

Pengembangan *AR-PBL Worksheet* untuk Meningkatkan Penalaran Kritis dan Kolaborasi Siswa Kelas VIII dalam Pembelajaran Sistem Peredaran Darah

Fatma Dewi Fitriatus Solichah*, Bachtiar Sjaiful Bachri, Utari Dewi
Universitas Negeri Surabaya, Kota Surabaya, Indonesia

*Corresponding Author: fatma.23034@unesa.ac.id

Dikirim: 26-05-2026; Direvisi: 03-06-2026; Diterima: 06-06-2026

Abstrak: Pembelajaran sistem peredaran darah di kelas VIII SMP membutuhkan media yang mampu mengkonkretkan struktur jantung, pembuluh darah, dan mekanisme gangguan peredaran darah yang bersifat abstrak. Penelitian ini bertujuan menghasilkan *AR-PBL Worksheet* yang valid, praktis, dan efektif untuk meningkatkan penalaran kritis serta kolaborasi siswa pada materi sistem peredaran darah. Penelitian menggunakan model pengembangan ADDIE yang meliputi tahap *analyze, design, develop, implement, dan evaluate*. Produk yang dikembangkan berupa *worksheet* cetak berisi *QR code* yang menghubungkan siswa dengan konten *Augmented Reality* berupa model tiga dimensi jantung dan simulasi penyumbatan pembuluh darah, disertai aktivitas *Problem-Based Learning* berbasis kasus hipertensi. Validitas produk dinilai oleh ahli rencana pembelajaran, ahli materi, ahli media, dan ahli bahan penyerta, sedangkan kepraktisan diuji melalui uji coba satu-satu dan kelompok kecil. Efektivitas penalaran kritis dianalisis melalui *pretest-posttest, N-Gain*, dan perbandingan dengan kelas konvensional, sedangkan kolaborasi diamati menggunakan rubrik observasi. Hasil penelitian menunjukkan rata-rata validitas sebesar 97,95% dengan kategori sangat valid dan kepraktisan sebesar 94,79% dengan kategori sangat praktis. Nilai *N-Gain* penalaran kritis sebesar 0,527 berada pada kategori sedang, hasil *posttest* kelas *AR-PBL* secara signifikan lebih tinggi daripada kelas konvensional, dan kolaborasi siswa mencapai 93,75% dengan kategori sangat baik. Dengan demikian, *AR-PBL Worksheet* layak digunakan sebagai inovasi pembelajaran IPA berbasis teknologi dan masalah autentik. Penelitian selanjutnya direkomendasikan untuk menguji efektivitas produk pada jumlah siswa dan sekolah yang lebih luas, dengan durasi implementasi yang lebih panjang, serta mengkaji retensi pemahaman konsep dan kemandirian belajar siswa.

Kata Kunci: *Augmented Reality; Problem-Based Learning; worksheet; penalaran kritis; kolaborasi.*

Abstract: Learning the circulatory system in grade VIII junior high school requires instructional media that can concretize the abstract structures of the heart, blood vessels, and circulatory disorders. This study aimed to develop an *AR-PBL Worksheet* that is valid, practical, and effective in improving students' critical reasoning and collaboration in learning the circulatory system. The study employed the ADDIE development model consisting of the *analyze, design, develop, implement, and evaluate* stages. The developed product was a printed worksheet containing *QR codes* connected to *Augmented Reality* content, including a three-dimensional heart model and a simulation of blood vessel blockage, supported by *Problem-Based Learning* activities based on a hypertension case. Product validity was assessed by experts in media-based lesson planning, content, media, and supplementary materials, while practicality was examined through one-to-one and small-group trials. The effectiveness of critical reasoning was analyzed using *pretest-posttest, N-Gain*, and comparison with a conventional class, while collaboration

was observed using an observation rubric. The results showed an average validity score of 97.95% in the very valid category and a practicality score of 94.79% in the very practical category. The critical reasoning N-Gain score of 0.527 was categorized as moderate, the posttest score of the AR-PBL class was significantly higher than that of the conventional class, and students' collaboration reached 93.75% in the very good category. Therefore, the AR-PBL Worksheet is feasible as an innovative science learning medium integrating technology and authentic problems. Future studies are recommended to examine the effectiveness of the product with larger samples across different schools, implement it over a longer period, and investigate students' conceptual retention and learning independence.

Keywords: Augmented Reality; Problem-Based Learning; worksheet; critical reasoning; collaboration.

PENDAHULUAN

Pendidikan abad ke-21 menuntut pembelajaran yang tidak hanya berfokus pada penguasaan konsep, tetapi juga pada pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi, kemampuan bekerja sama, dan literasi teknologi. Binkley menegaskan bahwa keterampilan abad ke-21 meliputi ways of thinking, ways of working, tools for working, dan living in the world (Binkley et al., 2012). Dalam konteks pendidikan Indonesia, orientasi tersebut sejalan dengan kebutuhan pengembangan dimensi profil lulusan, terutama penalaran kritis, kolaborasi, kreativitas, komunikasi, dan kemandirian (Kemendikdasmen, 2025). Oleh karena itu, pembelajaran IPA perlu dirancang agar siswa tidak hanya mengingat istilah biologi, tetapi juga mampu menggunakan informasi, mengevaluasi bukti, bekerja dalam kelompok, serta menyusun solusi atas masalah yang dekat dengan kehidupan sehari-hari.

Materi sistem peredaran darah manusia pada mata pelajaran IPA kelas VIII memiliki karakteristik abstrak dan kompleks. Siswa harus memahami struktur jantung, fungsi ruang jantung, pembuluh darah, aliran darah, serta gangguan seperti hipertensi dan penyumbatan pembuluh darah. Konsep tersebut sulit diamati secara langsung karena berada di dalam tubuh manusia. Akibatnya, pembelajaran yang hanya mengandalkan penjelasan lisan dan gambar statis sering belum cukup membantu siswa membangun pemahaman konseptual yang utuh. Buku panduan guru IPA kelas VIII juga menempatkan sistem tubuh manusia sebagai materi yang menuntut siswa memahami hubungan struktur, fungsi, dan upaya pemeliharaan kesehatan tubuh (Lestari et al., 2021).

Hasil analisis kebutuhan di SMP Negeri 2 Sedati Sidoarjo menunjukkan adanya kesenjangan antara tuntutan pembelajaran abad ke-21 dan praktik pembelajaran di kelas. Siswa cenderung pasif, jarang bertanya, dan belum terbiasa menyampaikan alasan berdasarkan bukti. Pembelajaran masih dominan berpusat pada guru sehingga peluang siswa untuk mengeksplorasi, berdiskusi, dan menyusun solusi bersama masih terbatas. Kondisi ini menunjukkan bahwa pembelajaran sistem peredaran darah membutuhkan desain yang dapat mengaktifkan siswa, mengakomodasi perbedaan gaya belajar, dan menyediakan pengalaman belajar yang lebih konkret.

Permasalahan tersebut menunjukkan bahwa pembelajaran membutuhkan media yang tidak hanya menarik secara visual, tetapi juga mampu mengubah pola interaksi kelas.



Siswa perlu diberi kesempatan untuk mengamati fenomena, mengemukakan pendapat, membandingkan bukti, dan bernegosiasi dengan anggota kelompok. Dalam perspektif (Vygotsky, 1978), interaksi dengan teman sebaya dan fasilitasi guru dapat menjadi ruang perkembangan potensial bagi siswa untuk membangun pemahaman yang lebih tinggi dibandingkan ketika belajar secara individual.

Augmented Reality (AR) menjadi salah satu alternatif media yang relevan karena mampu menggabungkan objek virtual dengan lingkungan nyata. (Azuma, 1997) menjelaskan bahwa AR meningkatkan persepsi pengguna terhadap dunia nyata melalui objek virtual yang menyajikan informasi tambahan. Karakteristik tersebut sesuai dengan kajian AR dalam pendidikan yang menekankan keunggulan visualisasi tiga dimensi, interaktivitas, serta dukungan terhadap pemahaman konsep abstrak (Akçayır & Gökçe, 2017; Billinghamurst et al., 2015; Dunleavy & Dede, 2014; Ibáñez & Delgado-Kloos, 2018). Dalam pembelajaran IPA, AR dapat menghadirkan model 3D jantung dan pembuluh darah yang dapat diputar, diperbesar, dan diamati dari berbagai sudut sehingga membantu siswa memahami hubungan spasial antarbagian organ.

Meskipun *Augmented Reality* (AR) dapat mengonkretkan konsep, teknologi tersebut perlu diintegrasikan dengan strategi pedagogis yang tepat agar tidak berhenti sebagai media visual semata. *Problem-Based Learning* (PBL) relevan digunakan karena pembelajaran dimulai dari masalah autentik, dilanjutkan dengan perencanaan pemecahan masalah, eksplorasi, diskusi, dan refleksi. (Barrows, 1986) menempatkan PBL sebagai pembelajaran yang berpusat pada masalah dan aktivitas siswa, sedangkan (Hmelo-Silver, 2004) menegaskan bahwa PBL mendukung konstruksi pengetahuan melalui penyelidikan kolaboratif. (Kilbane & Milman, 2014) juga menyatakan bahwa PBL membantu siswa mengembangkan keterampilan berpikir kritis, kerja sama, dan keterampilan sosial yang diperlukan dalam pembelajaran abad ke-21.

Berdasarkan landasan tersebut, penelitian ini mengembangkan *Augmented Reality-Problem-Based Learning Worksheet (AR-PBL Worksheet)* “Sirkulasi Darah” sebagai media pembelajaran yang memadukan worksheet cetak, QR code, konten AR, dan aktivitas pemecahan masalah. Worksheet dirancang untuk mengarahkan siswa mengamati model jantung, mengidentifikasi bagian dan fungsinya, menganalisis kasus hipertensi, mengevaluasi bukti, serta merumuskan solusi gaya hidup sehat. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan menghasilkan AR-PBL Worksheet yang valid dan praktis digunakan, serta menguji efektivitasnya dalam meningkatkan penalaran kritis dan kolaborasi siswa kelas VIII pada pembelajaran sistem peredaran darah.

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa AR berpotensi meningkatkan pemahaman konsep dan argumentasi ilmiah siswa karena mampu menghadirkan representasi visual yang sulit diperoleh melalui teks atau gambar dua dimensi (Akçayır & Gökçe, 2017; Asriani et al., 2025; Salsabila et al., 2024). Penelitian lain juga menunjukkan bahwa AR pada materi sistem peredaran darah mampu membuat pembelajaran lebih kontekstual, interaktif, dan menarik bagi siswa (Asriani et al., 2025). Namun, sebagian besar penelitian masih berfokus pada fungsi visualisasi konsep dan belum mengintegrasikan AR secara sistematis dengan model pembelajaran yang secara khusus dirancang untuk mengembangkan penalaran kritis dan kolaborasi siswa. Oleh karena itu, masih diperlukan pengembangan yang secara eksplisit memadukan AR



dengan alur PBL dan worksheet berbasis pertanyaan *Higher Order Thinking Skills (HOTS)* agar siswa tidak hanya mengamati objek, tetapi juga menggunakan objek tersebut sebagai bukti dalam diskusi dan pemecahan masalah.

Urgensi penelitian ini terletak pada kebutuhan pembelajaran abad ke-21 yang menuntut siswa tidak hanya memahami konsep IPA, tetapi juga mampu menganalisis informasi, memecahkan masalah autentik, serta bekerja sama secara efektif. Keunikan penelitian ini dibandingkan penelitian sebelumnya terletak pada integrasi konten AR, sintaks PBL, kasus autentik hipertensi, dan aktivitas berbasis HOTS dalam satu perangkat pembelajaran terpadu yang dirancang untuk meningkatkan penalaran kritis dan kolaborasi siswa pada materi sistem peredaran darah.

KAJIAN TEORI

***Augmented Reality* dalam Pembelajaran IPA**

Augmented Reality merupakan teknologi yang memperluas pengalaman belajar dengan menghadirkan objek digital ke dalam konteks nyata. Dalam pembelajaran sains, AR memberikan pengalaman belajar yang imersif karena siswa dapat mengamati objek yang tidak mudah dilihat secara langsung. Pada materi sistem peredaran darah, AR dapat digunakan untuk menampilkan model 3D jantung, ruang jantung, pembuluh darah, dan simulasi gangguan aliran darah. Fitur rotasi, zoom, dan label interaktif memungkinkan siswa menghubungkan nama organ dengan fungsi dan posisi anatomisnya.

Problem-Based Learning dan Peran Worksheet

Problem-Based Learning merupakan model pembelajaran aktif yang menempatkan masalah autentik sebagai titik awal belajar. Masalah yang digunakan harus bermakna, dekat dengan kehidupan siswa, dan cukup menantang untuk mendorong diskusi. Dalam penelitian ini, masalah hipertensi dipilih karena berhubungan langsung dengan sistem peredaran darah dan dapat dikaitkan dengan pola makan, gaya hidup, fungsi jantung, dan kondisi pembuluh darah.

Dalam penelitian ini, masalah autentik yang digunakan adalah hipertensi. Masalah ini dipilih karena dekat dengan kehidupan sehari-hari, berkaitan langsung dengan kesehatan jantung dan pembuluh darah, serta dapat menghubungkan konsep IPA dengan perilaku hidup sehat. Melalui masalah hipertensi, siswa diarahkan memahami bahwa pengetahuan tentang sistem peredaran darah tidak hanya penting untuk menjawab soal, tetapi juga untuk mengambil keputusan terkait pola makan, aktivitas fisik, dan pencegahan penyakit.

Penalaran Kritis dan Kolaborasi

Penalaran kritis dalam penelitian ini merujuk pada kemampuan siswa menggunakan informasi secara tepat, mengevaluasi bukti, mengambil kesimpulan dan insight, menganalisis masalah, serta mensintesis informasi. Kelima aspek tersebut diadaptasi dari kerangka (Greenstein, 2012) dan selaras dengan gagasan umum penalaran kritis sebagai kemampuan menilai informasi, alasan, dan bukti secara reflektif (Ennis, 1993; Facione, 1990). Dalam pembelajaran sistem peredaran darah, penalaran kritis tampak ketika siswa mampu menghubungkan penyempitan pembuluh darah



dengan kerja ventrikel, menjelaskan dampak tekanan darah tinggi terhadap organ, dan merumuskan upaya menjaga kesehatan jantung berdasarkan informasi yang diperoleh.

Kolaborasi merujuk pada kemampuan bekerja produktif, menunjukkan rasa hormat, berkompromi, dan menjalankan tanggung jawab bersama. Keempat aspek tersebut menjadi penting karena aktivitas AR-PBL Worksheet dilakukan secara berkelompok. Siswa perlu berbagi peran, misalnya memindai QR code, mengamati objek, membaca informasi, menuliskan jawaban, dan menyampaikan hasil diskusi. Dengan demikian, kolaborasi tidak hanya dinilai dari keberadaan kelompok, tetapi dari kualitas interaksi dan kontribusi anggota kelompok.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian dan pengembangan dengan model ADDIE. Model ADDIE dipilih karena menyediakan tahapan sistematis mulai dari analisis kebutuhan, perancangan produk, pengembangan, implementasi, hingga evaluasi. Tahap analyze dilakukan melalui analisis kebutuhan pembelajaran, karakteristik siswa, materi sistem peredaran darah, dan kondisi sumber daya teknologi. Hasil tahap ini menunjukkan bahwa siswa membutuhkan media visual interaktif dan aktivitas yang mendorong diskusi kelompok.

Instrumen yang digunakan meliputi lembar validasi ahli, angket kepraktisan siswa, tes penalaran kritis, lembar observasi kolaborasi, dan dokumentasi kegiatan. Lembar validasi menilai kesesuaian tujuan, materi, media, pembelajaran, dan bahan penyerta. Angket kepraktisan menilai kemudahan penggunaan, keterbacaan, ketertarikan, dan keberfungsian produk. Tes penalaran kritis digunakan untuk melihat perubahan kemampuan siswa sebelum dan sesudah pembelajaran. Lembar observasi kolaborasi digunakan oleh dua observer untuk memperoleh data perilaku siswa selama bekerja dalam kelompok.

Validitas produk dinilai oleh ahli rencana pembelajaran bermedia, ahli materi, ahli media, dan ahli bahan penyerta. Kepraktisan diuji melalui uji coba satu-satu dan uji coba kelompok kecil. Efektivitas penalaran kritis diukur melalui pretest dan posttest, kemudian dianalisis menggunakan uji-t paired samples, N-Gain, dan uji-t independent samples untuk membandingkan hasil kelas AR-PBL dengan kelas konvensional. Efektivitas kolaborasi diukur melalui observasi langsung selama pembelajaran inti menggunakan rubrik yang mencakup aspek bekerja produktif, menunjukkan rasa hormat, berkompromi, dan tanggung jawab bersama. Desain efektivitas penalaran kritis menggunakan dua kelas, yaitu kelas AR-PBL dan kelas konvensional. Kedua kelas diberi pretest dan posttest untuk melihat kesetaraan awal, peningkatan dalam kelas, serta perbedaan hasil akhir setelah pembelajaran. Efektivitas kolaborasi tidak diukur melalui tes tertulis, tetapi melalui observasi langsung karena kolaborasi merupakan keterampilan perilaku yang muncul selama proses belajar. Objektivitas penilaian kolaborasi diperkuat melalui reliabilitas inter-rater menggunakan Cohen's Kappa (Landis & Koch, 1977).

Data validitas dan kepraktisan dianalisis dalam bentuk persentase dan dikategorikan berdasarkan kriteria (Akbar, 2013). Kriteria efektivitas mengacu pada prinsip kualitas produk pembelajaran (Nieveen, 1999), yaitu produk dinyatakan efektif



apabila desired learning takes place. Dalam penelitian pengembangan, kualitas produk juga perlu dilihat secara terpadu melalui validitas, kepraktisan, dan efektivitas agar produk tidak hanya benar secara konseptual, tetapi juga dapat digunakan dan berdampak pada capaian belajar (Plomp & Nieveen, 2013). Untuk memperkuat objektivitas observasi kolaborasi, reliabilitas antarpemilai dianalisis menggunakan Cohen's Kappa dengan interpretasi.

Tabel 1. Ringkasan Desain Penelitian dan Pengembangan

Tahap ADDIE	Kegiatan Utama	Produk/Data yang Dihasilkan
Analyze	Analisis kebutuhan, karakteristik siswa, materi, dan sumber daya teknologi	Kebutuhan media visual interaktif berbasis AR dan aktivitas PBL
Design	Perancangan worksheet, konten AR, rencana pembelajaran, rubrik, dan instrumen	Draft AR-PBL Worksheet, bahan penyerta, dan instrumen penelitian
Develop	Pembuatan produk, validasi ahli, dan revisi	Produk AR-PBL Worksheet yang telah divalidasi
Implement	Uji coba satu-satu, kelompok kecil, dan implementasi pembelajaran kelas	Data kepraktisan, pretest-posttest, dan observasi kolaborasi
Evaluate	Analisis validitas, kepraktisan, efektivitas, dan refleksi revisi	Kesimpulan kelayakan dan efektivitas produk

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Produk AR-PBL Worksheet

Produk yang dihasilkan adalah AR-PBL *Worksheet* "Sirkulasi Darah" untuk siswa kelas VIII SMP. Produk ini dirancang sebagai media pembelajaran terpadu yang menghubungkan aktivitas cetak dan digital melalui pemanfaatan *Augmented Reality* (AR) berbasis QR *code*. Integrasi tersebut relevan dengan karakteristik pembelajaran IPA yang membutuhkan representasi visual terhadap objek atau proses biologis yang sulit diamati secara langsung. Akçayır dan Akçayır menjelaskan bahwa AR dalam pembelajaran dapat membantu meningkatkan visualisasi konsep, keterlibatan siswa, dan pencapaian belajar karena objek digital dapat ditampilkan secara interaktif dalam lingkungan belajar nyata. Selain itu, Ibáñez dan Delgado-Kloos menegaskan bahwa penggunaan AR dalam pembelajaran STEM mendukung pemahaman konsep melalui aktivitas eksplorasi, manipulasi objek, dan pengamatan visual yang lebih konkret.

Pada halaman awal, siswa memperoleh informasi mengenai penggunaan QR *code* dan petunjuk eksplorasi produk. Pada bagian materi jantung, siswa memindai QR *code* untuk membuka model tiga dimensi jantung, kemudian mengisi tabel nama bagian dan fungsi organ berdasarkan hasil pengamatan. Aktivitas tersebut tidak hanya mengarahkan siswa untuk mengenali struktur organ, tetapi juga mendorong mereka menghubungkan bentuk, letak, dan fungsi bagian jantung berdasarkan bukti visual yang diamati. Pemanfaatan model tiga dimensi melalui AR memberikan pengalaman belajar yang lebih kontekstual karena siswa dapat mengamati objek dari berbagai sudut secara langsung. Temuan ini sejalan dengan hasil meta-analisis (Garzón & Acevedo, 2019) yang menunjukkan bahwa penggunaan AR memberikan pengaruh positif terhadap



peningkatan hasil belajar siswa, khususnya ketika media digunakan untuk memperjelas materi yang bersifat visual dan kompleks.



Gambar 1. Hasil Pengembangan Produk AR-PBL

Pada halaman masalah autentik, *worksheet* menyajikan kasus hipertensi sebagai konteks permasalahan yang dekat dengan kehidupan sehari-hari. Siswa diminta mengamati simulasi penyumbatan pembuluh darah melalui AR, kemudian mendiskusikan dampak tekanan darah tinggi terhadap kerja jantung dan pembuluh darah. Penyajian permasalahan autentik ini sesuai dengan karakteristik *Problem Based Learning* (PBL), yaitu pembelajaran yang dimulai dari masalah nyata untuk mendorong siswa mengidentifikasi informasi, menganalisis penyebab, serta merumuskan solusi berdasarkan pengetahuan yang dimiliki. (Yew & Goh, 2016) menyatakan bahwa PBL efektif dalam membantu siswa menerapkan pengetahuan pada situasi nyata serta mengembangkan kemampuan berpikir melalui proses investigasi dan diskusi.

Pertanyaan diskusi dalam AR-PBL *Worksheet* disusun mengacu pada indikator penalaran kritis, yaitu menggunakan informasi secara tepat, mengevaluasi bukti, mengambil kesimpulan, menganalisis masalah, dan menyintesis solusi. Melalui aktivitas tersebut, siswa tidak hanya mengamati visualisasi organ dan gangguan peredaran darah, tetapi juga menggunakan hasil pengamatan sebagai dasar untuk menjelaskan hubungan antara penyempitan pembuluh darah, peningkatan tekanan darah, dan beban kerja jantung. Dengan demikian, AR-PBL *Worksheet* berfungsi sebagai jembatan antara pengamatan visual, pemecahan masalah, diskusi kelompok, dan pengambilan keputusan berbasis konsep IPA. Hal ini memperkuat pandangan bahwa perpaduan AR dan PBL dapat menciptakan pembelajaran yang lebih aktif, kontekstual, dan berorientasi pada pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi.

Bahan penyerta melengkapi produk dengan identitas media, kebutuhan teknis, panduan penggunaan, materi sistem peredaran darah, rencana pembelajaran, wacana masalah autentik, kunci jawaban, rubrik penalaran kritis, rubrik kolaborasi, dan daftar pustaka. Kelengkapan tersebut penting karena keberhasilan implementasi media berbasis teknologi tidak hanya ditentukan oleh kualitas tampilan media, tetapi juga oleh kejelasan petunjuk, kesesuaian aktivitas pembelajaran, serta dukungan asesmen yang terarah. Menurut Akçayır, salah satu tantangan penerapan AR dalam pembelajaran adalah kendala teknis dan kesulitan penggunaan oleh peserta didik. Oleh sebab itu, keberadaan panduan penggunaan dan bahan penyerta dalam produk ini diperlukan untuk membantu

guru serta siswa menggunakan AR-PBL *Worksheet* secara konsisten dan sesuai dengan tujuan pembelajaran.

Tabel 2. Komponen Produk AR-PBL Worksheet “Sirkulasi Darah”

Komponen	Deskripsi	Fungsi Pembelajaran
Worksheet cetak	Lembar kerja A4 berisi QR code, ilustrasi, tabel identifikasi, wacana hipertensi, dan pertanyaan diskusi	Mengarahkan aktivitas siswa dari observasi menuju analisis dan sintesis
Konten AR	Model 3D jantung dan simulasi penyumbatan pembuluh darah berbasis Assemblr Edu	Mengonkretkan konsep organ dan gangguan peredaran darah
Bahan penyerta	Panduan penggunaan, materi, rencana pembelajaran, kunci jawaban, dan rubrik	Membantu guru dan siswa menerapkan produk secara konsisten
Rencana pembelajaran	Pembelajaran 3 JP x 40 menit dengan sintaks PBL dan penggunaan AR	Menjamin keterpaduan tujuan, aktivitas, media, dan asesmen
Rubrik asesmen	Rubrik penalaran kritis dan kolaborasi	Menilai capaian keterampilan abad ke-21 secara terarah

Validitas dan Kepraktisan Produk

Hasil validasi menunjukkan bahwa seluruh komponen produk berada pada kategori sangat valid. Rencana pembelajaran bermedia memperoleh persentase 96,88%, materi AR-PBL Worksheet memperoleh 97,92%, media memperoleh 98,86%, dan bahan penyerta memperoleh 97,73%. Rata-rata keseluruhan validitas mencapai 97,95%. Capaian ini menunjukkan bahwa produk memiliki kesesuaian isi, ketepatan konstruksi, kelayakan media, dan keterpaduan antarkomponen yang sangat baik.

Kepraktisan produk juga menunjukkan hasil sangat baik. Uji coba satu-satu memperoleh persentase 92,36% dengan kategori sangat praktis. Setelah dilakukan revisi berdasarkan masukan pengguna, uji coba kelompok kecil memperoleh persentase 94,79% dengan kategori sangat praktis. Peningkatan ini menunjukkan bahwa produk semakin mudah digunakan, instruksi semakin jelas, dan kegiatan pembelajaran dapat diikuti siswa tanpa hambatan berarti. Kepraktisan tersebut diperkuat oleh karakter siswa yang terbiasa menggunakan smartphone, sehingga proses pemindaian QR code dan eksplorasi AR dapat dilakukan secara relatif lancar.

Tabel 3. Ringkasan Validitas dan Kepraktisan AR-PBL Worksheet

Komponen/Aspek	Hasil	Kategori
Rencana pembelajaran bermedia	96,88%	Sangat Valid
Materi AR-PBL Worksheet	97,92%	Sangat Valid
Media AR-PBL Worksheet	98,86%	Sangat Valid
Bahan penyerta	97,73%	Sangat Valid
Rata-rata validitas	97,95%	Sangat Valid
Uji coba satu-satu	92,36%	Sangat Praktis
Uji coba kelompok kecil	94,79%	Sangat Praktis

Implementasi Pembelajaran Berbasis AR-PBL Worksheet

Implementasi pembelajaran dilakukan melalui alur PBL yang terintegrasi dengan eksplorasi AR. Pada awal pembelajaran, guru mengaitkan materi dengan pentingnya



pola hidup sehat dan kesehatan jantung. Setelah itu, siswa menerima penjelasan mengenai cara menggunakan AR-PBL Worksheet, termasuk cara memindai QR code, memutar objek 3D, memperbesar objek, dan membaca label interaktif. Tahap orientasi ini penting agar siswa memahami bahwa smartphone digunakan sebagai alat belajar, bukan sekadar perangkat hiburan.

Dokumentasi pembelajaran menunjukkan bahwa guru berperan sebagai fasilitator yang memberi orientasi masalah, menjelaskan prosedur penggunaan worksheet, dan membimbing diskusi. Siswa tidak hanya menerima penjelasan, tetapi diberi kesempatan untuk menggunakan smartphone, memindai QR code, mengamati objek AR, mencatat hasil pengamatan, dan mendiskusikan jawaban. Situasi ini memperlihatkan pergeseran pembelajaran dari teacher-centered menuju student-centered learning, sebagaimana ditekankan dalam pembelajaran abad ke-21.

Pada kegiatan inti, siswa bekerja dalam kelompok. Setiap kelompok mengamati model 3D jantung dan pembuluh darah melalui smartphone, lalu mencatat hasil pengamatan pada worksheet. Kegiatan ini mendorong siswa membagi peran, misalnya ada siswa yang memegang perangkat, membaca petunjuk, mengamati label, menulis jawaban, dan menyampaikan pendapat. Foto dokumentasi menunjukkan bahwa siswa terlibat dalam aktivitas memindai QR code, mengamati objek AR, berdiskusi, dan menyelesaikan worksheet secara kolaboratif.

Pada tahap refleksi, guru memfasilitasi siswa untuk menyampaikan hasil diskusi, mengonfirmasi konsep penting, dan menghubungkan temuan siswa dengan konsep sistem peredaran darah. Dengan demikian, penggunaan AR tidak menggantikan peran guru, tetapi memperkuat fasilitasi pembelajaran aktif. Guru tetap berperan dalam memberi scaffolding, mengarahkan diskusi, meluruskan miskonsepsi, dan membantu siswa menarik kesimpulan.

Dokumentasi Implementasi AR-PBL Worksheet



Gambar 2. Orientasi penggunaan AR-PBL Worksheet. Sumber: Dokumentasi penelitian, 2026



Gambar 3. Siswa memindai QR code dan mengeksplorasi AR. Sumber: Dokumentasi penelitian, 2026



Gambar 4. Diskusi kelompok dalam menyusun jawaban worksheet. Sumber: Dokumentasi penelitian, 2026



Gambar 5. Refleksi dan penguatan hasil diskusi siswa. Sumber: Dokumentasi penelitian, 2026

Efektivitas dalam Meningkatkan Penalaran Kritis

Efektivitas AR-PBL Worksheet dalam meningkatkan penalaran kritis tampak dari tiga lapis bukti. Pertama, hasil uji-t paired samples menunjukkan peningkatan signifikan antara pretest dan posttest pada kelas AR-PBL dengan nilai $t = 14,676$ dan $p = 0,000$. Hal ini menunjukkan bahwa setelah mengikuti pembelajaran dengan AR-PBL Worksheet, siswa mengalami peningkatan kemampuan penalaran kritis yang bermakna.

Kedua, rata-rata N-Gain kelas AR-PBL mencapai 0,527 dengan kategori sedang. Nilai ini lebih tinggi dibandingkan kelas konvensional yang memperoleh N-Gain 0,233 dengan kategori rendah. Ketiga, hasil posttest kelas AR-PBL lebih tinggi secara signifikan dibandingkan kelas konvensional dengan selisih 11,16 poin, $t = 8,085$, dan $p = 0,000$. Kesetaraan kondisi awal kedua kelas dengan $p = 0,642$ memperkuat dugaan bahwa perbedaan hasil akhir berkaitan dengan perlakuan pembelajaran berbasis AR-PBL Worksheet.

Peningkatan penalaran kritis dapat dijelaskan melalui karakteristik aktivitas pembelajaran. Saat siswa mengamati model 3D jantung, mereka memperoleh bukti visual untuk memahami fungsi ruang jantung dan pembuluh darah. Saat menganalisis kasus hipertensi, siswa tidak hanya menghafal definisi, tetapi mengaitkan penyempitan pembuluh darah dengan peningkatan beban kerja jantung, risiko penyakit, dan tindakan pencegahan. Pertanyaan HOTS dalam worksheet juga mengarahkan siswa menggunakan informasi, mengevaluasi bukti, mengambil kesimpulan, menganalisis masalah, dan mensintesis solusi.

Efektivitas dalam Meningkatkan Kolaborasi

Hasil observasi menunjukkan bahwa kolaborasi siswa mencapai rata-rata 93,75% dengan kategori sangat baik. Aspek bekerja produktif dan berkompromi masing-masing mencapai 100%, sedangkan aspek menunjukkan rasa hormat dan tanggung jawab bersama berada pada kategori sangat baik. Capaian ini menunjukkan bahwa AR-PBL Worksheet tidak hanya berdampak pada aspek kognitif, tetapi juga pada proses sosial pembelajaran.

Kolaborasi meningkat karena aktivitas AR-PBL Worksheet menuntut siswa bekerja bersama. Siswa perlu menyepakati cara mengamati objek, membagi tugas, mendiskusikan jawaban, dan menyelesaikan worksheet. Aktivitas memindai QR code dan mengamati objek AR juga menjadi pemicu interaksi karena siswa saling menunjukkan bagian organ, menanggapi pendapat teman, dan mengoreksi jawaban



kelompok. Reliabilitas inter-rater sebesar 0,82 dengan kategori almost perfect agreement menunjukkan bahwa penilaian kolaborasi memiliki konsistensi yang kuat antarpengamat.

Pada kondisi awal, pembelajaran cenderung individual dan belum menunjukkan kerja kelompok yang bermakna. Setelah implementasi AR-PBL Worksheet, siswa tampak lebih aktif berinteraksi, mengelompok, dan mendiskusikan hasil pengamatan. Perubahan ini menunjukkan bahwa desain pembelajaran yang memadukan masalah autentik, media interaktif, dan worksheet dapat menciptakan kebutuhan alami untuk berkolaborasi.

Tabel 4. Rekapitulasi Efektivitas AR-PBL Worksheet

Dimensi	Hasil	Interpretasi
Penalaran kritis pretest-posttest kelas AR-PBL	$t = 14,676; p = 0,000$	Peningkatan signifikan
N-Gain penalaran kritis kelas AR-PBL	0,527	Kategori sedang
N-Gain kelas konvensional	0,233	Kategori rendah
Posttest AR-PBL dibandingkan konvensional	$t = 8,085; p = 0,000; selisih 11,16$ poin	AR-PBL lebih tinggi signifikan
Kolaborasi siswa	93,75%	Sangat baik
Reliabilitas observasi kolaborasi	Cohen's Kappa = 0,82	Almost perfect agreement

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa AR-PBL Worksheet memenuhi tiga kriteria utama kualitas produk pembelajaran, yaitu valid, praktis, dan efektif. Validitas tinggi menunjukkan bahwa pengembangan produk didasarkan pada kesesuaian materi, keterpaduan pedagogis, dan kelayakan teknis media. Hal ini sejalan dengan Nieveen dan Plomp yang menekankan bahwa produk pembelajaran berkualitas harus memenuhi aspek validitas, kepraktisan, dan efektivitas. Dalam konteks penelitian ini, validitas isi tampak dari kesesuaian materi sistem peredaran darah dengan capaian pembelajaran IPA kelas VIII, sedangkan validitas konstruk tampak dari keterpaduan antara AR, sintaks PBL, worksheet, pertanyaan HOTS, dan asesmen keterampilan abad ke-21.

Kepraktisan produk menunjukkan bahwa inovasi berbasis teknologi dapat diterapkan dalam pembelajaran reguler apabila dirancang sesuai kondisi sekolah dan kemampuan siswa. Produk tidak membutuhkan perangkat khusus di luar smartphone yang umum digunakan siswa. Petunjuk penggunaan dibuat sederhana, QR code ditempatkan secara jelas, dan bahan penyerta menyediakan panduan implementasi. Faktor ini penting karena media yang valid belum tentu dapat digunakan jika terlalu rumit atau tidak sesuai konteks kelas.

Efektivitas penalaran kritis menunjukkan bahwa visualisasi AR menjadi bermakna ketika dipadukan dengan pertanyaan pemecahan masalah. AR membantu siswa memperoleh representasi konkret, sedangkan PBL mendorong siswa menggunakan representasi tersebut untuk menganalisis masalah nyata. Dalam perspektif multimedia learning, representasi visual akan lebih bermakna ketika dipadukan dengan aktivitas kognitif yang menuntut siswa memilih informasi penting, mengorganisasi gagasan, dan mengintegrasikan informasi baru dengan pengetahuan awal (Mayer, 2021). Hal ini juga sejalan dengan temuan kajian AR dalam pembelajaran STEM yang menunjukkan bahwa



AR dapat memperkuat pemahaman konsep apabila disertai aktivitas belajar yang terarah (Ibáñez & Delgado-Kloos, 2018).

Efektivitas kolaborasi menunjukkan bahwa kegiatan belajar yang dirancang secara kelompok dapat meningkatkan kualitas interaksi siswa. Namun, kolaborasi tidak muncul hanya karena siswa duduk dalam kelompok. Kolaborasi muncul karena tugas menuntut ketergantungan positif, pembagian peran, dan keputusan bersama. AR-PBL Worksheet menyediakan kondisi tersebut melalui kegiatan eksplorasi bersama dan penyelesaian pertanyaan yang membutuhkan kesepakatan kelompok.

Temuan ini memberikan implikasi bahwa pengembangan media pembelajaran IPA sebaiknya tidak hanya menekankan aspek visual, tetapi juga menyertakan rancangan aktivitas, masalah autentik, dan asesmen keterampilan. Dengan demikian, media pembelajaran dapat berfungsi sebagai sistem pembelajaran yang utuh. AR-PBL Worksheet dapat menjadi contoh integrasi teknologi pendidikan yang tidak sekadar menghadirkan perangkat digital, tetapi menghubungkannya dengan tujuan pembelajaran, proses sosial, dan keterampilan abad ke-21.

KESIMPULAN

AR-PBL Worksheet “Sirkulasi Darah” dinyatakan valid dan praktis digunakan dalam pembelajaran sistem peredaran darah kelas VIII. Validitas keseluruhan mencapai 97,95% dengan kategori sangat valid, sedangkan kepraktisan mencapai 94,79% pada uji kelompok kecil dengan kategori sangat praktis. Hal ini menunjukkan bahwa produk memiliki kesesuaian isi, kelayakan media, keterpaduan pedagogis, dan kemudahan penggunaan.

AR-PBL Worksheet efektif meningkatkan penalaran kritis siswa. Efektivitas ditunjukkan oleh peningkatan signifikan pretest-posttest pada kelas AR-PBL, N-Gain sebesar 0,527 dengan kategori sedang, serta hasil posttest kelas AR-PBL yang lebih tinggi secara signifikan dibandingkan kelas konvensional. AR-PBL Worksheet juga efektif meningkatkan kolaborasi siswa dengan rata-rata observasi 93,75% berkategori sangat baik dan reliabilitas antarpenilai 0,82. Dengan demikian, AR-PBL Worksheet layak digunakan sebagai inovasi pembelajaran IPA yang mengintegrasikan teknologi AR, masalah autentik, dan aktivitas kolaboratif untuk mengembangkan keterampilan abad ke-21.

Berdasarkan temuan tersebut, AR-PBL Worksheet layak direkomendasikan sebagai alternatif media pembelajaran IPA pada materi sistem peredaran darah, terutama untuk pembelajaran yang menargetkan keterampilan abad ke-21. Penggunaan produk ini tetap perlu memperhatikan kesiapan perangkat, ketersediaan internet, pembagian kelompok, serta peran guru dalam memfasilitasi diskusi. Penelitian lanjutan dapat memperluas uji coba pada sekolah berbeda, materi IPA lain, atau mengembangkan versi offline agar keterbatasan jaringan internet tidak menghambat implementasi.

DAFTAR PUSTAKA

Akbar, S. (2013). *Instrumen perangkat pembelajaran*. Remaja Rosdakarya.



- Akçayır, M., & Gökçe, A. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review*, 20, 1–11. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002>
- Asriani, D., Latjompoh, M., Akbar, M. N., Mardin, H., & Usman, N. F. (2025). Validitas modul pembelajaran sistem peredaran darah manusia berbasis Constructivist Teaching Sequence (CTS) berbantuan Augmented Reality (AR). *Jurnal Bioedukasi*, 8(1), 581–590. <https://doi.org/10.33387/bioedu.v8i1.9903>
- Azuma, R. T. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 4(August), 355–385.
- Barrows, H. S. (1986). A taxonomy of problem-based learning methods. *Medical Education*, 20(6), 481–486. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.1986.tb01386.x>
- Billinghurst, M., Clark, A., & Lee, G. (2015). A survey of augmented reality. *Foundations and Trends in Human-Computer Interaction*, 8(2–3), 73–272. <https://doi.org/10.1561/11000000049>
- Binkley, M., Griffin, P., McGaw, B., & Care, E. (2012). *Defining twenty-first century skills BT - Assessment and teaching of 21st century skills* (P. Griffin, B. McGaw, & E. Care (Eds.); pp. 17–66). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-2324-5_2
- Dunleavy, M., & Dede, C. (2014). *Augmented reality teaching and learning BT - Handbook of research on educational communications and technology* (J. M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen, & M. J. Bishop (Eds.); 4th ed., pp. 735–745). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5_59
- Ennis, R. H. (1993). Critical thinking assessment. *Theory Into Practice*, 32(3), 179–186. <https://doi.org/10.1080/00405849309543594>
- Facione, P. A. (1990). *Critical thinking: A statement of expert consensus for purposes of educational assessment and instruction*. American Philosophical Association.
- Garzón, J., & Acevedo, J. (2019). A meta-analysis of the impact of augmented reality on students' learning gains. *Educational Research Review*, 27, 244–260. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2019.04.001>
- Greenstein, L. (2012). *Assessing 21st century skills: A guide to evaluating mastery and authentic learning*. Corwin.
- Hmelo-Silver, C. (2004). Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn? *Educational Psychology Review*, 16(3), 235–266.
- Ibáñez, M.-B., & Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented reality for STEM learning: A systematic review. *Computers & Education*, 123, 109–123. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.002>



- Kemendikdasmen. (2025). *Peraturan Menteri Pendidikan Dasar dan Menengah Nomor 13 Tahun 2025 tentang dimensi profil lulusan*. Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah.
- Kilbane, C. R., & Milman, N. B. (2014). *Teaching models: Designing instruction for 21st century learners*. Pearson Education.
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33(1), 159–174. <https://doi.org/10.2307/2529310>
- Lestari, S. H., Inabuy, V., Sutia, C., Maryana, O. F. T., & Hardanie, B. D. (2021). *Buku panduan guru ilmu pengetahuan alam untuk SMP kelas VIII*. Pusat Perbukuan, Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan, Kemendikbudristek.
- Mayer, R. E. (2021). *Multimedia learning*. Cambridge University Press.
- Nieveen, N. (1999). *Prototyping to reach product quality BT - Design approaches and tools in education and training* (J. van den Akker, R. M. Branch, K. Gustafson, N. Nieveen, & T. Plomp (Eds.); pp. 125–135). Kluwer Academic Publishers.
- Plomp, T., & Nieveen, N. (Eds.). (2013). *Educational design research*. SLO.
- Salsabila, A., Putra, P. D. A., & Ridlo, Z. R. (2024). Pengembangan modul ajar interaktif berbantuan Augmented Reality pada pembelajaran IPA SMP untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis. *Eduproxima: Jurnal Ilmiah Pendidikan IPA*, 6(3), 1113–1122. <https://doi.org/10.29100/.v6i3.5085>
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Harvard University Press.
- Yew, E. H. J., & Goh, K. (2016). Problem-based learning: An overview of its process and impact. *Health Professions Education*, 2(2), 75–79.

