

PENGEMBANGAN BUKU SAKU INTERAKTIF BERBASIS *PROBLEM BASED LEARNING* BERBANTUAN *AUGMENTED REALITY* PADA MATERI SISTEM PENCERNAAN MANUSIA UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS SISWA

Development of an Interactive Pocketbook Based on Problem Based Learning Assisted by Augmented Reality on the Human Digestive System to Improve Students' Critical Thinking Abilities

Anggun Ekawati

Pendidikan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya

E-mail: anggunekawati.22032@mhs.unesa.ac.id

Raharjo

Pendidikan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya

E-mail: raharjo@unesa.ac.id

Corresponding author: raharjo@unesa.ac.id

Abstrak

Pembelajaran Biologi pada Kurikulum Merdeka menekankan pendekatan *deep learning* untuk membentuk dimensi profil lulusan, khususnya penalaran kritis, yang selaras dengan tuntutan keterampilan abad ke-21 meliputi *critical thinking*, *communication*, *collaboration*, dan *creativity*. Namun, bahan ajar di sekolah masih terbatas dan belum optimal mendukung pembelajaran berbasis masalah serta pemanfaatan teknologi pembelajaran interaktif, khususnya pada materi Sistem Pencernaan Manusia. Penelitian ini memiliki tujuan merancang serta menilai kelayakan buku saku interaktif berbasis *Problem Based Learning* yang dilengkapi dengan *Augmented Reality* guna meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa kelas XI SMA. Penelitian menggunakan model pengembangan 4D dengan uji coba skala terbatas dilakukan pada 25 siswa kelas XI di SMA Negeri 7 Surabaya. Instrumen meliputi validasi ahli, angket respon siswa, observasi keterlaksanaan pembelajaran, uji keterbacaan grafik Fry, serta soal *pretest* dan *posttest*. Hasil menunjukkan tingkat validitas sangat valid dengan nilai 98.38%, kepraktisan sangat praktis berdasarkan respon siswa mendapatkan nilai 98.4% dan keterlaksanaan pembelajaran mendapatkan nilai 97.47%, serta keterbacaan yang sesuai dengan tingkat kelas XI. Keefektifan ditunjukkan oleh peningkatan nilai rata-rata dari 54 menjadi 93.2 dengan nilai N-gain sebesar 0,8 yang termasuk dalam kategori tinggi serta tingkat ketuntasan belajar mencapai 100%, dan peningkatan ketercapaian indikator berpikir kritis dari 52% cukup tuntas menjadi 94.33% sangat tuntas. Dengan demikian, buku saku interaktif dinyatakan layak, praktis, dan efektif sebagai media pembelajaran Biologi untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa.

Kata Kunci: buku saku, PBL, pembelajaran abad-21, berpikir kritis.

Abstract

Biology learning in the Independent Curriculum emphasizes a deep learning approach to shape graduate profile dimensions, particularly critical reasoning, which aligns with the demands of 21st-century skills including critical thinking, communication, collaboration, and creativity. However, teaching materials in schools are still limited and do not optimally support problem-based learning and the use of interactive learning technology, especially in the Human Digestive System material. This study aims to design and assess the feasibility of an interactive pocketbook based on Problem Based Learning equipped with Augmented Reality to improve the critical thinking skills of 11th-grade high school students. The study used a 4D development model with a limited-scale trial conducted on 25 11th-grade students at SMA Negeri 7 Surabaya. Instruments included expert validation, student response questionnaires, learning implementation observations, Fry graph readability tests, and pretest and posttest questions. The results showed a very valid level of validity with a value of 98.38%, very practicality based on student responses obtained a value of 98.4% and learning implementation obtained a value of 97.47%, as well as readability appropriate for the 11th-grade level. Effectiveness is demonstrated by an increase in the average score from 54 to 93.2, with an N-gain of 0.8, which is considered high. The learning completion rate reached 100%. The critical thinking indicator achievement increased from 52% (quite complete) to 94.33% (very complete). Therefore, the interactive pocketbook is deemed feasible, practical, and effective as a Biology learning medium to enhance students' critical thinking skills.

Keywords: pocket books, PBL, 21st-century learning, critical thinking.



PENDAHULUAN

Sejak tahun pelajaran 2022/2023, Indonesia secara bertahap menerapkan Kurikulum Merdeka sebagai kerangka pembelajaran di satuan pendidikan. Kurikulum tersebut memberi ruang yang lebih fleksibel bagi sekolah dan guru dalam menyusun pembelajaran yang disesuaikan dengan kebutuhan dan karakteristik dari siswa. Melalui struktur intrakurikuler yang fleksibel, Kurikulum Merdeka memiliki fokus dalam menguatkan kompetensi inti yang bersifat mendasar serta pengembangan karakter siswa yang terintegrasi dalam Profil Pelajar Pancasila (Jannah *et al.*, 2022). Dengan demikian, pembelajaran diharapkan tidak lagi bersifat berpusat pada guru, melainkan mendorong keaktifan siswa dalam membangun pengetahuan dan keterampilan secara mandiri.

Sejalan dengan penerapan Kurikulum Merdeka pendekatan *Deep Learning* atau biasa dijuluki sebagai pendekatan pembelajaran mendalam mulai ditekankan dalam praktik pembelajaran. Pendekatan ini sempat dipersepsikan sebagai kurikulum baru, namun Kementerian Pendidikan menyatakan bahwa *Deep Learning* tidak dimaksudkan sebagai pengganti kurikulum, tetapi sebagai pendekatan dalam proses pembelajaran yang dapat diterapkan pada berbagai kurikulum, termasuk Kurikulum Merdeka (Rangkut, 2024). Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah (2025) juga menegaskan bahwa pembelajaran mendalam bertujuan mewujudkan proses belajar yang dilakukan secara sadar, memiliki makna, serta menyenangkan melalui pendekatan holistik yang mengintegrasikan olah pikir, olah hati, olah rasa, dan olah raga. Pendekatan ini didukung oleh kerangka pendidikan mendalam yang meliputi dimensi profil lulusan, prinsip pembelajaran, pengalaman belajar, dan kerangka pembelajaran.

Salah satu dimensi penting dalam profil lulusan adalah kemampuan berpikir kritis. Kemampuan ini menjadi fokus utama karena sejalan dengan kebutuhan pembelajaran di abad ke-21 yang berfokus pada pengembangan ketrampilan 4C, yaitu *critical thinking*, *communication*, *collaboration*, serta *creativity* (Hamzah *et al.*, 2023). Penguasaan keterampilan tersebut diperlukan agar peserta didik mampu beradaptasi, berpikir fleksibel, serta menyelesaikan permasalahan secara efektif dalam kehidupan nyata. Ennis (2011) mendefinisikan kemampuan dalam berpikir kritis merupakan proses penalaran yang logis dengan penuh pertimbangan, yang membantu seseorang dalam memutuskan apa yang seharusnya dipercaya dan dilakukan. Sementara itu, Facione (2015) menyatakan bahwa kemampuan dalam berpikir kritis meliputi enam unsur, yaitu interpretasi, analisis, evaluasi, inferensi, penjelasan, dan regulasi diri. Pengembangan kemampuan berpikir kritis kian dibutuhkan di Tengah derasny aliran informasi yang terus berkembang dan tidak selalu dapat dipertanggungjawabkan. Dalam kondisi tersebut, siswa dituntut mampu mengolah informasi secara logis, objektif, dan bertanggung jawab sebelum mengambil keputusan (Paul & Elder, 2014). Kemampuan berpikir kritis mendorong siswa agar mampu menganalisa informasi secara mendalam, memilah fakta serta opini, serta menyusun kesimpulan berdasarkan bukti yang relevan (Lestari & Zakiah, 2019). Oleh karena itu, keterampilan ini perlu dilatihkan secara sistematis sejak jenjang SMA, ketika siswa mulai memasuki tahap berpikir yang lebih analitis dan reflektif.

Berdasarkan hasil wawancara dan observasi pra-penelitian yang diselenggarakan di SMA Negeri 7 Surabaya menunjukkan bahwa pembelajaran biologi belum sepenuhnya mendukung pengembangan kemampuan siswa dalam berpikir kritis. Bahan ajar yang digunakan hingga saat ini masih terbatas dan pembelajaran cenderung berfokus pada penyampaian materi, sehingga peran siswa lebih dominan sebagai penerima informasi. Keadaan tersebut menyebabkan partisipasi siswa dalam kegiatan pembelajaran menjadi kurang optimal, pemahaman konsep yang belum mendalam, dan kemampuan siswa dalam berpikir kritis masih belum menunjukkan perkembangan yang maksimal. Hal tersebut terlihat dari minimnya partisipasi siswa dalam mengajukan pertanyaan, mengemukakan pendapat, serta menghubungkan materi pelajaran dengan persoalan yang dijumpai dalam kehidupan sehari-hari.

Permasalahan tersebut semakin tampak pada materi Sistem Pencernaan Manusia. Materi ini dipersepsikan sulit oleh siswa karena memuat banyak istilah biologis, keterkaitan antarorgan, serta proses fisiologis yang bersifat abstrak. Padahal, pemahaman terhadap sistem pencernaan memiliki relevansi tinggi dengan kehidupan sehari-hari, mengingat meningkatnya kasus gangguan pencernaan di kalangan remaja. Penelitian Kurniawati dan Widyaningsih (2022) melaporkan bahwasannya mayoritas remaja dengan kebiasaan makan yang kurang sehat mengalami gangguan pencernaan, khususnya gastritis. Temuan ini menunjukkan betapa pentingnya pembelajaran biologi yang bukan hanya bersifat teoritis, namun juga mampu menumbuhkan kesadaran kritis siswa terhadap isu kesehatan yang kontekstual.

Berbagai penelitian sebelumnya menunjukkan kemampuan siswa dalam berpikir kritis pada tingkat SMA termasuk dalam kategori rendah hingga sedang. Novitasari dan Ambarwati (2024) menemukan bahwa aspek inferensi merupakan komponen berpikir kritis yang paling lemah. Temuan serupa juga disampaikan Sugiharti dan Gayatri (2021), menyatakan bahwasannya siswa cenderung hanya mampu memberikan penjelasan sederhana tanpa mengembangkan

strategi pemecahan masalah secara komprehensif. Keadaan itu menunjukkan dibutuhkan pendekatan pembelajaran secara sistematis melatih keterampilan berpikir kritis, salah satunya dengan menerapkan model *Problem Based Learning* dalam proses pembelajaran yang telah terbukti mampu meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi (Khikmah & Susantini, 2019).

Selain pendekatan pembelajaran, inovasi media pembelajaran juga menjadi faktor penting dalam mendukung ketercapaian tujuan pembelajaran. Buku saku adalah bahan ajar yang praktis karena berukuran kecil, mudah dibawa, dan memungkinkan siswa belajar secara fleksibel. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa buku saku memenuhi kriteria kelayakan dan terbukti memberikan hasil yang efektif digunakan sebagai media pembelajaran (Falah, 2019). Penelitian Parawangsa dan Listari (2023) juga mengungkapkan buku saku berbasis *Problem Based Learning* dapat mendorong pemahaman konsep siswa dengan lebih baik. Namun demikian, pengembangan buku saku yang terintegrasi dengan teknologi *Augmented Reality* masih terbatas.

Teknologi *Augmented Reality* memungkinkan penyajian objek berbentuk tiga dimensi yang ditampilkan secara langsung sehingga memberi kemudahan bagi siswa dalam memvisualisasikan struktur dan proses dalam tubuh makhluk hidup yang tidak bisa dilihat secara langsung (Avila-Garzon *et al.*, 2021). Integrasi *Augmented Reality* dalam buku saku berbasis *Problem Based Learning* menyalurkan pengalaman belajar yang lebih melibatkan siswa secara aktif, kontekstual, serta mendorong siswa untuk terlibat secara aktif dalam setiap tahap pemecahan masalah. Dengan demikian, kegiatan belajar bukan hanya sekadar menekankan pada penguasaan konsep, tetapi juga mengasah kemampuan berpikir kritis siswa secara menyeluruh.

Berdasarkan uraian tersebut, masih terdapat celah penelitian berupa terbatasnya pengembangan buku saku interaktif berbasis *Problem Based Learning* berbantuan *Augmented Reality* pada materi Sistem Pencernaan Manusia yang secara khusus dirancang untuk melatih kemampuan siswa dalam berpikir kritis. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki tujuan untuk mengembangkan buku saku interaktif berbasis *Problem Based Learning* dengan dukungan teknologi *Augmented Reality* sebagai bahan ajar biologi pada materi Sistem Pencernaan Manusia kelas XI SMA, serta mengkaji potensinya dalam meningkatkan kemampuan siswa dalam berpikir kritis.

METODE

Penelitian ini termasuk jenis penelitian pengembangan yang diarahkan untuk menghasilkan produk berupa buku saku interaktif berbasis *Problem Based Learning* berbantuan *Augmented Reality* pada materi Sistem Pencernaan Manusia untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Model pengembangan yang digunakan yaitu model 4D yang dirumuskan Thiagarajan (1974) yang terdiri atas tahap *define*, *design*, *develop*, dan *disseminate*.

Tahap *define* dilaksanakan dalam mengidentifikasi serta menganalisis kebutuhan pembelajaran. Kegiatan pada tahap ini meliputi analisis awal melalui kegiatan observasi dan wawancara, analisis karakteristik siswa, analisis konsep materi Sistem Pencernaan Manusia, analisis tugas, dan perumusan tujuan pembelajaran. Hasil analisis menunjukkan perlunya bahan ajar bersifat kontekstual, interaktif, serta dapat melatih kemampuan siswa dalam berpikir kritis.

Tahap *design* difokuskan pada perancangan produk awal buku saku interaktif. Pada tahap ini disusun sistematika isi buku saku yang terintegrasi dengan tahapan *Problem Based Learning* dan indikator kemampuan dalam berpikir kritis menurut Facione. Buku saku dirancang memiliki beberapa fitur pembelajaran, yaitu *Kejadian Nyata*, *Scan & Jelajahi*, *Saatnya Beraksi*, dan *Cermin Diriku*. Desain visual, tata letak, dan penyajian materi buku saku dikembangkan menggunakan aplikasi Canva agar tampilan lebih menarik, ringkas, dan mudah dipahami oleh siswa. Sementara itu, media *Augmented Reality* dikembangkan dengan aplikasi *Assemblr Edu* untuk menampilkan visualisasi tiga dimensi organ sistem pencernaan manusia yang dapat diakses melalui pemindaian kode *QR* pada buku saku. Selain perancangan produk, dalam tahap ini juga dirancang instrumen penelitian yang digunakan mencakup lembar validasi, lembar observasi pelaksanaan kegiatan pembelajaran, angket respon siswa, serta lembar uji keterbacaan serta soal *pretest* dan *posttest* kemampuan berpikir kritis.

Tahap *develop* bertujuan menghasilkan produk yang layak digunakan melalui tahapan validasi serta uji coba terbatas. Proses validasi dilaksanakan oleh ahli materi dan ahli media dalam menilai kelayakan buku saku yang dilihat melalui aspek isi, penyajian, bahasa, serta kesesuaian dengan sintaks *Problem Based Learning* dan indikator berpikir kritis. Setelah dilakukan perbaikan berdasarkan saran validator, produk diuji cobakan secara terbatas pada siswa kelas XI SMA.

Tahap *disseminate* dilakukan sebagai bentuk penyebarluasan hasil pengembangan. Pada tahap ini, produk dan hasil penelitian dituliskan dalam format artikel ilmiah dan diterbitkan melalui jurnal BioEdu (Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi) Universitas Negeri Surabaya, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai referensi pengembangan bahan ajar biologi di tingkat SMA.

Parameter penelitian digunakan untuk menilai kelayakan buku saku interaktif berbasis *Problem Based Learning* berbantuan *Augmented Reality*. Kelayakan produk ditinjau melalui tiga parameter utama, yaitu validitas, kepraktisan, dan keefektifan, yang selaras dengan kerangka evaluasi dalam penelitian pengembangan pendidikan.

Validitas bertujuan untuk memastikan bahwa buku saku interaktif telah memenuhi standar kelayakan sebelum digunakan dalam pembelajaran. Penilaian validitas dilakukan oleh ahli materi serta ahli media dengan mempertimbangkan kesesuaian isi dari materi dengan capaian pembelajaran, ketepatan konsep sistem pencernaan manusia, keterpaduan sintaks *Problem Based Learning* dengan indikator kemampuan berpikir kritis, kejelasan bahasa, serta kualitas tampilan media. Skor hasil penilaian dianalisis menggunakan persentase kelayakan.

$$\text{Validasi (\%)} = \frac{\sum \text{skor total yang diperoleh}}{\sum \text{skor maksimal}} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

Hasil persentase validitas diinterpretasikan menggunakan kriteria persentase menurut Riduwan (2015). Buku saku interaktif dinyatakan valid jika hasil persentase yang didapatkan pada setiap aspek mencapai $\geq 61\%$.

Kepraktisan digunakan untuk mengetahui kemudahan penggunaan dan keterlaksanaan buku saku interaktif dalam proses pembelajaran. Kepraktisan dianalisis berdasarkan tiga indikator, yaitu respon siswa, keterlaksanaan pembelajaran, dan tingkat keterbacaan buku saku. Keterlaksanaan pembelajaran diamati untuk mengetahui keterlaksanaan sintaks *Problem Based Learning* selama pembelajaran berlangsung. Respon siswa bertujuan agar mengetahui tanggapan dari sudut pandang siswa terhadap kemudahan penggunaan, tampilan, dan kebermanfaatan buku saku. Tingkat keterbacaan dianalisis untuk memastikan kesesuaian bahasa buku saku dengan kemampuan membaca siswa kelas XI SMA. Data kepraktisan dianalisis menggunakan persentase kepraktisan sebagai berikut.

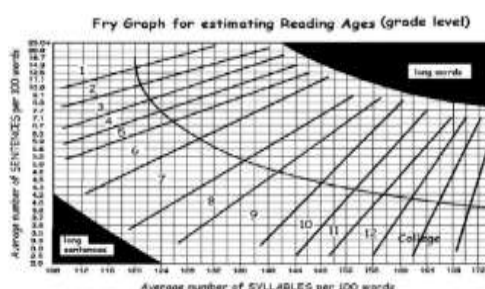
$$\text{Kepraktisan} = \frac{\sum \text{hasil yang diperoleh}}{\sum \text{hasil maksimal}} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

Hasil presentase kepraktisan diinterpretasikan menggunakan kriteria persentase menurut Riduwan (2015). Buku saku interaktif dinyatakan praktis jika hasil persentase yang didapatkan pada setiap aspek mencapai $\geq 61\%$.

Uji keterbacaan dilakukan sebagai bagian dari analisis kepraktisan untuk memastikan kesesuaian tingkat kesulitan bahasa buku saku interaktif dengan kemampuan membaca siswa kelas XI SMA. Uji keterbacaan dianalisis menggunakan Grafik Fry dengan mengambil beberapa cuplikan teks representatif dari buku saku interaktif yang mencerminkan keseluruhan isi materi. Setiap cuplikan teks terdiri atas 100 kata yang diambil secara berurutan tanpa memperhatikan batas paragraf.

Jumlah kalimat pada setiap cuplikan teks dihitung untuk memperoleh rata-rata jumlah kalimat per 100 kata sesuai dengan prosedur Grafik Fry. Selanjutnya, jumlah suku kata dari setiap cuplikan teks dihitung secara keseluruhan, kemudian dikonversi menjadi jumlah suku kata per 100 kata sebagai indikator tingkat kompleksitas kosakata. Nilai rata-rata jumlah kalimat dan jumlah suku kata per 100 kata tersebut selanjutnya diplotkan pada Grafik Fry untuk menentukan tingkat kelas keterbacaan teks, sehingga dapat diketahui apakah tingkat kesulitan bacaan telah sesuai dengan karakteristik siswa.

Buku saku interaktif dinyatakan memiliki tingkat keterbacaan yang sesuai apabila hasil pemetaan pada Grafik Fry berada dalam rentang tingkat kelas XI SMA. Hasil pemetaan tersebut menunjukkan kesesuaian tingkat kesulitan teks dengan kemampuan membaca dan memahami siswa pada jenjang tersebut. Apabila hasil pemetaan berada di luar rentang tingkat kelas XI SMA, maka dilakukan revisi bahasa untuk menyesuaikan tingkat kompleksitas teks dengan karakteristik dan kebutuhan siswa, sebagaimana ditampilkan pada **Gambar 1**.



Gambar 1 Grafik Fry
(Sumber : Abidin, 2010).

Keefektifan dipergunakan untuk melihat seberapa besar kemampuan siswa dalam berpikir kritis berkembang sesudah memanfaatkan buku saku interaktif tersebut. Efektivitasnya dinilai dengan membandingkan skor *pretest* dan *posttest* melalui perhitungan *N-gain* ternormalisasi. Efektivitas E-LKPD diukur melalui pemberian *pretest* serta *posttest*. Data didapatkan berdasarkan instrumen soal *pretest* serta *posttest* dengan rumus sebagai berikut (Hake, 1998):

$$N\text{-gain } (<g>) = \frac{(Sf - Si)}{(100 - Si)} \dots\dots\dots(3)$$

Nilai *N-gain* ditafsirkan mengacu pada kriteria tingkat *gain score* menurut Hake (1999). Jika $N\text{-gain} \geq 0,7$ maka peningkatan hasil belajar termasuk kategori tinggi; apabila berada pada rentang $0,3 \leq N\text{-gain} < 0,7$ diklasifikasikan sebagai kategori sedang; sedangkan $N\text{-gain} < 0,3$ tergolong dalam kategori rendah. Klasifikasi ini digunakan untuk menentukan tingkat keberhasilan pembelajaran dalam meningkatkan kemampuan siswa dalam berpikir kritis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian menghasilkan buku saku interaktif berbasis *Problem Based Learning* berbantuan *Augmented Reality* pada materi Sistem Pencernaan Manusia yang memiliki tujuan dalam upaya meningkatkan kemampuan siswa dalam berpikir kritis. Penilaian dilakukan berdasarkan uji kelayakannya dianalisis dari aspek validitas, kepraktisan, serta keefektifan dalam mendorong berkembangnya kemampuan berpikir kritis pada siswa. Tahap pengujian produk dilaksanakan secara terbatas oleh 25 siswa kelas XI-4 SMA Negeri 7 Surabaya.

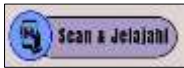
Berdasarkan buku saku yang dirancang terdapat penampilan dan fitur pada setiap komponen buku saku dirancang selaras dengan tahapan *Problem Based Learning* dan aspek kemampuan berpikir kritis sehingga mendukung kegiatan belajar yang sistematis dan berpusat pada siswa (Akker *et al.*, 2013). Fitur *Kejadian Nyata* menyajikan permasalahan kontekstual serta menghubungkan materi Sistem Pencernaan Manusia berdasarkan fenomena realistik dengan kehidupan mereka, sehingga membantu siswa memahami konteks pembelajaran sekaligus melatih kemampuan interpretasi dan identifikasi masalah (Facione, 2015).

Fitur *Scan & Jelajahi* memanfaatkan teknologi *Augmented Reality* untuk menampilkan visualisasi tiga dimensi organ pencernaan sehingga materi yang bersifat abstrak akan menjadi lebih nyata dan mudah dipahami (Mayer, 2009). Pemanfaatan *Augmented Reality* saat kegiatan pembelajaran biologi juga terbukti mendorong peran aktif dan penguasaan konsep siswa (Avila-Garzon *et al.*, 2021). Fitur *Saatnya Beraksi* mendorong siswa berdiskusi, bertukar pendapat, dan merumuskan solusi berdasarkan permasalahan yang diberikan sehingga melatih kemampuan eksplanasi, evaluasi, dan inferensi (Ennis, 2011). Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini selaras dengan penelitian Aisy *et al.* (2024) yang mengungkapkan bahwa penerapan *Problem Based Learning* memberikan dampak positif terhadap berkembangnya kemampuan berpikir kritis siswa.

Fitur *Cermin Diriku* menjadi sarana refleksi diri untuk mendorong siswa dalam merefleksikan tingkat pemahaman konsep serta proses berpikir yang telah dilakukan, sehingga mendukung perkembangan regulasi diri dan kesadaran metakognitif (Susantini *et al.*, 2021). Secara keseluruhan, keterpaduan fitur-fitur yang ditampilkan pada **Tabel 1** menunjukkan bahwa buku saku interaktif yang dikembangkan mampu memfasilitasi pembelajaran yang terstruktur, kontekstual, dan berorientasi pada pengembangan kemampuan berpikir kritis siswa (Anugrah & Astriani, 2024).

Tabel 1. Tampilan dan Fitur Buku Saku Interaktif

Tampilan dan Fitur	Deskripsi
	Cover utama. mencakup judul, strategi pembelajaran, materi, kolom identitas, dan tingkat pendidikan, disertai dengan gambar yang relevan dengan topik Sistem Pencernaan Manusia.
	Fitur Kejadian Nyata Fitur ini menyajikan studi kasus atau peristiwa nyata yang relevan dengan materi sistem pencernaan. Fitur ini melatih siswa untuk mengenali informasi penting, memahami istilah ilmiah, dan menjelaskan makna kasus berdasarkan data atau narasi yang disajikan.

Tampilan dan Fitur	Deskripsi
	Fitur Scan & Jelajahi Fitur ini menggunakan teknologi <i>Augmented Reality</i> untuk menampilkan organ pencernaan dalam bentuk 3D. Siswa dapat membandingkan kondisi normal dan terganggu, lalu menganalisis hubungan struktur dengan fungsinya serta sebab akibat gangguan yang terjadi.
	Fitur Saatnya Beraksi Fitur ini berisi pertanyaan dan tugas berbasis masalah untuk melatih siswa menarik kesimpulan, merumuskan solusi, membandingkan alternatif, dan memilih tindakan yang paling tepat.
	Fitur Cermin Diriku Fitur ini mengajak siswa merefleksi pemahaman, menyadari pola pikir atau kebiasaan yang perlu diperbaiki, dan merencanakan langkah konkret untuk meningkatkan kesehatan pencernaan dan keterampilan berpikir kritis.

Sebagian penilaian yang dilaksanakan pada penelitian ini untuk menentukan kelayakan yang dilihat dari aspek validitas, kepraktisan, dan efektivitas. Adapun penjelasan selengkapnya disampaikan di bawah ini.

Tahap yang pertama yaitu validasi, pada tahap ini kudu validator akan melakukan penilaian disertai masukan serta rekomendasi perbaikan terhadap draft buku saku interaktif yang telah disusun. Saran yang diberikan menjadi dasar penyempurnaan sehingga produk yang dihasilkan dapat dinyatakan valid dan layak digunakan. Hasil penilaian terkait validasi disajikan dalam **Tabel 2**.

Tabel 2. Hasil Validasi Buku Saku

Aspek	Persentase (%)	Kriteria
Penyajian	96.43%	Sangat Valid
Isi	96.59%	Sangat Valid
Keselarasan Langkah <i>Problem Based Learning</i>	100%	Sangat Valid
Ketercapaian Berpikir Kritis	98.86%	Sangat Valid
Kebahasaan	100%	Sangat Valid
Rata-rata	98.38% ± 0.02	Sangat Valid

Ditinjau dari hasil validasi pada **Tabel 2** menunjukkan bahwa buku saku interaktif yang dikembangkan memperoleh penilaian berada pada kategori sangat valid dengan rata-rata tingkat persentase validitas mencapai 98.38%. Penilaian dilaksanakan oleh dua validator, yakni dosen ahli materi dan dosen ahli pendidikan, yang menilai lima aspek utama, meliputi kelayakan penyajian, kelayakan isi, kebahasaan, kesesuaian dengan pendekatan *Problem Based Learning*, dan kesesuaian buku saku dalam meningkatkan kemampuan siswa dalam berpikir kritis.

Secara terperinci, aspek kelayakan penyajian mendapatkan persentase sebesar 96.43% dalam kategori sangat valid. Tingginya persentase pada aspek ini menunjukkan bahwa sistematika penyusunan buku saku, konsistensi tata letak, keterpaduan ilustrasi, serta integrasi media visual telah memenuhi kriteria bahan ajar yang baik dan mampu mendukung keterlibatan belajar siswa (Prastowo, 2015).

Aspek kelayakan isi memperoleh persentase 96.59% tergolong dalam kategori sangat valid, capaian tersebut mengindikasikan bahwa materi Sistem Pencernaan Manusia telah sesuai dengan kompetensi, capaian pembelajaran, serta kebenaran konsep biologi, sehingga layak digunakan sebagai sumber belajar (Thiagarajan *et al.*, 1974).

Aspek keselarasan dengan model *Problem Based Learning* mendapatkan persentase 100% masuk dalam kategori sangat valid, yang menunjukkan bahwa tahapan orientasi masalah, penyelidikan, pengembangan solusi, dan refleksi telah terintegrasi secara sistematis dalam buku saku (Arends, 2012).

Aspek ketercapaian berpikir kritis memperoleh persentase 98.86% dengan kategori sangat valid, yang menegaskan bahwa aktivitas pembelajaran yang disajikan telah mengakomodasi indikator berpikir kritis menurut Facione (2015) yang meliputi interpretasi, analisis, inferensi, evaluasi, eksplanasi, serta regulasi diri.

Aspek kebahasaan mendapatkan persentase 100% dan termasuk dalam kategori sangat valid. Hasil mengindikasikan bahwa penggunaan bahasa telah komunikatif dan selaras dengan karakteristik siswa kelas XI, meskipun masih memerlukan penyederhanaan pada beberapa istilah ilmiah. Penggunaan bahasa yang jelas dan sesuai jenjang pendidikan berperan penting dalam membantu siswa membangun pemahaman konsep secara optimal (Sarimanah *et al.*, 2021).

Secara keseluruhan, tingginya persentase pada seluruh aspek validitas menunjukkan bahwa buku saku interaktif yang dirancang telah layak digunakan, karena memenuhi kriteria kelayakan isi serta konstruk serta dinilai layak untuk

digunakan dalam pembelajaran biologi, sesuai dengan kriteria kualitas produk pengembangan pembelajaran (Van den Akker *et al.*, 1999).

Kepraktisan E-LKPD dilihat berdasarkan angket respon, lembar observasi aktivitas siswa serta uji keterbacaan. Angket respon akan diberikan kepada 25 siswa kelas XI-4 SMA Negeri 7 Surabaya untuk diisi sesuai dengan pengalaman mereka setelah mengikuti pembelajaran. Kemudian saat pembelajaran berlangsung, observer mengisi lembar observasi untuk merekam aktivitas siswa. Uji keterbacaan dilakukan dengan memilih 3 sampel paragraf yang kemudian dianalisis dengan menggunakan Grafik Fry. Hasil respon siswa ditampilkan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Hasil Respon Siswa

Aspek yang Dinilai	Rata-Rata (%)	Kriteria
Kepraktisan	98.4	Sangat Praktis
Daya Tarik Visual	97.6	Sangat Praktis
Kebermanfaatan Isi	99.2	Sangat Praktis
Rata-rata	98.4 ± 0.8	Sangat Praktis

Berdasarkan angket respon siswa pada **Tabel 3**, buku saku interaktif memperlihatkan bahwa produk memperoleh tingkat kepraktisan yang sangat tinggi dengan nilai persentase keseluruhan 98,4% dan kategori sangat positif. Hasil ini menunjukkan bahwa siswa menilai buku saku mudah digunakan, membantu memahami materi, serta mendukung kegiatan belajar yang berlangsung dengan baik di dalam kelas, sehingga telah sesuai karakteristik serta kebutuhan siswa kelas XI SMA.

Pada aspek kepraktisan penggunaan diperoleh persentase 98,4%, yang mengindikasikan bahwa buku saku praktis dibawa, mudah dioperasikan, dan dapat digunakan secara mandiri, sehingga mendukung pembelajaran yang fleksibel. Aspek daya tarik tampilan memperoleh persentase 97,6%, menunjukkan bahwa ilustrasi dan visualisasi *Augmented Reality* dinilai menarik serta membantu mengkonkretkan konsep sistem pencernaan manusia yang bersifat abstrak (Zulfa *et al.*, 2025). Sementara itu, aspek kebermanfaatan isi memperoleh persentase tertinggi sebesar 99,2%, menandakan bahwa materi yang disajikan relevan, runtut, dan membantu siswa memahami konsep.

Secara keseluruhan, dominasi respon sangat positif pada seluruh aspek terlihat bahwa buku saku interaktif yang dirancang dengan pendekatan *Problem Based Learning* berbantuan *Augmented Reality* mempunyai tingkat kepraktisan sangat baik dan layak digunakan sebagai bahan ajar pendukung dalam kegiatan pembelajaran Biologi di kelas XI SMA pada materi Sistem Pencernaan Manusia.

Kepraktisan buku saku interaktif juga didukung oleh hasil observasi aktivitas kegiatan pembelajaran yang dilaksanakan oleh siswa dalam menggunakan buku saku. Hasil observasi aktivitas siswa ditampilkan dalam **Tabel 4**.

Tabel 4. Hasil Observasi Aktivitas Siswa

Aspek yang Dinilai	Rata-Rata (%)	Kriteria
Keterlaksanaan Umum	94.67	Sangat Terlaksana
Keterlaksanaan Fitur Buku Saku	96	Sangat Terlaksana
Keterlaksanaan Sintaks <i>Problem Based Learning</i>	99.2	Sangat Terlaksana
Keterlaksanaan Aspek Pendukung	100%	Sangat Terlaksana
Rata-rata	97.47 ± 47.85	Sangat Terlaksana

Hasil observasi aktivitas siswa pada kegiatan belajar dengan memakai buku saku interaktif berbasis *Problem Based Learning* berbantuan *Augmented Reality* dianalisis guna menilai kepraktisan produk. Penilaian dilakukan melalui lembar observasi aktivitas siswa berdasarkan indikator aktivitas dan sintaks *Problem Based Learning* oleh empat observer, kemudian dirata-ratakan untuk memperoleh persentase keterlaksanaan.

Berdasarkan **Tabel 4**, keterlaksanaan umum pembelajaran mencapai 94,67% masuk dalam kategori sangat terlaksana. Hasil tersebut menunjukkan buku saku interaktif dapat diimplementasikan secara optimal, seluruh tahapan pembelajaran berjalan sesuai perencanaan, serta mudah digunakan oleh siswa. Integrasi *Augmented Reality* dalam media berbasis *Problem Based Learning* diketahui mampu meningkatkan keterlibatan siswa karena menyajikan visualisasi konsep yang kompleks dan mendorong partisipasi aktif selama pembelajaran (Sholikha *et al.*, 2024), meskipun penerapannya tetap memerlukan kesiapan perangkat dan guru agar kepraktisan tetap terjaga (Indahsari & Sumirat, 2023).

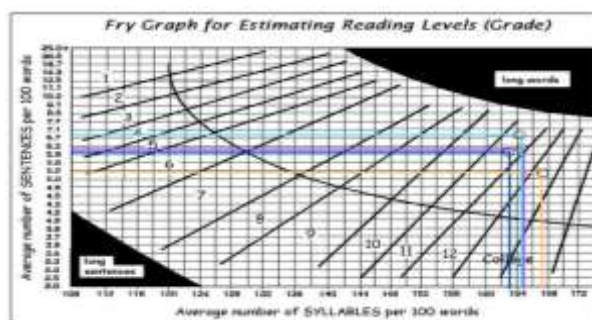
Pembelajaran dilaksanakan melalui tiga permasalahan kontekstual, yaitu karies gigi, gastritis, dan gastroschisis, yang disajikan sebagai pemantik kegiatan belajar. Penyajian masalah autentik ini menjadi ciri utama *Problem Based Learning* dalam menumbuhkan keaktifan serta kemampuan siswa dalam berpikir kritis (Arends, 2012). Implementasi *Probleme Based Learning* pada materi Sistem Pencernaan Manusia berkontribusi positif terhadap peningkatan berpikir

kritis, terutama ketika masalah dikaitkan dengan konteks sosial-ilmiah (Aisy *et al.*, 2024), serta berpotensi diterapkan pada berbagai materi Biologi lainnya (Putri *et al.*, 2023).

Keterlaksanaan sintaks *Problem Based Learning* mencapai 99,2% dengan kategori sangat terlaksana. Siswa menganalisis masalah melalui fitur Kejadian Nyata, mengamati struktur organ normal dan terganggu menggunakan fitur Scan & Jelajahi berbantuan visualisasi objek 3D, mengerjakan soal analisis serta merumuskan solusi pada fitur Saatnya Beraksi, dan melakukan refleksi melalui fitur Cermin Diriku. Pemanfaatan visualisasi tiga dimensi yang mendorong pemahaman konsep siswa yang abstrak secara lebih konkret (Permana *et al.*, 2024), sementara aktivitas analisis kasus dan penyusunan solusi melatih siswa mengaitkan data dengan konsep biologi (Aisy *et al.*, 2024). Refleksi diri juga mendukung berkembangnya kesadaran metakognitif dan evaluasi proses berpikir siswa (Muawanah *et al.*, 2024).

Aspek keterlaksanaan fitur buku saku mencapai 96% dan keterlaksanaan pendukung mencapai 100%, menunjukkan bahwa seluruh fitur dimanfaatkan secara optimal dalam aktivitas individu maupun kelompok. Media pembelajaran interaktif terbukti mampu meningkatkan keaktifan, kolaborasi, dan keterlibatan siswa dalam pembelajaran sains (Sari, 2024). Secara keseluruhan, keterlaksanaan pembelajaran sebesar 97,47% mengindikasikan bahwa buku saku interaktif berbasis *Problem Based Learning* berbantuan *Augmented Reality* memiliki kepraktisan yang sangat baik dan layak diterapkan pada pembelajaran Biologi materi Sistem Pencernaan Manusia di tingkat SMA.

Selanjutnya kepraktisan juga diukur melalui uji keterbacaan dengan memanfaatkan Grafik Fry. Pengujian ini dilakukan untuk melihat kesesuaian tingkat kesulitan teks dengan jenjang kelas sasaran, karena keterbacaan merupakan salah satu indikator penting kepraktisan bahan ajar. Hasil kepraktisan buku saku interaktif ditampilkan pada **Gambar 2**.



Gambar 2 Hasil Uji Keterbacaan dalam Setiap Sampel.

Keterangan:

■ : Sampel awal
■ : Sampel tengah

■ : Sampel akhir
■ : Rata-rata

Berdasarkan Gambar 2, sebagian besar sampel teks berada pada tingkat keterbacaan kelas XI SMA. Bagian awal dan tengah buku saku masing-masing menunjukkan rata-rata 6,21 dan 6,81 kalimat per 100 kata dengan jumlah suku kata 273 dan 275, mengindikasikan bahwa struktur kalimat, kosakata, dan penyajian bahasa telah sesuai dengan kemampuan membaca siswa kelas XI. Temuan tersebut sejalan dengan Sarimanah *et al.* (2021) yang memaparkan bahwa bahan ajar dengan tingkat keterbacaan sesuai jenjang pendidikan dapat mendukung pemahaman materi secara optimal.

Satu sampel teks pada bagian akhir menunjukkan tingkat keterbacaan setara kelas XIII dengan rata-rata 5,2 kalimat per 100 kata serta 279 suku kata menandakan adanya peningkatan kompleksitas bacaan. Hal tersebut berkaitan dengan kepadatan istilah ilmiah dan pembahasan konsep yang lebih abstrak (Mursyadah, 2021). Variasi tingkat keterbacaan ini masih wajar karena materi disusun bertahap dari konsep sederhana menuju kompleks. Selain itu, bagian dengan keterbacaan lebih tinggi didukung oleh ilustrasi, visual, dan fitur *Augmented Reality* yang membantu mengonkretkan konsep, sehingga tetap memfasilitasi pemahaman siswa (Pujiastuti, 2024).

Secara keseluruhan, rata-rata tingkat keterbacaan buku saku berada pada nilai 11,67 yang sesuai dengan jenjang kelas XI SMA, sehingga buku saku interaktif dinyatakan memiliki keterbacaan yang baik dan layak digunakan bahan ajar pendukung kegiatan belajar Biologi pada materi Sistem Pencernaan Manusia.

Keefektifan buku saku interaktif dapat ditinjau melalui perbandingan hasil *pretest* dan *posttest* siswa. Instrumen *pretest* serta *posttest* disusun untuk melihat tingkat perkembangan indikator-indikator keterampilan dalam berpikir kritis. Selanjutnya, analisis *N-gain* diterapkan untuk melihat peningkatan capaian pada setiap indikator keterampilan berpikir kritis sebelum serta sesudah pengaplikasian buku saku interaktif. Adapun hasil *pretest* dan *posttest* dari 25 siswa ditampilkan dalam **Tabel 5**.

Tabel 5. Data Hasil Soal *Pretest* dan *Posttest*

<i>Pretest</i>	(%) Ketuntasan	<i>Posttest</i>	(%) Ketuntasan	<i>N-Gain</i>
54 ± 12.25	8 (TT)	93.6 ± 8.10	100 (T)	0.8 ± 0.20 (Tinggi)

Keterangan:

(g) <0.3 : Rendah

0.7 > (g) > 0.3 : Sedang

(g) > 0.7 : Tinggi

TT : Tidak Tuntas

T : Tuntas

Berdasarkan **Tabel 5.** menunjukkan kemampuan awal siswa sebelum pembelajaran menggunakan buku saku interaktif berbasis *Problem Based Learning* berbantuan *Augmented Reality* masih tergolong rendah, terlihat dari nilai rata-rata *pretest* mencapai 54 serta ketuntasan belajar hanya 8% (2 dari 25 siswa). Kondisi ini mengindikasikan bahwa pembelajaran sebelumnya belum optimal dalam memfasilitasi konstruksi pemahaman konsep secara aktif dan bermakna (Arends, 2012).

Setelah penerapan buku saku interaktif, terjadi peningkatan yang sangat signifikan pada hasil belajar siswa, ditunjukkan oleh nilai rata-rata *posttest* sebesar 93,6 dengan ketuntasan belajar 100%. Hasil perhitungan *N-Gain* senilai 0,8 termasuk dalam kategori tinggi, yang menegaskan efektivitas strategi pembelajaran yang diterapkan (Hake, 1999).

Peningkatan tersebut memperlihatkan bahwa pelaksanaan *Problem Based Learning* dikombinasikan dengan *Augmented Reality* memungkinkan siswa memahami konsep melalui keterlibatan aktif dalam menganalisis masalah, berdiskusi, dan mengamati visualisasi organ 3D sehingga konsep abstrak menjadi lebih konkret (Febrianto & Aeni, 2024). Dukungan visualisasi tiga dimensi interaktif pada buku saku membantu siswa memahami keterkaitan struktur dan fungsi organ secara lebih jelas (Triyanto *et al.*, 2025), serta meningkatkan keterlibatan kognitif dan kualitas pemahaman konsep Biologi siswa melalui interaksi langsung dengan objek virtual (Bashri *et al.*, 2025).

Data dari *pretest* dan *posttest* turut menggambarkan perkembangan keterampilan berpikir kritis siswa. Pengukuran kemampuan tersebut merujuk pada beberapa aspek, yaitu interpretasi, analisis, evaluasi, inferensi, eksplanasi, dan regulasi diri. Hasil pencapaian tujuan pembelajaran dan indikator berpikir kritis tersaji dalam **Tabel 6.**

Tabel 6. Hasil Ketercapaian Indikator Berpikir Kritis

IBK	<i>Pretest</i>		<i>Posttest</i>	
	Ketuntasan (%)	Kriteria	Ketuntasan (%)	Kriteria
Interpretasi	90	Sangat Tuntas	90	Sangat Tuntas
Analisis	54	Cukup Tuntas	96	Sangat Tuntas
Evaluasi	56	Cukup Tuntas	94	Sangat Tuntas
Inferensi	32	Kurang Tuntas	90	Sangat Tuntas
Eksplanasi	20	Tidak Tuntas	96	Sangat Tuntas
Regulasi Diri	60	Tuntas	100	Sangat Tuntas
Rata-rata (%)	52 ± 24.30	Cukup Tuntas	94.33 ± 3.88	Sangat Tuntas

Berdasarkan **Tabel 6** keterlaksanaan indikator kemampuan berpikir kritis menggambarkan keberhasilan pembelajaran menggunakan buku saku interaktif berbasis *Problem Based Learning* berbantuan *Augmented Reality* dalam memfasilitasi perkembangan siswa dalam berpikir kritis berdasarkan kerangka Facione yakni interpretasi, analisis, evaluasi, inferensi, eksplanasi, serta regulasi diri. Pengukuran dilaksanakan melalui *pretest* dan *posttest* yang disusun berdasarkan kisi-kisi soal sesuai indikator berpikir kritis dan dikaitkan dengan kasus penyakit sistem pencernaan manusia, sehingga ketercapaian indikator mencerminkan kemampuan siswa menerapkan cara berpikir ilmiah pada permasalahan kesehatan nyata (Facione, 2015).

Hasil *pretest* menunjukkan sebagian besar indikator belum berkembang optimal. Pada indikator interpretasi 90%, siswa telah mengenali permasalahan pada kasus karies gigi dan gastritis, namun belum mampu mengaitkan gejala dengan mekanisme biologis secara utuh. Indikator analisis 54% dan evaluasi 56% menunjukkan siswa masih kesulitan menguraikan sebab-akibat penyakit, seperti dampak pola makan rendah serat terhadap sembelit atau kebiasaan konsumsi makanan pedas terhadap gastritis. Indikator inferensi 32% dan eksplanasi 20% menandakan siswa belum mampu menarik kesimpulan logis serta menjelaskan solusi secara ilmiah. Indikator regulasi diri 60% menunjukkan refleksi siswa masih bersifat umum. Kondisi ini mengindikasikan bahwa siswa belum terbiasa dengan pembelajaran berbasis masalah yang menuntut penalaran sistematis terhadap kasus penyakit (Arends, 2012).

Setelah penerapan buku saku interaktif, seluruh indikator berpikir kritis meningkat signifikan. Pada indikator interpretasi, siswa mampu menafsirkan data gejala penyakit dan mengaitkannya dengan proses biologis, seperti hubungan kebiasaan mengunyah dengan risiko karies gigi atau produksi asam lambung dengan gastritis (Pratiwi *et al.*, 2024). Indikator analisis meningkat menjadi 96%, menunjukkan siswa mampu mengurai mekanisme terjadinya gangguan seperti refluks asam, diare, serta kerusakan vili usus halus terhadap penyerapan nutrisi, dengan dukungan visualisasi organ 3D (Putri *et al.*, 2023).

Indikator evaluasi mencapai 94%, tercermin dari kemampuan siswa menilai kebiasaan hidup berdasarkan dampaknya terhadap kesehatan sistem pencernaan (Febrianto & Aeni, 2024). Indikator inferensi meningkat menjadi 90%, menunjukkan siswa mampu menyimpulkan penyebab penyakit dari kombinasi gejala yang diamati, misalnya menentukan faktor penyebab diare atau refluks asam (Putri & Fitri, 2024). Indikator eksplanasi meningkat menjadi 96%, yang terlihat dari kemampuan siswa menjelaskan solusi dan langkah pencegahan penyakit pencernaan secara runtut dan ilmiah. Indikator regulasi diri mencapai 100%, menandakan siswa mampu merefleksikan kebiasaan hidupnya dan merancang strategi pencegahan penyakit berdasarkan pemahaman biologis (Dilviana *et al.*, 2025).

Secara keseluruhan, peningkatan indikator berpikir kritis dari *pretest* ke *posttest* menunjukkan bahwa buku saku interaktif berbasis *Problem Based Learning* berbantuan *Augmented Reality* sangat efektif mengembangkan kemampuan siswa dalam berpikir kritis melalui pemaknaan konsep yang terintegrasi dengan konteks penyakit sistem pencernaan (Hujjatusnaini *et al.*, 2022).

PENUTUP

Simpulan

Buku saku interaktif berbasis *Problem Based Learning* berbantuan *Augmented Reality* pada materi Sistem Pencernaan Manusia dinyatakan layak digunakan sebagai bahan ajar Biologi untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis dari siswa SMA kelas XI. Kelayakan tersebut ditunjukkan oleh tingkat validitas sangat valid dengan persentase 98.38%, kepraktisan yang meliputi keterlaksanaan dengan persentase 97.47%, keterbacaan sesuai dengan tingkat kelas XI, dan respon siswa dengan persentase 98.4%, serta keefektifan tinggi yang ditandai dengan nilai *N-gain* 0.8, ketuntasan belajar 100%, dan peningkatan ketercapaian indikator berpikir kritis dari 52% menjadi 94.33%.

Saran

Penelitian selanjutnya dilakukan pada skala yang lebih luas agar diperoleh pemahaman yang lebih menyeluruh mengenai kepraktisan dan keefektifan buku saku interaktif. Selain itu, pengembangan buku saku interaktif Biologi lain yang bersifat abstrak dan kompleks juga berbasis *Problem Based Learning* berbantuan *Augmented Reality* pada materi perlu dilakukan untuk menguji konsistensi kepraktisan dan keefektifan produk dalam membantu meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa pada beragam topik pembelajaran.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada dosen pembimbing atas arahan dan pendampingan selama proses penelitian berlangsung, kepada para validator yang telah berkenan memberikan saran serta masukan yang membangun, serta kepada siswa kelas XI-4 di SMA Negeri 7 Surabaya yang telah bersedia menjadi responden dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Y. (2010). *Strategi membaca: Teori dan pembelajarannya*. Risqi Press.
- Aisy, M. R., Trisnowati, E., & Siswanto, S. (2024). The effect of the Problem-Based Learning (PBL) model in the context of socio-scientific issues (SSI) on critical thinking ability on digestive system material. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 10(2), 185–195. <https://doi.org/10.21831/jipi.v10i2.75231>.
- Akker, J. van den, Bannan, B., Kelly, A. E., Nieveen, N., & Plomp, T. (2013). *Educational design research*. Enschede, The Netherlands: Netherlands Institute for Curriculum Development (SLO).
- Anugrah, J. I., & Astriani, D. (2024). Meningkatkan keterampilan berpikir kritis menggunakan model Problem Based Learning berbasis literasi sains. *PENSA E-Jurnal: Pendidikan Sains*, 12(2), 38–42. <https://doi.org/10.26740/pensa.v12i2.61112>.
- Arends, R. I. (2012). *Learning to teach* (9th ed.). McGraw-Hill.
- Avila-Garzon, C., Bacca-Acosta, J., Kinshuk, Duarte, J., & Betancourt, J. (2021). Augmented reality in education: An overview of twenty-five years of research. *Contemporary Educational Technology*, 13(3), ep302. <https://doi.org/10.30935/cedtech/10865>.

- Bashri, A., Susantini, E., Rahayu, Y. S., Rukmana, R., Indana, S., Faizah, U., & Afnan, M. Z. (2025). Student worksheet based on AR cells and tissues to train spatial thinking and problem solving. *Journal of Curriculum and Teaching*, 14(3), 308–318. <https://doi.org/10.5430/jct.v14n3p308>.
- Dilviana, N., Nuryantini, A. Y., & Sa'adah, S. (2025). Problem-Based Learning assisted by Augmented Reality on the respiratory system topic. *Jurnal Pendidikan Sains*, 13(3), 127–133. <https://doi.org/10.17977/jps.v13i3.2025>.
- Ennis, R. H. (2011). *The nature of critical thinking: An outline of critical thinking dispositions and abilities*. University of Illinois.
- Facione, P. A. (2015). *Critical thinking: What it is and why it counts* (2015 update). Insight Assessment.
- Falah, F., & Isnawati. (2019). Kelayakan buku saku materi fungi sebagai sumber belajar siswa SMA berdasarkan hasil validitas. *Jurnal BioEdu*, 8(1), 10–15. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/bioedu/article/view/28728>.
- Febrianto, D. S., & Aeni, K. (2024). The effectiveness of problem-based learning model assisted by augmented reality media on learning outcomes. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 26(2), 123–134. <https://journal.unj.ac.id/unj/index.php/jtp>.
- Febrianto, D. S., & Aeni, K. (2024). The effectiveness of problem-based learning model assisted by augmented reality media on learning outcomes. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 26(2), 123–134. <https://journal.unj.ac.id/unj/index.php/jtp>.
- Fitriani, H., Samsuri, T., Rachmadiarti, F., & Raharjo, R. (2022). Characteristics of evaluation-process biology learning tools based on conceptual problem-based learning models to train critical thinking skills. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 8(1), 269–276. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v8i1.1168>.
- Hake, R. R. (1999). *Analyzing change/gain scores*. Indiana University. <http://www.physics.indiana.edu/~hake/>.
- Hamzah, R. A., Mesra, R., Br Karo, K., et al. (2023). *Strategi pembelajaran abad ke-21*. PT Mifandi Mandiri Digital.
- Hujjatusnaini, N., Corebima, A. D., Prawiro, S. R., & Gofur, A. (2022). The effect of blended project-based learning integrated with 21st-century skills on pre-service biology teachers' higher-order thinking skills. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 11(1), 104–118. <https://doi.org/10.15294/jpii.v11i1.27148>.
- Indahsari, L., & Sumirat, S. (2023). Implementasi teknologi augmented reality dalam pembelajaran interaktif. *Cognoscere: Jurnal Komunikasi dan Media Pendidikan*, 1(1), 7–11. <https://doi.org/10.61292/cognoscere.v1i1.20>.
- Jannah, F., Irtifa, T., & Az Zahra, P. F. (2022). Problematika penerapan Kurikulum Merdeka Belajar. *Jurnal Pendidikan*, 4(2), 55–65.
- Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah Republik Indonesia. (2025). *Naskah akademik pembelajaran mendalam: Menuju pendidikan bermutu untuk semua*. Pusat Kurikulum dan Pembelajaran, BSKAP.
- Khikmah, N. L., & Susantini, E. (2019). Kelayakan lembar kegiatan peserta didik (LKPD) literasi sains pada materi sistem pencernaan untuk melatih keterampilan berpikir kritis peserta didik. *BioEdu*, 8(3), 311–318.
- Kurniawati, S. M., & Widyaningsih, T. (2022). Hubungan pola makan dengan kejadian gastritis pada remaja di wilayah Wonokromo Surabaya. *BioLearn: Jurnal Biologi dan Pembelajarannya*, 4(2), 45–52. <https://jurnal.anfa.co.id/index.php/biologi/article/view/717>.
- Lestari, I., & Zakiah, L. (2019). *Berpikir kritis dalam konteks pembelajaran*. Erzatama Karya Abadi.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2nd ed.). New York: Cambridge University Press.
- Muawanah, R., Ar Ridho, A. F., Badriyah, N., Zahro, F., & Yamin, Y. (2024). A literature review on the effectiveness of Problem Based Learning in enhancing Biology students' problem solving skills and learning outcomes. *Equator Science Journal*, 6(1), 15–28.
- Mursyadah, U. (2021). Tingkat keterbacaan Buku Sekolah Elektronik (BSE) pelajaran Biologi kelas X SMA/MA. *TEACHING: Jurnal Inovasi Keguruan dan Ilmu Pendidikan*, 1(4), 298–304. <https://doi.org/10.51878/teaching.v1i4.774>.
- Novitasari, L. F., & Ambarwati, R. (2024). Profil keterampilan berpikir kritis siswa SMA di Surabaya. Dalam *Prosiding Seminar Nasional Biologi IP2B VIII* (hlm. 61–66). Universitas Negeri Surabaya.
- Parawangsa, H. I., & Listari, N. (2023). Pengembangan buku saku biologi berbasis problem based learning untuk meningkatkan hasil belajar siswa. *Empiricism Journal*, 4(1), 225–232.
- Paul, R., & Elder, L. (2014). *Critical thinking: Tools for taking charge of your learning and your life* (3rd ed.). Pearson Education.

- Permana, T. I., Husamah, H., Nurhamdani, M. I., Zaskia, A., Savitri, A., & Salsabila, D. A. (2024). Augmented Reality in Biology Education: A Systematic Literature Review. *Research and Development in Education (RaDeN)*, 4(1), 630–652. <https://doi.org/10.22219/raden.v4i1.32636>
- Prastowo, A. (2015). *Panduan kreatif membuat bahan ajar inovatif*. DIVA Press.
- Pratiwi, J. A., Mirza, A., & Nursangaji, A. (2024). Kemampuan berpikir kritis aspek analisis siswa di Sekolah Menengah Atas. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Khatulistiwa (JPPK)*, 5(12), 1–10. <https://doi.org/10.26418/jppk.v5i12.17771>
- Pujiastuti, E. (2024). Pemanfaatan media visual dalam bahan ajar untuk meningkatkan pemahaman konsep biologi siswa SMA. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 10(1), 88–97. <https://doi.org/10.21831/jipi.v10i1.61234>
- Putri, A. J., Sukmono, T., & Wicaksana, E. J. (2023). The influence of Problem Based Learning (PBL) model based on STEM approach on critical thinking ability phase E in biology learning. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(9), 7056–7063. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i9.4568>
- Putri, A. J., Sukmono, T., & Wicaksana, E. J. (2023). The influence of Problem Based Learning (PBL) model based on STEM approach on critical thinking ability phase E in biology learning. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(9), 7056–7063. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i9.4568>
- Putri, D. M., & Fitri, R. (2022). Pengaruh model pembelajaran Problem Based Learning (PBL) terhadap kemampuan berpikir kritis siswa pada pembelajaran Biologi. *Jurnal Pendidikan Biologi*, 3(1), 42–52. <https://doi.org/10.35719/alveoli.v3i1.130>
- Rangkut, M. (2024). *Pengertian deep learning: Diperkirakan sebagai pengganti Kurikulum Merdeka Belajar*. Fahum UMSU. <https://fahum.umsu.ac.id/blog/pengertian-deep-learning-diperkirakan-sebagai-pengganti-kurikulum-merdeka-belajar/>
- Riduwan. (2015). *Skala pengukuran variabel-variabel penelitian*. Alfabeta.
- Sari, A. P. (2024). Upaya meningkatkan hasil belajar IPA melalui metode pembelajaran interaktif. *Journal of Innovation in Teaching and Instructional Media*, 5(1), 404–415. <https://doi.org/10.52690/jitim.v5i1.980>
- Sarimanah, E., Widyastuti, S., & Rahmawati, I. (2021). Pengembangan bahan ajar berbasis literasi sains ditinjau dari tingkat keterbacaan dan pemahaman siswa SMA. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 9(2), 245–256.
- Sholikha, S., Bachrib, A., & Dewi, I. A. (2024). Pengembangan media pembelajaran augmented reality berbasis problem based learning pada materi virus. *Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 7(2). <https://jiip.stkipyapisdampu.ac.id/jiip/index.php/JIIP/article/view/3549>
- Sugiharti, N., & Gayatri, Y. (2021). Profil kemampuan berpikir kritis siswa SMA Muhammadiyah Kota Surabaya pada pembelajaran biologi. *Jurnal Pedago Biologi*, 9(1), 34–40.
- Susantini, E., Puspitawati, R. P., Raharjo, & Suaidah, H. L. (2021). E-book of metacognitive learning strategies: Design and implementation to activate students' self-regulation. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 16(1). <https://doi.org/10.1186/s41039-021-00161-z>
- Thiagarajan, S., Semmel, D. S., & Semmel, M. I. (1974). *Instructional development for training teachers of exceptional children: A sourcebook*. Indiana University.
- Triyanto, S. A., Bilbina, K., & Putri, R. S. (2025). The potential of 3D augmented reality book-based learning media. *Biosfer: Jurnal Pendidikan Biologi*, 18(1), 1–10.
- Van den Akker, J., Branch, R. M., Gustafson, K., Nieveen, N., & Plomp, T. (Eds.). (1999). *Design approaches and tools in education and training*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-011-4255-7>
- Zulfa, A., Afriyadi, M. M., Baharudin, B., & Fiteriani, I. (2025). Pengaruh media Augmented Reality terhadap minat belajar dan pemahaman konsep pembelajaran IPAS. *Edukasiana: Jurnal Inovasi Pendidikan*, 4(3), 1040–1050.