daya ingatnya lemah, peserta didik akan mengalami kesulitan dalam membangun pemahaman konseptual secara utuh. Selain faktor internal, faktor eksternal berupa penggunaan media pembelajaran yang kurang variatif serta pembelajaran yang belum interaktif juga memengaruhi rendahnya pemahaman konsep peserta didik (Setyowati et al., 2020). Pada praktiknya, pembelajaran biologi di sekolah masih cenderung berpusat pada guru melalui penyampaian materi berbasis teks dan ceramah, sehingga peserta didik kurang didorong untuk mengembangkan kemampuan berpikir dan memahami konsep secara mendalam. Salah satu materi biologi yang menuntut pemahaman konseptual adalah materi virus.

Materi virus dipelajari pada kelas X SMA dan mencakup struktur, replikasi, klasifikasi, serta peranan virus dalam kehidupan (Ummah et al., 2021). Berdasarkan Capaian Pembelajaran (CP) yang dirilis oleh Kemendikbud, peserta didik diharapkan mampu memahami konsep virus serta mengaitkannya dengan permasalahan lokal, nasional, maupun global. Namun, berbagai penelitian menunjukkan bahwa materi virus termasuk materi yang sulit dipahami oleh peserta didik SMA sehingga capaian pembelajaran belum tercapai secara optimal. Kesulitan tersebut disebabkan oleh karakteristik virus yang bersifat abstrak, mikroskopis, dan memiliki sifat unik yang tidak dimiliki oleh mikroorganisme lain. (Rahmi & Sumarmin, 2021). Kondisi ini sejalan dengan hasil observasi dan wawancara terhadap peserta didik kelas X di SMAN 17 Surabaya yang menunjukkan bahwa materi virus dianggap sebagai salah satu materi tersulit dan bersifat abstrak, sehingga peserta didik mengalami kesulitan dalam mengerjakan soal latihan maupun ulangan.

Permasalahan tersebut juga disebabkan karena penggunaan media pembelajaran yang kurang mendukung. Guru menggunakan LKS berbasis teks, gambar dua dimensi, serta metode ceramah yang membuat peserta didik kesulitan memahami konsep, khususnya pada bagian struktur, ciri-ciri, dan tahapan replikasi virus (Aini et al., 2024). Padahal, pemahaman konsep sangat dipengaruhi oleh penggunaan media pembelajaran yang efektif dan sesuai dengan karakteristik materi serta kemampuan kognitif peserta didik (Azizah et al., 2023). Berdasarkan Taksonomi Bloom revisi Anderson dan Krathwohl (2001), pembelajaran seharusnya mendorong peserta didik tidak hanya pada kemampuan mengingat, tetapi juga memahami, menerapkan, menganalisis, mengevaluasi, hingga menciptakan solusi. Hal ini menunjukkan bahwa daya ingat merupakan bagian penting dari proses pembelajaran, namun bukan tujuan akhir, melainkan sebagai dasar dalam membangun pemahaman konsep yang lebih mendalam.

Keberhasilan pembelajaran juga berkaitan erat dengan bagaimana informasi diproses dalam sistem memori peserta didik. Proses pengolahan, penyimpanan, dan pengambilan informasi dalam memori jangka panjang menentukan sejauh mana peserta didik mampu memahami konsep secara bermakna. Guru memiliki peran penting dalam menciptakan pembelajaran yang dapat mengaktifkan proses kognitif peserta didik agar pemahaman konsep dapat terbentuk secara optimal (Sari et al., 2023). Pemahaman konsep yang baik membantu peserta didik tidak hanya menyimpan informasi, tetapi juga mampu mengaitkan dan mengaplikasikan pengetahuan dalam berbagai situasi. Sebaliknya, kurangnya pemahaman konsep dapat menyebabkan kesalahan interpretasi dan miskonsepsi terhadap materi yang dipelajari (Utami et al., 2024).

Salah satu strategi pembelajaran yang dapat mendukung penguatan daya ingat sekaligus pemahaman konsep adalah metode mnemonik. Metode mnemonik merupakan teknik pembelajaran yang membantu peserta didik mengaitkan informasi baru dengan kata kunci, singkatan, atau visualisasi yang bermakna sehingga memudahkan proses penyimpanan dan pengambilan informasi. Berdasarkan model Multi-Store Memory Atkinson dan Shiffrin, proses memori meliputi tahap encoding, storage, dan retrieval. Penggunaan mnemonik terbukti membantu peserta didik dalam mengingat istilah biologi yang kompleks (Effendy & Sari, 2019). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa metode mnemonik efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep dan membuat pembelajaran lebih bermakna, khususnya pada materi biologi yang bersifat abstrak pada materi metabolisme sel (Hartati, 2019) dan sistem gerak (Emalia et al., 2019). Namun, penerapan metode mnemonik pada materi virus masih terbatas hanya pada beberapa materi tertentu. Untuk mendukung efektivitas metode mnemonik dalam meningkatkan pemahaman konsep, diperlukan media pembelajaran yang bersifat visual dan interaktif.

Teknologi yang dapat dimanfaatkan agar pembelajaran bersifat visual dan interaktif adalah *Augmented Reality* (AR). Teknologi *Augmented Reality* dapat menyatukan elemen digital dengan lingkungan fisik secara langsung, sehingga mendukung siswa dalam menggambarkan konsep yang bersifat abstrak menjadi lebih nyata. (Sholikha et al., 2024). Penggunaan AR, dapat membantu memperjelas dan mempermudah cara penyampaian materi pembelajaran (Afnan &

Puspitawati, 2024). Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Haka, et al., (2025), media pembelajaran *Augmented Reality* terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep dan memberikan dampak yang baik bagi pelajar SMA terkait materi sistem sirkulasi darah.. Namun, pemanfaatan AR yang terintegrasi secara langsung dengan strategi penguatan memori, khususnya metode mnemonik, masih jarang dikembangkan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini difokuskan pada pengembangan media pembelajaran berupa *E-book* berbasis *Augmented Reality* yang dikombinasikan dengan metode mnemonik pada materi virus. Materi virus dipilih karena memiliki karakteristik abstrak, kompleks, dan memuat banyak istilah ilmiah, sehingga menuntut pemahaman konsep yang kuat dari peserta didik. Ruang lingkup materi dalam *E-book* meliputi sejarah penemuan virus, pengertian dan ciri-ciri virus, tahapan replikasi, klasifikasi virus, serta peranan virus dalam kehidupan. Sehingga tujuan penelitian ini adalah untuk mengukur efektivitas *E-book* berbasis AR yang dikembangkan dengan metode R&D.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian pengembangan R&D (*Research and Development*) dengan metode model 4D yang terdiri dari tahap *Define* (analisis kebutuhan), *Design* (perancangan *E-book*), *Develop* (pengembangan dan validasi produk), serta *Disseminate* (penyebaran media). Produk yang dikembangkan adalah *E-book* interaktif berbasis metode mnemonik dan *Augmented Reality* (AR) untuk materi virus pada siswa SMA. Penelitian dilaksanakan di SMAN 17 Surabaya pada semester ganjil tahun pelajaran 2025/2026, mulai Juli 2025 hingga Januari 2026.

Subjek penelitian adalah siswa kelas X di SMAN 17 Surabaya sebagai populasi, dengan sampel purposive sebanyak 32 siswa dari satu kelas yang telah mempelajari materi virus sesuai kurikulum fase E. Pemilihan sampel didasarkan pada kesiapan sekolah dan relevansi karakteristik peserta untuk menguji efektivitas media.

Teknik pengumpulan data meliputi validasi *E-book* oleh dua ahli menggunakan lembar validasi skala Likert 1-4 untuk menguji validitas, angket respon peserta didik dengan skala Guttman untuk menilai kepraktisan, serta *pre-test* dan *post-test* melalui *Google Form* dengan soal pilihan ganda untuk mengukur pemahaman konsep.

Teknik analisis data menggunakan rumus persentase untuk validasi *E-book* skor $\geq 71\%$ dinyatakan valid, nilai *N-gain* untuk efektivitas berdasarkan perbandingan *pre-test* dan *post-test* dinyatakan efektif apabila mendapatkan skor rata-rata $>0,3$, serta persentase untuk kepraktisan dari angket dengan skor $\geq 61\%$ dinyatakan praktis. Analisis dilakukan secara deskriptif kuantitatif untuk menilai kelayakan, keefektifan dan kepraktisan media.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian pengembangan ini menggunakan model 4D yang terdiri atas tahap *Define*, *Design*, *Develop*, dan *Disseminate*. Pada tahap *Define* dilakukan analisis kebutuhan yang meliputi analisis kurikulum berdasarkan Capaian Pembelajaran Kurikulum Merdeka Fase E pada materi virus dan peranannya, analisis karakteristik peserta didik, serta analisis materi. Hasil analisis menunjukkan bahwa materi virus bersifat abstrak sehingga memerlukan visualisasi konkret dan media interaktif untuk membantu peserta didik memahami konsep secara lebih mendalam. Selain itu, diperlukan strategi pembelajaran yang dapat membantu peserta didik dalam mengingat konsep-konsep penting, sehingga dipilih metode mnemonik sebagai pendekatan pendukung.

Tahap *Design* dilakukan dengan merancang struktur dan sistematika *E-book* yang terdiri atas empat bab utama, yaitu apa itu virus, struktur virus, replikasi virus, serta klasifikasi dan peran virus. Pada tahap ini juga dirancang fitur-fitur pembelajaran yang mendukung pemahaman konsep, yaitu kunci-ingat, *Bioscope*, *micro challenge*, dan *final challenge*. Perancangan tampilan dan tata letak *E-book* dilakukan menggunakan Canva. Integrasi teknologi *Augmented Reality* dirancang menggunakan platform AssemblrEdu dengan memanfaatkan model tiga dimensi dari Sketchfab yang disajikan dalam bentuk *QR code*. Selain itu, dirancang pula penyematan video dan artikel pendukung dalam bentuk *hyperlink* untuk memperkaya sumber belajar peserta didik.

Tahap *Develop* dilakukan dengan mengembangkan rancangan menjadi produk *E-book* yang utuh dan interaktif. Produk yang telah dikembangkan kemudian divalidasi oleh dua ahli untuk menilai kelayakan isi, kebahasaan, penyajian, dan kegrafikan. Berdasarkan hasil validasi dan saran perbaikan, dilakukan revisi untuk menyempurnakan kualitas *E-book* sebelum diimplementasikan dalam pembelajaran.

Tahap terakhir yaitu *Disseminate* dilakukan melalui penyebaran media secara terbatas kepada peserta didik dan guru Biologi di SMAN 17 melalui WhatsApp dalam bentuk tautan *flipbook*. Penyebaran ini bertujuan untuk memperkenalkan serta mengimplementasikan *E-book* dalam pembelajaran secara nyata.

Penelitian pengembangan yang telah dilaksanakan menghasilkan *E-book* dengan judul “Efektivitas *E-book* dengan Metode Mnemonik Berbasis *Augmented Reality* pada Materi Virus untuk Melatih Pemahaman Konsep Peserta Didik”. Profil *E-book* ini disusun menggunakan Canva sebagai media utama dalam pengembangan sajian materi dan desain tampilan. Seluruh konten pembelajaran disajikan secara terpadu, meliputi materi, ilustrasi, video, artikel pendukung, serta fitur *Augmented Reality* (AR) sebagai penguatan visual terhadap konsep yang dipelajari.

Fitur *Augmented Reality* pada *E-book* ini dikembangkan menggunakan AssemblrEdu, dengan objek visual berupa model tiga dimensi yang bersumber dari *Sketchfab*. Model tersebut disajikan dalam bentuk *QR code* yang dilampirkan dalam *E-book*, sehingga peserta didik dapat mengakses objek AR secara langsung melalui perangkat yang digunakan. Selain itu, *E-book* ini dilengkapi dengan sumber belajar tambahan berupa video dan artikel yang disajikan dalam bentuk tautan. Seluruh tautan tersebut diintegrasikan menggunakan hyperlink, sehingga memudahkan peserta didik dalam mengakses informasi pendukung secara efisien. *E-book* yang telah lengkap selanjutnya disajikan melalui website *Heyzine pdf to Flipbook* untuk memudahkan akses secara daring dengan tampilan yang mendukung kenyamanan membaca.

Secara umum, *E-book* memuat materi virus yang terbagi menjadi empat bab yakni apa itu virus, struktur virus, replikasi virus, serta klasifikasi dan peran virus. Materi tersebut dikembangkan berdasarkan capaian pembelajaran pada Kurikulum Merdeka Fase E yaitu pada akhir fase E, peserta didik memiliki kemampuan menciptakan solusi atas permasalahan berdasarkan isu lokal, nasional, maupun global terkait pemahaman keanekaragaman makhluk hidup dan peranannya, virus dan peranannya, inovasi teknologi biologi, komponen ekosistem dan interaksi antar komponen, serta perubahan lingkungan. Berikut layout tampilan cover *E-book* yang telah dikembangkan.

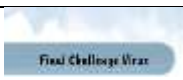


Gambar 1. Sampul Depan dan Biografi Penulis *E-book*

E-book yang dikembangkan memuat beberapa fitur yakni kunci ingat, *Bioscope*, micro challenge, dan final challenge. Penjelasan fitur-fitur dalam *E-book* terdapat dalam Tabel 1.

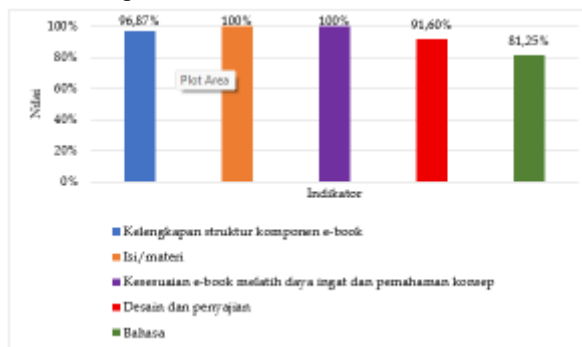
Tabel 1. Fitur-fitur dalam *E-book*

No.	Fitur	Keterangan
1	 Kunci-ingat	Fitur ini berisi singkatan dari beberapa konsep pada materi untuk memudahkan siswa dalam mengingat konsep tersebut
2	 Bioscope	Fitur ini berisi gambar 3D untuk visualisasi dari struktur virus, macam-macam virus, dan replikasi virus pada materi virus
3	 Micro challenge	Fitur ini berisi soal per sub bab untuk melatih penguasaan peserta didik terhadap materi tersebut dengan versi mereka sendiri

No.	Fitur	Keterangan
4	 <i>Final challenge</i>	Fitur ini berisi latihan secara keseluruhan pada materi virus untuk mengukur tingkat pemahaman peserta didik dan level mnemonik peserta didik.

Hasil Uji Validitas

Validasi *E-book* bertujuan untuk mengetahui validitas *E-book* sebelum dilakukan uji coba terbatas pada peserta didik. Pada tahap ini, validitas *E-book* dinilai dari lima aspek yakni dari kelengkapan struktur komponen, materi/isi, kesesuaian *E-book* untuk melatih daya ingat dan pemahaman konsep, desain dan penyajian, serta bahasa. Penilaian lima aspek ini dilakukan oleh 2 ahli dan menghasilkan data pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil Uji Validitas *E-book*

E-book yang dikembangkan memperoleh nilai validitas rata-rata sebesar 92,18% dengan kategori sangat valid (Andini & Qomariyah, 2022). Persentase validitas yang tinggi pada aspek kelengkapan struktur komponen, materi/isi, kesesuaian *E-book* untuk melatih daya ingat dan pemahaman konsep, desain dan penyajian, serta bahasa menunjukkan bahwa *E-book* dapat digunakan sebagai media pembelajaran biologi pada materi virus. Tingginya nilai validitas tersebut menunjukkan bahwa komponen *E-book* telah disusun secara sistematis dan saling terintegrasi dengan baik. Struktur penyajian yang runtut dan kesesuaian materi dengan capaian pembelajaran menunjukkan bahwa *E-book* relevan dengan kebutuhan peserta didik tingkat SMA.

Hasil penelitian yang telah dilakukan di kelas X SMAN 17 Surabaya, integrasi teknik mnemonik dalam *E-book* berkontribusi terhadap kejelasan penyajian konsep-konsep virus yang bersifat abstrak. Teknik mnemonik merupakan metode kognitif yang mendukung pengingatan informasi yang dipelajari sehingga tersimpan dalam memori jangka panjang. Selain itu, pemanfaatan *Augmented Reality* memberikan dukungan visual berupa representasi tiga dimensi yang mampu mengonkretkan konsep mikroskopis yang sulit diamati secara langsung.

Hasil Uji Kepraktisan

Kepraktisan dilihat berdasarkan respons peserta didik setelah menggunakan *E-book* yang telah dikembangkan dengan menjawab sepuluh pertanyaan pada angket respons. Setelah angket respons diberikan kepada 32 peserta didik kelas X SMAN 17 Surabaya, didapatkan hasil dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Kuisisioner Siswa

No.	Pernyataan	Persentase Respons "Ya"	Kategori
1.	Saya dapat membuka dan mengakses <i>E-book</i>	100 %	Sangat baik
2.	Tampilan dan fitur <i>E-book</i> membuat saya lebih semangat belajar	100 %	Sangat baik
3.	Fitur Kunci Ingat membantu saya mengingat materi virus dengan baik	96,87 %	Sangat baik
4.	Fitur <i>Bioscope</i> membantu saya memahami materi virus	96,77 %	Sangat praktis
5.	Materi dalam <i>E-book</i> mudah saya pahami dan mengerti	100 %	Sangat praktis

No.	Pernyataan	Persentase Respons “Ya”	Kategori
6.	Fitur <i>Micro Challenge</i> dan <i>Final Challenge</i> dalam <i>E-book</i> membantu saya mengukur pemahaman saya sendiri.	100 %	Sangat praktis
7.	Penggunaan media ini meningkatkan kemampuan daya ingat saya.	100 %	Sangat praktis
8.	<i>E-book</i> memungkinkan saya belajar kapan saja dan di mana saja	100 %	Sangat praktis
9.	Saya lebih semangat belajar menggunakan <i>E-book</i> ini daripada media lain	100 %	Sangat praktis
10.	Saya ingin menggunakan <i>E-book</i> seperti ini untuk topik lain.	100 %	Sangat praktis
Total		99,36%	Sangat praktis

Hasil angket yang telah disebar mendapatkan hasil bahwa *E-book* yang dikembangkan memperoleh nilai kepraktisan sebesar 99,36% dengan kategori sangat praktis (Widoyoko, 2012). Meskipun hampir seluruh aspek memperoleh respons positif hingga 100%, masih terdapat dua siswa yang memberikan tanggapan tidak setuju pada dua pernyataan yakni peserta didik 11 dan 31. Peserta didik 11 memberikan respons tidak setuju pada pernyataan nomor tiga terkait fitur Kunci Ingat serta pernyataan nomor empat terkait fitur *Bioscope* (*Augmented Reality*). Berdasarkan hasil tindak lanjut, respons tersebut dipengaruhi oleh perbedaan kebiasaan dan gaya belajar. Siswa tersebut telah terbiasa menggunakan cara belajar sendiri yakni cenderung lebih nyaman belajar melalui penjelasan lisan dan diskusi. Jika ditinjau dari nilai Pre-test, tingkat kemampuan awal siswa tersebut lebih baik jika dibandingkan dengan siswa lainnya, dengan skor mencapai 64,29. Kemampuan awal adalah salah satu elemen internal yang berkontribusi pada keberhasilan belajar, karena berfungsi sebagai kerangka kognitif dasar untuk menyerap informasi baru (Ausubel, 1968). Menurut teori belajar yang bermakna menurut Ausubel menyatakan bahwa efektivitas proses pembelajaran akan meningkat jika informasi baru dapat dihubungkan dengan struktur kognitif yang sudah dimiliki oleh siswa sebelumnya. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Rahmadhani, et al., (2022) bahwa kemampuan awal yang dimiliki oleh siswa tersebut dapat meningkatkan efisiensi pembelajaran. Sementara cara khas individu dalam menerima, memahami, dan mengolah informasi juga mempengaruhi keefektifan pembelajaran (Sari, et al., 2025). Oleh karena itu, teknik mnemonik pada fitur Kunci Ingat serta fitur *Bioscope* dirasa kurang sesuai dengan kebiasaan dan gaya belajarnya.

Peserta didik 31 yang memberikan respons tidak setuju pada pernyataan nomor empat yakni fitur *Bioscope*. Berdasarkan hasil tindak lanjut, respons tersebut dipengaruhi oleh adanya kendala teknis pada perangkat yang digunakan yakni spesifikasi perangkat yang kurang mendukung sehingga tampilan AR tidak berjalan dengan lancar atau mengalami lag. Kondisi ini membuat siswa merasa kurang nyaman saat menggunakan fitur *Bioscope*. Faktor tersebut juga selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh Aprilia, et al., (2025) bahwa pada implementasi *Augmented Reality* terdapat kendala dari perangkat serta tidak stabilnya jaringan internet sehingga dibutuhkan strategi untuk mengoptimalkan penggunaan AR ini melalui penyediaan ruang yang cukup di perangkat dan kestabilan jaringan internet. Sehingga untuk mengatasi kendala tersebut pada proses pembelajaran, peneliti memberikan handphonenya untuk digunakan peserta didik tersebut pada proses pembelajaran.

Oleh karena itu, tanggapan yang tidak positif terhadap fitur *Bioscope* tidak hanya diakibatkan oleh batasan alat, tetapi juga oleh aspek-aspek karakteristik serta cara belajar dari para siswa. Temuan ini memperkuat pandangan konstruktivisme yang menyatakan bahwa pembelajaran bersifat individual dan dipengaruhi oleh pengalaman serta struktur kognitif masing-masing peserta didik (Piaget, 1970). Oleh karena itu, diperlukan variasi penyajian materi serta optimalisasi fitur AR agar *E-book* dapat digunakan secara lebih efektif oleh siswa dengan latar belakang dan gaya belajar yang beragam.

Hasil Uji Keefektifan

E-book berbasis mnemonik dan *Augmented Reality* telah melewati proses pengujian validitas serta pengujian kepraktisan. Hasil dari pengujian validitas menunjukkan bahwa *E-book* tergolong sangat valid, sementara hasil dari pengujian kepraktisan menurut tanggapan peserta didik menampilkan kategori sangat praktis untuk digunakan dalam

proses belajar. Setelah dinyatakan valid dan praktis, langkah selanjutnya adalah menganalisis efektivitas *E-book* dalam meningkatkan pemahaman konsep siswa terhadap materi virus.

Efektivitas *E-book* ditentukan melalui perbandingan hasil belajar siswa yang dianalisis menggunakan nilai dari pre-test dan post-test setelah penggunaan *E-book* dalam proses pembelajaran. Tes ini dilakukan kepada 32 siswa kelas X SMAN 17 Surabaya dalam tahap uji coba terbatas, menggunakan 14 item soal pilihan ganda yang dirancang berdasarkan indikator pemahaman konsep. Hasil analisis menunjukkan rata-rata nilai pre-test mencapai 39,51 dan rata-rata nilai post-test sebesar 87,05, sehingga diperoleh rata-rata nilai *N-gain* sebesar 0,77 yang termasuk dalam kategori tinggi. Berdasarkan indikator *N-gain*, nilai ini menunjukkan bahwa *E-book* berbasis mnemonik dan *Augmented Reality* efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep peserta didik.

Untuk memahami efektivitas secara lebih mendalam, analisis dilakukan berdasarkan indikator pemahaman konsep dalam tiap kategori soal. Tujuannya adalah untuk mengetahui sejauh mana peningkatan pemahaman siswa pada setiap indikator atau level kognitif. Kategori *N-gain* untuk setiap indikator soal ditentukan berdasarkan banyaknya peserta didik yang memberikan jawaban benar pada masing-masing indikator. Hasil perhitungan *N-gain* berdasarkan kategori soal disajikan secara rinci pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai *N-gain* Berdasarkan Indikator Soal

Indikator	Nilai Pre-test	Nilai Post-test	<i>N-gain</i>	Keterangan
Menafsirkan	40,63	89,06	0,81	Tinggi
Mencontohkan	46,88	79,69	0,64	Sedang
Mengklasifikasikan	50,00	76,56	0,59	Sedang
Merangkum	42,19	87,50	0,78	Tinggi
Menyimpulkan	46,88	98,44	0,96	Tinggi
Menjelaskan makna konsep	29,69	81,25	0,76	Tinggi
Membandingkan	43,75	96,88	0,94	Tinggi

Berdasarkan Tabel 3, diketahui bahwa lima dari tujuh indikator kemampuan kognitif siswa yakni indikator menafsirkan, merangkum, menyimpulkan, menjelaskan makna konsep, dan membandingkan berada pada kategori tinggi dengan nilai $>0,7$. Di antara seluruh indikator tersebut, indikator membandingkan memperoleh nilai *N-gain* tertinggi, yaitu sebesar 0,94 dengan kategori tinggi. Sementara itu, indikator mencontohkan dan mengklasifikasikan berada pada kategori peningkatan sedang. Indikator mengklasifikasikan memperoleh nilai *N-gain* terendah, yaitu sebesar 0,59.

Terdapat variasi pencapaian *N-gain* yang menunjukkan efektivitas berbeda pada setiap aspek kognitif. Tingginya nilai pada indikator membandingkan menunjukkan *E-book* berbasis mnemonik dan *Augmented Reality* sangat efektif membantu siswa membedakan karakteristik virus seperti struktur, cara reproduksi, dan dampak terhadap makhluk hidup. Anderson & Krathwohl (2001) menjelaskan bahwa kemampuan membandingkan termasuk dalam level kognitif C4 (menganalisis) yang memerlukan pemahaman mendalam tentang perbedaan dan persamaan antar konsep. Hasil ini didukung oleh teori Mayer (2009) tentang multimedia learning yang menyatakan bahwa kombinasi visual (AR) dan strategi ingatan (mnemonik) memfasilitasi proses cognitive processing, sehingga siswa lebih mudah mengidentifikasi perbedaan karakteristik antar konsep.

Indikator mengklasifikasikan memperoleh nilai *N-gain* terendah, yaitu 0,59 dengan kategori sedang. Capaian ini menunjukkan bahwa peserta didik masih mengalami kesulitan dalam mengelompokkan virus berdasarkan kriteria tertentu, seperti jenis siklus reproduksi dan karakteristik struktural. Kemampuan mengklasifikasikan berada pada ranah kognitif C4 (menganalisis) yang menuntut pemahaman hubungan antar konsep serta penerapan prinsip pengelompokan (Anderson & Krathwohl, 2001). Hasil observasi menunjukkan bahwa peserta didik mampu mengenali tahapan siklus virus secara visual, namun belum sepenuhnya memahami dasar konseptual dalam membedakan siklus litik dan lisogenik. Hal ini mengindikasikan bahwa visualisasi *Augmented Reality* membantu pengenalan konsep, tetapi pemahaman relasional antar konsep masih memerlukan penguatan kognitif lebih lanjut.

Indikator merangkum memperoleh nilai *N-gain* sebesar 0,78 dengan kategori tinggi. Capaian ini menunjukkan kemampuan peserta didik dalam mengidentifikasi serta menyusun kembali informasi utama pada materi virus secara terstruktur. Keberhasilan indikator ini didukung oleh fitur *Micro Challenge* 1–4 yang melatih proses pengolahan informasi secara berulang. Berdasarkan teori mnemonik, penguatan proses storage dan retrieval melalui latihan berulang berkontribusi terhadap peningkatan daya ingat jangka panjang (Komariah et al., 2025).

Indikator menyimpulkan memperoleh nilai *N-gain* tertinggi, yaitu 0,96 dengan kategori tinggi. Capaian ini menunjukkan bahwa *E-book* sangat efektif dalam melatih peserta didik mengintegrasikan berbagai konsep virus untuk menarik kesimpulan secara komprehensif. Kemampuan menyimpulkan berada pada ranah kognitif C4–C5 yang menuntut pemahaman konseptual menyeluruh. Fitur Final Challenge mendorong peserta didik mengaitkan berbagai konsep secara sistematis, sejalan dengan pandangan konstruktivisme yang menekankan bahwa pengetahuan dibangun melalui proses integrasi pengalaman belajar secara aktif (Magfiroh et al., 2025).

Indikator menjelaskan makna konsep memperoleh nilai *N-gain* sebesar 0,76 dengan kategori tinggi. Capaian ini menunjukkan bahwa peserta didik mampu menjelaskan konsep virus secara verbal maupun tertulis setelah pembelajaran. Fitur Kunci–Ingat berperan sebagai penanda informasi esensial yang memperkuat proses encoding dan retrieval, sehingga peserta didik tidak hanya mengingat, tetapi juga memahami konsep secara bermakna.

Indikator membandingkan memperoleh nilai *N-gain* sebesar 0,94 dengan kategori tinggi. Capaian ini menunjukkan efektivitas *E-book* dalam melatih kemampuan peserta didik membedakan karakteristik virus, seperti struktur, siklus hidup, dan peranannya. Menurut Mayer (2009), integrasi teks dan visual dalam pembelajaran multimedia dapat mengurangi beban kognitif dan membantu pemrosesan perbedaan antar konsep. Visualisasi *Augmented Reality* memungkinkan peserta didik mengamati perbedaan konsep secara konkret, sehingga kemampuan membandingkan berkembang secara optimal.

Berdasarkan analisis *N-gain* pada seluruh indikator pemahaman konsep, dapat disimpulkan bahwa *E-book* berbasis mnemonik dan *Augmented Reality* efektif dalam melatih pemahaman konsep peserta didik dengan capaian kognitif yang bervariasi pada setiap indikator. Indikator dengan tuntutan integrasi dan pemahaman konseptual menunjukkan capaian kategori tinggi, sedangkan indikator yang menuntut transfer konsep dan analisis pengelompokan berada pada kategori sedang. Perbedaan capaian ini mencerminkan variasi kompleksitas tuntutan kognitif, bukan keterbatasan media pembelajaran. Dengan demikian, *E-book* yang dikembangkan berfungsi efektif sebagai media pembelajaran untuk melatih pemahaman konsep peserta didik pada materi virus.

Secara keseluruhan, *E-book* berbasis mnemonik dan *Augmented Reality* yang dikembangkan merupakan media pembelajaran digital interaktif yang dirancang secara sistematis dengan struktur materi yang runtut, integrasi fitur kognitif (kunci ingat, micro challenge, dan final challenge), serta visualisasi tiga dimensi melalui fitur *Bioscope*. Hasil uji validitas, keefektifan, dan kepraktisan menunjukkan bahwa ini layak dan untuk digunakan sebagai media pembelajaran biologi pada materi virus di tingkat SMA. Kebaruan produk terletak pada integrasi teknik mnemonik yang berfokus pada proses encoding, storage, dan retrieval dengan teknologi *Augmented Reality* yang mampu mengonkretkan konsep mikroskopis dan abstrak, sehingga mendukung pembelajaran yang lebih bermakna. Pemilihan pemahaman konsep sebagai fokus pengembangan didasarkan pada tuntutan pembelajaran abad ke-21 yang tidak hanya menekankan penguasaan fakta, tetapi juga kemampuan menganalisis, mengklasifikasikan, dan mengaitkan konsep secara logis. *Augmented Reality* memberikan pengalaman belajar visual dan interaktif yang selaras dengan karakteristik peserta didik digital native, sementara teknik mnemonik berperan sebagai strategi kognitif untuk memperkuat daya ingat dan retensi jangka panjang.

Berdasarkan hasil keseluruhan penelitian, dapat ditarik kesimpulan bahwa *E-book* yang mengandalkan mnemonik dan *Augmented Reality* tidak hanya dapat digunakan dengan baik dan praktis, namun juga efektif dalam meningkatkan pemahaman mengenai konsep virus sesuai dengan tujuh indikator pemahaman, yaitu menganalisis, memberikan contoh, mengklasifikasikan, merangkum, menarik kesimpulan, menjelaskan makna, dan membandingkan. Dengan demikian, *E-book* ini menjadi pilihan alternatif media pembelajaran yang inovatif dan sesuai dengan kebutuhan kurikulum serta karakteristik siswa saat ini, juga mendukung penguatan pemahaman konsep biologi secara berkelanjutan di era pembelajaran abad ke-21.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, *E-book* berbasis *Augmented Reality* pada materi virus yang dikembangkan dengan metode penelitian dan pengembangan (R&D) terbukti efektif dalam melatih pemahaman konsep peserta didik. Sebelum dilakukan uji keefektifan, *E-book* terlebih dahulu melalui uji validitas dan uji kepraktisan untuk memastikan kelayakan penggunaannya dalam pembelajaran. Hasil uji validitas menunjukkan nilai sebesar 92,18% dengan kategori sangat valid dan hasil uji kepraktisan sebesar 99,36% dengan kategori sangat praktis. Selanjutnya, hasil uji keefektifan menunjukkan nilai rata-rata *N-gain* sebesar 0,77 yang termasuk dalam kategori tinggi. Dengan demikian, *E-book* berbasis *Augmented Reality* yang dikembangkan layak dan efektif digunakan sebagai media pembelajaran biologi pada materi virus untuk meningkatkan pemahaman konsep peserta didik.

Saran

Penelitian selanjutnya dapat diarahkan pada pengembangan *E-book* berbasis metode mnemonik dan *Augmented Reality* yang lebih optimal dari sisi desain media, khususnya dalam penyederhanaan visual dan penyesuaian fitur agar dapat digunakan secara efektif pada berbagai spesifikasi perangkat. Selain itu, diperlukan kajian lanjutan yang berfokus pada penerapan *E-book* ini pada materi biologi lain serta aspek kognitif yang berbeda untuk memperluas pemanfaatannya dalam meningkatkan kualitas pembelajaran biologi

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan masukan selama proses penelitian. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pihak sekolah, khususnya kepala sekolah, guru biologi, dan peserta didik yang telah memberikan izin serta membantu kelancaran pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhani, A., & Rupa, D. (2020). Analisis pemahaman konsep mahasiswa pendidikan biologi pada matakuliah fisiologi tumbuhan. *Quantum: Jurnal Inovasi Pendidikan Sains*, 11(1), 18–26.
- Afnan, M. Z., & Puspitawati, R. P. (2024). Validity and practicality of student worksheet based on *Augmented Reality* applications of mangrove roots to improve the level of spatial thinking. *BioEdu: Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi*, 13(1), 39–45.
- Agustin, W. N., Suprpto, P. K., & Meylani, V. (2021). Profil pengetahuan dan proses kognitif peserta didik pada sub materi vertebrata. *Jurnal Pendidikan dan Biologi*, 13(1), 14–25.
- Ahmad, Z., Ahmad, H., & Rahman, Z. A. (2022). Penggunaan media pembelajaran *Augmented Reality* berbantuan Assemblr Edu untuk meningkatkan hasil belajar siswa SMA Negeri 5 Kota Ternate. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 8(23), 514–521.
- Aini, I. N., Widyawati, Z. H., Shofiana, A. M., Wulandari, F. N., Nabilah, E. R., & Hilyana, F. S. (2024). Analisis faktor-faktor kesulitan belajar IPAS pada peserta didik kelas V sekolah dasar. *Jurnal Ilmiah PGSD FKIP Universitas Mandiri*, 10(1), 1186–1198.
- Akbar, M., Nizar, M., Fujiaturrahman, S., Hafiaturrahmah, H., & Sari, N. (2022). Keefektifan media audio visual berbasis etnosains terhadap minat belajar siswa sekolah dasar. In *Seminar Nasional Paedagoria* (Vol. 2, pp. 17–23).
- Andini, A. R., & Qomariyah, N. (2022). Validasi *E-book* tipe flipbook materi sistem pencernaan manusia berbasis PBL untuk melatih kemampuan berpikir kritis siswa SMA. *Jurnal Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi*, 11(2), 330–340.
- Anitra, R., & Sumarli. (2022). Pemahaman konsep siswa pada materi kalor dan perpindahannya ditinjau dari gaya belajar. *Jurnal Pengembangan Pendidikan Dasar*, 6(1), 150–165.
- Aprilia, Y. D., Suwandayani, B. I., & Kurniawan, K. (2025). Optimalisasi penggunaan teknologi *Augmented Reality* di era digital pada sekolah dasar. *Cetta: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 8(1), 15–25.
- Aror, S. (2021). Metode mnemonik dalam lagu sebagai alternatif pembelajaran bahasa Jepang di Indonesia. *Jurnal Ilmiah Indonesia*, 6(5), 2525–2537.
- Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. In K. Spence & J. Spence (Eds.), *The psychology of learning and motivation* (Vol. 2, pp. 89–195). Academic Press.
- Ausubel, D. P. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. Holt, Rinehart & Winston.
- Azizah, T. N. A., Arifin, S., & Puspitasari, I. (2023). Penerapan media pembelajaran Wordwall dalam menunjang pemahaman konsep siswa. *Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 5(6), 3168–3176.
- Febriana, N. N. I., & Alimuddin, N. (2024). Upaya meningkatkan daya ingat siswa sekolah dasar dengan metode mnemonik. *Jurnal Teknologi Pendidikan Dasar*, 1(1), 31–36.
- Ferdyan, R., L., & Arsih, F. (2021). Urgensi materi pembelajaran tentang virus pada mata pelajaran IPA di SMP/MTs pada masa pandemi COVID-19: Rancangan indikator pembelajaran dalam bentuk pendidikan kesehatan di sekolah. *Jurnal Pendidikan Biologi*, 6(1), 50–59.
- Haka, N. B., Asih, N., Oktafiani, R., & Masya, H. (2025). Pengembangan media pembelajaran *Augmented Reality* berbasis Android untuk meningkatkan pemahaman konsep siswa SMA. *Jurnal Penelitian Pendidikan Biologi*, 9(1), 63–74.

- Hartati, D. (2019). Penerapan metode mnemonik terhadap hasil belajar materi metabolisme siswa kelas XII di SMAN 1 Tempel. *Kebijakan dan Pengembangan Pendidikan di Era Revolusi Industri*, 4(1), 1–70.
- Indriani, R., & Abidin, Z. (2022). Literature review: Pengembangan media pembelajaran *Augmented Reality* pada mata pelajaran biologi. *Jurnal Wahana Pendidikan*, 9(2), 139–148.
- Khoirunnisa, N., & Prajawinanti, A. (2023). Analisis pemanfaatan *E-book* sebagai bahan penunjang pembelajaran oleh pengguna perpustakaan SMAN 1 Kedungwaru Tulungagung. *The Light: Journal of Librarianship and Information Science*, 3(1), 11–21.
- Komariah, N. S., Zainuri, S. M., & Mulyadi, M. (2025). Strategi pembelajaran berbasis teori memori untuk peningkatan kognitif siswa. *Islamic Guidance and Counseling Journal*, 5(1), 118–131.
- Kusumawati, I. T., Soebagyo, J., & Nuriadin, I. (2022). Studi kepustakaan kemampuan berpikir kritis dengan penerapan model PBL pada pendekatan teori konstruktivisme. *Jurnal Pedagogik*, 5(1), 13–19.
- Magfiroh, L. M., Azzahro, N. S., Saputri, F. A., Mafaza, R., Rahmania, N. S., Doni, D., & Achsan, M. S. (2025). Konstruktivisme Jean Piaget dan implikasinya terhadap pembelajaran kreatif serta inovatif dalam pendidikan di era digital. *Indonesian Journal of Multidisciplinary Studies*, 1(1), 34–48.
- Maritsa, A., Salsabila, U. H., & Wafiq, M. (2021). Pengaruh teknologi dalam dunia pendidikan. *Jurnal Penelitian dan Kajian Sosial Keagamaan*, 18(2), 91–100.
- Masuroh, I. U., & Raharjo. (2024). Pengembangan e-LKPD berbasis problem based learning (PBL) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada sub materi zat makanan. *BioEdu*, 13(2), 370–382.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- Nurmilah, R. M. (2025). Pengembangan media pembelajaran *E-book* berbasis Android untuk meningkatkan literasi finansial siswa SMK. *Jurnal Pengabdian Masyarakat dan Riset Pendidikan*, 3(4), 1094–1103.
- Piaget, J. (1970). *Science of education and the psychology of the child*. Orion Press.
- Pratiwi, R. S., & Rachmadiarti, F. (2022). Pengembangan *E-book* berbasis science, technology, engineering, and mathematics (STEM) materi pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan untuk melatih keterampilan literasi sains. *BioEdu*, 11(1), 165–178.
- Rachim, M. R., Salim, A., & Qomarudin, Q. (2024). Pemanfaatan *Augmented Reality* sebagai media pembelajaran terhadap keaktifan belajar siswa dalam pendidikan modern. *Jurnal Riset dan Inovasi Pembelajaran*, 4(1), 594–605.
- Rahmadhani, N., Wardhani, S., & Sumah, A. S. W. (2022). Hubungan kemampuan awal, pemahaman konsep, dan hasil belajar siswa dalam pembelajaran daring di SMAN Sumatera Selatan. *BIOMA: Jurnal Ilmiah Biologi*, 11(1), 1–9.
- Rahman, F., Laily, N., Wulandari, A., Faisal, M. A., Yustikasari, I., Rifani, R., & Wati, R. M. (2025). Optimalisasi kapasitas kognitif untuk pencegahan stunting melalui pendekatan edukasi multimodal di Desa Sungai Alang. *Jurnal Pengabdian dan Pengembangan Masyarakat Indonesia*, 4(2), 316–323.
- Rahmi, D., & Sumarmin, R. (2021). Booklet bernuansa spiritual pada materi virus untuk peserta didik kelas X SMA/MA. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pendidikan*, 5(2), 234–241.
- Reynaldo, I. (2020). *Pengembangan E-book berbasis multimedia interaktif menggunakan aplikasi Sigil pada materi alat optik SMA/MA* (Doctoral dissertation). UIN Raden Intan Lampung.
- Sabtaningrum, F. E., Wiyokusumo, I., & Leksono, I. P. (2020). *E-book* tematik terpadu berbasis multikultural dalam kegiatan SFH (school from home). *Jurnal Ilmiah Sekolah Dasar*, 4(2), 153–162.
- Sani, R. N., & Ambarwati, R. (2024). Pengembangan e-LKPD berbasis problem based learning (PBL) pada submateri upaya pelestarian keanekaragaman hayati untuk melatih keterampilan berpikir kritis siswa kelas X SMA. *BioEdu*, 13(2), 323–338.
- Sari, N. R., Nursalim, M., & Rahmasari, D. (2023). Kajian neuropsikologi: Strategi mnemonic untuk meningkatkan kinerja memori dalam pembelajaran di sekolah dasar. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, 4(2), 2805–2818.
- Sari, W. P., Rahmatika, H., Yogica, R., & Rahmi, O. F. (2025). Analisis kebutuhan pengembangan booklet berbantuan *Augmented Reality* pada materi virus untuk siswa SMA dengan beragam gaya belajar. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, 3(2), 49–59.
- Seri, E. (2019). Penerapan strategi pembelajaran contextual teaching and learning untuk peningkatan hasil belajar siswa pada materi virus di kelas X MIA 1 SMA Negeri 1 Bubon. *Bionatural*, 6(2), 13–26.

- Setyowati, E., Hidayati, I. S., & Hermawan, T. (2020). Pengaruh penggunaan multimedia interaktif terhadap pemahaman konsep dalam pembelajaran matematika di MTs Darul Ulum Muhammadiyah Galur. *Jurnal Intersections*, 5(2), 26–38.
- Sholikha, A. M., Bachri, B., & Dewi, U. (2024). Pengembangan media pembelajaran *Augmented Reality* berbasis problem based learning dalam materi virus biologi. *Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 7(3), 2663–2669.
- Simamora, A. A., & Asri, M. T. (2024). Pengembangan e-LKPD interaktif untuk melatih kemampuan literasi digital peserta didik kelas X SMA pada materi virus. *BioEdu*, 13(2), 339–355.
- Subroto, D. E., Wirawan, R., & Rukmana, A. Y. (2023). Implementasi teknologi dalam pembelajaran di era digital: Tantangan dan peluang bagi dunia pendidikan di Indonesia. *Jurnal Pendidikan West Science*, 1(7), 473–480.
- Tika, P. N., Nisa, S. F., Faturahmah, D., Ristanto, R. H., & Isfaeni, H. (2024). Pengembangan *Augmented Reality* berbantuan Assemblr Edu untuk meningkatkan pemahaman konsep sistem ekskresi. *Diklabio: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Biologi*, 8(1), 52–64.
- Ummah, K., Ami, M. S., & Meishanti, O. P. Y. (2021). Pengembangan modul pembelajaran biologi berbasis reading, questioning, and answering (RQ) materi virus kelas X. *Jurnal Biologi dan Pembelajarannya*, 5(2), 19–25.
- Wahyuni, L., & Rahayu, Y. S. (2021). Pengembangan *E-book* berbasis project based learning (PjBL) untuk melatih kemampuan berpikir kreatif pada materi pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan kelas XII SMA. *BioEdu*, 10(2), 314–325.
- Widoyoko, E. P. (2012). *Teknik penyusunan instrumen penelitian*. Pustaka Pelajar.
- Widyastuty, E. (2024). Peningkatan pemahaman konsep biologi melalui penguatan minat dan kemandirian belajar. *Lencana: Jurnal Inovasi Ilmu Pendidikan*, 2(2), 152–164.
- Yusup, A. H., Azizah, A., Rejeki, E. S., Silviani, M., Mujahidin, E., & Hartono, R. (2023). Literature review: Peran media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* dalam media sosial. *Jurnal Pendidikan Indonesia: Teori, Penelitian dan Inovasi*, 3(5), 209–218.