



Pembelajaran Berbantuan Augmented Reality untuk Mendukung Literasi Matematika: Perspektif Pedagogi Digital

Isnaeni Umi Machromah^{a*}, Bambang Eko Susilo^a, Wardono^a

^a Universitas Negeri Semarang, Gunungpati, Semarang 50229, Indonesia

* Alamat Surel: isnaeniumi@students.unnes.ac.id

Abstrak

Literasi matematika menjadi salah satu kemampuan esensial yang perlu dikembangkan di Abad 21 ini. Berbagai studi menunjukkan bahwa implementasi literasi matematika di Indonesia masih berfokus pada hasil kognitif dan penyelesaian soal berbasis teks, belum banyak penelitian yang melihat bagaimana proses pembelajaran itu sendiri memfasilitasi dimensi formulate, employ, dan interpret secara utuh. Penelitian ini menawarkan kebaruan dengan menganalisis integrasi media Augmented Reality (AR) dapat membentuk pengalaman belajar yang memunculkan ketiga dimensi literasi matematika tersebut. Data penelitian meliputi deskripsi pelaksanaan pembelajaran dari hasil observasi, serta analisis ketercapaian indikator literasi matematika. Analisis dilakukan secara kualitatif dengan pendekatan deskriptif-komparatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada tahap formulate, AR membantu siswa mengidentifikasi unsur geometris dan membangun model matematis melalui visualisasi 3D dan jaring-jaring. Pada tahap employ, AR mendukung penerapan konsep melalui eksplorasi bentuk, manipulasi objek, dan perhitungan berbasis pengamatan visual. Pada tahap interpret, AR memfasilitasi penafsiran hasil dalam konteks nyata dan memperkuat kemampuan reflektif siswa. Ditinjau dari pedagogi digital, integrasi AR memperlihatkan keselarasan antara tujuan pembelajaran, strategi eksploratif, nilai kolaboratif, dan penggunaan teknologi sebagai mediator makna, meskipun tetap menghadapi kendala teknis perangkat dan media AR belum sepenuhnya mendukung konstruk pengetahuan kompleks. Literasi matematika siswa bervariasi pada siswa kategori tinggi, sedang dan rendah. Siswa kategori tinggi mampu memodelkan objek AR dengan tepat, menyelesaikan masalah dengan akurat, serta menafsirkan hasil secara logis. Siswa kategori sedang dapat membangun model dan menghitung dasar, tetapi masih perlu bantuan dalam memilih strategi dan menafsirkan hasil. Siswa kategori rendah mengalami kesulitan mengidentifikasi elemen penting, sering salah menerapkan rumus, dan belum dapat mengaitkan hasil dengan konteks.

Kata kunci: Augmented Reality, Literasi Matematika, Pedagogi Digital

© 2026 Dipublikasikan oleh Jurusan Matematika, Universitas Negeri Semarang

1. Pendahuluan

Literasi matematika menjadi salah satu kemampuan krusial untuk menghadapi tantangan abad 21. Literasi matematika merupakan kemampuan untuk memahami, menerapkan, dan mengkomunikasikan pengetahuan matematika dalam permasalahan dalam kehidupan sehari-hari. Literasi matematika digunakan untuk dapat memahami situasi permasalahan, menggunakan penalaran dan data. Oleh karena itu, literasi matematika dapat membantu seseorang dalam melakukan pemecahan masalah dan pengambilan keputusan yang tepat (Muhaimin et al., 2024). Selain itu, literasi matematika juga mendorong keterampilan berpikir tingkat tinggi (Maslihah et al., 2020), berpikir kreatif (Maralova, 2024), berpikir kritis (Rojas & Benakli, 2020), serta transfer lintas bidang ilmu (Holenstein et al., 2020). Bahkan, kemampuan ini mendukung kesiapan individu untuk menghadapi pekerjaan modern dan partisipasi di masyarakat (Serin, 2023; Steen et al., 2007). Hal tersebut menunjukkan pentingnya literasi matematika bagi siswa.

To cite this article:

Machromah, I. U., Susilo, B. E., & Wardono. (2026). Pembelajaran Berbantuan Augmented Reality untuk Mendukung Literasi Matematika: Perspektif Pedagogi Digital. *PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika 9*, 270-284

Hasil PISA Indonesia yang cukup konsisten dalam kategori rendah dalam 10 tahun terakhir jelas menunjukkan rendahnya literasi matematika siswa. Data PISA tahun 2015 menunjukkan skor rata-rata matematika Indonesia adalah 386 poin dan menurun menjadi 379 poin pada tahun 2018 (OECD, 2019). Pada tahun 2022, skor tersebut turun kembali menjadi 366, sedangkan skor rata-rata global mencapai 472 poin. Beberapa faktor menjadi penyebab rendahnya literasi matematika antara lain: pembelajaran matematika belum sepenuhnya mengkaitkan dengan masalah kontekstual dan siswa jarang terlatih menyelesaikan soal jenis PISA (Chatib et al., 2020; Rohmah et al., 2022), kesulitan dalam memahami, representasi, dan membuat model matematika (Abidin et al., 2022; Lubis et al., 2024), serta sumber daya yang kurang memadai seperti fasilitas terbatas dan guru yang kurang paham konsep literasi matematika (Risdiyanti et al., 2024; Setiawan et al., 2024). Faktor tersebut menjadi tantangan tersendiri dalam pengoptimalan literasi matematika siswa.

Beberapa studi terdahulu telah menguji berbagai intervensi untuk meningkatkan literasi matematika. Penggunaan *Problem-Base Learning* (PBL) dan *Realisic Mathematics Education* (RME) efektif dalam pembelajaran (Firdaus et al., 2017), penerapan *Contextual Teaching & Learning* (CTL) dapat menghubungkan matematika dengan konteks kehidupan sehari-hari (Afni & Hartono, 2020), serta *Inquiry-Based Learning* dapat meningkatkan literasi dan kemampuan berpikir kritis (Alhusna et al., 2025). Penggunaan media dalam pembelajaran yang dapat meningkatkan motivasi berdampak pada peningkatan literasi matematika. Hasil penelitian Lawang & Andayani (2025); Majid et al., (2025); dan Widada et al., (2025) menunjukkan peningkatan motivasi dan hasil belajar dengan menggunakan media digital dan AI sebagai upaya peningkatan literasi matematika. Penggunaan media dalam pembelajaran berpeluang untuk meningkatkan literasi matematika, khususnya untuk visualisasi dan representasi konsep. Augmented Reality dapat menjadi salah satu alternatif intervensi yang digunakan untuk mengoptimalkan literasi matematika.

Augmented Reality (AR) merupakan sebuah teknologi yang menggabungkan objek digital dengan benda nyata secara real time. Melalui augmented reality, pengguna dapat mengeksplor bentuk benda 3D secara utuh dan nampak nyata. AR sudah cukup banyak digunakan dalam pembelajaran matematika. AR dapat meningkatkan pemahaman konsep abstrak dengan memudahkan siswa memvisualisasikan konsep matematika yang dianggap sulit (Chonchaiya & Srithammee, 2025). Penggunaan AR dapat mendukung pembelajaran kontekstual, dimana AR dapat menghadirkan wujud benda secara nyata. Konsep yang menarik dan munculnya visualisasi nyata dari AR ini meenjadikan siswa antusias sehingga dapat meningkatkan motivasi, prestasi hingga literasi siswa (Pujiastuti & Haryadi, 2022). Di sisi lain, integrasi AR dalam pembelajaran juga memiliki tantangan, seperti keterbatasan sarana dan prasaran sekolah yang dimiliki sekolah dan siswa (Putri et al., 2025). Selain itu, penggunaan media digital seperti AR perlu mendapat perhatian khusus dalam implementasi di pembelajaran. Implementasi media digital harus didasarkan pada desai pedagogis yang terintegrasi, bukan hanya sekedar menggunakan teknologi.

Pedagogi digital adalah sebuah cara pandangan yang melihat bahwa teknologi tidak hanya sebagai alat bantu pembelajaran, tetapi juga sebagai media atau penghubung aktivitas mental yang mempengaruhi cara berpikir, menemukan konsep, mengidentifikasi pola, serta membangun makna yang utuh dalam proses belajar (Fawns, 2022). Pedagogi digital digunakan sebagai konsep bagaimana media digital diintegrasikan secara pedagogis. Pedagogi digital mendorong pembelajaran aktif, kolaboratif, dan memungkinkan siswa untuk belajar sesuai dengan kemampuan, gaya belajar, dan kecepatannya masing-masing (Vanderburg, 2024). Penerapan pedagogi digital ini penting untuk melihat sejauh mana teknologi diintegrasikan dalam pembelajaran, tidak sebatas alat. Penerapan pedagogi digital memberikan dampak pada guru dan siswa. Menurut Dhakal (2023), Samantray et al. (2024), Vanderburg, (2024), implementasi pedagogi digital dapat meningkatkan kompetensi guru dalam mengajar, keterlibatan aktif siswa dalam pembelajaran, dan peningkatan prestasi siswa. Selain itu, media digital yang digunakan untuk memvisualisasikan konsep dan representasi dapat mendukung computational thinking dan pemecahan masalah (Anwar et al., 2024; Zandri et al., 2025). Hal ini perlu menjadi perhatian, bagaimana guru mengelola pembelajaran yang mednggunakan alat digital secara baik dan memfasilitasi kemampuan siswa.

Banyak penelitian telah mengkaji topik literasi matematika. Strategi pembelajaran yang dapat meningkatkan literasi matematika, seperti PBL (Firdaus et al., 2017; Junianto & Wijaya, 2019) dan Realistic Mathematics Education (Nurmasari et al., 2023; Rambe et al., 2023). Integrasi teknologi dalam pembelajaran juga meningkatkan literasi matematik (Peni et al., 2024; Pradana et al., 2020). Selain itu, peneliitan tentang pelatihan guru dapat meningkatkan pemahaman dan praktik literasi matematika dalam pembelajaran (Dirgantoro et al., 2025; Umbara & Suryadi, 2019). Sebagian besar penelitian berfokus pada pengukuran tentang literasi matematika dan belum banyak yang mengkaji proses literasi matematika dalam kegiatan pembelajaran di kelas. Selain itu, penelitian terkait Augmented Reality banyak menekankan pada aspek visualisasi dan representasi. Penggunaan AR pada geometri dan Objek 3D dapat memudahkan pemahaman konsep spasial dan abstrak (Chonchaiya & Srithammee, 2025; Kaźmierczak et al., 2025). AR juga meningkatkan kemampuan visualisasi dan problem solving (Aldalalah et al., 2019; Elsayed & Al-Najrani, 2021) dan meningkatkab keterlibatan dan minat belajar (Fernández-Enríquez & Delgado-Martín, 2020; Schutera et al., 2021). Namun, belum banyak penelitian yang berfokus pada aspek pedagogi digital dalam penerapan AR pada pembelajaran matematika. Hal tersebut menjadi celah penelitian yang perlu dianalisis lebih mendalam. Studi ini menawarkan kebaruan untuk menelaah bagaimana praktik literasi matematika dalam pembelajaran matematika di kelas, khususnya dalam penggunaan media AR, serta melihat aspek pedagogi digital dalam pembelajaran tersebut.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif. Fokus penelitian ini adalah menggambarkan secara mendalam proses pembelajaran, bentuk keterlibatan siswa, dan kemunculan indikator literasi matematika selama pembelajaran berlangsung. Tujuan penelitian dirumuskan secara operasional sebagai berikut: (1) mendeskripsikan proses pembelajaran matematika berbantuan AR berdasarkan dimensi formulate, employ, dan interpret; (2) menganalisis integrasi AR dalam pembelajaran matematika berdasarkan elemen pedagogi digital yaitu purpose, context, values, methods, dan technology; serta (3) mendeskripsikan bagaimana literasi matematika siswa dengan kategori tinggi, sedang, dan rendah.

Penelitian dilaksanakan di salah satu sekolah menengah pertama di Kabupaten Sukoharjo pada semester genap tahun ajaran 2024/2025. Subjek penelitian adalah satu kelas VIII yang terdiri atas 21 siswa dan seorang guru matematika yang melaksanakan pembelajaran berbantuan AR pada materi bangun ruang sisi datar. Pemilihan kelas dilakukan secara purposif dengan mempertimbangkan kesesuaian materi, kesiapan guru untuk mengintegrasikan AR, ketersediaan perangkat pembelajaran, dan kemungkinan peneliti melakukan observasi langsung terhadap proses pembelajaran. Dengan demikian, representasi yang digunakan dalam penelitian ini bersifat analitik, bukan statistik; kelas dipilih karena menyediakan konteks yang relevan untuk mengkaji praktik literasi matematika berbantuan AR.

Observasi dilakukan secara langsung selama pembelajaran berbantuan AR untuk mencatat aktivitas guru dan siswa pada tahap pendahuluan, inti, dan penutup. Fokus observasi diarahkan pada tiga dimensi literasi matematika, yaitu formulate, employ, dan interpret. Pada tahap formulate, observasi melihat cara siswa mengenali unsur bangun ruang dan membuat model matematis dari objek AR. Pada tahap employ, observasi melihat penggunaan konsep, perhitungan, manipulasi objek, dan pemanfaatan jaring-jaring digital. Pada tahap interpret, observasi melihat cara siswa menjelaskan hasil, memeriksa kewajaran jawaban, dan mengaitkannya dengan konteks nyata. Observasi juga mencatat penggunaan LKPD, interaksi kelompok, peran guru, keterlibatan siswa, dan kendala teknis pembelajaran.

Instrumen penelitian meliputi lembar observasi, catatan lapangan, tes literasi matematika, pedoman wawancara, LKPD, dan hasil pekerjaan siswa. Tes diberikan kepada seluruh siswa, sedangkan wawancara dilakukan kepada guru dan siswa terpilih untuk memperkuat data observasi dan tes. Subjek untuk deskripsi literasi matematika dipilih secara purposif setelah tes dilakukan. Siswa dikelompokkan ke dalam kategori tinggi, sedang, dan rendah berdasarkan kualitas jawaban pada indikator formulate, employ, dan interpret. Dari setiap kategori dipilih satu siswa sebagai subjek fokus dengan mempertimbangkan kelengkapan jawaban, keterwakilan pola jawaban, hasil observasi, dan masukan guru. Data dianalisis

melalui reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Keabsahan data dijaga melalui triangulasi teknik, triangulasi sumber, dan investigator triangulation. Triangulasi dilakukan dengan membandingkan data observasi, tes, wawancara, LKPD, catatan lapangan, serta pengecekan interpretasi oleh dua peneliti.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil dan pembahasan penelitian ini disusun sesuai dengan tiga tujuan penelitian, yaitu (1) mendeskripsikan proses pembelajaran berdasarkan dimensi literasi matematika, (2) menganalisis proses pembelajaran berbantuan AR dalam perspektif pedagogi digital, dan (3) mendeskripsikan literasi matematika siswa dengan kategori tinggi, sedang, dan rendah. Data proses pembelajaran diperoleh dari observasi, catatan lapangan, dan wawancara, sedangkan data literasi matematika siswa diperoleh dari tes pemecahan masalah yang dikonfirmasi melalui wawancara. Dimensi literasi matematika merujuk pada *formulate*, *employ*, dan *interpret*. Elemen pedagogi digital meliputi *purpose*, *context*, *values*, *methods*, dan *technology*.

3.1. Proses Pembelajaran Berdasarkan Dimensi Literasi Matematika

Penerapan pembelajaran berbantuan Augmented Reality dilaksanakan pada materi bangun ruang sisi datar Kelas VIII SMP. Kegiatan pembelajaran dilaksanakan dalam tiga bagian, yaitu pendahuluan, inti dan penutup. Kegiatan pendahuluan diawali dengan menyiapkan siswa untuk belajar melalui doa, menyanyikan lagu nasional, motivasi, apresepsi, dan memberikan pertanyaan pematik. Kegiatan inti dilakukan dengan mengacu pada dimensi literasi matematika, yaitu *formulate*, *employ*, dan *interpret*. Menurut Stacey & Turner (2015), definisi literasi matematika dalam *Mathematical Framework 2012* dapat dijadikan sebagai acuan mendesain kurikulum matematika, rancangan pelaksanaan pembelajaran, dan sejenisnya. Guru dapat menggunakan PISA framework dalam aktivitas pembelajaran, memberi pengalaman menyelesaikan kontekstual untuk siswa, atau dapat juga berfokus menggunakan salah satu dimensi literasi matematika untuk melatih komponen tertentu. Referensi aktivitas pembelajaran yang merujuk pada Stacey & Turner (2015) secara terstruktur ditampilkan pada Tabel 1. Kegiatan penutup dilaksanakan dengan evaluasi pembelajaran dan refleksi.

Tabel 1. Aktivitas Pembelajaran Berbantuan AR dalam Dimensi Literasi Matematika

Dimensi Literasi Matematika	Deskripsi	Aktivitas yang dapat dilakukan (Stacey & Turner, 2015)
Formulate	Mengidentifikasi variabel, hubungan, dan tujuan dari konteks masalah.	● Memulai pembelajaran dengan permasalahan kontekstual yang memerlukan formulasi substansial. ● Diskusi kelas tentang bagaimana suatu elemen konteks dunia nyata dapat dijelaskan dalam istilah matematika. Aktivitas pembelajaran dapat dilakukan dengan memahami konteks, memilih variabel, mendefinisikan hubungan, mematangkan asumsi. ● Menggunakan strategi memetakan struktur masalah dan menyederhanakan informasi kontekstual. ● Melakukan identifikasi hubungan atau keterkaitan konsep baik yang kompleks maupun sederhana ● Membuat model
Employ	Menggunakan konsep dan prosedur matematis secara tepat.	● Menggabungkan relasi matematis ● Melakukan perhitungan ● Memodifikasi model
Interpret	Menafsirkan hasil ke dalam konteks nyata.	● Memeriksa asumsi ● Menafsirkan makna solusi ● Membandingkan konteks berbeda ● Memeriksa hasil atau solusi

a. Formulate

Menurut kerangka PISA (OECD, 2021), kemampuan *formulate* mencakup proses mengidentifikasi situasi, memilih informasi relevan, dan mengubah konteks nyata ke bentuk matematis. Dalam pelaksanaan pembelajaran, aktivitas ini dapat dimaknai dengan mengkonversi konteks nyata menjadi model matematika, serta mengidentifikasi elemen, representasi, dan membangun model matematis. Aktivitas pembelajaran yang dilaksanakan meliputi: (1) mengidentifikasi bentuk kontekstual dari bangun ruang sisi datar melalui aplikasi AR, (2) mengidentifikasi elemen geometris dari objek, seperti panjang, lebar, tinggi, alas, dan lain-lain, (3) mengeksplorasi perubahan bentuk bangun ruang menjadi jaring-jaring, (4) menganalisis kesesuaian elemen dalam bentuk 3D dan bentuk jaring-jaring, (5) siswa membuat sketsa model matematis dari tampilan AR, dan (6) menentukan asumsi dan hubungan matematis yang diperlukan untuk menentukan luas permukaan dan volume. Aktivitas ini menunjukkan munculnya proses *formulate* karena siswa mulai merepresentasikan fenomena geometris menjadi struktur matematis. Pada bagian ini, AR berperan memvisualisasikan bentuk bangun ruang sisi datar lebih nyata. Siswa dapat mengeksplorasi seluruh bagian melalui media AR. Siswa dapat mengidentifikasi elemen-elemen dari bangun ruang sisi datar secara detail dari tampilan AR. Selain itu, siswa dapat melakukan manipulasi objek dengan memutar, memperbesar, memperkecil, dan melihat dari berbagai sudut pandang yang berbeda. Sejalan dengan penelitian sebelumnya, AR dapat membantu siswa melihat bentuk visual bangun ruang dalam pandangan tiga dimensi, sehingga lebih konkret dan mudah dipahami bagi siswa (Mulbar et al., 2021). Siswa juga dapat mengeksplorasi setiap bagian bangun ruang seperti rusuk, sisi, titik sudut, diagonal, serta melakukan pengamatan dari berbagai sisi (Rohendi & Wihardi, 2020). Media AR memudahkan siswa memahami karakteristik dan hubungan antar elemen melalui proses identifikasi setiap elemen secara detail (Haqq et al., 2025; Rohendi et al., 2025).

b. Employ

Pada kegiatan inti, siswa bekerja dalam kelompok untuk mengeksplorasi konsep dan sifat bangun ruang menggunakan AR. Media AR juga memfasilitasi siswa untuk merepresentasikan wujud bangun ruang, misalnya membentuk jaring-jaring. Melalui LKPD, siswa diarahkan mengukur, membandingkan, dan menghitung luas permukaan dari objek digital yang mereka amati. Aktivitas *employ* dapat dimaknai dengan penggunaan konsep dan prosedur, yaitu mengeksplorasi perubahan bentuk matematis, mengidentifikasi perubahan bentuk model 3D, menemukan rumus luas permukaan dan volume. Aktivitas yang teramati dalam proses ini adalah (1) menggunakan eksplorasi AR untuk memecah jaring-jaring menjadi bagian-bagian kecil, (2) mengidentifikasi perubahan elemen: terdapat 3 pasang persegi panjang yang memiliki ukuran panjang dan lebar berbeda, (3) mencari hubungan luas permukaan dengan gabungan luas persegi panjang, (4) menemukan konsep rumus luas permukaan dan volume. Dalam konteks literasi matematika, fase ini merepresentasikan dimensi *employ*, yaitu penerapan konsep, prosedur, dan penalaran matematis untuk memperoleh solusi (OECD, 2021). Kegiatan eksplorasi tersebut memperlihatkan keterlibatan aktif siswa dalam menemukan rumus luas permukaan. Mereka melakukan perhitungan berdasarkan pengamatan langsung, membandingkan hasil antarkelompok, dan mendiskusikan alasan matematisnya. Hasil ini mendukung pandangan Kusumah et al. (2021) bahwa media digital berbasis eksplorasi dapat memperkuat keterampilan berpikir konseptual dan prosedural melalui umpan balik visual.

Pada bagian ini, media AR memvisualisasikan perubahan bentuk 3D menjadi jaring-jaringnya untuk mengkonstruksi konsep luas permukaan. Selain itu, AR juga mensimulasikan konsep volume dari bangun 3D yang terisi penuh, misalnya dengan balok satuan. Media AR merepresentasikan penemuan konsep luas dari jaring-jaring yang terbentuk. Media AR juga memfasilitasi konstruksi konsep dengan memberikan petunjuk/ *scaffolding*. Siswa mengkonstruksi konsep dengan bantuan LKPD. Media AR juga berperan memperkuat pemahaman konsep bagaimana rumus muncul dari pendekatan geometris yang ditampilkan melalui AR. Selaras dengan studi sebelumnya, media AR dapat memfasilitasi animasi perubahan bentuk tiga dimensi menjadi bentuk jaring-jaring sehingga siswa dapat melakukan pengamatan hubungan sisi pada jaring-jaring dengan bentuk awal tiga dimensi (Hidayah et al., 2022).

Selain itu, AR juga dapat memfasilitasi simulasi visual konsep volume pada bangun ruang, sehingga siswa dapat menganalisis bagaimana volume dapat terbentuk dari bagian-bagian kecil penyusunnya (Hidayah et al., 2022; Sudirman et al., 2022). Hasil penelitian lain menunjukkan bahwa media AR dapat dirancang untuk menampilkan proses penemuan rumus (Chonchaiya & Srithammee, 2025; Wulansari et al., 2025).

c. Interpret

Interpret merujuk pada aktivitas menafsirkan hasil matematika ke konteks nyata. Dalam kegiatan pembelajaran, aktivitas pembelajaran yang dilakukan meliputi: (1) mengevaluasi konsep hasil temuan, (2) menerapkan konsep yang diperoleh dalam permasalahan kontekstual, dan (3) menulis interpretasi dalam bentuk refleksi. Guru mengajak siswa membahas hasil eksplorasi dan mengaitkannya kembali dengan konsep dasar bangun ruang. Siswa diminta menjelaskan mengapa rumus yang diperoleh dapat berlaku untuk bentuk lainnya. Media AR memfasilitasi siswa untuk mencoba bentuk lain dan menjelaskan mengapa bangun yang berbeda bisa memunculkan rumus yang sama, misalnya adalah rumus volume. Ini sebagai bentuk interpretasi lintas konteks sekaligus memberikan pengalaman reflektif bagi siswa. Tidak hanya berpusat pada media AR, guru juga berperan menyediakan pengalaman belajar yang reflektif dan memberikan penjelasan secara mendalam.

Penggunaan media AR dalam pembelajaran membuat siswa antusias dan termotivasi untuk melakukan eksplorasi. Interaksi siswa dengan media AR dapat meningkatkan keterlibatan siswa dalam pembelajaran, motivasi, serta mengatasi kesulitan visualisasi (Lestari & Dafik, 2025; Mulbar et al., 2021). Namun, terdapat beberapa kendala dan tantangan dalam penggunaan media AR. Hal utama adalah terkait sumber daya: beberapa smartphone siswa tidak kompatibel, jaringan internet tidak stabil, dan aplikasi tidak berjalan baik pada beberapa smartphone. Tantangan ini juga muncul pada penelitian sebelumnya. Fauzi & Ridho'i (2025) menyatakan bahwa kompatibilitas perangkat dapat mempengaruhi akses pembelajaran bagi siswa. Tidak semua perangkat yang dimiliki siswa kompatibel, sehingga menyebabkan keterbatasan akses pada sumber belajar. Selain itu, beberapa aplikasi AR tidak berjalan di semua perangkat smartphone, muncul gangguan teknis, dan membutuhkan memori yang cukup besar (Cevikbas et al., 2023; Fauzi & Ridho'i, 2025). Selain kendala teknis, tantangan penggunaan media digital khususnya AR dalam aspek pedagogis juga perlu diperhatikan. Konstruk pengetahuan siswa melalui media AR menjadi agak terhambat, konstruk pemahaman terjadi karena bantuan LKPD dengan langkah yang lebih terstruktur, sedangkan pada media AR siswa hanya melihat dan mengeksplor tanpa memberi respon atau menulis. Dengan demikian, meskipun media AR sudah didesain untuk aktivitas mengkonstruksi pengetahuan atau konsep tetapi belum sepenuhnya berhasil karena siswa perlu memproses aktivitas tersebut, tidak hanya sekedar melihat bentuk visual dan eksplorasi saja. Sejalan dengan ini, penelitian Alzahrani (2020), Ibáñez-Espiga & Kloos (2018), dan Íslim et al. (2024) merefleksikan penggunaan media AR bahwa banyak aplikasi AR yang dominan untuk menampilkan visualisasi dan eksplorasi tanpa mendorong respon dan refleksi siswa, sehingga menyebabkan keterbatasan interaksi dan berdampak pada kurang optimalnya pemahaman. Penggunaan media AR juga dapat meningkatkan beban kognitif karena siswa melakukan pemrosesan informasi visual dan virtual secara bersamaan (Alzahrani, 2020; Cevikbas et al., 2023). Selain itu, penggunaan media AR yang tidak didukung dengan instruksional yang jelas dapat menjadikan siswa pasif, cenderung hanya menjadi penonton bukan mengkonstruksi pengetahuannya sendiri (Alzahrani, 2020; Ibáñez-Espiga & Kloos, 2018).

3.2. Proses Pembelajaran Berbantuan AR dalam Perspektif Pedagogi Digital

Dalam perspektif pedagogi digital, teknologi tidak lagi berfungsi sebagai alat bantu yang bersifat instrumental, tetapi sebagai media utama yang membentuk cara siswa berpikir dan berinteraksi dengan konsep matematika. Pedagogi digital dipandang sebagai pendekatan kritis yang mempertimbangkan dampak integrasi teknologi dalam pembelajaran terhadap proses pembelajaran itu sendiri, peran guru, serta siswa (Chernova et al., 2023). Media AR memungkinkan siswa membangun pengetahuan melalui eksplorasi dan diskusi kelompok, sementara guru berperan sebagai fasilitator yang mengatur ritme dan

arah eksplorasi. Pandangan Fawns (2022) menegaskan bahwa pedagogi digital bersifat saling terjalin antara teknologi, praktik pengajaran, dan konteks sosial sehingga ketiganya membentuk pengalaman belajar yang dinamis. Dalam pembelajaran ini, guru merancang pembelajaran yang mengintegrasikan media AR untuk membantu visualisasi dan membangun konsep yang utuh. Elemen utama dalam pedagogy digital yang diteliti ini merujuk pada Fawns (2022) berikut.

Tabel 2. Elemen Pedagogi Digital

Elemen	Makna dalam Pedagogi Digital
Purpose (tujuan)	Setiap praktik pembelajaran digital harus berangkat dari <i>tujuan pendidikan</i> , bukan dari teknologi itu sendiri. Guru dan siswa perlu memahami <i>mengapa</i> mereka menggunakan teknologi.
Context (konteks)	Penggunaan teknologi sangat tergantung pada situasi sosial, budaya, dan institusional. Misalnya, AR akan berbeda dampaknya di kelas dengan infrastruktur terbatas dibanding di laboratorium lengkap.
Values (nilai)	Nilai-nilai seperti keterbukaan, etika, kolaborasi, dan refleksi harus menjadi dasar praktik pembelajaran digital.
Methods (metode)	Strategi pedagogis, seperti eksplorasi, diskusi, atau pemecahan masalah, harus diadaptasi agar sesuai dengan teknologi yang digunakan.
Technology (teknologi)	Teknologi bukan sekadar alat, tetapi bagian yang membentuk makna belajar, bersifat relasional dan kontekstual, bukan netral.

Hasil observasi menunjukkan bahwa pembelajaran matematika berbantuan Augmented Reality (AR) berfokus pada pembangunan pemahaman konseptual melalui eksplorasi spasial. Siswa mengeksplorasi bentuk-bentuk 3D seperti prisma dan limas untuk memahami unsur, jaring-jaring, serta hubungan antarunsur bangun ruang. Aktivitas ini menumbuhkan kemampuan visualisasi dan representasi yang lebih mendalam terhadap konsep geometri, terutama dalam menemukan kembali rumus luas permukaan dan volume secara mandiri. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian yang menemukan bahwa penggunaan AR dapat meningkatkan kemampuan visual-spasial dan pemahaman konseptual siswa karena menghadirkan representasi konkret dari konsep abstrak (Lestari & Dafik, 2025; Putri et al., 2025; Rohendi & Wihardi, 2020). Dalam kerangka digital pedagogy menurut Beetham dan Sharpe (2019), desain pembelajaran digital yang menekankan eksplorasi dan interaktivitas semacam ini menunjukkan bahwa teknologi telah digunakan untuk memperkuat keterlibatan kognitif dan konstruksi makna belajar siswa.

Dari aspek konteks, pembelajaran menghadapi tantangan berupa ketidaksiapan sarana dan prasarana. Beberapa perangkat siswa mengalami kendala seperti spesifikasi rendah atau slow response ketika menjalankan aplikasi AR karena keterbatasan memori. Kondisi ini menunjukkan bahwa konteks teknologis dan infrastruktur memiliki pengaruh besar terhadap efektivitas pedagogi digital. Fawns (2022) menyatakan bahwa aspek konteks tidak dapat dipisahkan dari tujuan dan teknologi. Hal tersebut karena semuanya saling membentuk pengalaman belajar. Artinya, meskipun desain pembelajaran sudah baik, hambatan teknis dapat membatasi partisipasi siswa dan mengurangi potensi eksploratif AR. Temuan ini sejalan dengan penelitian Hapizah et al. (2025) yang menyatakan bahwa kesiapan infrastruktur digital menjadi faktor kunci dalam keberhasilan implementasi media berbasis teknologi interaktif. Selain itu, studi sistematis menemukan tantangan peneran AR dalam pembelajaran meliputi keterbatasan infrastruktur, biaya yang cukup tinggi, dan masalah teknis, serta operasional saat menjalankan perangkat yang berdampak pada efektivitas pembelajaran (Jiang et al., 2025; Perifanou et al., 2022).

Dari sisi nilai, proses pembelajaran menunjukkan munculnya kolaborasi dan antusiasme positif antara siswa dan guru. Siswa tampak aktif berdiskusi dan menunjukkan rasa ingin tahu tinggi terhadap penggunaan media AR. Nilai-nilai kolaboratif dan rasa ingin tahu ini menjadi ciri kuat dari pedagogi digital yang efektif. Sejalan dengan ini, penggunaan AR mendorong adanya kolaborasi dan kreativitas

sebagai wujud pedagogi digital yang efektif (Wen et al., 2023). Namun, hasil observasi juga menunjukkan bahwa refleksi siswa terhadap pengalaman belajar digital belum sepenuhnya berkembang; pembelajaran masih fokus pada capaian hasil, belum sampai pada refleksi bermakna tentang bagaimana teknologi membantu memahami konsep. Refleksi bermakna bagi siswa perlu ditingkatkan agar internalisasi konsep berjalan optimal (Zhang et al., 2025).

Strategi pedagogis yang diterapkan berupa eksplorasi dengan LKPD berbantuan AR, yang dirancang agar siswa dapat membangun pemahaman konseptual melalui aktivitas visual-interaktif. Eksplorasi pada media AR ini memungkinkan siswa belajar secara aktif dengan mengamati, mengukur, dan menemukan pola matematis. Sejalan dengan hal ini, proses eksploratif membantu siswa mendapatkan pemahaman konsep lebih mudah dalam proses abstraksi dari dunia nyata (Fauzi & Ridho'i, 2025; Lestari & Dafik, 2025). Namun, hasil observasi juga memperlihatkan bahwa keterbatasan perangkat dan jaringan menghambat kelancaran eksplorasi siswa. Keberhasilan metode berbasis AR sangat bergantung pada dukungan teknis yang stabil dan keterampilan digital guru dalam memfasilitasi pembelajaran (Cevikbas et al., 2023; Kaźmierczak et al., 2025).

Media AR terbukti efektif sebagai alat visualisasi konseptual, membantu siswa mengaitkan bentuk geometris 3D dengan struktur matematisnya. LKPD berbantuan AR memfasilitasi eksplorasi mandiri dan memungkinkan siswa memahami keterkaitan antara bentuk nyata dan abstraksi matematis. Namun, hambatan teknis seperti *device lag* dan keterbatasan memori menyebabkan aktivitas eksplorasi tidak sepenuhnya optimal. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya bahwa penggunaan media berbantuan AR dapat meningkatkan pemahaman konsep geometri dan kemampuan spasial (Gunawan et al., 2025; Ibili et al., 2019; Utama & Margunayasa, 2024). Keberhasilannya tidak hanya ditentukan oleh alat, tetapi oleh cara guru dan siswa menyesuaikan penggunaan teknologi dengan konteks yang ada.

3.3. Analisis Literasi Matematika Siswa

Analisis literasi matematika siswa dilakukan berdasarkan hasil tes pemecahan masalah yang diberikan kepada seluruh siswa setelah pembelajaran berbantuan AR. Analisis menggunakan tiga dimensi literasi matematika, yaitu *formulate*, *employ*, dan *interpret*. Untuk memperoleh deskripsi yang lebih mendalam, dipilih tiga subjek yang mewakili kategori kemampuan matematika tinggi, sedang, dan rendah. Pemilihan subjek dilakukan secara purposif dengan mempertimbangkan kualitas jawaban tes, kelengkapan langkah penyelesaian, pola aktivitas selama observasi, serta konfirmasi guru matematika. Data setiap subjek kemudian ditriangulasi dengan membandingkan jawaban tes, catatan observasi, hasil LKPD, dan wawancara singkat mengenai alasan siswa menggunakan strategi tertentu. Dengan cara ini, kategori siswa tidak hanya ditentukan berdasarkan hasil akhir, tetapi juga berdasarkan proses berpikir dan konsistensi data dari berbagai sumber.

a. Siswa dengan kemampuan matematika tinggi

Siswa dengan kemampuan matematika tinggi menunjukkan literasi matematika yang baik. Pada tahap *formulate*, siswa mengidentifikasi informasi dari soal dan membangun model matematika secara eksplisit, yaitu dengan melihat perbandingan antara luas dan liter cat. Siswa dapat menggunakan representasi simbolik dan rasio dengan benar. Pada tahap *employ*, siswa menerapkan konsep rasio, proporsi, dan konversi satuan dengan prosedur lengkap dengan hasil yang sesuai konteks. Pada *interpret*, siswa dapat menafsirkan hasil secara realistis dan menunjukkan kesesuaian dengan konteks, meskipun refleksi kualitatif belum tampak. Secara umum, siswa dengan kemampuan tinggi menunjukkan kemampuan literasi matematis reflektif dengan proses berpikir konseptual dan sistematis.

Saat mengecat dinding, perlu dipastikan jumlahnya pas agar hasilnya juga bagus. Dengan perhitungan kebutuhan cat yang tepat, tentu akan mendapatkan hasil yang baik dan memastikan budget yang dibutuhkan sesuai. Selain itu, untuk melakukan proses pengecatan perlu mempertimbangkan komposisi cat dan air agar mendapatkan hasil cat yang tercampur merata. Jumlah air yang untuk mencampur cat dinding kurang lebih sekitar 5 sampai 7 persen dari jumlah isi cat dinding. Untuk menentukan jumlah kebutuhan cat dinding yang sesuai, perlu diperhatikan beberapa hal berikut.

1. Menentukan luas permukaan yang akan dicat. Pastikan melakukan perhitungan yang tepat ukuran ruangan yang akan dicat dan memperhatikan pintu dan jendela tidak ikut dicat.
2. Mengetahui kebutuhan cat per meter persegi. 1 liter cat dapat dipakai pada luasan 10-12 m² untuk satu lapisan.
3. Jika cat dijual dalam satuan kilogram, maka perlu dilakukan konversi dari satuan liter ke kg. Setiap liter cat biasanya memiliki berat 1,5 Kg.

Penyataan	Jawaban
Berapa ml air yang dibutuhkan untuk mencampur 2 liter cat?	25 %
Berapa Kg Cat yang dibutuhkan untuk mengecat dinding berukuran 5 x 3 meter?	1,25 liter + 1,875 kg

Gambar 1. Hasil kerja siswa kemampuan matematika tinggi

b. Siswa dengan kemampuan matematika sedang

Siswa dengan kemampuan matematika sedang menunjukkan literasi matematika yang baik. Pada tahap formulate, siswa mampu mengidentifikasi informasi dari teks dan membangun model matematis sederhana (menghitung luas $5 \times 3 = 15 \text{ m}^2$ dan memperkirakan kebutuhan cat). Pada tahap employ, siswa menggunakan perhitungan proporsi dasar dan konversi satuan (1 liter = 1000 ml), namun belum sampai ke konversi kg. Langkah perhitungan masih bersifat langsung. Pada tahap interpret, siswa menyimpulkan bahwa 15 m^2 memerlukan $\pm 1\frac{1}{2}$ liter cat, sesuai konteks, tetapi belum merefleksikan ketepatan atau variasi data. Siswa dengan kemampuan sedang mampu mengaitkan konteks dengan konsep matematika dasar, tetapi refleksi terbatas.

Saat mengecat dinding, perlu dipastikan jumlahnya pas agar hasilnya juga bagus. Dengan perhitungan kebutuhan cat yang tepat, tentu akan mendapatkan hasil yang baik dan memastikan budget yang dibutuhkan sesuai. Selain itu, untuk melakukan proses pengecatan perlu mempertimbangkan komposisi cat dan air agar mendapatkan hasil cat yang tercampur merata. Jumlah air yang untuk mencampur cat dinding kurang lebih sekitar 5 sampai 7 persen dari jumlah isi cat dinding. Untuk menentukan jumlah kebutuhan cat dinding yang sesuai, perlu diperhatikan beberapa hal berikut.

1. Menentukan luas permukaan yang akan dicat. Pastikan melakukan perhitungan yang tepat ukuran ruangan yang akan dicat dan memperhatikan pintu dan jendela tidak ikut dicat.
2. Mengetahui kebutuhan cat per meter persegi. 1 liter cat dapat dipakai pada luasan 10-12 m² untuk satu lapisan.
3. Jika cat dijual dalam satuan kilogram, maka perlu dilakukan konversi dari satuan liter ke kg. Setiap liter cat biasanya memiliki berat 1,5 Kg.

Penyataan	Jawaban
Berapa ml air yang dibutuhkan untuk mencampur 2 liter cat?	100 ml
Berapa Kg Cat yang dibutuhkan untuk mengecat dinding berukuran 5 x 3 meter?	$5 \times 3 = 15 \text{ m}^2$ $1 \text{ liter} = 10 - 12 \text{ m}^2$ $\pm 1 \frac{1}{2} \text{ m}^2$

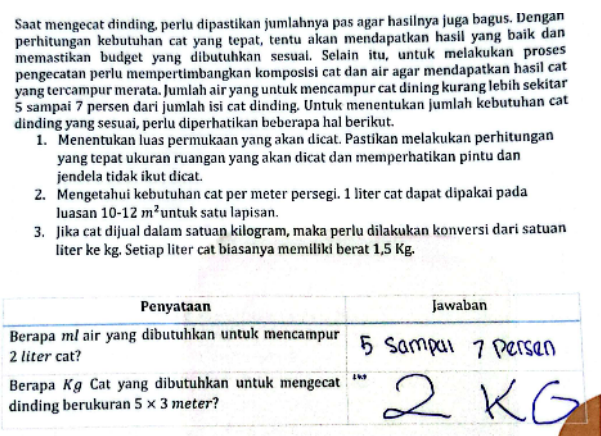
1 liter = 1000 ml
1 kg = 1000 g
1 liter = 1,5 kg

1 liter = 10 m²
15 m² = 1 1/2 liter

Gambar 2. Hasil kerja siswa kemampuan matematika sedang

c. Siswa dengan kemampuan matematika rendah

Siswa dengan kemampuan matematika rendah menunjukkan literasi matematika yang cukup baik. Pada tahap formulate, siswa menemukan data relevan ("5-7%") dari teks, tetapi belum memformulasikan dalam model matematis atau perhitungan kuantitatif. Pada tahap employ, siswa menuliskan hasil akhir tanpa menunjukkan langkah perhitungan (2 kg). Indikasi berpikir intuitif tanpa penerapan prosedur matematis yang jelas. Pada tahap interpret, hasil mendekati logis, namun tanpa verifikasi terhadap konteks atau alasan matematis. Siswa dengan kemampuan matematika rendah dapat memahami konteks, tetapi belum menunjukkan penerapan konsep dan refleksi.



Gambar 3. Hasil kerja siswa kemampuan matematika rendah

Tabel 3. Hasil Analisis Literasi Matematika Siswa

a	nulate (Memformulasikan Masalah ke Model Matematis)	loy (Menerapkan Konsep dan Prosedur Matematis)	pret (Menafsirkan dan Merefleksikan Hasil)
a (tinggi)	1 a dapat memformulasikan hubungan matematis dengan jelas melalui perbandingan dan representasi simbolik, menunjukkan kemampuan dalam membangun model proporsional yang tepat terhadap konteks masalah.	a menerapkan konsep rasio, proporsi, dan konversi satuan dengan prosedur lengkap dan hasil akurat, mencerminkan kemampuan berpikir konseptual serta pemahaman terhadap keterkaitan antarvariabel.	a menunjukkan kemampuan interpretatif yang baik, mampu mengaitkan hasil perhitungan dengan konteks dan memvalidasinya secara logis, meskipun belum menuliskan refleksi eksplisit terhadap ketepatan atau toleransi hasil.
a (sedang)	2 a mampu mengidentifikasi informasi relevan dari konteks dan membangun model matematis sederhana, namun formulasi yang dibuat masih bersifat langsung tanpa mempertimbangkan kemungkinan representasi lain.	a dapat menerapkan konsep proporsi dan konversi satuan dasar untuk menemukan hasil perhitungan, tetapi langkah-langkah yang digunakan masih bersifat prosedural dan belum menunjukkan penalaran yang mendalam.	a mampu menafsirkan hasil matematis secara kontekstual, tetapi belum menunjukkan kemampuan berpikir reflektif untuk memeriksa keakuratan atau kemungkinan variasi hasil berdasarkan data yang diberikan.
a (rendah)	3 a dapat menemukan informasi penting dari teks konteks, tetapi belum mampu mengubahnya ke dalam bentuk model matematis yang eksplisit atau menyusun hubungan kuantitatif yang tepat.	a menuliskan hasil akhir tanpa memperlihatkan proses perhitungan matematis yang logis, sehingga penerapan konsep masih bersifat intuitif dan belum sistematis.	a memahami makna umum dari konteks masalah, namun interpretasi yang dilakukan masih bersifat deskriptif dan belum menunjukkan refleksi terhadap ketepatan hasil atau hubungannya dengan konteks nyata.

Siswa dengan kemampuan matematika tinggi mampu memformulasikan model matematis secara eksplisit dan menafsirkan hasil secara kontekstual. Hal ini sejalan dengan penelitian terdahulu bahwa siswa dalam kategori tinggi mampu melakukan identifikasi informasi-informasi pada soal yang diberikan, mampu merumuskan masalah dalam bentuk model matematika, mengembangkan strategi pemecahan masalah yang sesuai, menyelesaikan masalah secara tepat, dan menafsirkan hasil dalam konteks nyata (Harahap & Andayani, 2024; Rosandi et al., 2025; Saputri et al., 2024). Dalam konteks pembelajaran berbantuan AR, kemampuan ini tercermin pada siswa yang tidak hanya menghitung dengan benar, tetapi juga memahami keterkaitan antara visualisasi digital dan representasi matematis. Siswa pada level

literasi tinggi menunjukkan fleksibilitas dalam berpikir matematis Siswa dengan kemampuan konseptual kuat menunjukkan kecenderungan berpikir reflektif, di mana mereka mampu memvalidasi hasil berdasarkan konteks dan menunjukkan pemahaman rasional terhadap data yang bervariasi Siswa kategori tinggi dapat melakukan formulasi model secara jelas, menginterpretasi kontekstual, dan melakukan refleksi dimana siswa kategori ini dapat melakukan proses pemecahan masalah secara mandiri dan eksploratif (Angraini et al., 2023; Hidajat, 2023).

Siswa dengan kemampuan sedang menunjukkan bahwa mereka telah mampu mengaitkan konteks masalah dengan konsep dasar matematika, namun masih terbatas pada penerapan prosedural. Sebagian besar siswa Indonesia berada pada level literasi matematika menengah, yaitu mampu menggunakan konsep matematika untuk situasi rutin tetapi belum konsisten dalam memeriksa variasi data atau menilai keakuratan hasil. Siswa pada level menengah cenderung berorientasi pada hasil, belum sampai pada pemahaman reflektif yang mendalam terhadap proses berpikirnya sendiri. Siswa kategori sedang masih memerlukan intervensi pedagogis berupa bimbingan guru dan scaffolding, sementara media AR dapat meningkatkan motivasi (Angraini et al., 2023; Hidajat, 2023; Pahmi et al., 2023).

Siswa dengan kemampuan matematika rendah menunjukkan kemampuan memahami konteks secara umum, tetapi belum mampu memformulasikan masalah dalam bentuk matematis eksplisit. Siswa dengan kemampuan literasi rendah sering kali berhenti pada tahap mengidentifikasi informasi tanpa melanjutkannya ke tahap representasi matematis atau penalaran formal. Mereka cenderung menggunakan intuisi dan memberikan jawaban langsung tanpa melalui proses berpikir matematis yang terstruktur. Siswa pada kategori ini memiliki pemahaman konteks umum dan ada kesulitan dalam formulasi matematis, sehingga dibutuhkan dukungan berupa scaffolding intensif dan intervensi dari guru (Hidajat, 2023; Otniel & Kurniadi, 2025; Pahmi et al., 2023). Rendahnya kemampuan formulate sering kali disebabkan oleh keterbatasan dalam mengenali relasi antarvariabel serta kurangnya latihan pada konteks masalah terbuka yang menuntut modelisasi. Dalam konteks pembelajaran berbantuan AR, temuan ini serupa dengan hasil Hapizah, Fitriyah, dan Mulyono (2025), yang menemukan bahwa meskipun AR mampu meningkatkan motivasi siswa berkemampuan rendah, mereka tetap membutuhkan bimbingan intensif untuk mengubah pengamatan visual menjadi model matematis yang bermakna.

4. Simpulan

Pembelajaran berbantuan AR membantu siswa memahami bangun ruang sisi datar melalui visualisasi 3D yang jelas. Pada tahap formulate, AR memudahkan siswa mengenali bentuk dan struktur bangun ruang; aktivitas yang paling menonjol ialah siswa memutar objek AR dan melihat jaring-jaring muncul secara otomatis. Pada tahap employ, AR mendukung siswa menghitung luas permukaan dan volume; aktivitas utama terjadi saat siswa membongkar bangun ruang menjadi jaring-jaring digital dan menggunakan ukurannya untuk melakukan perhitungan. Pada tahap interpret, AR membantu siswa menilai kewajaran hasil. Aktivitas kunci adalah membandingkan perhitungan mereka dengan tampilan AR dan konteks benda nyata.

Dilihat dari lima dimensi pedagogy digital, teknologi AR kuat dalam visualisasi, aktivitas belajar menjadi lebih eksploratif dan menarik, dan keterlibatan siswa meningkat. Namun, dalam kegiatan pembelajaran tetap memerlukan arahan guru agar konsep benar-benar dipahami. Siswa kategori tinggi dapat memanfaatkan AR untuk memodelkan, menghitung, dan menafsirkan hasil dengan baik. Siswa sedang mampu mengikuti langkah utama tetapi masih perlu bimbingan untuk menjelaskan makna hasil. Siswa rendah kesulitan membaca informasi dari AR dan menghubungkannya dengan konsep. Secara keseluruhan, AR efektif untuk visualisasi, representasi, dan eksplorasi, tetapi belum optimal mendukung konstruksi pengetahuan matematis tanpa dukungan pedagogis yang kuat.

Daftar Pustaka

Abidin, Z., Herman, T., Farojah, L., Febriandi, R., & Penehafo, A. E. (2022). Why Did Elementary Students Have Difficulty Working in Mathematical Literacy Questions? *ELEMENTARY: Islamic*

Teacher Journal. <https://doi.org/10.21043/elementary.v10i1.14006>

- Afni, N., & Hartono. (2020). Contextual teaching and learning (CTL) as a strategy to improve students mathematical literacy. *Journal of Physics: Conference Series*, 1581. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1581/1/012043>
- Aldalalah, O., Ababneh, Z., Bawaneh, A., & Alzubi, W. (2019). Effect of Augmented Reality and Simulation on the Achievement of Mathematics and Visual Thinking Among Students. *Int. J. Emerg. Technol. Learn.*, 14, 164–185. <https://doi.org/10.3991/ijet.v14i18.10748>
- Alhusna, A., Gistituati, N., & Ardi, H. (2025). INQUIRY LEARNING INNOVATION: EFFORTS TO DEVELOP INQUIRY-BASED TEACHING MATERIALS TO INCREASE MATHEMATICAL AND LANGUAGE LITERACY FOR MATHEMATICS STUDENTS AT UNIVERSITY. *Jurnal Ilmiah Ilmu Terapan Universitas Jambi*. <https://doi.org/10.22437/jiituj.v9i2.41592>
- Alzaharani, N. (2020). Augmented Reality: A Systematic Review of Its Benefits and Challenges in E-learning Contexts. *Applied Sciences*. <https://doi.org/10.3390/app10165660>
- Angraini, L. M., Yolanda, F., & Muhammad, I. (2023). Augmented Reality: The Improvement of Computational Thinking Based on Students' Initial Mathematical Ability. *International Journal of Instruction*, 16(3), 1033–1054. <https://doi.org/10.29333/iji.2023.16355a>
- Anwar, V. N., Darhim, D., Suhendra, S., & Nurlaelah, E. (2024). Exploring the Characteristics of Digital Pedagogy Model for Developing Computational Thinking in Mathematical Problem Solving. *JTAM (Jurnal Teori Dan Aplikasi Matematika)*. <https://doi.org/10.31764/jtam.v8i1.17419>
- Cevikbas, M., Bulut, N., & Kaiser, G. (2023). Exploring the Benefits and Drawbacks of AR and VR Technologies for Learners of Mathematics: Recent Developments. *Syst.*, 11, 244. <https://doi.org/10.3390/systems11050244>
- Chatib, R., Fauzan, A., Arnawa, I., & Lufri, L. (2020). Designing Mathematics Learning Models Based on Realistic Mathematics Education and Literacy. *Journal of Physics: Conference Series*, 1471. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1471/1/012055>
- Chernova, T., Nemesh, V., & Togachynska, O. (2023). Digital approach in pedagogy and psychology of the future: trends, globalization challenges. *Futurity Education*. <https://doi.org/10.57125/fed.2023.06.25.09>
- Chonchaiya, R., & Srithammee, N. (2025). Augmented Reality as a Tool for Enhancing Geometry Learning and Improving Mathematical Understanding. *ECTI Transactions on Computer and Information Technology (ECTI-CIT)*. <https://doi.org/10.37936/ecti-cit.2025192.260291>
- Dhakal, B. P. (2023). Digital Pedagogy for Self-Paced Learning in Mathematics Education. *Journal of Mathematics Education*. <https://doi.org/10.3126/jme.v5i1.60846>
- Dirgantoro, K. P. S., Kusumah, Y., Jupri, A., & Melissa, M. (2025). Mathematical Literacy of Prospective Teachers: A Systematic Review of Factors, Readiness, and Teacher Education Preparation. *Jurnal Pendidikan MIPA*. <https://doi.org/10.23960/jpmipa.v26i3.pp1355-1376>
- Elsayed, S., & Al-Najrani, H. I. (2021). Effectiveness of the Augmented Reality on Improving the Visual Thinking in Mathematics and Academic Motivation for Middle School Students. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*. <https://doi.org/10.29333/ejmste/11069>
- Fauzi, M., & Ridho'i, M. (2025). Development of Mathematics Learning Media Based on Augmented Reality and Unity 3D. *Aksioma Education Journal*. <https://doi.org/10.62872/t6pw7q34>
- Fawns, T. (2022). An entangled pedagogy: Looking beyond the pedagogy–technology dichotomy. *Postdigital Science and Education*, 4(2), 293–307.
- Fernández-Enríquez, R., & Delgado-Martín, L. (2020). Augmented Reality as a Didactic Resource for Teaching Mathematics. *Applied Sciences*. <https://doi.org/10.3390/app10072560>
- Firdaus, F. M., Wahyudin, & Herman, T. (2017). Improving Primary Students' Mathematical Literacy

- through Problem Based Learning and Direct Instruction. *Educational Research Review*, 12, 212–219. <https://doi.org/10.5897/err2016.3072>
- Gunawan, M. S., Nofriati, N. F., & Husnah, U. (2025). Development of the “GeoQuest AR” Educational Game Based on Augmented Reality to Enhance Geometry Concept Understanding in Junior High School Students. *JDIME: Journal of Development and Innovation in Mathematics Education*. <https://doi.org/10.32939/jdime.v3i1.4287>
- Hapizah, H., Fitriayah, M. A., & Mulyono, B. (2025). Interactive e-Module on Exponential Material to Support Computational Thinking. *International Journal of Information and Education Technology*, 15(6), 1226–1234. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2025.15.6.2326>
- Haqq, A. A., Handoko, H., & Farizi, R. Al. (2025). Developing Pedagogically Aligned AR Media for Teaching Polyhedra in Junior Secondary Education. *ITEJ (Information Technology Engineering Journals)*. <https://doi.org/10.24235/itej.v10i1.260>
- Harahap, L. E. S., & Andayani, S. (2024). Analysis of High School Students’ Mathematical Literacy Skills in Solving Contextual Problems on SPtDV Material. *International Journal of Multicultural and Multireligious Understanding*. <https://doi.org/10.18415/ijmmu.v11i10.6147>
- Hidajat, F. A. (2023). Augmented reality applications for mathematical creativity: a systematic review. *Journal of Computers in Education*, 1–50. <https://doi.org/10.1007/s40692-023-00287-7>
- Hidayah, K. N., Siagian, A., Richardo, R., & Riyanto, S. (2022). Utilizing AR for 3D Geometry Object Visualization. *2022 5th International Conference on Networking, Information Systems and Security: Envisage Intelligent Systems in 5g/6G-Based Interconnected Digital Worlds (NISS)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/niss55057.2022.10085172>
- Holenstein, M., Bruckmaier, G., & Grob, A. (2020). Transfer effects of mathematical literacy: an integrative longitudinal study. *European Journal of Psychology of Education*, 36, 799–825. <https://doi.org/10.1007/s10212-020-00491-4>
- Ibáñez-Espiga, M., & Kloos, C. (2018). Augmented reality for STEM learning: A systematic review. *Comput. Educ.*, 123, 109–123. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.002>
- Ibili, E., Çat, M., Resnyansky, D., Sahin, S., & Billinghamurst, M. (2019). An assessment of geometry teaching supported with augmented reality teaching materials to enhance students’ 3D geometry thinking skills. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 51, 224–246. <https://doi.org/10.1080/0020739x.2019.1583382>
- İslim, Ö. F., Namlı, Ş., Sevim, N., Özçakır, B., & Lavicza, Z. (2024). Augmented Reality in Mathematics Education: A Systematic Review. *Participatory Educational Research*. <https://doi.org/10.17275/per.24.52.11.4>
- Jiang, H., Zhu, D., Chugh, R., Turnbull, D., & Jin, W. (2025). Virtual reality and augmented reality-supported K-12 STEM learning: trends, advantages and challenges. *Educ. Inf. Technol.*, 30, 12827–12863. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-13210-z>
- Junianto, & Wijaya, A. (2019). Developing Students’ Mathematical Literacy through Problem Based Learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 1320. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1320/1/012035>
- Kaźmierczak, R., Grunwald, G., Skowroński, R., Kaźmierczak, L., & Kowalczyk, C. (2025). Augmented reality tools for mathematics and geoscience education. *Scientific Reports*, 15. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-02090-z>
- Lawang, E. N., & Andayani, S. (2025). Interactive matrix website: Facilitating discovery learning to improve students’ mathematical literacy skills. *Jurnal Math Educator Nusantara: Wahana Publikasi Karya Tulis Ilmiah Di Bidang Pendidikan Matematika*. <https://doi.org/10.29407/jmen.v11i1.25194>
- Lestari, W., & Dafik, D. (2025). Development of Interactive Learning Media Based on Augmented Reality for Solid Geometry Concepts. *JDIME: Journal of Development and Innovation in*

- Mathematics Education*. <https://doi.org/10.32939/jdime.v3i1.5060>
- Lubis, A., Simamora, M. I. S., Yusnika, Y., & Yani, E. (2024). STUDI LITERATUR STRATEGI PEMBELAJARAN BERDASARKAN LITERASI MATEMATIKA. *Pedagogi: Jurnal Ilmiah Pendidikan*. <https://doi.org/10.47662/pedagogi.v10i2.746>
- Majid, A. F., Mubarak, A., Aulia, A., Yulianti, R., & Saleh, K. I. (2025). Development of Interactive Learning Videos to Improve Students' Mathematical Literacy Skills. *EduMatSains : Jurnal Pendidikan, Matematika Dan Sains*. <https://doi.org/10.33541/edumatsains.v9i2.5924>
- Maralova, B. (2024). Development and Cultivation of Mathematical Literacy: A Pedagogical Perspective. *Eurasian Science Review An International Peer-Reviewed Multidisciplinary Journal*. <https://doi.org/10.63034/esr-55>
- Maslihah, S., Waluya, S., Rochmad, & Suyitno, A. (2020). The Role Of Mathematical Literacy To Improve High Order Thinking Skills. *Journal of Physics: Conference Series*, 1539. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1539/1/012085>
- Muhaimin, L. H., Sholikhakh, R. A., Yulianti, S., Ardani, A., Hendriyanto, A., & Sahara, S. (2024). Unlocking the secrets of students' mathematical literacy to solve mathematical problems: A systematic literature review. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*. <https://doi.org/10.29333/ejmste/14404>
- Mulbar, U., Alimuddin, Rahmadani, & Adhar. (2021). Using Augmented Reality Media in Three-Dimensional Geometric Shape Material. *Journal of Physics: Conference Series*, 1899. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1899/1/012160>
- Nurmasari, L., Budiyono, Nurkamto, J., & Ramli, M. (2023). Realistic Mathematics Engineering for improving elementary school students' mathematical literacy. *Journal on Mathematics Education*. <https://doi.org/10.22342/jme.v15i1.pp1-26>
- OECD. (2019). *PISA 2018 Results (Volume I): What Students Know and Can Do: Vol. I*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/5f07c754-en>
- OECD. (2021). *Creative thinking in PISA 2021*. OECD Publishing.
- Otniel, O., & Kurniadi, E. (2025). STUDENTS' MATHEMATICAL REPRESENTATION ABILITY IN LEARNING OF MATHEMATICAL MODELING USING ANDROID-BASED LEARNING MEDIA. *Jurnal Pendidikan Matematika (JUPITEK)*. <https://doi.org/10.30598/jupitekvol7iss2pp123-133>
- Pahmi, S., Hendriyanto, A., Sahara, S., Muhaimin, L. H., Kuncoro, K. S., & Usodo, B. (2023). Assessing the Influence of Augmented Reality in Mathematics Education: A Systematic Literature Review. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*. <https://doi.org/10.26803/ijlter.22.5.1>
- Peni, N. R. N., Pratiwi, S. A., & Prabowo, A. (2024). Number talks: Comparative insight into undergraduate and graduate student literacy. *Journal of Honai Math*. <https://doi.org/10.30862/jhm.v7i3.614>
- Perifanou, M., Economides, A., & Nikou, S. (2022). Teachers' Views on Integrating Augmented Reality in Education: Needs, Opportunities, Challenges and Recommendations. *Future Internet*, 15, 20. <https://doi.org/10.3390/fi15010020>
- Pradana, L., Sholikhah, O., Maharani, S., & Kholid, M. (2020). Virtual Mathematics Kits (VMK): Connecting Digital Media to Mathematical Literacy. *Int. J. Emerg. Technol. Learn.*, 15, 234–241. <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i03.11674>
- Pujiastuti, H., & Haryadi, R. (2022). Enhancing Mathematical Literacy Ability through Guided Inquiry Learning with Augmented Reality. *Journal of Education and E-Learning Research*. <https://doi.org/10.20448/jeelr.v10i1.4338>
- Putri, A. A., H, N., & Taris, L. (2025). Development an Augmented Reality-Based Mathematics

- Application to Improve Junior High School Students' Comprehension of Mathematical Concepts. *Teknodika*. <https://doi.org/10.20961/teknodika.v23i1.97035>
- Rambe, L. H., Malau, L., Manurung, M. E. R., Lubis, N. A., & Denti, W. K. (2023). Literasi Matematika sebagai Kompetensi Utama di Abad 21 dan Implikasinya pada Pendidikan di Sekolah Dasar. *Jurnal Pendidikan Guru Sekolah Dasar*. <https://doi.org/10.47134/pgsd.v1i1.109>
- Risdiyanti, I., Zulkardi, Ilma, R., Putri, I., Charitas, R., & Prahmana, I. (2024). Mathematical literacy learning environment for inclusive education teachers: A framework. *Journal on Mathematics Education*. <https://doi.org/10.22342/jme.v15i3.pp1003-1026>
- Rohendi, D., Ramadhan, M. O., Rahim, S. S. A., & Zulnaidi, H. (2025). Enhancing student's interactivity and responses in learning geometry by using augmented reality. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*. <https://doi.org/10.29333/ejmste/15796>
- Rohendi, D., & Wihardi, Y. (2020). Learning Three-Dimensional Shapes in Geometry Using Mobile-Based Augmented Reality. *Int. J. Interact. Mob. Technol.*, 14, 48–60. <https://doi.org/10.3991/ijim.v14i09.13035>
- Rohmah, A. N., Utama, S., Hidayati, Y. M., Fauziati, E., & Rahmawati, L. E. (2022). Planning for Cultivation Numerical Literacy in Mathematics Learning for Minimum Competency Assessment (AKM) in Elementary Schools. *Mimbar Sekolah Dasar*. <https://doi.org/10.53400/mimbar-sd.v9i3.51774>
- Rojas, E., & Benakli, N. (2020). *Mathematical Literacy and Critical Thinking*. 197–226. https://doi.org/10.1007/978-3-030-39804-0_8
- Rosandi, O. O., Saputro, M., & Abdillah, A. (2025). Analisis Kemampuan Literasi Matematis Siswa pada Materi Operasi Aljabar di SMP Negeri 19 Pontianak. *Indo-MathEdu Intellectuals Journal*. <https://doi.org/10.54373/imeij.v6i4.3681>
- Samantray, A., Behera, R. R., & Acharya, A. K. (2024). Effectiveness of ICT-integrated pedagogy on pre-service teachers' teaching competence in mathematics. *Frontiers in Education*. <https://doi.org/10.3389/educ.2024.1401188>
- Saputri, R. D., Syutaridho, S., & Efriani, A. (2024). Students' mathematical literacy in number pattern material seen from initial mathematical abilities. *Alifmatika: Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Matematika*. <https://doi.org/10.35316/alifmatika.2024.v6i2.158-175>
- Schutera, S., Schnierle, M., Wu, M., Pertzel, T., Seybold, J., Bauer, P., Teutscher, D., Raedle, M., Heß-Mohr, N., Röck, S., & Krause, M. (2021). On the Potential of Augmented Reality for Mathematics Teaching with the Application cleARmaths. *Education Sciences*. <https://doi.org/10.3390/educsci11080368>
- Serin, H. (2023). The Significance of Mathematical Literacy in Today's Society. *International Journal of Social Sciences & Educational Studies*. <https://doi.org/10.23918/ijsses.v10i2p396>
- Setiawan, B., Muharani, I. N., Arifin, M., Ardianto, D., Guru, J. P., & Dasar, S. (2024). PROBLEMATIC NUMERICAL LITERACY IN ELEMENTARY SCHOOLS: SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW. *INVENTA*. <https://doi.org/10.36456/inventa.8.1.a8724>
- Stacey, K., & Turner, R. (2015). *Assessing Mathematical Literacy: The PISA Experience*. Springer.
- Steen, L., Turner, R., & Burkhardt, H. (2007). *Developing Mathematical Literacy*. 10, 285–294. https://doi.org/10.1007/978-0-387-29822-1_30
- Sudirman, Kusumah, Y., & Martadiputra, B. A. P. (2022). Investigating the Potential of Integrating Augmented Reality into the 6E Instructional 3D Geometry Model in Fostering Students' 3D Geometric Thinking Processes. *Int. J. Interact. Mob. Technol.*, 16, 61–80. <https://doi.org/10.3991/ijim.v16i06.27819>
- Umbara, U., & Suryadi, D. (2019). Re-Interpretation of Mathematical Literacy Based on the Teacher's Perspective. *International Journal of Instruction*. <https://doi.org/10.29333/iji.2019.12450a>

- Utama, K. G. S., & Margunayasa, I. (2024). Augmented Reality Based Student Worksheets to Improve Understanding of 3D-Shapes Concepts for Fifth Grade of Elementary Schools. *Thinking Skills and Creativity Journal*. <https://doi.org/10.23887/tscj.v7i1.76998>
- Vanderburg, R. (2024). Enhancing Mathematical Proficiency through Digitally Individualized Pedagogy. *Pacific Journal of Technology Enhanced Learning*. <https://doi.org/10.24135/pjtel.v6i1.200>
- Wen, Y., Wu, L., He, S., Ng, N. H.-E., Teo, B.-C., Looi, C., & Cai, Y. (2023). Integrating augmented reality into inquiry-based learning approach in primary science classrooms. *Educational Technology Research and Development*, 1–21. <https://doi.org/10.1007/s11423-023-10235-y>
- Widada, W., Nugroho, K., Masri, M., Anggoro, A., Herawaty, D., Jumri, R., & Anggoro, S. D. T. (2025). Enhancing PISA-like mathematical literacy through deep learning assisted by mathos ai for junior high school students. *Jurnal Math Educator Nusantara: Wahana Publikasi Karya Tulis Ilmiah Di Bidang Pendidikan Matematika*. <https://doi.org/10.29407/jmen.v11i1.25109>
- Wulansari, O. D. E., Zaini, T. M., Bachry, B., & Nursiyanto, N. (2025). Augmented Reality for 3D Geometric Shapes and Nets Combination for Android. *International Journal of Electronics and Communications Systems*. <https://doi.org/10.24042/ijecs.v5i1.27574>
- Zandri, S. W., Arnelis, Suherman, Harisman, Y., & Yerizon. (2025). Innovative Digital Pedagogies in Mathematics and Science Learning. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v11i5.11390>
- Zhang, N., Yan, Y., & Suzuki, R. (2025). From Following to Understanding: Investigating the Role of Reflective Prompts in AR-Guided Tasks to Promote User Understanding. *Proceedings of the 2025 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. <https://doi.org/10.1145/3706598.3713293>