



PROBLEM-BASED LEARNING BERBANTUAN E-MODUL AUGMENTED REALITY UNTUK MENINGKATKAN LITERASI MATEMATIS SISWA

Problem-Based Learning Using E-Modules Augmented Reality to Improve Students' Mathematical Literacy

Dea Erlita^{1*}, Adi Nur Cahyono¹, Isnaini Rosyida¹

¹ Program Studi Pendidikan Matematika Universitas Negeri Semarang

*erlittaa16@students.unnes.ac.id

Diterima: 31 Mei 2026;

Direvisi: 26 Juni 2026;

Dipublikasi: 29 Juni 2026



ABSTRACT

As we enter the Society 5.0 era, mathematical literacy plays a crucial role in developing the critical thinking, problem-solving, and decision-making skills that students need. However, practical application shows that students' mathematical literacy remains insufficient. Efforts to improve mathematical literacy involve implementing a Problem-Based Learning model supported by e-modules with Augmented Reality. This study aims to design a Problem-Based Learning model supported by e-modules with Augmented Reality and to determine of implementing this model in improving students' mathematical literacy. This study employs a design research approach consisting of three stages: the experimental preparation stage, the experimental implementation stage, and the retrospective analysis stage. The population of this study consists of ninth-grade students at SMP Negeri 2 Wonosari Klaten. The sample consists of students in Class IX-C, serving as the experimental class. The data collection techniques used include testing, interviews, and documentation. Quantitative data analysis was conducted using the gain test and the n-gain test. Qualitative data analysis was conducted through data reduction, data presentation, and drawing conclusions. The results showed that the implementation of Problem-Based Learning supported by an e-module with Augmented Reality significantly improved the mathematical literacy skills of Grade IX-C students, as indicated by an increase in the mean score from 66.5 to 91.1, an average N-gain of 0.7344 (high category), 59.375% of students achieving a high improvement category, and the results of the paired-samples t-test indicating a significant difference between the pretest and posttest scores ($p < 0.05$).

Keywords: *Augmented Reality; E-Modules; Mathematical Literacy; Problem-Based Learning*

ABSTRAK

Memasuki era society 5.0 kemampuan literasi matematis sangat berperan dalam mengembangkan keterampilan berpikir kritis, pemecahan masalah, dan pengambilan keputusan yang dibutuhkan siswa. Namun, penerapan di lapangan memperlihatkan bahwa kemampuan literasi matematis siswa masih kurang. Upaya untuk meningkatkan literasi matematis dengan menerapkan model *Problem-based Learning* berbantuan e-modul dengan *Augmented Reality*. Penelitian ini bertujuan untuk mendesain model pembelajaran *Problem-based Learning* berbantuan e-modul dengan *Augmented Reality* dan mengetahui penerapan model *Problem-based Learning* berbantuan e-modul dengan *Augmented Reality* dalam meningkatkan literasi matematis siswa. Penelitian ini menggunakan *design research* dengan menggunakan 3 tahap yaitu tahap persiapan eksperimen, tahap pelaksanaan eksperimen, dan tahap analisis retrospektif. Populasi penelitian ini adalah siswa kelas IX SMP Negeri 2 Wonosari Klaten. Sampel penelitian ini adalah siswa kelas IX-C sebagai kelas eksperimen. Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah tes, wawancara dan dokumentasi. Analisis data kuantitatif dilakukan dengan uji peningkatan dan uji *n-gain*. Analisis data kualitatif dilakukan dengan reduksi data, penyajian data, dan penarikan simpulan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan *Problem-based Learning* menggunakan e-modul dengan *Augmented Reality* terbukti secara signifikan meningkatkan kemampuan literasi matematis siswa kelas IX-C ditunjukkan oleh peningkatan rata-rata nilai dari 66,5 menjadi 91,1, rata-rata *n-gain* sebesar 0,7344 (kategori tinggi), 59,375% siswa mencapai kategori peningkatan tinggi, serta hasil *uji paired sample t-test* yang menunjukkan perbedaan signifikan antara nilai *pretest* dan *posttest* ($p < 0,05$).

Kata Kunci: *Augmented Reality*; E-Modul; Literasi Matematis; *Problem-based Learning*

1. PENDAHULUAN

Pendidikan memegang peran yang sangat penting dalam meningkatkan kualitas hidup masyarakat. Di era society 5.0 teknologi digital dan kecerdasan buatan berintegrasi dalam kehidupan sehari-hari. Pendidikan dituntut bertransformasi untuk menciptakan sumber daya manusia yang adaptif dan inovatif. Perubahan ini mengharuskan sistem pendidikan di Indonesia untuk terus berkembang dan menyesuaikan diri dengan kemajuan teknologi yang begitu pesat. Pendidikan abad ke-21 harus mampu membekali siswa dengan kemampuan berpikir kritis, berinovasi, serta memanfaatkan teknologi dan informasi untuk menunjang keterampilan hidup (Saleh et al., 2024). Keterampilan abad 21 (*21st Century Skills*) menjadi kunci dalam menghadapi tantangan global, hal ini sangat berkaitan dengan konsep pembelajaran abad 21 (*21st Century Learning*) yang menekankan pentingnya penguasaan berbagai keterampilan. Oleh karena itu, penting bagi siswa untuk mendapatkan pendidikan yang relevan, inovatif, dan sesuai dengan perkembangan zaman.

Matematika merupakan mata pelajaran esensial yang dipelajari dari tingkat dasar hingga menengah karena mampu mengembangkan kemampuan berpikir kritis, logis, sistematis, dan kreatif (Desanti et al., 2023). Literasi matematis diartikan sebagai kemampuan dari seseorang untuk merumuskan, menerapkan, dan menafsirkan matematika dalam berbagai konteks (OECD, 2023). Menurut *Programme for International Student Assessment* (PISA) dari *Organization for Economic Co-operation and Development* (OECD), keterampilan literasi siswa Indonesia terus menunjukkan hasil yang kurang memuaskan. Dalam aspek literasi membaca, siswa Indonesia meraih skor rata-rata sebesar 371 pada PISA 2022. Angka ini masih jauh tertinggal dari rata-rata negara OECD yang mencapai skor 476. Hanya sekitar 24% siswa

Indonesia yang mampu mencapai level minimum (Level 2) atau lebih tinggi. Berarti sebagian besar siswa belum memiliki kemampuan membaca untuk memahami, menginterpretasi, dan mengevaluasi teks secara efektif (OECD, 2023). Sementara itu, dalam aspek literasi matematis skor Indonesia tercatat sebesar 366, masih jauh di bawah rata-rata OECD yang mencapai 472 (OECD, 2023). Dari hasil tersebut, hanya sekitar 18% siswa Indonesia yang mampu menyelesaikan soal-soal matematika dasar pada level minimum. Bahkan hampir tidak ada siswa Indonesia yang mencapai Level 5 atau Level 6 yang menunjukkan kemampuan berpikir abstrak, bernalar logis, dan memecahkan masalah kompleks dalam konteks matematika (OECD, 2023).

Memasuki era society 5.0 kemampuan literasi matematis menjadi aspek fundamental dalam proses pembelajaran karena sangat berperan dalam mengembangkan keterampilan berpikir kritis, pemecahan masalah, dan pengambilan keputusan yang dibutuhkan siswa untuk menghadapi tantangan dunia nyata yang berbasis teknologi dan informasi. Namun, penerapan di lapangan memperlihatkan bahwa kemampuan literasi matematis siswa masih kurang optimal. Penelitian di SMP Negeri 2 Wonosari mengungkapkan bahwa kemampuan literasi matematis siswa kurang terutama dalam menyelesaikan soal-soal cerita yang memerlukan pemahaman mendalam terhadap konsep-konsep matematika. Tes kemampuan literasi matematis siswa memperoleh hasil rata-rata skor yang rendah yaitu 41,89. Kesulitan dalam menyelesaikan soal matematika tampak pada materi abstrak yang menuntut penguasaan visualisasi dan pemodelan. Siswa masih mengalami kesulitan dalam menyelesaikan soal-soal yang berkaitan dengan luas permukaan bangun ruang sisi datar khususnya dalam mengidentifikasi semua sisi yang perlu dihitung.

Rendahnya kemampuan literasi matematis siswa di Indonesia dipengaruhi oleh berbagai faktor salah satunya adalah metode pembelajaran yang belum berpusat pada siswa serta kurangnya pembiasaan dalam menghadapi soal-soal kontekstual yang menuntut penalaran, argumentasi, dan kreativitas dalam penyelesaiannya (Fuadi et al., 2020). Hal ini menyebabkan proses pembelajaran di kelas menjadi kurang efektif. Untuk mencapai proses pembelajaran yang efektif diperlukan dukungan dari berbagai aspek seperti ketersediaan sumber belajar, model pembelajaran, media pembelajaran, serta kemampuan guru dalam mengaplikasikannya di lapangan. Salah satu model pembelajaran yang direkomendasikan oleh pemerintah adalah model *Problem-based Learning* yang inovatif dan mampu mendukung peningkatan literasi matematis siswa. Hal tersebut relevan dengan Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor 65 Tahun 2013 tentang Standar Proses Pendidikan Dasar dan Menengah.

Berdasarkan Permendikbud Nomor 103 Tahun 2014 tentang pembelajaran pada Pendidikan Dasar dan Menengah, model pembelajaran berbasis masalah atau *Problem-based Learning* dianjurkan untuk diterapkan guna meningkatkan kualitas proses belajar mengajar. *Problem-based Learning* adalah metode pembelajaran di mana siswa awalnya menghadapi masalah lalu diikuti dengan proses penyelidikan yang sistematis dan berpusat pada siswa. *Problem-based Learning* bertujuan untuk mendorong siswa mengidentifikasi dan menyelesaikan permasalahan yang kompleks, meningkatkan partisipasi aktif, saling bekerjasama dan kompak dalam

kelompok, menumbuhkan kepemimpinan siswa, serta menumbuhkan kemampuan analisis dan penalaran (Rahmat, 2018).

Seiring dengan kemajuan teknologi, modul pembelajaran telah berkembang dari bentuk cetak menjadi digital. Media pembelajaran dengan sistem berbasis digital yang didalamnya memiliki materi dalam bentuk tulisan, gambar animasi, video, dan grafik disebut e-modul. E-modul yang juga dikenal sebagai modul elektronik adalah modul digital yang mencakup simulasi yang dapat digunakan untuk mencapai tujuan pembelajaran terdiri dari tulisan, gambar, atau keduanya (Lastri, 2023).

E-modul pembelajaran yang tersedia saat ini masih bersifat statis dan kurang interaktif sehingga kurang mampu menarik perhatian serta memfasilitasi siswa secara optimal. Hal ini menyebabkan perlunya inovasi dalam penyajian konten pembelajaran salah satunya melalui pemanfaatan teknologi *Augmented Reality* yang mampu menghadirkan pengalaman belajar lebih baik. Saat ini, pengguna *Augmented Reality* meluas hingga ke berbagai aspek seperti medis, teknik rekayasa, gaming, hiburan, dan aplikasi lain yang mengutamakan fungsi visual dikarenakan pengguna *Augmented Reality* sangat informatif dan menarik. Teknologi *Augmented Reality* kini dimanfaatkan dalam pembelajaran di sekolah untuk meningkatkan ketertarikan siswa melalui visualisasi objek 3D sehingga menjadi solusi efektif dalam penyampaian materi berbasis teknologi.

Augmented Reality menghadirkan pengalaman belajar yang lebih nyata dan kontekstual melalui visualisasi objek tiga dimensi, animasi, serta interaksi langsung dengan konten digital. Teknologi ini memungkinkan siswa untuk mengeksplorasi materi secara aktif sehingga menciptakan keterlibatan yang lebih mendalam pada proses pembelajaran. Penelitian oleh Wilandari et al. (2024) mengembangkan e-modul matematika berbasis *Augmented Reality* yang terbukti valid, praktis, dan efektif dalam memaksimalkan kemampuan pemecahan masalah siswa dengan fitur-fitur seperti video, audio, dan kuis interaktif. Demikian pula, Mulianti et al. (2023) menemukan bahwa penerapan model *Problem-based Learning* berbasis *Augmented Reality* dapat memberikan peningkatan kemampuan pemecahan masalah matematika siswa secara signifikan dibandingkan dengan model pembelajaran konvensional. Penelitian oleh Hanria & Fauzan (2023) menunjukkan bahwa e-modul berbasis *Problem-based Learning* dapat meningkatkan kemampuan berpikir reflektif siswa kelas VII dengan hasil validitas dan efektivitas yang baik. Selain itu, penelitian oleh Ramadanti et al. (2021) juga mengungkapkan bahwa e-modul matematika menggunakan model *Problem-based Learning* tergolong dalam kategori yang efektif. Penelitian e-modul matematika berbantuan *Augmented Reality* melalui *Problem-based Learning* untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah menunjukkan bahwa e-modul matematika dengan inovasi *Augmented Reality* memiliki validitas tinggi baik dari segi materi dan media (Wilandari et al., 2024). Integrasi model *Problem-based Learning* dan teknologi *Augmented Reality* dalam e-modul matematika merupakan pendekatan yang efektif untuk meningkatkan literasi matematis siswa sesuai dengan tuntutan pembelajaran abad ke-21. Dengan demikian, peneliti terdorong untuk mengembangkan sebuah penelitian dengan judul "*Problem-based Learning* Berbantuan *E-Modul* dengan *Augmented Reality* untuk Meningkatkan Literasi Matematis Siswa". Penelitian

bertujuan untuk mendesain e-modul dengan *Augmented Reality* berbasis *Problem-based Learning* dan menganalisis peningkatan literasi matematis siswa setelah penggunaannya.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini mengikuti paradigma penelitian desain (*design research*). Sesuai dengan Plomp & Nieveen (2013) *design research* dipahami sebagai analisis yang dilakukan secara sistematis untuk merancang, mengembangkan, dan mengevaluasi dalam bidang pendidikan termasuk program, strategi pembelajaran, dan materi pembelajaran sebagai upaya untuk menghadapi tantangan kompleks dalam praktik pendidikan. Fokus utama *design research* adalah mengembangkan teori mengenai pembelajaran dalam domain tertentu serta merancang sarana yang dapat mendukung proses pembelajaran tersebut sehingga dianggap memiliki potensi dalam menjembatani kesenjangan antara teori dan praktik pendidikan. *Design research* mengarahkan upaya dalam mengembangkan teori pengajaran lokal yang mengkaji perkembangan belajar siswa pada materi matematika dan pendekatan/alat yang digunakan untuk membantu perkembangan belajar mencakup aktivitas pembelajaran yang mampu merangsang aktivitas kognitif dan refleksi siswa sebagai bagian utama dalam proses pembelajaran (Gravemeijer & Cobb, 2006).

Penelitian desain memiliki tiga tahap pelaksanaan yang dinyatakan oleh Gravemeijer & Cobb (2006) yaitu: (1) Tahap persiapan eksperimen (*experimental preparation*); (2) Tahap pelaksanaan eksperimen (*implementation of experiments*); dan (3) Tahap analisis retrospektif (*retrospective analysis*). Pada tahap persiapan eksperimen, peneliti merancang lintasan belajar hipotetis (*Hypothetical Learning Trajectory/HLT*) yang memuat tujuan pembelajaran, rangkaian aktivitas belajar, serta dugaan strategi dan respons siswa dalam menyelesaikan permasalahan yang diberikan. HLT tersebut diwujudkan dalam bentuk modul ajar dan e-modul berbantuan *Augmented Reality* yang terintegrasi dengan model *Problem-Based Learning* pada materi luas permukaan bangun ruang sisi datar. Aktivitas pembelajaran dirancang berdasarkan indikator kemampuan literasi matematis eksplorasi objek melalui *Augmented Reality* hingga penyelesaian masalah kontekstual. Selanjutnya perangkat pembelajaran divalidasi sebelum digunakan dalam penelitian (Safaredha, 2014). Aktivitas pada e-modul dengan *Augmented Reality* merupakan salah satu bentuk tantangan dalam model pembelajaran *Problem-based Learning*. Tugas-tugas pada e-modul dengan *Augmented Reality* dirancang berdasarkan indikator-indikator kemampuan literasi matematis. Pada tahap pelaksanaan eksperimen, perangkat pembelajaran dijalankan dalam uji coba dan rencana alur pembelajaran menjadi landasan dalam menentukan fokus pengamatan (Safaredha, 2014). Kegiatan yang terjadi dalam tahap *teaching experiment* adalah melaksanakan uji coba terhadap modul ajar yang telah diatur sebelumnya. Selama proses pembelajaran, peneliti melakukan observasi terhadap aktivitas siswa dan mengumpulkan hasil pekerjaan siswa. HLT yang telah disusun digunakan sebagai pedoman untuk membandingkan dugaan strategi siswa dengan strategi yang benar-benar muncul di lapangan. Temuan-temuan selama implementasi digunakan untuk mengevaluasi kesesuaian desain pembelajaran dan mengidentifikasi bagian-bagian yang perlu diperbaiki atau direvisi. Pada tahap analisis retrospektif, informasi yang terkumpul sebelum dan sesudah pelaksanaan eksperimen dianalisis dengan panduan rencana alur pembelajaran sebagai

landasan untuk menetapkan fokus analisis (Safaredha, 2014). Analisis retrospektif dilakukan untuk mengukur keberhasilan kegiatan pembelajaran yang telah dilakukan dan mengamati peningkatan kemampuan literasi matematis siswa (Gravemeijer & Cobb, 2006). Pada tahap ini, seluruh data yang diperoleh selama pelaksanaan eksperimen dianalisis secara mendalam dengan membandingkan lintasan belajar yang direncanakan dalam HLT dengan lintasan belajar aktual yang terjadi selama pembelajaran.

Penelitian ini dilakukan di Kabupaten Klaten pada siswa kelas IX SMP Negeri 2 Wonosari yang beralamat di Wonorejo RT.03/RW.09, Kingkang, Kec. Wonosari, Kab. Klaten, Jawa Tengah 57473. Penelitian ini dilaksanakan pada tahun ajaran 2025/2026. Rentang waktu ini digunakan untuk mengumpulkan data secara sistematis serta memastikan bahwa semua variabel yang relevan dapat dipantau dan dianalisis dengan cermat sesuai dengan tujuan penelitian.

Populasi pada penelitian ini adalah siswa kelas IX yang terdiri dari 7 kelas yaitu kelas IX-A, kelas IX-B, kelas IX-C, kelas IX-D, kelas IX-E, kelas IX-F, dan kelas IX-G. Pada ketujuh kelas tersebut memiliki perlakuan atau metode pembelajaran yang sama pada mata pelajaran matematika di tahun ajaran 2025/2026. Teknik pengambilan sampel dalam penelitian ini menggunakan *cluster random sampling*. Dari populasi keseluruhan yang terdiri atas ketujuh kelas tersebut, peneliti memilih secara acak untuk mewakili sampel penelitian. Berdasarkan *cluster random sampling*, diperoleh kelas IX-C sebagai kelompok eksperimen dengan 32 siswa. Siswa pada kelompok eksperimen diberikan e-modul dengan *Augmented Reality* yang menerapkan model pembelajaran *Problem-based Learning*.

Jenis data penelitian ini menggunakan data kualitatif dan kuantitatif dalam model *Problem-based Learning* menggunakan e-modul dengan *Augmented Reality*. Penelitian ini membutuhkan data kualitatif berupa implementasi *Problem-based Learning*. Data kuantitatif yang diperlukan meliputi lembar hasil validasi ahli dan lembar jawaban tes kemampuan literasi matematis siswa.

Dalam penelitian ini menggunakan dua sumber data yaitu sumber data primer dan sumber data sekunder. Sumber data primer adalah informasi yang peneliti kumpulkan langsung dari sumber pertama. Dosen, guru, dan siswa kelas IX SMP Negeri 2 Wonosari menjadi sumber data primer penelitian ini. Sedangkan sumber data sekunder adalah informasi spesifik yang langsung dikumpulkan oleh para ahli sebagai penunjang dari sumber utama. Di antaranya termasuk dokumen kurikulum matematika, referensi dari penelitian yang relevan, buku teks matematika, serta dokumentasi dari proses penelitian.

Teknik pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini meliputi tes, wawancara, dan dokumentasi. Tes dalam penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan data kemampuan literasi matematis siswa. Tes dilakukan sebanyak dua kali yaitu sebelum (*pretest*) dan sesudah (*posttest*) pembelajaran pada kelompok eksperimen. Tes berbentuk uraian yang berisi 4 soal baik dalam *pretest* dan *posttest*. Instrumen tes kemampuan literasi matematis yang digunakan dalam penelitian ini telah melalui proses uji validasi dan uji reliabilitas untuk memastikan kelayakan instrumen sebelum digunakan dalam pengumpulan data. Penyusunan tes disesuaikan dengan indikator kemampuan literasi matematis. Penilaian kemampuan literasi matematis peserta didik dilakukan menggunakan rubrik penskoran yang telah disusun

berdasarkan indikator kemampuan literasi matematis. Terdapat 7 indikator dasar yang diperlukan dalam literasi matematis (OECD, 2018). Indikator tersebut meliputi: (1) Komunikasi dengan cara menyampaikan masalah matematika dengan jelas; (2) Matematisasi dengan cara mengubah permasalahan dunia nyata menjadi bentuk matematika atau sebaliknya; (3) Representasi dengan cara menggambarkan ulang permasalahan matematika; (4) Penalaran dan argumen untuk berpikir logis dan memberikan alasan yang tepat; (5) Merancang strategi pemecahan masalah; (6) Menggunakan bahasa simbolik, formal, dan teknis serta operasi matematika; (7) Menggunakan alat-alat matematika, misalnya dalam pengukuran. Dalam penelitian ini digunakan indikator tersebut dikarenakan mencerminkan aspek penting dari pemahaman matematika yang mendalam dan komprehensif terhadap literasi matematis. Sedangkan wawancara dilakukan secara langsung kepada siswa yang sedang beraktivitas untuk memperoleh data yang otentik dan relevan. Metode dokumentasi melibatkan pengumpulan dan analisis dokumen berbasis tulisan, digital, atau gambar yang diperoleh selama penelitian.

Peneliti menggunakan teknik uji validitas untuk menjamin keabsahan data. Uji validitas digunakan untuk mengetahui kelayakan butir pernyataan dalam mendefinisikan variabel. Data kuantitatif berupa skor digunakan untuk menentukan kelayakan dengan rumus persentase kelayakan. Setelah disajikan dalam bentuk persentase, tahap selanjutnya adalah menunjukkan tingkat kualifikasi kriteria kelayakan kesimpulan hasil validasi.

Dalam penelitian ini, penganalisan data kualitatif menggunakan teknik analisis data dengan model Miles dan Huberman yang diterapkan selama proses pengumpulan data. Langkah-langkah dalam menggunakan teknik ini mencakup reduksi data, penyajian data, dan kesimpulan. Sedangkan untuk menguji keefektifan *Problem-based Learning*, data yang berhasil terkumpul meliputi nilai uji sebelum menggunakan e-modul dengan *Augmented Reality (pretest)* dan sesudah menggunakan e-modul dengan *Augmented Reality (posttest)*. Data dari uji tersebut kemudian dianalisis dengan menerapkan uji normalitas, uji-t sampel berpasangan, dan uji N-Gain. Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah data dari *pretest* dan *posttest* berdistribusi normal atau tidak dengan kriteria apabila nilai $sig > \alpha = 0,05$ maka H_0 diterima. Langkah selanjutnya setelah dilakukan uji normalitas adalah uji hipotesis dengan uji-t sampel berpasangan. Uji-t sampel berpasangan dilakukan pada dua sampel yang berpasangan. Sampel berpasangan merupakan sampel yang memiliki subjek yang sama tetapi mengalami dua pengukuran yang berbeda. Dalam penelitian ini terdapat dua sampel yang berpasangan yaitu sampel sebelum diberi perlakuan dan sampel yang sudah diberi perlakuan menggunakan e-modul dengan *Augmented Reality*. Uji N-Gain dilakukan untuk mengetahui seberapa besar peningkatan kemampuan literasi matematis siswa sebelum dan sesudah diberikan perlakuan menggunakan e-modul dengan *Augmented Reality*, dengan kriteria: $\langle g \rangle \geq 0,7$ kategori tinggi, $0,3 \leq \langle g \rangle < 0,7$ kategori sedang, dan $\langle g \rangle < 0,3$ kategori rendah (Hake, 1998).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

HASIL

1. Tahap Persiapan Eksperimen (*experimental preparation*)

Pada tahap persiapan eksperimen, disusunlah perangkat pembelajaran berdasarkan modul ajar. Strategi *Problem-based Learning* dirancang dengan mempertimbangkan karakteristik pembelajaran yang berpusat pada siswa melalui pemecahan masalah kontekstual. Desain pembelajaran disusun dengan mengintegrasikan e-modul berbantuan *Augmented Reality* sebagai media yang memfasilitasi proses pembelajaran untuk membangun pengetahuan siswa. Setiap tahapan pembelajaran dirancang secara berurutan sesuai sintaks *Problem-based Learning*. Berdasarkan eksplorasi melalui e-modul tersebut dibentuk juga kelompok di mana setiap kelompok kemudian mengerjakan Lembar Kerja Siswa (LKS) yang dirancang untuk mengarahkan proses pemecahan masalah secara sistematis.

Sebelum perangkat pembelajaran diimplementasikan dalam eksperimen, dilakukan proses validasi oleh dua orang ahli untuk memastikan kelayakan dan kualitas perangkat yang dikembangkan. Validasi ini melibatkan ahli yang memiliki kompetensi di bidang pendidikan matematika yang bertugas menilai berbagai aspek perangkat pembelajaran berupa e-modul dengan *Augmented Reality*. Validator ahli juga memberikan penilaian terhadap kesesuaiannya dengan sintaks *Problem-based Learning*. Hasil validasi dari kedua ahli kemudian dianalisis untuk menentukan tingkat kevalidan e-modul dengan *Augmented Reality* yang digunakan.

Tabel 1. Hasil Validasi E-Modul dengan *Augmented Reality* oleh Ahli 1

No	Aspek	Persentase	Kriteria
1	Teknis	90%	Sangat Layak
2	Komunikasi Visual	95%	Sangat Layak
3	Isi dan Materi	90%	Sangat Layak
4	Inovasi	93%	Sangat Layak
Hasil Akhir		92%	Sangat Layak
Komentar dan Saran		Lanjutkan revisi sesuai saran dari guru.	

Berdasarkan Tabel 1, diperoleh komentar direvisi sesuai saran dari dan masukan dari guru, sehingga tidak ada perbaikan yang harus dilakukan berdasarkan hasil validasi e-modul dengan *Augmented Reality* oleh ahli 1.

Tabel 2. Hasil Validasi E-Modul dengan *Augmented Reality* oleh Ahli 2

No	Aspek	Persentase	Kriteria
1	Teknis	95%	Sangat Layak
2	Komunikasi Visual	95%	Sangat Layak
3	Isi dan Materi	90%	Sangat Layak
4	Inovasi	92%	Sangat Layak
Hasil Akhir		93%	Sangat Layak
Komentar dan Saran		Lanjutkan revisi sesuai saran dari dosen.	

Berdasarkan Tabel 2, diperoleh komentar direvisi sesuai saran dari dan masukan dari dosen, sehingga tidak ada perbaikan yang harus dilakukan berdasarkan hasil validasi e-modul dengan *Augmented Reality* oleh ahli 2.

Media yang dikembangkan dalam penelitian ini berupa e-modul dengan *Augmented Reality* yang dirancang untuk meningkatkan pengetahuan siswa. Untuk memudahkan penggunaan e-modul dengan *Augmented Reality* ini, dikembangkan pula buku panduan yang berisi petunjuk dan langkah-langkah untuk mengaksesnya. Buku panduan ini disusun secara sistematis dengan bahasa yang mudah dipahami dan dilengkapi dengan ilustrasi visual yang jelas sehingga siswa dapat dengan mudah menggunakan e-modul dengan *Augmented Reality* secara optimal. Integrasi antara e-modul digital dan buku panduan cetak ini bertujuan untuk memastikan bahwa teknologi *Augmented Reality* dapat diimplementasikan secara efektif di pembelajaran.

2. Tahap Pelaksanaan Eksperimen (*implementation of experiments*)

Secara keseluruhan, urutan kegiatan yang dilakukan meliputi: 1) *Pretest* kemampuan literasi matematis; 2) Pembelajaran menggunakan e-modul dengan *Augmented Reality* materi luas permukaan bangun ruang sisi datar; 3) *Posttest* kemampuan literasi matematis. Pada tahap ini dilaksanakan sebanyak 5 pertemuan dengan rincian 1 pertemuan untuk *pretest*, 3 pertemuan untuk pembelajaran menggunakan e-modul dengan *Augmented Reality*, dan 1 pertemuan untuk *posttest*.

Pertama, *pretest* kemampuan literasi matematis bertujuan untuk mengetahui kemampuan literasi matematis siswa pada kelas eksperimen yaitu kelas IX-C SMP N 2 Wonosari sebelum menggunakan e-modul dengan *Augmented Reality*. *Pretest* dilaksanakan pada pertemuan pertama dengan alokasi waktu 2 JP. *Pretest* menunjukkan rata-rata nilai siswa adalah 66,5 (dibulatkan menjadi 67) dengan nilai tertinggi 79 dan nilai terendah 50.

Kedua, tahap kegiatan pembelajaran materi luas permukaan bangun ruang sisi datar. Pada saat pembelajaran menggunakan e-modul dengan *Augmented Reality* diberikan, siswa terlihat antusias pada saat menggunakan e-modul dengan *Augmented Reality* karena mereka bisa mengamati bentuk bangun ruang sisi datar secara 3D. Pembelajaran dilakukan pada kelas IX-C dengan jumlah siswa sebanyak 32 siswa. Pada kegiatan pembelajaran kelas IX-C dibagi 5 kelompok dengan masing-masing kelompok terdiri dari 6 atau 7 siswa. Lokasi pembelajaran menggunakan e-modul dengan *Augmented Reality* berada di laboratorium komputer yang berada di sekolah. Ketika siswa kesulitan memahami masalah dan apa yang harus dilakukan untuk menyelesaikannya, siswa dapat membuka kembali e-modul dengan *Augmented Reality* yang telah diberikan. Selanjutnya masing-masing kelompok mempresentasikan hasil diskusinya dan kelompok lain memberikan tanggapannya.

Ketiga, setelah pelaksanaan pembelajaran dilakukan *posttest* kemampuan literasi matematis bertujuan untuk mengetahui kemampuan literasi matematis siswa pada kelas eksperimen sesudah menggunakan e-modul dengan *Augmented Reality*. Hasil *posttest* menunjukkan rata-rata nilai siswa adalah 91,1 (dibulatkan menjadi 91) dengan nilai tertinggi 100 dan nilai terendah 80.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan, siswa kelas IX-C SMP N 2 Wonosari menunjukkan respons positif dan antusiasme yang tinggi terhadap penggunaan e-modul dengan *Augmented Reality* dalam pembelajaran materi luas permukaan bangun ruang sisi datar. Siswa

terlihat sangat bersemangat dan antusias pada saat menggunakan e-modul dengan *Augmented Reality* karena mereka dapat mengamati bentuk bangun ruang sisi datar secara 3D yang membuat pembelajaran menjadi lebih menarik. Selama proses pembelajaran berlangsung siswa aktif mengeksplorasi materi melalui e-modul, berkolaborasi dalam kelompok untuk menyelesaikan Lembar Kerja Siswa, serta berinisiatif membuka kembali e-modul ketika mengalami kesulitan dalam memahami masalah saat mengerjakan Lembar Kerja Siswa.

3. Tahap Analisis Retrospektif (*Retrospective Analysis*)

Hasil analisis kemampuan literasi matematis siswa diperoleh melalui penerapan model *Problem-based Learning* menggunakan e-modul dengan *Augmented Reality*. Dalam proses pembelajaran berkelompok, siswa didorong untuk aktif berdiskusi dalam mengidentifikasi serta memecahkan permasalahan yang disajikan melalui e-modul dengan *Augmented Reality* yang berperan dalam memvisualisasikan konsep matematika secara konkret sehingga membantu siswa menghubungkan konsep abstrak dengan situasi kehidupan sehari-hari.

Data dari hasil *pretest* dan *posttest* dianalisis untuk mengetahui peningkatan kemampuan literasi matematis siswa. Uji normalitas data *pretest* dan *posttest* dilakukan pada tahap awal penelitian ini bertujuan untuk menentukan apakah data yang diperoleh berdistribusi normal atau tidak.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
pretest	.152	32	.060	.934	32	.051
posttest	.136	32	.137	.947	32	.121

a. Lilliefors Significance Correction

Gambar 1. Hasil SPSS Uji Normalitas Data *Pretest* dan *Posttest*

Hasil pengolahan data menggunakan SPSS menunjukkan bahwa nilai signifikan (*Sig.*) untuk skor *pretest* adalah 0,060 dan untuk skor *posttest* adalah 0,137 di mana keduanya lebih besar dari 0,05. Oleh karena itu, H_0 diterima dan dapat disimpulkan bahwa data *pretest* dan *posttest* berdistribusi normal.

Selanjutnya, dilakukan uji hipotesis dengan Uji-T Sampel Berpasangan untuk menganalisis data *pretest* dan *posttest* menggunakan *software* SPSS.

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 pretest	66.47	32	8.614	1.523
posttest	91.09	32	5.579	.986

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 pretest & posttest	32	.006	.975

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
Pair 1	pretest - posttest	-24.625	10.235	1.809	-28.315	-20.935	-13.610	31	.000

Gambar 2. Hasil SPSS Uji Paired Sample Test Data *Pretest* dan *Posttest*

Hasil pengolahan data menggunakan SPSS menunjukkan nilai signifikan (*Sig.*) sebesar 0,000 yang lebih kecil dari 0,05, sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima. Dengan demikian, disimpulkan bahwa terdapat perbedaan kemampuan literasi matematis siswa sebelum dan sesudah penerapan *Problem-based Learning* menggunakan e-modul dengan *Augmented Reality*. Sebelum menggunakan *Problem-based Learning* menggunakan e-modul dengan *Augmented Reality* nilai rata-rata siswa kelas IX-C sebesar 66,5 dan sesudah menggunakan *Problem-based Learning* menggunakan e-modul dengan *Augmented Reality* nilai rata-rata siswa kelas IX-C sebesar 91,1. Diperoleh standar deviasinya 10.235 dengan t hitung sebesar -13,610. Sehingga nilai *posttest* > *pretest*, dengan demikian terdapat peningkatan kemampuan literasi matematis siswa sebelum dan sesudah penerapan *Problem-based Learning* menggunakan e-modul dengan *Augmented Reality*.

Setelah dilakukan uji hipotesis dengan *Uji Paired Sample Test*, dilanjutkan dengan *Uji N-Gain* untuk mengetahui seberapa besar peningkatan kemampuan siswa sebelum dan sesudah diberikan perlakuan. Berdasarkan perhitungan diperoleh,

$$\langle g \rangle = \frac{\%posttest - \%pretest}{\%maksimum - \%pretest} = 0,7344$$

Karena nilai *N-Gain* berada pada interval $N-Gain > 0,7$ maka disimpulkan bahwa peningkatan kemampuan literasi matematis siswa dengan penerapan *Problem-based Learning* menggunakan e-modul dengan *Augmented Reality* secara klasikal berada pada kategori tinggi.

Tabel 3. Persentase Kategori N-Gain Siswa

Kriteria	Banyak Siswa	Persentase
Tinggi	19	59,375%
Sedang	11	34,375%
Rendah	2	6,250%

Berdasarkan Tabel 3, bahwa sebanyak 19 siswa memiliki peningkatan hasil tes kemampuan literasi matematis pada kriteria tinggi, 11 siswa memiliki peningkatan hasil tes kemampuan literasi matematis pada kriteria sedang, dan 2 siswa memiliki peningkatan hasil tes kemampuan literasi matematis pada kriteria rendah. Hal ini menunjukkan bahwa melalui pembelajaran dengan penerapan *Problem-based Learning* menggunakan e-modul dengan *Augmented Reality* peningkatan kemampuan literasi matematis siswa cenderung berada pada kriteria tinggi.

PEMBAHASAN

1. Desain Model *Problem-based Learning* Berbantuan E-Modul dengan *Augmented Reality*

Penelitian ini dilaksanakan di SMP Kelas IX dengan mengimplementasikan model pembelajaran *Problem-based Learning* berbantuan e-modul dengan *Augmented Reality* pada materi luas permukaan bangun ruang sisi datar. Sebelum pelaksanaan pembelajaran, seluruh perangkat pembelajaran telah melalui proses validasi oleh dua orang ahli yang kompeten di bidang pendidikan matematika. Hasil validasi dari kedua validator menunjukkan bahwa perangkat pembelajaran yang dikembangkan berada pada kategori valid (Kaya et al., 2025).

Dengan demikian, perangkat pembelajaran yang telah divalidasi tersebut siap untuk diimplementasikan dalam kegiatan pembelajaran di kelas eksperimen.

Implementasi e-modul dengan *Augmented Reality* dalam pembelajaran matematika memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif bagi siswa. E-modul dengan *Augmented Reality* dirancang untuk menyajikan objek bangun ruang sisi datar secara tiga dimensi yang dapat divisualisasikan secara langsung oleh siswa melalui perangkat mereka. Pembelajaran menggunakan *Augmented Reality* terbukti memberikan dampak positif pada siswa karena mampu menunjukkan secara nyata suatu konsep yang bersifat abstrak dan memberikan pengalaman nyata pada suatu model objek yang sulit ditampilkan langsung di kelas (Kamaruddin & Thahir, 2021). Selain itu, e-modul yang dipadukan dengan *Augmented Reality* mampu meningkatkan keterlibatan siswa selama proses pembelajaran berlangsung.

Pelaksanaan model *Problem-based Learning* dengan e-modul *Augmented Reality* diawali dengan fase orientasi siswa terhadap masalah yang relevan dengan kehidupan sehari-hari. Selanjutnya, siswa diorganisasikan ke dalam kelompok yang beranggotakan 6 atau 7 siswa untuk mendiskusikan masalah yang diberikan dan membagi tugas secara adil antar anggota kelompok. Diskusi kelompok yang terstruktur ini memfasilitasi terjadinya pertukaran ide dan kolaborasi antar siswa dalam menemukan solusi atas permasalahan yang diberikan. Melalui sintaks *Problem-based Learning* yang terstruktur ini siswa secara bertahap membangun pemahaman mereka terhadap materi luas permukaan bangun ruang sisi datar secara mandiri dan kolaboratif.

Terdapat 3 permasalahan yang ada pada Lembar Kerja Siswa yang telah dirancang sesuai dengan indikator literasi matematis.

1) Akuarium

Setelah berhasil menemukan rumus luas permukaan bangun ruang kubus dan balok siswa melanjutkan pengerjaan Lembar Kerja Siswa pada bagian soal literasi matematis. Gambar 3 menunjukkan hasil pengerjaan siswa bagian soal literasi matematis pada bagian soal tentang akuarium. Soal yang disajikan berkaitan dengan konteks nyata, yaitu menghitung total luas kaca yang dibutuhkan untuk membuat dua buah akuarium di mana akuarium pertama berbentuk kubus dengan sisi 40cm dan akuarium kedua berbentuk balok berukuran panjang, lebar, dan tinggi secara berturut-turut adalah 60cm , 40cm , 50cm .

Dalam menjawab soal tersebut siswa menuliskan penyelesaian secara terstruktur. Langkah awal siswa mengidentifikasi informasi yang diketahui yaitu ukuran masing-masing akuarium kemudian menuliskan apa yang ditanyakan yakni total luas kaca dari kedua akuarium tersebut. Siswa memahami bahwa akuarium tidak memiliki tutup sehingga rumus yang digunakan adalah luas permukaan tanpa tutup. Untuk akuarium pertama yang berbentuk kubus siswa menghitung luas permukaannya menggunakan rumus $5 \times s^2$ sehingga diperoleh $5 \times 40 \times 40 = 8.000\text{cm}^2$. Sementara untuk akuarium kedua yang berbentuk balok siswa menggunakan rumus luas permukaan tanpa tutup yaitu $pl + 2pt + 2lt$ yang kemudian disubstitusikan dengan nilai menjadi $60 \times 40 + 2(60 \times 50) + 2(40 \times 50)$, menghasilkan $2.400 + 6.000 + 4.000 = 12.400\text{cm}^2$.

Pada bagian akhir penyelesaian siswa menarik kesimpulan dengan menjumlahkan luas kaca kedua akuarium yaitu $8.000 + 12.400 = 20.400\text{cm}^2$, dan menuliskannya sebagai total luas

kaca yang dibutuhkan. Langkah penarikan kesimpulan ini menunjukkan bahwa siswa tidak sekadar menghitung, tetapi juga mampu mengaitkan hasil perhitungan dengan konteks permasalahan yang diberikan. Secara keseluruhan, jawaban siswa sudah menunjukkan alur penyelesaian yang runtut dan logis sehingga mencerminkan pemahaman yang baik terhadap konsep luas permukaan bangun ruang dalam situasi kehidupan sehari-hari.

Hasil wawancara peneliti dengan siswa menunjukkan bahwa siswa mampu mengomunikasikan permasalahan matematika dengan baik. Ketika peneliti bertanya bagaimana siswa memahami soal tersebut siswa menjelaskan bahwa mereka membaca soal dan mengidentifikasi bahwa yang diminta adalah total luas kaca. Hal ini mencerminkan terpenuhinya indikator literasi matematis pertama yaitu komunikasi di mana siswa mampu menyampaikan kembali permasalahan matematika dengan jelas dan tidak ambigu. Siswa juga menunjukkan kemampuan matematisasi sebagai indikator kedua ketika menjelaskan bahwa mereka mengubah situasi nyata pembuatan akuarium menjadi model matematika berupa rumus luas permukaan tanpa tutup karena dalam kehidupan nyata akuarium memang tidak memiliki penutup bagian atas. Kemampuan representasi sebagai indikator ketiga juga tampak saat siswa mampu menggambarkan ulang struktur akuarium, namun sayangnya mereka tidak menggambarinya di lembar jawab. Siswa terlebih dahulu mempertimbangkan mengapa rumus yang digunakan harus dikurangi satu sisi yaitu karena bagian alas akuarium tetap menggunakan kaca namun bagian atas tidak ada. Penjelasan ini mencerminkan terpenuhinya indikator penalaran dan argumen sebagai indikator keempat di mana siswa tidak hanya menghafalkan rumus tetapi mampu memberikan alasan yang logis dan kontekstual atas pilihan rumusnya. Terkait indikator kelima yaitu merancang strategi pemecahan masalah, siswa menyatakan bahwa menyelesaikan soal secara bertahap yaitu menghitung luas masing-masing akuarium terlebih dahulu sebelum menjumlahkan keduanya. Strategi ini menunjukkan bahwa siswa memiliki perencanaan yang sistematis dalam menghadapi soal yang melibatkan lebih dari satu bangun ruang sehingga proses penyelesaian menjadi lebih terorganisir dan meminimalkan kemungkinan kesalahan perhitungan. Siswa menjelaskan dengan lancar makna dari setiap simbol yang mereka tuliskan dalam lembar kerja, seperti penggunaan notasi dan penggunaan tanda operasi dalam menyusun kalimat matematika. Kemampuan ini mencerminkan terpenuhinya indikator keenam yaitu menggunakan bahasa simbolik, formal, dan teknis serta operasi matematika. Adapun indikator ketujuh yaitu menggunakan alat-alat matematika tergambar ketika siswa menjelaskan bahwa mereka menggunakan pengetahuan tentang satuan luas sebagai acuan dalam menyatakan hasil akhir perhitungan.

bisa menentukan biaya pembelian kaca untuk
 akuarium tersebut?
 Diket: 1. Akuarium Pertama: Kubus 40 cm (s)
 2. Akuarium Kedua: Balok 60 x 40 x 50 cm
 Penyelesaian:
 Ditanya: total luas kaca??
 Jawab: A. Lp. Kubus tanpa tutup: $5 \times s^2 = 5 \times 40 \times 40 = 8000 \text{ cm}^2$
 B. Lp. balok tanpa tutup: $La + 2Pt + 2Pl$
 $= Pl + 2Pt + 2Pl$
 $= 60 \times 40 + 2(60 \times 50) + 2(40 \times 50)$
 $= 2.400 + 6000 + 4000$
 $= 12.400 \text{ cm}^2$
 Jadi, total luas kaca ke 2 akuarium = $8000 + 12.400$
 $= 20.400 \text{ cm}^2$

Gambar 3. Lembar Kerja Siswa Permasalahan 1

2) *Paving Block*

Selain soal akuarium siswa juga mengerjakan soal literasi matematis lainnya yang berkaitan dengan konteks paving block berbentuk prisma segienam beraturan. Gambar 4 menunjukkan hasil pengerjaan siswa bagian soal literasi matematis pada bagian soal tentang paving block. Pada soal ini siswa diberikan informasi bahwa paving block memiliki panjang sisi 6 cm dan ketebalan 10 cm kemudian diminta untuk menghitung luas permukaan seluruh paving block tersebut karena akan dilakukan pengecatan.

Siswa memulai penyelesaian dengan menuliskan informasi yang diketahui secara jelas yaitu panjang sisi 6 cm dan ketebalan 10 cm serta menuliskan bahwa yang ditanyakan adalah luas permukaan. Langkah pertama yang dilakukan siswa adalah menghitung luas alas berbentuk segienam beraturan menggunakan rumus $\frac{3}{2}\sqrt{3} \times s^2$ sehingga diperoleh $\frac{3}{2}\sqrt{3} \times 6^2 = \frac{3}{2}\sqrt{3} \times 36 = 54\sqrt{3} \approx 93,53 \text{ cm}^2$. Kemudian siswa menghitung luas selimut prisma dengan mengalikan keliling alas dengan tinggi prisma yaitu $6 \times (6 \times 10)$ yang disederhanakan menjadi $6 \times 60 = 360 \text{ cm}^2$.

Setelah kedua komponen dihitung siswa menggabungkannya ke dalam rumus luas permukaan prisma yaitu $\text{Luas permukaan} = 2 \times \text{luas alas} + \text{luas selimut}$ sehingga menjadi $2 \times 54\sqrt{3} + 360 = 108\sqrt{3} + 360 \text{ cm}^2$. Untuk mendapatkan nilai numeriknya, siswa mensubstitusikan nilai $\sqrt{3} \approx 1,732$ sehingga diperoleh $108 \times 1,732 + 360 = 187,06 + 360 = 547,06 \text{ cm}^2$. Pada bagian akhir, siswa menuliskan kesimpulan dengan tegas bahwa luas permukaan paving block adalah $547,06 \text{ cm}^2$. Penyelesaian ini menunjukkan bahwa siswa mampu mengaplikasikan rumus luas permukaan prisma segienam secara runtut termasuk dalam melakukan pendekatan nilai akar dan mengaitkan hasil akhir dengan konteks soal yang diberikan.

Siswa menjelaskan bahwa mereka membaca soal secara berulang untuk memastikan informasi yang diperoleh sudah lengkap sebelum mulai menghitung. Siswa mampu menyebutkan kembali apa yang diketahui dan apa yang ditanyakan dengan kalimatnya sendiri yaitu bahwa paving block akan dicat sehingga yang diperlukan adalah luas seluruh permukaannya. Kemampuan ini mencerminkan terpenuhinya indikator literasi matematis pertama yaitu komunikasi di mana siswa dapat menyampaikan permasalahan matematika dengan jelas dan terarah. Indikator kedua yaitu matematisasi juga terpenuhi ketika siswa menjelaskan bahwa mereka mengenali bentuk paving block dalam kehidupan nyata sebagai sebuah prisma segienam beraturan sehingga mereka mengubah konteks nyata tersebut ke dalam model matematika yang sesuai. Sementara itu, indikator ketiga yaitu representasi tampak pada kemampuan siswa dalam memvisualisasikan bangun prisma segienam lalu membedakan bagian alas dan selimutnya. Siswa mengungkapkan bahwa mereka memilih untuk menghitung luas alas dan luas selimut secara terpisah sebelum menjumlahkannya karena cara tersebut lebih mudah dipahami dan tidak membingungkan. Penjelasan ini menunjukkan terpenuhinya indikator keempat yaitu penalaran dan argumen di mana siswa tidak sekadar mengikuti prosedur tetapi mampu memberikan alasan yang logis atas strategi yang dipilihnya. Terkait indikator kelima yaitu merancang strategi pemecahan masalah, siswa menyatakan bahwa mereka membagi penyelesaian ke dalam beberapa tahap yaitu menghitung luas alas segienam

beraturan terlebih dahulu kemudian menghitung luas selimut. Pendekatan bertahap yang dirancang secara mandiri oleh siswa ini mencerminkan kemampuan perencanaan dalam menghadapi soal. Siswa mampu menjelaskan dengan tepat bahwa simbol s merujuk pada panjang sisi segienam, t merujuk pada ketebalan paving block sebagai tinggi prisma, serta menjelaskan rumus luas permukaan segienam beraturan. Kemampuan ini mencerminkan terpenuhinya indikator keenam yaitu menggunakan bahasa simbolik, formal, dan teknis serta operasi matematika. Adapun indikator ketujuh yaitu menggunakan alat-alat matematika tercermin ketika siswa menjelaskan bahwa mereka menggunakan pendekatan nilai $\sqrt{3}$ yang ada pada soal sebagai alat bantu perhitungan.

permukaan seluruh paving block tersebut.

Penyelesaian: Diket. $P = 6 \text{ cm}$ Lanya: LP
 Ketebalan = 6 cm

Jawab: $L_{\text{alas}} = \frac{3\sqrt{3}}{2} \times 6^2$ $L_{\text{selimut}} = 6 \times (6 \times 6)$
 $= \frac{3\sqrt{3}}{2} \times 36$ $= 6 \times 60$
 $= 54\sqrt{3}$ $= 260 \text{ cm}^2$
 $= 93,53 \text{ cm}^2$

$LP = 2 \times L_{\text{alas}} + L_{\text{selimut}}$ $LP = (108 \times 1,732) + 260$
 $= 2 \times 54\sqrt{3} + 260$ $= 187,06 + 260$
 $= 108\sqrt{3} + 260 \text{ cm}^2$ $= 547,06 \text{ cm}^2$

Jadi, luas permukaan paving adalah $547,06 \text{ cm}^2$.

Gambar 4. Lembar Kerja Siswa Permasalahan 2

3) Lampet

Soal literasi matematis berikutnya yang dikerjakan siswa berkaitan dengan konteks bungkus atau kemasan berbentuk limas segiempat. Gambar 5 menunjukkan hasil pengerjaan siswa bagian soal literasi matematis pada bagian soal tentang lampet. Pada soal ini, informasi yang diketahui adalah panjang alas 6 cm , lebar alas 6 cm , dan tinggi sisi tegak 8 cm . Bungkus lampet akan dibuat sebanyak 50 buah. Untuk informasi yang ditanyakan adalah luas permukaan keseluruhan yang dibutuhkan untuk membungkus lampet.

Siswa memulai penyelesaian dengan menuliskan bagian diketahui dan ditanya secara tertib sebelum masuk ke langkah perhitungan. Langkah pertama yang dilakukan adalah menghitung luas alas berbentuk persegi, yaitu $s \times s = 6 \times 6 = 36 \text{ cm}^2$. Selanjutnya siswa menghitung luas satu sisi tegak limas menggunakan rumus $\frac{1}{2} \times \text{alas} \times \text{tinggi}$, sehingga diperoleh $\frac{1}{2} \times 6 \times 8 = 24 \text{ cm}^2$. Karena limas segiempat memiliki empat sisi tegak yang identik, siswa kemudian mengalikannya menjadi total luas sisi tegak yaitu $4 \times 24 = 96 \text{ cm}^2$.

Setelah semua komponen diperoleh, siswa menjumlahkan luas alas dan total luas sisi tegak untuk mendapatkan luas permukaan satu bungkus yaitu $\text{luas permukaan} = 36 + 96 = 132 \text{ cm}^2$. Kemudian untuk menghitung total luas keseluruhan bungkus yang dibutuhkan, siswa mengalikan luas permukaan satu bungkus dengan jumlah bungkus yang diperlukan yaitu $132 \times 50 = 6.600 \text{ cm}^2$. Pada bagian penutup, siswa menuliskan kesimpulan dengan jelas bahwa total bungkus yang dibutuhkan adalah 6.600 cm^2 . Langkah-langkah yang dituliskan

siswa tampak runtut dan sistematis menunjukkan pemahaman yang baik terhadap konsep luas permukaan limas segiempat serta kemampuan mengaitkannya dengan permasalahan kontekstual dalam kehidupan sehari-hari.

Saat peneliti menanyakan bagaimana siswa memahami permasalahan, siswa menjelaskan bahwa mereka mencermati setiap informasi pada soal dengan teliti dan menyadari bahwa konteks soal berkaitan dengan pembuatan bungkus sehingga seluruh sisi limas termasuk alasnya perlu diperhitungkan. Kemampuan siswa dalam menyampaikan kembali permasalahan dengan bahasa yang runtut mencerminkan terpenuhinya indikator pertama yaitu komunikasi di mana siswa dapat mengungkapkan inti permasalahan matematika secara jelas. Indikator kedua yaitu matematisasi tergambar ketika siswa menjelaskan bahwa mereka mengenali bentuk bungkus lampet dalam kehidupan nyata sebagai limas segiempat kemudian menerjemahkan kebutuhan luas bahan pembungkus ke dalam model matematika berupa rumus luas permukaan limas segiempat. Lebih lanjut, indikator ketiga yaitu representasi tampak pada kemampuan siswa dalam membayangkan struktur limas segiempat secara utuh, membedakan antara bagian alas berbentuk persegi dengan keempat sisi tegak berbentuk segitiga, serta menggunakan pemahaman visual tersebut sebagai dasar dalam menyusun langkah-langkah perhitungan yang terstruktur. Siswa mengungkapkan bahwa mereka sengaja menghitung luas alas dan luas sisi tegak secara terpisah terlebih dahulu sebelum menjumlahkannya karena menurutnya cara tersebut memudahkan mereka untuk memeriksa kembali setiap bagian perhitungan tanpa harus mengulang dari awal jika terjadi kesalahan. Penjelasan yang disertai alasan yang masuk akal ini mencerminkan terpenuhinya indikator keempat yaitu penalaran dan argumen. Terkait indikator kelima yaitu merancang strategi pemecahan masalah, siswa menghitung luas satu bungkus terlebih dahulu kemudian mengalikannya dengan jumlah bungkus yang dibutuhkan untuk memperoleh total luas keseluruhan. Strategi bertahap yang dirancang secara mandiri oleh siswa menunjukkan kemampuan perencanaan bagus. Peneliti meminta siswa untuk menjelaskan makna dari setiap simbol dan operasi matematika yang digunakan dalam penyelesaiannya. Siswa dengan lancar menjelaskan, kemampuan siswa dalam memaknai dan menggunakan simbol-simbol tersebut secara konsisten dan benar mencerminkan terpenuhinya indikator keenam yaitu menggunakan bahasa simbolik, formal, dan teknis serta operasi matematika. Adapun indikator ketujuh yaitu menggunakan alat-alat matematika tercermin ketika siswa menjelaskan bahwa mereka menggunakan konsep perkalian sebagai alat untuk menghitung total luas empat sisi tegak yang identik.

Penyelesaian: Diket: P alas = 6 cm
l alas = 6 cm
tanya: Lp satu bungkus

↳ sisi tegak = 8 cm

Jawab: $L_a = S \times S = 6 \times 6 = 36 \text{ cm}^2$
 $L_{\text{d}} = \frac{1}{2} \times \text{alas} \times \text{t. segitiga}$
 $= \frac{1}{2} \times 6 \times 8$
 $= 24 \text{ cm}^2$

total L sisi tegak = 4×24
 $= 96 \text{ cm}^2$

$L_p = 36 + 96$
 $= 132 \text{ cm}^2$

$L_{\text{total}} = 132 \times 50$
 $= 6600 \text{ cm}^2$

Jadi, total bungkus yang dibutuhkan adalah 6600 cm².

Gambar 5. Lembar Kerja Siswa Permasalahan 3

Lembar Kerja Siswa yang dirancang secara sistematis memainkan peran penting dalam mengarahkan proses pemecahan masalah siswa selama pembelajaran berlangsung. Lembar Kerja Siswa disusun dengan mengikuti alur sintaks *Problem-based Learning* sehingga setiap pertanyaan dan aktivitas di dalamnya mendorong siswa untuk berpikir secara kritis dan sistematis dalam memecahkan masalah. *Scaffolding* yang disediakan dalam Lembar Kerja Siswa memberikan dukungan yang terstruktur bagi kelompok yang mengalami kesulitan dalam memahami materi luas permukaan bangun ruang sisi datar. Aktivitas belajar yang bervariasi melalui Lembar Kerja Siswa dan presentasi mendukung pengembangan literasi matematis siswa secara menyeluruh (OECD, 2023).

2. Penerapan Model *Problem-based Learning* Berbantuan E-Modul dengan *Augmented Reality* dalam Meningkatkan Literasi Matematis Siswa

Penelitian ini dilaksanakan di kelas IX-C SMP N 2 Wonosari sebanyak 5 pertemuan dengan melibatkan 32 siswa sebagai subjek penelitian. *Pretest* kemampuan literasi matematis dilaksanakan pada pertemuan pertama bertujuan untuk mengetahui kemampuan awal siswa kelas IX-C sebelum memperoleh perlakuan berupa pembelajaran menggunakan e-modul dengan *Augmented Reality*. Hasil *pretest* menunjukkan rata-rata nilai siswa sebesar 66,5 dengan nilai tertinggi 79 dan nilai terendah 50 yang mengindikasikan bahwa kemampuan literasi matematis siswa pada awal penelitian masih tergolong rendah hingga sedang. Kondisi awal ini menjadi dasar yang kuat untuk mengimplementasikan model *Problem-based Learning* berbantuan e-modul dengan *Augmented Reality* sebagai upaya untuk meningkatkan literasi matematis siswa.

Hasil *pretest* kemampuan literasi matematis mengindikasikan bahwa kemampuan awal literasi matematis siswa kelas IX-C masih tergolong rendah hingga sedang sebelum memperoleh perlakuan. Kondisi awal ini menggambarkan bahwa siswa belum terbiasa dengan soal-soal yang menuntut kemampuan merumuskan, menerapkan, dan menginterpretasikan matematika

dalam konteks kehidupan nyata yang menjadi inti dari literasi matematis (OECD, 2023). Selama proses pembelajaran berlangsung, siswa menunjukkan antusiasme dan semangat yang tinggi saat menggunakan e-modul dengan *Augmented Reality* terutama ketika mereka dapat mengamati bentuk bangun ruang sisi datar secara tiga dimensi secara langsung melalui perangkat yang tersedia di laboratorium komputer.

Melalui *Augmented Reality* dalam e-modul, siswa dapat menyaksikan tampilan tiga dimensi dari setiap bangun ruang secara langsung sehingga mereka lebih mudah memahami bagaimana jaring-jaring terbentuk dan bagaimana setiap sisi membentuk luas permukaan bangun ruang tersebut. *Augmented Reality* dapat diselaraskan dengan prinsip konstruktivisme karena siswa membangun pengetahuan secara aktif melalui pengalaman dan menghadirkan visualisasi yang mampu mengubah konsep-konsep geometri yang kompleks menjadi pengalaman belajar yang menarik dan bermakna. Proses penemuan rumus kubus, balok, prisma, dan limas yang dialami siswa secara bertahap dalam tiga pertemuan pembelajaran memberikan kesempatan bagi mereka untuk membangun pengetahuan.

Kemampuan literasi matematis siswa dalam konteks kehidupan nyata tercermin dari kualitas penyelesaian tiga permasalahan kontekstual yang terdapat dalam Lembar Kerja Siswa yaitu soal tentang akuarium, *paving block*, dan bungkus lampet. Kemampuan siswa dalam memodifikasi rumus sesuai konteks soal merupakan indikasi penting dari kemampuan literasi matematis pada level merumuskan masalah matematis sebagaimana yang didefinisikan dalam kerangka PISA (OECD, 2023). Kemampuan siswa dalam mengaitkan hasil perhitungan matematis dengan konteks permasalahan nyata ini menunjukkan bahwa mereka telah mencapai kemampuan literasi matematis pada level menginterpretasikan dan mengevaluasi hasil (OECD, 2023). Keberhasilan siswa dalam menyelesaikan ketiga permasalahan kontekstual tersebut menunjukkan bahwa pembelajaran *Problem-based Learning* berbantuan e-modul dengan *Augmented Reality* mampu meningkatkan literasi matematis siswa.

Hasil uji normalitas menggunakan *Uji Kolmogorov-Smirnov* menunjukkan bahwa data *pretest* memperoleh nilai signifikansi sebesar 0,060 dan data *posttest* sebesar 0,137 di mana keduanya lebih besar dari $\alpha = 0,05$ sehingga dapat disimpulkan bahwa kedua data berdistribusi normal. Berdasarkan hasil uji normalitas tersebut dilanjutkan dengan uji hipotesis menggunakan Uji-t sampel berpasangan. Hasil analisis menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,000 yang lebih kecil dari $\alpha = 0,05$ sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima yang berarti terdapat perbedaan yang signifikan antara kemampuan literasi matematis siswa sebelum dan sesudah pembelajaran. Rata-rata nilai *pretest* sebesar 66,5 meningkat menjadi 91,1 pada *posttest* dengan selisih peningkatan sebesar 24,6. Peningkatan yang signifikan secara statistik ini menunjukkan bahwa model *Problem-based Learning* berbantuan e-modul dengan *Augmented Reality* memberikan dampak yang nyata terhadap kemampuan literasi matematis siswa.

Hasil perhitungan *N-Gain* secara klasikal termasuk dalam kategori tinggi berdasarkan kriteria yang dikemukakan oleh Hake (1998). Kategori tinggi pada *N-Gain* klasikal ini mengindikasikan bahwa secara keseluruhan kelas IX-C mengalami peningkatan kemampuan literasi matematis yang sangat baik sebagai dampak dari penerapan pembelajaran *Problem-based Learning* menggunakan e-modul dengan *Augmented Reality*. Analisis *N-Gain* secara individual lebih lanjut menunjukkan bahwa sebanyak 19 siswa berada pada kategori tinggi, 11

siswa berada pada kategori sedang, dan hanya 2 siswa yang berada pada kategori rendah. Banyaknya kategori tinggi pada *N-Gain* individu sejalan dengan temuan bahwa pembelajaran yang menumbuhkan keterlibatan aktif, eksplorasi, serta pengalaman belajar yang lebih kaya dan bermakna terutama ketika didukung oleh penggunaan teknologi interaktif seperti *Augmented Reality* (Hunaepi et al., 2024). Secara keseluruhan, hasil *N-Gain* baik secara klasikal maupun individual memberikan konfirmasi yang kuat bahwa penerapan *Problem-based Learning* menggunakan e-modul dengan *Augmented Reality* berhasil meningkatkan kemampuan literasi matematis siswa kelas IX-C pada kategori tinggi.

Peningkatan kemampuan literasi matematis dari *pretest* ke *posttest* merupakan hasil kolaborasi antara model *Problem-based Learning* dan penggunaan e-modul dengan *Augmented Reality* yang saling melengkapi. Model *Problem-based Learning* menyediakan struktur pembelajaran yang mendorong siswa untuk aktif memecahkan masalah kontekstual sementara e-modul dengan *Augmented Reality* menyediakan visualisasi yang membantu siswa memahami materi luas permukaan bangun ruang sisi datar. Kombinasi semua faktor inilah yang secara bersama-sama menghasilkan peningkatan kemampuan literasi matematis pada siswa kelas IX-C. Implementasi model *Problem-based Learning* berbantuan e-modul dengan *Augmented Reality* efektif dalam meningkatkan literasi matematis siswa kelas IX-C pada materi luas permukaan bangun ruang sisi datar.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa *Problem-based Learning* berbantuan e-modul dengan *Augmented Reality* mampu meningkatkan literasi matematis siswa. Hal ini ditunjukkan oleh beberapa temuan sebagai berikut.

1. Berhasil mendesain perangkat pembelajaran berupa alur tujuan pembelajaran, modul ajar, dan e-modul dengan *Augmented Reality* yang telah memenuhi kriteria valid berdasarkan hasil validasi ahli dengan rata-rata skor sebesar 92% dan 93% sehingga layak digunakan dalam pembelajaran.
2. Penerapan *Problem-based Learning* menggunakan e-modul dengan *Augmented Reality* terbukti secara signifikan meningkatkan kemampuan literasi matematis siswa kelas IX-C. Rata-rata nilai *pretest* sebesar 66,5 meningkat menjadi 91,1 pada *posttest*, dengan rata-rata *N-gain* sebesar 0,7344 yang termasuk dalam kategori tinggi.
3. Sebanyak 59,375% siswa mencapai peningkatan kemampuan literasi matematis pada kategori tinggi, sedangkan sisanya berada pada kategori sedang dan rendah.
4. Hasil *Uji Paired Sample Test* menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,000 ($p < 0,05$), sehingga terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai *pretest* dan *posttest*. Hasil ini menunjukkan bahwa penerapan *Problem-based Learning* berbantuan e-modul dengan *Augmented Reality* efektif dalam meningkatkan kemampuan literasi matematis siswa.

5. REKOMENDASI

Penelitian ini hanya terbatas pada pengembangan dan penerapan *Problem-based Learning* berbantuan e-modul dengan *Augmented Reality* untuk meningkatkan literasi matematis siswa kelas IX-C pada materi tertentu. Penelitian lanjutan juga dapat mengintegrasikan teknologi lainnya untuk memperkaya pengalaman belajar siswa secara lebih interaktif dan adaptif. Dalam pelaksanaan penelitian ini, terdapat beberapa hambatan yang perlu menjadi perhatian pada penelitian selanjutnya. Pertama, koneksi internet yang tidak stabil di lingkungan sekolah berpotensi menghambat proses pembelajaran berbasis digital secara optimal. Kedua, kesiapan dan adaptasi siswa terhadap teknologi baru memerlukan waktu penyesuaian yang cukup sehingga pada awal penerapan pembelajaran belum sepenuhnya optimal.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Desanti, L. A., Lestari, S. A., Purwaningsih, D., & Damariswara, R. (2023). Analisis Kesulitan Siswa Sekolah Dasar Dalam Mata Pelajaran Matematika. *Jurnal Pendidikan Dasar Flobamorata*, 4(3), 747–752. <https://e-journal.unmuhkupang.ac.id/index.php/jpdf>
- Fuadi, H., Robbia, A. Z., Jamal, J., & Jufri, A. W. (2020). Analisis Faktor Penyebab Rendahnya Kemampuan Literasi Sains Peserta Didik. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 5(2), 108–116. <https://doi.org/10.29303/jipp.v5i2.122>
- Gravemeijer, K., & Cobb, P. (2006). Design research from a learning design perspective. *In Educational Design Research*, 29–63.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-Engagement Versus Traditional Methods: A Six-Thousand Student Survey of Mechanics Test Data for Introductory Physics Courses. *American Journal Of Physics*, 66(1), 64–74.
- Hanria, R., & Fauzan, A. (2023). Pengembangan E-Modul Berbasis Problem Based Learning untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Reflektif Siswa Kelas VII. *Jurnal Basicedu*, 7(1), 863–871. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v7i1.4764>
- Hunaepi, H., Suma, I. K., & Subagia, I. W. (2024). Curiosity in Science Learning: A Systematic Literature Review. *International Journal of Essential Competencies in Education*, 3(1), 77–105. <https://doi.org/10.36312/ijece.v3i1.1918>
- Kamaruddin, R., & Thahir, R. (2021). Pengaruh Media Pembelajaran Berbasis Augmented Reality (AR) terhadap Hasil Belajar Biologi Siswa SMA. *Jurnal Riset Dan Inovasi Pembelajaran*, 1(2), 24–35.
- Kaya, V., Yusuf, F. M., Nusantari, E., Husain, I. H., & Jannah, M. (2025). Validitas Perangkat Pembelajaran Menggunakan Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Pada Materi Pewarisan Sifat. *Jurnal Review Pendidikan Dan Pengajaran (JRPP)*, 8(2), 4240–4248.
- Lastri, Y. (2023). Pengembangan Dan Pemanfaatan Bahan Ajar E-Modul Dalam Proses Pembelajaran. *Jurnal Citra Pendidikan*, 3(3), 1139–1146. <https://doi.org/10.38048/jcp.v3i3.1914>
- Mulianti, S., Susanta, A., & Haji, S. (2023). Pengaruh Pendekatan Problem Based Learning (PBL) Berbantuan Augmented Reality (AR) terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Matematika di SMK Negeri 1 Lebong. *Jurnal Lebesgue: Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika, Matematika, Dan Statistika*, 4(2), 930–939. <https://doi.org/10.46306/lb.v4i2>
- OECD. (2023). *PISA 2022 Assessment and Analytical Framework*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/dfe0bf9c-en>

- OECD. (2023). *PISA 2022 Results (Volume I)*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>
- OECD. (2023). *PISA 2022 Results (Volume II)*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/a97db61c-en>
- Plomp, Tj., & Nieveen, Nienke. (2013). *Educational design research. Part A : an introduction*. SLO.
- Rahmat, E. (2018). Penerapan Model Pembelajaran Problem Based Learning (PBL) untuk Meningkatkan Prestasi Belajar Siswa. *Jurnal Penelitian Pendidikan*, 18(2), 144–159.
- Ramadanti, F., Mutaqin, A., & Hendrayana, A. (2021). Pengembangan E-Modul Matematika Berbasis PBL (Problem Based Learning) pada Materi Penyajian Data untuk Siswa SMP. *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, 5(03), 2733–2745.
- Safaredha, E. D. (2014). Design Research Pembelajaran Perbandingan Pada Aktivitas Pengukuran. *JPM IAIN Antasari*, 1(2), 61–72.
- Saleh, M., Hasim, E., & Smith, M. B. (2024). Implementasi Model-Model Pembelajaran Inovatif Abad 21 Di Sekolah Dasar. *Jurnal Pengabdian Masyarakat: DIKMAS*, 35(1). <https://doi.org/10.37905/dikmas.4.1.35-44.2024>
- Wilandari, P. A. D., Parwati, N. N., & Warpala, I. W. S. (2024). E-Modul Matematika Berbantuan Augmented Reality melalui Problem Based Learning untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah. *Indonesian Journal of Instruction*, 5(2), 216–227. <https://doi.org/10.23887/iji.v5i2.82400>