



PENGEMBANGAN BAHAN AJAR AUGMENTED REALITY SCAN-TO-LEARN PADA MATERI PERSAMAAN DAN PETIDAKSAMAAN LINEAR

DEVELOPMENT OF AUGMENTED REALITY SCAN-TO-LEARN TEACHING MATERIALS ON LINEAR EQUATIONS AND INEQUALITIES

Samuel Igo Leton

Pendidikan Matematika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Katolik Widya Mandira

Email: letonsamuel@unwira.ac.id

Abstrak: Latar belakang penelitian ini adalah masih dominannya pembelajaran prosedural pada materi aljabar awal serta keterbatasan bahan ajar dalam memfasilitasi pemahaman konseptual dan visualisasi proses matematis yang bersifat dinamis. Penelitian menggunakan pendekatan *Research and Development* (R&D) dengan model pengembangan Hannafin dan Peck yang meliputi tahap *needs assessment*, *design*, serta *development and implementation*. Subjek uji coba terdiri atas 25 siswa SMP. Data dikumpulkan melalui lembar validasi ahli, observasi keterlaksanaan pembelajaran, angket respons siswa, tes hasil belajar, dan observasi aktivitas siswa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bahan ajar yang dikembangkan memenuhi kriteria valid, praktis, dan efektif. Validitas berada pada kategori sangat baik berdasarkan penilaian ahli. Kepraktisan ditunjukkan oleh keterlaksanaan pembelajaran yang optimal dan respons siswa dengan rerata skor 3,22 (kategori praktis). Keefektifan tercermin dari ketuntasan belajar sebesar 100% dengan nilai rata-rata 88,4 serta aktivitas belajar siswa yang aktif. Temuan ini menunjukkan bahwa integrasi bahan ajar cetak dengan dukungan digital yang fleksibel dan terkontrol dapat meningkatkan pemahaman konseptual siswa pada materi PLSV-PtLSV

Kata Kunci: AR *scan-to-learn*, bahan ajar berbasis etnomatematika, persamaan dan pertidaksamaan linear, pengembangan pembelajaran

Abstract: This study aims to develop Scan-to-Learn based teaching materials for Linear Equations and Inequalities in One Variable (LEIOV) integrated with Augmented Reality (AR) support and ethnomathematical contexts. The study is motivated by the predominance of procedural instruction in early algebra learning and the limited availability of teaching materials that facilitate conceptual understanding and dynamic visualization of mathematical processes. The research employed a Research and Development (R&D) approach using the Hannafin and Peck development model, which consists of three phases: needs assessment, design, and development and implementation. The trial participants consisted of 25 junior high school students. Data were collected through expert validation sheets, classroom implementation observation forms, student response questionnaires, learning achievement tests, and student activity observations. The findings indicate that the developed teaching materials meet the criteria of validity, practicality, and effectiveness. The validity was categorized as very good based on expert evaluation. Practicality was demonstrated by optimal implementation of learning activities and positive student responses, with an average score of 3.22 (practical category). Effectiveness was reflected in a 100% mastery level with an average score of 88.4, as well as active student engagement during learning activities. These findings suggest that integrating printed teaching materials with flexible and controlled digital support can enhance students' conceptual understanding of LEIOV.

Keywords: scan-to-learn AR, ethnomathematics-based materials; linear equations and inequalities; instructional development

Cara Sitasi: Leton, S. I. (2026). Pengembangan Bahan Ajar Augmented Reality Scan To Learn Pada Materi Persamaan Dan Petidaksamaan Linear. *Asimtot: Jurnal Kependidikan Matematika*, “7”(“1”), “73-94”



Pembelajaran matematika pada jenjang SMP, khususnya pada materi Persamaan dan Pertidaksamaan Linear Satu Variabel (PLSV-PtLSV), memiliki peran penting dalam membangun fondasi berpikir aljabar siswa. Materi ini menuntut kemampuan siswa dalam memahami konsep variabel, relasi antarbesaran, serta makna solusi secara simbolik dan kontekstual. Namun, berbagai penelitian menunjukkan bahwa siswa masih mengalami kesulitan dalam memodelkan masalah kontekstual ke dalam bentuk aljabar, memahami makna prosedur penyelesaian, serta menafsirkan solusi pertidaksamaan sebagai rentang nilai, bukan sekadar satu jawaban numerik (Dwiguningtyas et al., 2025; Lina Suspita Febriana, 2019; Ling et al., 2016; Makonye & Shingirayi, 2014; Safitri et al., 2021; Sugiarti & Retnawati, 2019). Kondisi ini menunjukkan bahwa kesulitan siswa tidak hanya bersumber dari kemampuan prosedural, tetapi juga dari keterbatasan bahan ajar dalam memfasilitasi pemahaman makna konsep aljabar secara utuh.

Dari perspektif perkembangan kognitif, pembelajaran aljabar awal merupakan fase transisi penting dari berpikir aritmetika menuju berpikir simbolik dan relasional dalam konteks persamaan dan pertidaksamaan linear satu variabel. Pada fase ini, siswa tidak hanya dituntut untuk melakukan operasi hitung, tetapi juga memahami hubungan antarvariabel dan makna kesetaraan dalam persamaan serta batasan dalam pertidaksamaan. Penelitian menunjukkan bahwa kegagalan siswa dalam membangun pemahaman relasional pada tahap ini dapat berdampak jangka panjang terhadap kemampuan berpikir aljabar lanjutan (Vlassis & Demonty, 2022). Oleh karena itu, bahan ajar yang digunakan pada tahap ini perlu dirancang

secara khusus untuk mendukung proses transisi kognitif tersebut.

Selain aspek kognitif, kemandirian belajar siswa juga menjadi faktor penting dalam keberhasilan pembelajaran matematika. Beberapa studi menunjukkan bahwa siswa SMP masih sangat bergantung pada penjelasan guru dan kurang terbiasa memverifikasi pemahaman mereka secara mandiri melalui sumber belajar yang tersedia (Karlen et al., 2025; Rosenthal et al., 2024; Setiawan et al., 2021). Kondisi ini menunjukkan bahwa bahan ajar tidak hanya berfungsi sebagai sumber informasi, tetapi juga sebagai perangkat *scaffolding* yang menyediakan dukungan belajar tambahan ketika siswa mengalami kesulitan. Oleh karena itu, desain bahan ajar perlu mempertimbangkan fleksibilitas akses agar siswa dapat membangun pemahaman secara mandiri dan bertahap sesuai dengan karakteristik belajarnya.

Salah satu faktor yang memengaruhi kondisi tersebut adalah karakteristik bahan ajar yang digunakan dalam pembelajaran. Bahan ajar matematika di sekolah umumnya masih didominasi oleh penyajian teks dan simbol statis, sehingga kurang mampu merepresentasikan proses berpikir aljabar yang bersifat dinamis. Padahal, pemahaman konsep matematika menuntut kemampuan siswa untuk mengoordinasikan berbagai representasi, seperti representasi verbal, simbolik, dan visual secara simultan (Nagashima et al., 2021; Nirawati et al., 2020; Ross & Willson, 2012; Ruamba et al., 2025). Keterbatasan bahan ajar dalam memfasilitasi keterpaduan representasi ini menyebabkan siswa kesulitan membangun pemahaman relasional dan cenderung menghafal langkah penyelesaian tanpa memahami makna konsep yang mendasarinya.



Perkembangan teknologi digital membuka peluang untuk memperkaya bahan ajar matematika melalui integrasi media pembelajaran berbasis teknologi. Namun, sejumlah penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran sering kali bersifat dominan dan menggantikan peran bahan ajar cetak, sehingga tidak selalu sesuai dengan kondisi kesiapan siswa dan konteks sekolah (Lajoie, 2014; Mayer, 2014). Teori pembelajaran multimedia menegaskan bahwa teknologi akan efektif apabila digunakan sebagai pendukung yang memperkuat pemahaman konsep, bukan sebagai pusat pembelajaran (Cavanagh & Kiersch, 2023; Mayer, 2014; Leton et al., 2025). Oleh karena itu, diperlukan pendekatan integrasi teknologi yang fleksibel, terkontrol, dan berorientasi pada kebutuhan belajar siswa.

Dalam konteks desain pembelajaran, integrasi media digital yang efektif tidak ditentukan oleh kecanggihan teknologi, melainkan oleh kesesuaiannya dengan tujuan pembelajaran dan kebutuhan siswa. Prinsip *technology enhanced learning* menekankan bahwa media digital seharusnya berfungsi sebagai alat bantu kognitif yang memperkuat proses berpikir, bukan sekadar sebagai media presentasi (Laurillard et al., 2009; Palamarchuk et al., 2025). Oleh karena itu, pendekatan *scan to learn* dalam penelitian ini diposisikan sebagai sarana pendukung yang memungkinkan siswa mengakses visualisasi dan penjelasan lanjutan secara selektif, tanpa menggeser peran utama bahan ajar cetak dan interaksi pedagogis di kelas.

Selain aspek teknologi, konteks budaya lokal sebagai sumber belajar matematika juga

belum dimanfaatkan secara optimal dalam bahan ajar. Pendekatan etnomatematika menekankan bahwa konsep matematika tumbuh dan berkembang dalam praktik budaya masyarakat, sehingga pembelajaran akan lebih bermakna apabila dikaitkan dengan pengalaman sosial dan budaya siswa (Harding, 2022; Rosa, 2020). Meskipun demikian, integrasi etnomatematika dalam bahan ajar sering kali masih bersifat ilustratif dan belum terstruktur secara sistematis dalam alur pembelajaran dan pengembangan bahan ajar (Sirate, 2012; Sunzuma & Maharaj, 2019).

Berdasarkan uraian tersebut, terdapat kesenjangan penelitian dalam pengembangan bahan ajar matematika, khususnya pada materi PLSV-PtLSV, yaitu masih terbatasnya bahan ajar yang secara simultan: (1) menargetkan kesulitan konseptual aljabar siswa, (2) mengintegrasikan konteks etnomatematika secara sistematis dalam struktur materi, dan (3) memanfaatkan dukungan teknologi digital secara fleksibel dan tidak dominan. Menanggapi kesenjangan tersebut, penelitian ini menawarkan kebaruan berupa pengembangan bahan ajar PLSV-PtLSV *scan to learn*, yaitu integrasi bahan ajar cetak dengan dukungan media digital melalui *QR code* yang memungkinkan siswa mengakses penjelasan lanjutan dan visualisasi konsep secara *on demand* sesuai kebutuhan belajar mereka. Pendekatan ini dipadukan dengan konteks etnomatematika dan dikembangkan menggunakan model Hannafin dan Peck yang berorientasi pada analisis kebutuhan, desain pembelajaran, serta evaluasi dan revisi berkelanjutan (Hannafin & Peck, 1988).



Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan menguji bahan ajar Persamaan dan Pertidaksamaan Linear Satu Variabel berbasis *scan to learn* yang memenuhi kriteria valid, praktis, dan efektif. Secara praktis, penelitian ini diharapkan memberikan alternatif bahan ajar yang kontekstual dan mudah digunakan oleh guru, sementara secara teoretis penelitian ini diharapkan dapat memperkaya kajian pengembangan bahan ajar matematika yang mengintegrasikan konteks budaya dan dukungan teknologi secara seimbang. Metode Penelitian

Metode Penelitian

Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian Research and Development (R&D) dengan mengacu pada model pengembangan Hannafin dan Peck, yang meliputi tiga tahap utama, yaitu *needs assessment*, *design*, serta *development and implementation* (Hannafin & Peck, 1988). Model ini dipilih karena menekankan analisis kebutuhan pembelajaran, perancangan solusi pembelajaran, serta evaluasi dan revisi berkelanjutan yang berorientasi pada pengguna dan konteks pembelajaran.

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada semester ganjil tahun ajaran berjalan di Sekolah Menengah Pertama Katolik Adisucipto Penfui. Tahap *needs assessment* dilakukan pada awal semester melalui observasi dan wawancara, tahap *design* dilakukan setelah analisis kebutuhan selesai, sedangkan tahap

development and implementation dilaksanakan pada saat uji coba bahan ajar di kelas

Target/Subjek Penelitian/Populasi dan Sampel

Subjek penelitian adalah siswa SMP yang mempelajari materi Persamaan dan Pertidaksamaan Linear Satu Variabel (PLSV-PtLSV). Sampel penelitian terdiri dari satu kelas dengan jumlah 25 siswa yang terlibat dalam uji coba terbatas.

Prosedur

Prosedur penelitian ini mengikuti tiga tahapan dalam model pengembangan Hannafin dan Peck, yaitu *needs assessment*, *design*, serta *development and implementation*. Tahap *needs assessment* dilakukan untuk menganalisis kesulitan belajar siswa pada materi Persamaan dan Pertidaksamaan Linear Satu Variabel (PLSV) kesiapan siswa dalam memanfaatkan media digital, serta kebutuhan visualisasi konsep aljabar. Analisis kebutuhan ini sejalan dengan pandangan bahwa pembelajaran aljabar awal memerlukan dukungan representasi untuk menjembatani transisi dari pemahaman konkret ke simbolik (Hwang et al., 2025; Ketterlin-Geller et al., 2019). Tahap *design* difokuskan pada perancangan bahan ajar berbasis etnomatematika (Richardo et al., 2023; Sutarto et al., 2022), integrasi *QR scan to learn* (Kamath et al., 2024; Richardo et al., 2023), serta penyusunan storyboard Augmented Reality (Kamath et al., 2024; Richardo et al., 2023) sebagai rancangan visualisasi konsep secara terkontrol, yang selaras dengan prinsip pembelajaran kontekstual dan etnomatematika (Andang et al., 2025; Sutarto et al., 2022). Tahap



development and implementation meliputi pengembangan bahan ajar, validasi ahli, revisi produk, serta uji coba bahan ajar kepada siswa untuk memperoleh data kepraktisan dan keefektifan (Hannafin & Peck, 1988).

Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

Data penelitian dikumpulkan menggunakan beberapa instrumen, yaitu lembar validasi ahli, lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran, angket respons siswa, tes hasil belajar, dan lembar observasi aktivitas siswa. Lembar validasi digunakan untuk menilai aspek isi, penyajian, kebahasaan, dan tampilan media. Observasi keterlaksanaan pembelajaran bertujuan untuk melihat kesesuaian implementasi bahan ajar dengan rancangan pembelajaran, sedangkan angket respons siswa digunakan untuk mengetahui persepsi siswa terhadap kemudahan, kemenarikan, dan kebermanfaatan bahan ajar. Tes hasil belajar diberikan untuk mengukur pencapaian kompetensi siswa setelah menggunakan bahan ajar, dan lembar observasi aktivitas siswa digunakan untuk menilai tingkat keterlibatan siswa selama proses pembelajaran. Penggunaan instrumen yang beragam bertujuan untuk memperoleh gambaran yang komprehensif mengenai kualitas produk yang dikembangkan, sebagaimana direkomendasikan dalam penelitian pengembangan pendidikan (Heath et al., 2010).

Analisis data dilakukan secara kuantitatif dan deskriptif. Kriteria kevalidan bahan ajar ditentukan berdasarkan hasil penilaian ahli materi dan ahli media

menggunakan skala Likert 1-4. Data dianalisis dengan menghitung rerata skor setiap aspek, kemudian diklasifikasikan ke dalam kategori: 1,00-1,75 (tidak valid), 1,76-2,50 (cukup valid), 2,51-3,25 (valid), dan 3,26-4,00 (sangat valid). Bahan ajar dinyatakan valid apabila rerata skor validasi berada pada kategori valid atau sangat valid ($\geq 2,51$), sebagaimana praktik umum dalam analisis validasi produk pembelajaran (Widoyoko, 2017).

Kriteria kepraktisan ditentukan berdasarkan hasil observasi keterlaksanaan pembelajaran dan angket respons siswa. Observasi keterlaksanaan dianalisis secara deskriptif dengan melihat keterlaksanaan setiap indikator pembelajaran, sedangkan angket respons siswa dianalisis menggunakan rerata skor skala Likert 1-4 dengan kategori: 1,00-1,75 (tidak praktis), 1,76-2,50 (cukup praktis), 2,51-3,25 (praktis), dan 3,26-4,00 (sangat praktis). Bahan ajar dinyatakan praktis apabila seluruh tahapan pembelajaran terlaksana dengan baik dan rerata skor respons siswa berada pada kategori praktis atau sangat praktis ($\geq 2,51$) (Nieveen, 1999).

Kriteria keefektifan ditentukan berdasarkan hasil tes belajar dan observasi aktivitas siswa. Tes belajar dianalisis dengan menghitung nilai rata-rata dan persentase ketuntasan belajar siswa, dengan kriteria ketuntasan minimal (KKM) sebesar 75. Bahan ajar dinyatakan efektif apabila minimal 80% siswa mencapai nilai ≥ 75 . Aktivitas siswa dianalisis secara deskriptif berdasarkan skor observasi aktivitas, dan bahan ajar dinyatakan efektif apabila aktivitas belajar siswa berada pada kategori aktif atau sangat aktif selama pembelajaran, sebagaimana digunakan dalam



penelitian pengembangan pembelajaran (Hobri, 2010).

Hasil Penelitian dan Pembahasan

Hasil

Bagian hasil penelitian ini disajikan berdasarkan tahapan pengembangan yang mengacu pada model Hannafin dan Peck, yang meliputi *needs assessment*, *design*, serta *development and implementation*. Penyajian hasil bertujuan menunjukkan secara sistematis proses pengembangan bahan ajar, mulai dari identifikasi kebutuhan pembelajaran hingga pengembangan dan implementasi produk. Setiap tahapan disusun secara berurutan untuk memperlihatkan keterkaitan antara permasalahan awal, keputusan desain, dan hasil pengembangan yang diperoleh.

Pada tahap *needs assessment*, analisis difokuskan pada kesulitan belajar siswa, kesiapan siswa, serta kebutuhan visualisasi dalam pembelajaran PLSV-PtLSV. Tahap *design* memaparkan perancangan bahan ajar, integrasi *QR scan to learn*, dan penyusunan *storyboard AR* sebagai respons terhadap kebutuhan tersebut. Selanjutnya, tahap *development and implementation* menyajikan hasil pengembangan bahan ajar, validasi ahli, serta hasil uji coba siswa untuk menganalisis kepraktisan dan keefektifan bahan ajar berdasarkan data empiris yang diperoleh.

Needs Assessment

Analisis kesulitan PLSV-PtLSV

1. Analisis terhadap karakteristik materi Persamaan dan Pertidaksamaan Linear Satu Variabel (PLSV-PtLSV) menunjukkan

bahwa materi ini menuntut kemampuan berpikir aljabar yang relatif abstrak bagi peserta didik. Kesulitan awal muncul pada pemahaman konsep dasar, khususnya perbedaan antara kalimat terbuka dan kalimat tertutup. Siswa masih mengalami hambatan dalam memahami peran variabel sebagai representasi nilai yang belum diketahui, sehingga cenderung memperlakukan pernyataan yang mengandung variabel seolah-olah memiliki nilai kebenaran yang langsung dapat ditentukan.

2. Kesulitan berikutnya terletak pada kemampuan memodelkan masalah kontekstual ke dalam bentuk persamaan linear satu variabel. Meskipun konteks permasalahan dekat dengan kehidupan sehari-hari, siswa sering kali langsung melakukan perhitungan aritmetika terhadap angka-angka yang muncul dalam soal tanpa membangun hubungan matematis yang tepat. Hal ini menunjukkan bahwa pemahaman siswa terhadap struktur persamaan dan relasi antarbesaran masih bersifat prosedural dan belum relasional.
3. Pada tahap penyelesaian persamaan, siswa umumnya mengikuti langkah-langkah penyelesaian secara mekanis, seperti memindahkan suku atau membagi koefisien, tanpa memahami prinsip keseimbangan yang mendasarinya. Keterbatasan ini semakin terlihat ketika siswa diminta menjelaskan alasan matematis dari setiap langkah atau ketika bentuk persamaan mengalami variasi. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa siswa belum memiliki representasi mental yang



kuat terhadap proses penyelesaian persamaan sebagai suatu sistem yang setara.

4. Kesulitan tambahan muncul ketika siswa tidak mampu mengaitkan penjelasan teks dan simbol yang bersifat statis dengan proses dinamis dalam persamaan dan pertidaksamaan. Penjelasan linear dalam buku sering kali belum cukup membantu siswa membayangkan perubahan nilai, keseimbangan antar ruas, serta makna solusi sebagai rentang nilai. Akibatnya, siswa mengalami kesulitan dalam memeriksa dan memastikan pemahamannya secara mandiri, sehingga memerlukan sarana belajar yang memungkinkan akses langsung terhadap penjelasan atau ilustrasi proses secara kontekstual

Kesiapan siswa

Analisis kesiapan siswa menunjukkan bahwa sebagian besar peserta didik telah terbiasa menggunakan perangkat digital, khususnya telepon pintar, dalam aktivitas sehari-hari. Siswa relatif familiar dengan akses konten visual seperti gambar dan video, serta pemindaian kode, namun pemanfaatannya masih bersifat umum dan belum diarahkan secara sistematis sebagai sarana belajar mandiri yang terintegrasi dengan pembelajaran di kelas.

Ditinjau dari kesiapan kognitif, siswa berada pada fase peralihan dari berpikir aritmetika menuju berpikir aljabar. Pada tahap ini, siswa masih memerlukan dukungan untuk menghubungkan representasi konkret, simbolik, dan kontekstual secara terpadu. Meskipun mampu mengikuti penjelasan guru

dan memahami uraian tertulis, siswa sering mengalami kesulitan ketika harus memahami proses konseptual yang bersifat abstrak, seperti prinsip keseimbangan persamaan dan makna solusi pertidaksamaan.

Selain itu, kemandirian belajar siswa masih tergolong terbatas, terutama dalam memeriksa dan memastikan pemahaman secara mandiri. Ketika mengalami kesulitan, siswa cenderung menunggu penjelasan tambahan dari guru dan belum terbiasa mencari klarifikasi dari sumber belajar lain. Hal ini menunjukkan bahwa kesiapan belajar siswa akan lebih optimal apabila tersedia sarana yang memungkinkan akses penjelasan tambahan secara fleksibel sesuai dengan kebutuhan belajar masing-masing.

Kebutuhan visualisasi

Analisis menunjukkan bahwa siswa memerlukan dukungan visual untuk memahami konsep-konsep abstrak pada materi PLSV-PtLSV yang sulit dipahami melalui teks dan simbol semata. Konsep seperti variabel, keseimbangan antar ruas persamaan, serta solusi pertidaksamaan sebagai rentang nilai menuntut kemampuan membayangkan proses matematis yang bersifat dinamis. Ketika penjelasan hanya disajikan secara linear dalam bahan ajar, sebagian siswa mengalami kesulitan membangun gambaran mental yang utuh terhadap konsep yang dipelajari.

Selain itu, visualisasi diperlukan untuk membantu siswa memahami dan mengaitkan hasil simbolik dengan konteks permasalahan. Tanpa dukungan visual yang memadai, siswa cenderung mengikuti langkah penyelesaian secara prosedural tanpa memahami maknanya. Keterbatasan ini berdampak pada kesulitan



siswa dalam memeriksa kewajaran solusi dan menafsirkan hasil matematika, terutama pada materi pertidaksamaan yang menghasilkan himpunan nilai.

Berdasarkan analisis kesulitan belajar PLSV-PtLSV, kesiapan siswa, dan kebutuhan visualisasi, dapat disimpulkan bahwa pembelajaran materi ini menuntut bahan ajar yang mampu menjembatani abstraksi konsep aljabar dengan pemahaman siswa secara lebih bermakna. Siswa masih mengalami kesulitan dalam memahami peran variabel, memodelkan masalah kontekstual ke dalam bentuk aljabar, serta menafsirkan solusi persamaan dan pertidaksamaan, khususnya ketika konsep-konsep tersebut disajikan secara linear dan simbolik. Di sisi lain, siswa telah memiliki kesiapan dasar dalam memanfaatkan perangkat digital, namun belum terbiasa menggunakannya sebagai sarana belajar mandiri yang terintegrasi dengan materi pembelajaran. Kondisi ini menunjukkan bahwa bahan ajar perlu dirancang tidak hanya informatif, tetapi juga mampu menyediakan representasi visual yang mendukung proses berpikir dinamis, membantu siswa memverifikasi pemahaman secara mandiri, dan mengaitkan konsep matematika dengan konteks nyata. Oleh karena itu, pengembangan bahan ajar yang terstruktur, kontekstual, dan mendukung visualisasi proses matematis menjadi kebutuhan yang relevan dan mendesak dalam pembelajaran PLSV-PtLSV.

Design

Desain bahan ajar

Desain bahan ajar difokuskan pada penyusunan struktur materi Persamaan dan Pertidaksamaan Linear Satu Variabel (PLSV-PtLSV) yang sistematis, kontekstual, dan

berorientasi pada pemahaman konseptual. Materi disusun secara bertahap, dimulai dari pengenalan kalimat terbuka dan tertutup, pembentukan model persamaan linear satu variabel, penyelesaian persamaan berdasarkan prinsip keseimbangan, hingga pemahaman pertidaksamaan sebagai representasi batasan nilai. Setiap bagian dirancang untuk membangun keterkaitan yang jelas antara konteks permasalahan, representasi simbolik, dan interpretasi solusi.

Pendekatan etnomatematika diintegrasikan melalui pemilihan konteks pembelajaran yang bersumber dari aktivitas budaya dan kehidupan sehari-hari masyarakat Nusa Tenggara Timur, seperti kegiatan menenun, sistem takaran hasil panen, aktivitas pasar tradisional, dan pengelolaan lumbung adat. Konteks tersebut digunakan sebagai pemicu berpikir matematis, bukan sekadar ilustrasi, sehingga membantu siswa memahami bahwa konsep PLSV-PtLSV muncul dari situasi nyata yang bermakna. Bahan ajar cetak berfungsi sebagai sumber utama pembelajaran, dengan penekanan pada keterbacaan, alur logis, dan latihan yang mendorong pemahaman relasional.

QR Scan to Learn

QR scan to learn dirancang sebagai penghubung antara bahan ajar cetak dan sumber belajar digital, tanpa menggantikan peran utama bahan ajar. *QR code* ditempatkan secara selektif pada bagian-bagian materi yang memiliki tingkat abstraksi tinggi atau berpotensi menimbulkan miskonsepsi, seperti konsep keseimbangan persamaan, perubahan nilai variabel, dan solusi pertidaksamaan sebagai rentang nilai.



Fungsi *QR scan to learn* dibatasi sebagai akses tambahan yang memungkinkan siswa memperoleh penjelasan lanjutan secara mandiri ketika dibutuhkan. Dengan desain ini, QR tidak dimaksudkan untuk memuat seluruh materi, melainkan sebagai pelengkap yang membantu siswa memperdalam pemahaman terhadap konsep tertentu tanpa mengganggu alur belajar utama dalam bahan ajar cetak. Penempatan QR juga mempertimbangkan kemudahan akses dan kejelasan instruksi agar siswa dapat menggunakannya secara mandiri.

Storyboard AR

Storyboard AR disusun sebagai rancangan visual dan alur interaksi untuk konten digital yang diakses melalui *QR scan to learn*. *Storyboard* ini tidak berisi materi ajar baru, melainkan memvisualisasikan kembali konsep yang telah diperkenalkan dalam bahan ajar cetak. Setiap *storyboard* memuat urutan tampilan, representasi visual konsep, fokus penjelasan, serta hubungan antara visualisasi dan konsep matematika yang sedang dipelajari.

Storyboard AR dirancang untuk menampilkan proses matematis yang bersifat dinamis, seperti keseimbangan dua ruas persamaan, perubahan nilai variabel, dan batasan nilai pada pertidaksamaan. Dengan adanya *storyboard*, pengembangan konten AR memiliki arah yang jelas dan konsisten dengan tujuan pembelajaran pada bahan ajar. *Storyboard* berfungsi sebagai jemnatan konseptual antara uraian teks statis dan pemahaman proses matematika secara visual, tanpa tumpang tindih dengan fungsi bahan ajar cetak maupun peran QR sebagai media penghubung.

Development and Implementation

Pembuatan bahan ajar dan AR

Pada tahap *development*, bahan ajar Persamaan dan Pertidaksamaan Linear Satu Variabel (PLSV-PtLSV) dikembangkan sebagai produk utama pembelajaran yang berlandaskan pendekatan kontekstual berbasis etnomatematika. Materi disusun dalam bentuk bahan ajar cetak yang menampilkan situasi budaya dan aktivitas keseharian masyarakat Nusa Tenggara Timur seperti menenun, aktivitas pasar, dan pengelolaan hasil panen sebagai pemicu berpikir matematis. Penyajian materi mengikuti alur konseptual bertahap, mulai dari pengenalan konsep dasar, pemodelan masalah, penyelesaian persamaan dan pertidaksamaan, hingga interpretasi solusi dalam konteks nyata. Pendekatan ini bertujuan memastikan keterpaduan antara konteks, representasi simbolik, dan pemaknaan solusi.



Bab 3

Persamaan dan Pertidaksamaan Linear Satu Variabel

Di salah satu desa tenun di Timor, seorang siswi kelas VII bernama Maria membantu ibunya menenun dan menjual kain tradisional hasil karya mereka. Kain-kain ini tidak hanya bernilai ekonomis, tetapi juga sarat makna filosofis, pola garis lurus dalam motif tenun, misalnya, menggambarkan perjalanan hidup, dan keteraturan motif mencerminkan harmoni dan keseimbangan. Maria bercita-cita membeli perlengkapan sekolah seharga Rp600.000. Ia sudah menabung Rp150.000 dari hasil menjual kain. Satu helai kain dijual seharga Rp150.000. Dari situ, muncul pertanyaan yang memicu pemikiran matematis: berapa banyak kain lagi yang harus dijual agar uangnya cukup? Pertanyaan ini mengajak kita memahami persamaan linear satu variabel, dan jika Maria ingin memperoleh lebih dari Rp600.000, maka kita masuk pada pertidaksamaan linear satu variabel. Dalam konteks inilah, matematika menjadi lebih hidup, bukan sekadar angka, tetapi alat berpikir yang berpijak pada kehidupan dan tradisi.

Gambar 1. Aktivitas Menenun sebagai Konteks Pembelajaran pada Materi PLSV–PtLSV

Sebagai bagian dari sistem *scan to learn*, bahan ajar cetak dilengkapi dengan barcode yang ditempatkan secara selektif pada submateri dengan tingkat abstraksi tinggi atau



potensi miskonsepsi, seperti prinsip keseimbangan persamaan dan solusi pertidaksamaan sebagai rentang nilai. QR code berfungsi sebagai penghubung dari bahan ajar cetak menuju sumber penjelasan lanjutan berbasis media digital. Pada tahap ini, QR dirancang untuk memberikan akses tambahan secara *on demand* tanpa menggantikan peran utama bahan ajar cetak dalam alur pembelajaran.

B. Menyelesaikan Persamaan Linear Satu Variabel

Ayo Mengamati

Di musim panen tiba, seluruh masyarakat Manggarai bergembira. Padi hasil panen dihampar di *natas* untuk dijemur, sebelum kemudian disimpan di *lumbung* (tempat penyimpanan padi). Untuk mengukur berat padi yang akan disimpan atau dibagikan, masyarakat Manggarai menggunakan wadah-wadah tradisional yang unik, seperti *tongka*, *roto*, dan *lepo*, yang masing-masing memiliki standar berat tertentu:

- Ca *tongka* setara dengan 5 kg
- Ca *roto si'e* setara dengan 10 kg
- Ca *roto warang* setara dengan 20 kg
- Ca *roto wega* setara dengan 40 kg
- Ca *lepo warang* setara dengan 20 kg
- Ca *lepo wega* setara dengan 40 kg
- Ca *lepo telu warang* setara dengan 60 kg



Gambar 2. QR Code Scan to Learn pada Bahan Ajar Cetak

Seiring dengan itu, konten *Augmented Reality* (AR) dikembangkan pada tahap realisasi terkontrol, dengan fokus pada perancangan visualisasi dan alur interaksi yang konsisten dengan tujuan pembelajaran. Pengembangan AR tidak diklaim sebagai aplikasi yang sepenuhnya diimplementasikan, melainkan diwujudkan melalui *storyboard* sebagai acuan visual dan pedagogis. *Storyboard* ini memetakan konsep kunci, pemicu (QR), bentuk visualisasi, dan tujuan konseptual, sehingga pengembangan konten digital memiliki arah yang jelas dan selaras dengan materi cetak.

Tabel 1. Storyboard AR

| Konsep (QR) | Pemicu | Visualisasi yang Dirancang | Fokus Penjelasan | Tujuan Konseptual |
|-------------|------------------------|--------------------------------------|--|--------------------------------------|
| PL SV | Halaman persamaan | Timbangan dua ruas bergerak seimbang | Operasi setara di kedua ruas | Memahami prinsip keseimbangan |
| PL SV | Contoh kontekstual | Perubahan nilai variabel bertahap | Dampak perubahan koefisien | Menguatkan relasi simbol dan konteks |
| PtL SV | Halaman pertidaksamaan | Garis bilangan dengan arsiran | Batasan (\leq / \geq) dan interval | Memahami solusi sebagai rentang |

Dengan pengaturan tersebut, bahan ajar cetak diposisikan sebagai sumber utama pembelajaran, *QR scan to learn* sebagai penghubung akses, dan *storyboard* AR sebagai panduan visualisasi terkontrol. Ketiganya dikembangkan secara terintegrasi dan bertahap, sehingga mendukung pembelajaran PLSV-PtLSV secara konseptual tanpa melakukan klaim berlebihan terhadap implementasi AR pada tahap ini.

Validasi ahli

Hasil validasi ahli menunjukkan bahwa bahan ajar Persamaan dan Pertidaksamaan Linear Satu Variabel (PLSV-PtLSV) berada pada kategori sangat baik, baik pada aspek materi maupun aspek media. Penilaian mencakup kebenaran konsep, kejelasan tujuan pembelajaran, kesesuaian dengan kurikulum, kontekstualisasi etnomatematika, kejelasan bahasa, penyajian visual, keterpaduan aktivitas



pembelajaran, keterbacaan, serta aspek interaktif dan reflektif. Meskipun seluruh komponen memperoleh kategori sangat baik, para validator tetap memberikan beberapa catatan perbaikan yang bersifat penyempurnaan untuk meningkatkan kejelasan, konsistensi, dan efektivitas bahan ajar dalam mendukung pemahaman konseptual siswa.

Tabel 2. Catatan Ahli dan Revisi Produk

| No. | Komponen | Aspek yang Dinilai | Catatan Validator | Tindak Lanjut Revisi |
|-----|----------|---|--|--|
| 1 | Materi | Kebenaran konsep dan penerapan PLSV-PtLSV | Konsep sudah benar namun diperlukan konsistensi istilah dan ketelitian penulisan pada beberapa bagian | Melakukan perbaikan ejaan, istilah matematika dan konsistensi penulisan |
| 2 | Materi | Kejelasan tujuan pembelajaran | Tujuan pembelajaran sudah jelas dan sesuai capaian pembelajaran namun perlu diperjelas keterkaitan nya dengan aktivitas pembelajaran | Menyesuaikan redaksi tujuan agar selaras dengan aktivitas <i>Ayo mengamati, menemukan dan memahami</i> |

| | | | | |
|---|--------|-----------------------------------|--|---|
| 3 | Materi | Kontekstualisasi (etnomatematika) | Contoh berbasis budaya lokal sudah relevan, tetapi transisi ke model matematika perlu dipertegas | Menambahkan kalimat penuntun dari konteks ke persamaan/pertidaksamaan |
| 4 | Media | Penyajian visual | Ilustrasi sudah mendukung, namun representasi visual pertidaksamaan masih perlu diperkuat | Menambahkan ilustrasi garis bilangan pada materi pertidaksamaan |
| 5 | Media | Keterpaduan aktivitas | Alur aktivitas pembelajaran sudah baik dan konsisten | Tidak memerlukan revisi substansial |
| 6 | Media | Interaktif dan reflektif | Pertanyaan reflektif sudah baik, namun dapat diarahkan pada pemaknaan solusi | Menambahkan pertanyaan reflektif tentang kewajaran dan makna sosial |
| 7 | Media | Desain kontekstual | Pendekatan kontekstual sudah sesuai | Tidak memerlukan revisi |



| | | | | |
|---|---------------|-------------------------|--|---|
| 8 | Media Digital | <i>QR scan to learn</i> | Fungsi QR belum dijelaskan secara eksplisit kepada siswa | substans ial Menam bahkan keterangan penggunaan QR pada bahan ajar |
|---|---------------|-------------------------|--|---|

Berdasarkan catatan validator yang dirangkum pada Tabel di atas, seluruh saran dan masukan telah ditindaklanjuti melalui revisi bahan ajar. Revisi dilakukan pada aspek bahasa dan konsistensi istilah, penajaman transisi dari konteks ke model matematika, penguatan visualisasi pada materi pertidaksamaan, serta penegasan fungsi *QR scan to learn*. Dengan demikian, bahan ajar hasil pengembangan telah disempurnakan sesuai dengan masukan ahli dan dinyatakan layak untuk digunakan pada tahap uji coba siswa

Uji coba siswa

Tahap implementasi dilakukan untuk mengujicobakan bahan ajar Persamaan dan Pertidaksamaan Linear Satu Variabel (PLSV-PtLSV) yang telah disusun dan direvisi berdasarkan hasil validasi ahli. Uji coba ini bertujuan untuk memperoleh data empiris mengenai kepraktisan dan keefektifan bahan ajar dalam pembelajaran. Kepraktisan dianalisis melalui angket respons siswa dan lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran, sedangkan keefektifan dianalisis melalui tes hasil belajar siswa dan lembar observasi aktivitas siswa selama proses

pembelajaran. Hasil uji coba ini digunakan sebagai dasar untuk menilai keterlaksanaan penggunaan bahan ajar di kelas serta dampaknya terhadap keterlibatan dan pencapaian belajar siswa sebelum ditarik kesimpulan mengenai kelayakan bahan ajar yang dikembangkan.

Kepraktisan

Berdasarkan hasil observasi keterlaksanaan pembelajaran, seluruh tahapan pembelajaran menggunakan bahan ajar Persamaan dan Pertidaksamaan Linear Satu Variabel (PLSV-PtLSV) dapat dilaksanakan dengan baik. Guru mampu melaksanakan kegiatan pendahuluan, inti, dan penutup sesuai dengan rancangan pembelajaran, dan seluruh indikator keterlaksanaan tercatat terlaksana sepenuhnya. Hal ini menunjukkan bahwa bahan ajar praktis digunakan dan tidak menimbulkan kendala dalam proses implementasi di kelas.

Hasil angket respons siswa menunjukkan bahwa bahan ajar memperoleh rerata skor sebesar 3,22, yang berada pada kategori praktis. Siswa memberikan respons positif terhadap pemahaman materi, keterbacaan dan tampilan, keterlibatan dalam pembelajaran, serta manfaat dan relevansi materi. Aspek manfaat dan relevansi memperoleh skor tertinggi, yang menunjukkan bahwa siswa merasakan kebermanfaatan bahan ajar baik untuk pembelajaran maupun kehidupan sehari-hari.

Dari sisi penggunaan oleh guru, hasil observasi menunjukkan bahwa bahan ajar mudah digunakan dan mendukung alur pembelajaran yang direncanakan. Guru dapat memfasilitasi eksplorasi, diskusi, dan refleksi



siswa dengan baik menggunakan bahan ajar yang dikembangkan.

Dengan mengintegrasikan hasil keterlaksanaan pembelajaran, respons siswa, dan kemudahan penggunaan oleh guru, dapat disimpulkan bahwa bahan ajar yang dikembangkan memiliki tingkat kepraktisan yang baik dan layak digunakan dalam pembelajaran.

Tabel 3. Ringkasan Hasil Analisis Kepraktisan Bahan Ajar

| No | Aspek Kepraktisan | Sumber Data | Hasil Analisis Numerik | Interpretasi |
|----|-----------------------------|---------------------------------|--|--------------|
| 1 | Keterlaksanaan pembelajaran | Lembar observasi keterlaksanaan | Seluruh indikator pada tahap pendahuluan inti dan penutup terlaksana sepenuhnya (skor dominan=2) | Praktis |
| 2 | Respons siswa | Angket respons siswa (n = 25) | Rerata skor=3,22 (skala 1-4) | Praktis |
| 3 | Penggunaan oleh guru | Observasi proses pembelajaran | Bahan ajar mudah digunakan, alur pembelajaran berjalan sesuai desain, tanpa hambatan berarti | Praktis |

4 Kepraktisan keseluruhan

Sintesis seluruh dokumen

Keterlaksanaan dan respons siswa positif

Praktis tinggi

Keefektifan

Hasil tes belajar siswa menunjukkan bahwa bahan ajar Persamaan dan Pertidaksamaan Linear Satu Variabel (PLSV-PtLSV) efektif dalam meningkatkan pencapaian belajar siswa. Dari 25 siswa yang mengikuti tes, seluruh siswa mencapai ketuntasan belajar dengan nilai rata-rata sekitar 88, nilai tertinggi 100, dan nilai terendah 76. Capaian ini menunjukkan bahwa bahan ajar mampu membantu siswa memahami konsep PLSV-PtLSV dengan baik setelah proses pembelajaran.

Hasil observasi aktivitas siswa memperkuat temuan tersebut. Selama pembelajaran, siswa menunjukkan aktivitas kognitif yang baik, seperti mengidentifikasi konsep utama, menyusun jawaban berdasarkan pemahaman, dan memberikan contoh yang relevan. Pada aspek prosedural dan komunikasi, siswa mampu mengikuti langkah penyelesaian dengan runtut, berdiskusi, serta menyampaikan pendapat atau hasil kerja secara lisan maupun tertulis. Dari sisi afektif, siswa tampak fokus, antusias, dan memberikan respons positif terhadap tugas maupun tantangan yang diberikan guru.

Berdasarkan hasil tes belajar dan observasi aktivitas siswa, dapat disimpulkan bahwa bahan ajar yang dikembangkan **efektif** digunakan dalam pembelajaran PLSV-PtLSV, baik dalam meningkatkan hasil belajar



maupun mendorong keterlibatan aktif siswa selama proses pembelajaran.

Tabel 4. Ringkasan Hasil Analisis Keefektifan Bahan Ajar

| No | Aspek Keefektifan | Sum ber Data | Hasil Analisis Numerik | Interpret asi |
|----|--|----------------------------|--|---------------|
| 1 | Hasil belajar siswa | Tes hasil belajar | Nilai rata-rata $\approx 88,4$; nilai tertinggi = 100; nilai terendah = 76; ketuntasan belajar = 100% | Efektif |
| 2 | Aktivitas kognitif siswa | Lembar observasi aktivitas | Indikator pemahaman konsep dan penalaran muncul berulang (skor dominan=2) | Efektif |
| 3 | Aktivitas prosedural dan komunikasi | Lembar observasi aktivitas | Siswa mengikuti langkah penyelesaian, berdiskusi dan menjelaskan jawaban | Efektif |
| 4 | Aktivitas afektif (minat dan motivasi) | Lembar observasi aktivitas | Minat, antusiasme dan respons positif tampak | Efektif |

selama pembelajaran an Hasil Efektif an sis belajar dan tinggi aktivitas belajar aktif

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa bahan ajar Persamaan dan Pertidaksamaan Linear Satu Variabel (PLSV-PtLSV) yang dikembangkan memenuhi kriteria valid, praktis, dan efektif, yang secara metodologis sejalan dengan tahapan pengembangan dalam model Hannafin dan Peck. Model ini menekankan pentingnya analisis kebutuhan pengguna, desain yang berorientasi pada pembelajaran, serta evaluasi dan revisi berkelanjutan sebagai satu kesatuan proses pengembangan (Hannafin & Peck, 1988). Pada tahap *needs assessment*, pengembangan bahan ajar didasarkan pada identifikasi kesulitan konseptual siswa dalam memahami aljabar awal, khususnya dalam mengaitkan representasi konkret, simbolik, dan abstrak. Temuan ini sejalan dengan pandangan bahwa pembelajaran aljabar yang efektif memerlukan jembatan representasi agar siswa tidak terjebak pada prosedur mekanis tanpa pemahaman konseptual (Branagan et al., 2025; Kusumaningsih et al., 2018; Pinkernell & Weigand, 2025).

Kriteria valid tercapai melalui hasil validasi ahli yang menunjukkan bahwa aspek materi dan media berada pada kategori sangat baik. Hal ini mengindikasikan bahwa bahan



ajar telah memenuhi prinsip kesesuaian konsep, kejelasan tujuan pembelajaran, relevansi kurikulum, serta keterpaduan antara konteks dan konsep matematika formal. Integrasi konteks budaya lokal sebagai bagian dari pendekatan etnomatematika mendukung teori pembelajaran kontekstual yang menekankan bahwa pengetahuan matematika akan lebih bermakna ketika dikaitkan dengan pengalaman sosial dan budaya peserta didik (Andang et al., 2025; Labuem et al., 2025; Rusdijanto & Masduki, 2025). Sejumlah penelitian juga menunjukkan bahwa penggunaan konteks lokal dalam pembelajaran matematika dapat meningkatkan pemahaman konseptual dan relevansi belajar siswa (Gijsbers et al., 2020; Reinke et al., 2023; Sujadi et al., 2025; Leton et al., 2026).

Aspek kepraktisan ditunjukkan melalui keterlaksanaan pembelajaran yang berjalan sesuai rancangan serta respons positif siswa terhadap bahan ajar. Temuan ini menunjukkan bahwa produk yang dikembangkan tidak hanya layak secara teoretis, tetapi juga aplikatif dalam konteks pembelajaran nyata. Dalam kerangka Hannafin dan Peck, keberhasilan implementasi ini menegaskan bahwa desain yang berorientasi pada kebutuhan pengguna dan diuji secara bertahap dapat menghasilkan produk pembelajaran yang mudah digunakan oleh guru dan siswa (Hannafin & Peck, 1988). Kepraktisan bahan ajar juga diperkuat oleh penerapan pendekatan *scan to learn*, di mana QR code berfungsi sebagai penghubung fleksibel antara bahan ajar cetak dan sumber penjelasan lanjutan. Pendekatan ini sejalan dengan konsep *just in time learning*, yang memungkinkan siswa

mengakses informasi tambahan sesuai kebutuhan belajar tanpa mengganggu alur pembelajaran utama (Boese, 2016; Hulshof & de Jong, 2006).

Dari sisi keefektifan, hasil tes belajar menunjukkan ketuntasan belajar yang tinggi, yang didukung oleh aktivitas belajar siswa yang aktif secara kognitif, prosedural, komunikatif, dan afektif. Temuan ini mengindikasikan bahwa bahan ajar tidak hanya meningkatkan hasil belajar, tetapi juga mendorong keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran. Integrasi *scan to learn* dalam desain pembelajaran memungkinkan siswa memperkuat pemahaman konsep melalui visualisasi dan penjelasan tambahan, yang sejalan dengan teori *multimedia learning* dan *dual coding* yang menekankan bahwa penggabungan representasi verbal dan visual dapat meningkatkan pemahaman dan retensi belajar (Clinton et al., 2016).

Secara keseluruhan, ketercapaian kriteria valid, praktis, dan efektif menunjukkan bahwa pengembangan bahan ajar berbasis *scan to learn* dalam kerangka Hannafin dan Peck merupakan pendekatan yang relevan untuk pembelajaran matematika, khususnya pada materi yang bersifat abstrak seperti PLSV-PtLSV. Temuan ini memperkuat hasil penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa integrasi bahan ajar cetak dengan dukungan media digital secara terkontrol dapat meningkatkan kualitas pembelajaran tanpa harus sepenuhnya bergantung pada teknologi (Hobri, 2010). Dengan demikian, bahan ajar yang dikembangkan tidak hanya berkontribusi pada praktik pembelajaran di kelas, tetapi juga memberikan implikasi teoretis bahwa



pengembangan bahan ajar berbasis kebutuhan, konteks, dan dukungan digital fleksibel merupakan alternatif strategis dalam pembelajaran matematika.

Secara praktis, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengembangan bahan ajar matematika berbasis *scan to learn* dapat menjadi alternatif yang efektif untuk mendukung pembelajaran aljabar di SMP. Integrasi bahan ajar cetak dengan dukungan media digital melalui QR memungkinkan siswa mengakses penjelasan tambahan secara fleksibel tanpa mengganggu alur pembelajaran utama di kelas. Pemanfaatan konteks etnomatematika dalam bahan ajar juga memberikan nilai tambah dengan mengaitkan konsep matematika dengan pengalaman budaya dan kehidupan sehari-hari siswa, sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna dan mendorong keterlibatan aktif siswa dalam memahami materi persamaan dan pertidaksamaan linear satu variabel.

Secara teoretis, penelitian ini memperkuat relevansi model pengembangan Hannafin dan Peck dalam pengembangan bahan ajar matematika yang berorientasi pada kebutuhan pengguna dan pembelajaran bermakna. Temuan bahwa bahan ajar memenuhi kriteria valid, praktis, dan efektif mendukung pandangan bahwa pembelajaran matematika memerlukan keterpaduan antara konteks, representasi simbolik, dan dukungan visual untuk membangun pemahaman konseptual siswa. Selain itu, pendekatan *scan to learn* memberikan kontribusi konseptual sebagai bentuk integrasi teknologi pendukung yang bersifat fleksibel dan terkontrol, sehingga memperkaya kajian pengembangan bahan ajar

matematika tanpa menggeser peran utama bahan ajar cetak dan interaksi pedagogis.

Meskipun hasil penelitian menunjukkan temuan yang positif, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Uji coba bahan ajar dilakukan pada skala terbatas dan pada satu konteks pembelajaran, sehingga generalisasi hasil penelitian masih perlu dikaji lebih lanjut. Selain itu, implementasi konten AR masih berada pada tahap realisasi terkontrol, sehingga penelitian lanjutan diperlukan untuk mengkaji efektivitas penggunaan AR secara lebih luas dan mendalam. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk melibatkan subjek yang lebih beragam, durasi implementasi yang lebih panjang, serta pengembangan dan pengujian konten digital secara lebih komprehensif

Simpulan dan Saran

Simpulan

Penelitian ini menghasilkan bahan ajar Persamaan dan Pertidaksamaan Linear Satu Variabel (PLSV-PtLSV) berbasis *scan to learn* yang dikembangkan melalui model Hannafin dan Peck. Berdasarkan hasil validasi ahli, uji kepraktisan, dan uji keefektifan, bahan ajar yang dikembangkan dinyatakan valid, praktis, dan efektif untuk digunakan dalam pembelajaran matematika di SMP. Integrasi konteks etnomatematika, penyajian konseptual yang sistematis, serta dukungan media digital melalui *QR scan to learn* mampu membantu siswa memahami konsep aljabar secara lebih



bermakna dan mendorong keterlibatan aktif dalam pembelajaran.

Dengan demikian, bahan ajar yang dikembangkan tidak hanya layak secara akademik dan pedagogis, tetapi juga relevan dengan kebutuhan pembelajaran matematika yang menuntut keterpaduan antara konteks, visualisasi, dan pemahaman konseptual. Pendekatan *scan to learn* dalam kerangka pengembangan Hannafin dan Peck berpotensi menjadi alternatif strategis dalam pengembangan bahan ajar matematika, khususnya untuk materi yang bersifat abstrak, serta dapat dijadikan rujukan bagi pengembangan bahan ajar serupa pada konteks dan materi yang berbeda.

Saran

Berdasarkan simpulan di atas, disarankan agar bahan ajar Persamaan dan Pertidaksamaan Linear Satu Variabel (PLSV-PtLSV) berbasis *scan to learn* hasil pengembangan model Hannafin dan Peck ini dapat diimplementasikan secara luas di sekolah menengah pertama sebagai salah satu solusi inovatif untuk mengajarkan konsep aljabar abstrak. Guru matematika disarankan memanfaatkan integrasi etnomatematika dan QR *scan to learn* untuk meningkatkan pemahaman bermakna serta keterlibatan aktif siswa. Selain itu, bagi peneliti selanjutnya, pendekatan ini direkomendasikan untuk diadaptasi pada materi dan konteks berbeda guna memperkaya khasanah bahan ajar digital yang valid, praktis, dan efektif.

Daftar Pustaka

- Andang, Sowanto, & Hadi, A. M. (2025). Integrating Ethnomathematics Into Digital Learning Materials to Enhance Junior High School Students' Geometry Problem Solving Skills. *Multidisciplinary Science Journal*, 8(5), 2026327. <https://doi.org/10.31893/multiscience.2026327>
- Boese, E. (2016). Just-In-Time Learning for the Just Google It Era. *Proceedings of the 47th ACM Technical Symposium on Computing Science Education*, 341–345. <https://doi.org/10.1145/2839509.2844583>
- Branagan, A., Parsons, S., & Smith, S. (2025). *Word Aware Concepts Assessment: Levels 4-6*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003602040>
- Cavanagh, T. M., & Kiersch, C. (2023). Using Commonly-available Technologies to Create Online Multimedia Lessons Through the Application of the Cognitive Theory of Multimedia Learning. *Educational Technology Research and Development*, 71(3), 1033–1053. <https://doi.org/10.1007/s11423-022-10181-1>
- Clinton, V., Morsanyi, K., Alibali, M. W., & Nathan, M. J. (2016). Learning about Probability from Text and Tables: Do Color Coding and Labeling through an Interactive-user Interface Help? *Applied Cognitive Psychology*, 30(3), 440–453. <https://doi.org/10.1002/acp.3223>
- Dwiguningtyas, A. A., Kusumaningrum, B., Agustito, D., Istiqomah, Arigiyati, T. A., & Ayuningtyas, A. D. (2025). Kesalahan Siswa dalam Menyelesaikan Soal Cerita Sistem Persamaan Linear Dua Variabel.



- Wacana Akademika: Majalah Ilmiah Kependidikan*, 9(2), 155–165. <https://jurnal.ustjogja.ac.id/index.php/wacanaakademika/index>
- Gijsbers, D., de Putter-Smits, L., & Pepin, B. (2020). Changing Students' Beliefs About the Relevance of Mathematics in an Advanced Secondary Mathematics Class. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 51(1), 87–102. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2019.1682698>
- Hannafin, M. J., & Peck, K. L. (1988). The Design Development and Evaluation of Instructional Software. In *Educational Technology Research and Development* (Number 4). <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:201148592>
- Harding, J. L. (2022). Ethnomathematics Affirmed Through Cognitive Mathematics and Academic Achievement: Quality Mathematics Teaching and Learning Benefits. In *Handbook of Cognitive Mathematics* (pp. 221–249). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-03945-4_5
- Heath, B., Lakshmanan, A., Perlmutter, A., & Davis, L. (2010). Measuring the Impact of Professional Development on Science Teaching: a Review of Survey, Observation and Interview Protocols. *International Journal of Research & Method in Education*, 33(1), 3–20. <https://doi.org/10.1080/17437270902947304>
- Hobri. (2010). *Metodologi Penelitian Pengembangan (Aplikasi pada Penelitian Pendidikan Matematika)*. Pena Salsabila.
- Hulshof, C. D., & de Jong, T. (2006). Using Just-in-time Information to Support Scientific Discovery Learning in a Computer-based Simulation. *Interactive Learning Environments*, 14(1), 79–94. <https://doi.org/10.1080/10494820600769171>
- Hwang, J., Singell, E. L., & Lembke, E. S. (2025). Estimating Students' Growth With Algebra Readiness Progress Monitoring Measures for Students With Math Learning Difficulties Within a Data-Based Individualization Professional Development Setting. *Assessment for Effective Intervention*, 51(1), 31–42. <https://doi.org/10.1177/15345084251385491>
- Kamath, A., R. D. T., P. G. D. S., R. P., & R. M. (2024). Learnscan: An Interactive Learning Platform for Enhanced Education Using Augmented Reality. *2024 4th International Conference on Ubiquitous Computing and Intelligent Information Systems (ICUIS)*, 610–614. <https://doi.org/10.1109/ICUIS64676.2024.10866134>
- Karlen, Y., Hertel, S., Grob, U., Jud, J., & Hirt, C. N. (2025). Teachers Matter: Linking Teachers and Students' Self-regulated Learning. *Research Papers in Education*, 40(3), 414–441. <https://doi.org/10.1080/02671522.2024.2394059>
- Leton, S. I., Beda, W., Dosinaeng, N., Lakapu, M., Djong, K. D., & Fitriani, N. (2026). *Local Wisdom Literacy: Promising Context Integration in Algebra Learning*. 7, 381–403.
- Leton, S. I., Lakapu, M., Beda, W., Dosinaeng, N., & Fitriani, N. (2025). Integrating Local Wisdoms for Improving Students' Mathematical Literacy: The Promising



- Context in Learning Whole Numbers. *Infinity Journal of Mathematics Educations*, 14(2), 369–392. <https://doi.org/https://doi.org/10.22460/infinity.v14i2.p369-392>
- Ketterlin-Geller, L. R., Shivraj, P., Basaraba, D., & Schielack, J. (2019). Universal Screening for Algebra Readiness in Middle School: Why, What, and Does it Work? *Investigations in Mathematics Learning*, 11(2), 120–133. <https://doi.org/10.1080/19477503.2017.1401033>
- Kusumaningsih, W., Darhim, D., Herman, T., & Turmudi, T. (2018). Improvement Algebraic Thinking Ability using Multiple Representation Strategy on Realistic Mathematics Education. *Journal on Mathematics Education*, 9(2), 281–290. <https://doi.org/10.22342/jme.9.2.5404.281-290>
- Labuem, S., Sa'dijah, C., Parta, I. N., & Sulandra, I. M. (2025). Mathematics in the Tordauk Jerpara tel Tradition: Contribution of Local Wisdom to Mathematics Education Innovation in Elementary Schools. *Journal on Mathematics Education*, 16(3), 955–980. <https://doi.org/10.22342/jme.v16i3.pp955-980>
- Lajoie, S. P. (2014). Multimedia Learning of Cognitive Processes. In *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (pp. 623–646). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139547369.031>
- Laurillard, D., Oliver, M., Wasson, B., & Hoppe, U. (2009). Implementing Technology-Enhanced Learning. In *Technology-Enhanced Learning* (pp. 289–306). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9827-7_17
- Leton, S. I., Lakapu, M., Dosinaeng, W. B. N., & Fitriani, N. (2025). Integrating local wisdoms for improving students' mathematical literacy: The promising context in learning whole numbers. *Infinity Journal*, 14(2), 369-392.
- Leton, S. I., Lakapu, M., Dosinaeng, W. B. N., Djong, K. D., & Fitriani, N. (2026). Local Wisdom Literacy: Promising Context Integration in Algebra Learning. *RANGE: Jurnal Pendidikan Matematika*, 7(2), 381-403.
- Lina Suspita Febriana, B. (2019). Media Pendidikan Matematika Program Studi Pendidikan Matematika FPMIPA IKIP MATARAM Analisis Kesulitan Siswa Dalam Menyelesaikan Soal Operasi Bentuk Aljabar Kelas VIII MTs. *Media Pendidikan Matematika*, 7(2), 25–36. <http://ojs.ikipmataram.ac.id/index.php/jmpm>
- Ling, G. C. L., Shahrill, M., & Tan, A. (2016). Common Misconceptions of Algebraic Problems: Identifying Trends and Proposing Possible Remedial Measures. *Advanced Science Letters*, 22(5), 1547–1550. <https://doi.org/10.1166/asl.2016.6675>
- Makonye, J., & Shingirayi, M. (2014). The Obstacles Faced by the Learners in the Learning of Quadratic Inequalities. *Mediterranean Journal of Social Sciences*. <https://doi.org/10.5901/mjss.2014.v5n27p716>
- Mayer, R. E. (2014). Introduction to Multimedia Learning. In *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (pp.



- 1–24). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139547369.002>
- Nagashima, T., Bartel, A. N., Tseng, S., Vest, N. A., Silla, E. M., Alibali, M. W., & Alevin, V. (2021). Scaffolded Self-Explanation with Visual Representations Promotes Efficient Learning in Early Algebra. *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, 43. <https://doi.org/https://escholarship.org/uc/item/17q6g4db>
- Nieveen, N. (1999). Prototyping to Reach Product Quality. In *Design Approaches and Tools in Education and Training* (pp. 125–135). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-011-4255-7_10
- Nirawati, R., Darhim, Fatimah, S., & Irma, A. (2020). Analysis of Multi-representation Ability to Solve Algebra Problem. *Journal of Physics: Conference Series*, 1657(1), 012075. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1657/1/012075>
- Palamarchuk, O., Haba, I., Shulha, H., Khilya, A., & Sarancha, I. (2025). Neuroplasticity and Digital Tools in Lifelong Learning: Cognitive Challenges and Opportunities. *ENVIRONMENT. TECHNOLOGY. RESOURCES. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference*, 2, 257–263. <https://doi.org/10.17770/etr2025vol2.8599>
- Pinkernell, G., & Weigand, H.-G. (2025). Adaptive Feedback and (Digital) Assessment of Conceptual Knowledge. In *Digital Technology and Artificial Intelligence in Mathematics Education Assessment* (pp. 94–116). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003533764-6>
- Reinke, L. T., Stephan, M., Ayan-Civak, R., & Casto, A. R. (2023). Teachers' Press for Contextualization to Ground Students' Mathematical Understanding of Ratio. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 26(3), 335–361. <https://doi.org/10.1007/s10857-022-09531-w>
- Richardo, R., Abdullah, A. A., Rochmadi, T., Wijaya, A., & Nurkhamid. (2023). Ethnomatematics Learning Media Based on Augmented Reality for Learning Geometry: A Needs Analysis. *THE 3RD INTERNATIONAL CONFERENCE ON SCIENCE, MATHEMATICS, ENVIRONMENT, AND EDUCATION*, 070018. <https://doi.org/10.1063/5.0105812>
- Rosa, M. (2020). An Overview of Diverse Mathematical Practices in Brazil: An Ethnomathematical Perspective in Action. In *Ethnomathematics in Action* (pp. 3–22). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-49172-7_1
- Rosenthal, A., Hirt, C. N., Eberli, T. D., Jud, J., & Karlen, Y. (2024). Video-based Classroom Insights: Promoting Self-regulated Learning in the Context of Teachers' Professional Competences and Students' Skills in Self-regulated Learning. *Unterrichtswissenschaft*, 52(1), 39–63. <https://doi.org/10.1007/s42010-023-00189-8>
- Ross, A., & Willson, V. (2012). The Effects of Representations, Constructivist Approaches, and Engagement on Middle School Students' Algebraic Procedure



- and Conceptual Understanding. *School Science and Mathematics*, 112(2), 117–128. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2011.00125.x>
- Ruamba, M. Y., Sukestiyarno, Y. L., Rochmad, R., & Asih, T. S. N. (2025). The Impact of Visual and Multimodal Representations in Mathematics on Cognitive Load and Problem-Solving Skills. *International Journal of Advanced and Applied Sciences*, 12(4), 164–172. <https://doi.org/10.21833/ijaas.2025.04.018>
- Rusdijanto, T. A., & Masduki. (2025). Literature Study on the Relationship Between Philosophical Values of Mathematics Education in the Perspective of Ethnomathematics. *THE 4TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATHEMATICS AND LEARNING RESEARCH (ICOMER)*, 020032. <https://doi.org/10.1063/5.0290271>
- Safitri, M., Mukharomah, H., Dzahabiyah, S. N., Listianadewi, F., Palupi, L. R., Nursatamala, S., & Darmadi. (2021). Analisis Kesulitan Siswa SMP Kelas 7 dalam Menyelesaikan Soal Cerita Operasi Aljabar Ditinjau dari Gender. *JURNAL PENDIDIKAN Dan KONSELING*, 3(2), 76–80.
- Setiawan, N., Azizah, P. N., Yuanita, V. E., Masruroh, V., Rahmawati, P., Mardikasari W, S., & Darmadi, D. (2021). Analisis Kesulitan Belajar Matematika pada Siswa SMP di Masa Pandemi Covid-19. *Jurnal Pendidikan Dan Konseling (JPDK)*, 3(2), 91–95. <https://doi.org/10.31004/jpdk.v3i2.1811>
- Sirate, F. S. (2012). Implementasi Etnomatematika dalam Pembelajaran Matematika pada Jenjang Pendidikan Sekolah Dasar. *Lentera Pendidikan : Jurnal Ilmu Tarbiyah Dan Keguruan*, 15(1), 41–54. <https://doi.org/10.24252/lp.2012v15n1a4>
- Sugiarti, L., & Retnawati, H. (2019). Analysis of Student Difficulties on Algebra Problem Solving in Junior High School. *Journal of Physics: Conference Series*, 1320(1), 012103. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1320/1/012103>
- Sujadi, I., Suprihatiningsih, S., Irfan, M., & Pepkolaj, L. (2025). Pre-service Mathematics Teachers: Designing Context-based Tasks. *Infinity Journal*, 14(4), 995–1018. <https://doi.org/10.22460/infinity.v14i4.p995-1018>
- Sunzuma, G., & Maharaj, A. (2019). Teacher-related Challenges Affecting the Integration of Ethnomathematics Approaches into the Teaching of Geometry. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 15(9). <https://doi.org/10.29333/ejmste/108457>
- Sutarto, Muzaki, A., Hastuti, I. D., Fujiaturrahman, S., & Untu, Z. (2022). Development of an Ethnomathematics-Based e-Module to Improve Students' Metacognitive Ability in 3D Geometry Topic. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 16(3), 32–46. <https://doi.org/10.3991/IJIM.V16I03.24949>
- Vlassis, J., & Demonty, I. (2022). The Role of Algebraic Thinking in Dealing with Negative Numbers. *ZDM – Mathematics*



ASIMTOT: JURNAL KEPENDIDIKAN MATEMATIKA

Volume 7 Nomor 1, Desember 2025 – Mei 2026, halaman 73 – 94

Tersedia Daring pada <https://journal.unwira.ac.id/index.php/ASIMTOT>

Education, 54(6), 1243–1255.

<https://doi.org/10.1007/s11858-022-01402-1>

Widoyoko, E. P. (2017). *Teknik Penyusunan Instrumen Penelitian*. Pustaka Pelajar.