

PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN BERBASIS *AUGMENTED REALITY* MELALUI PENDEKATAN VISUALISASI SPASIAL PADA MATERI GEOMETRI RUANG KELAS XII SMA

Matruki Triono Putra¹, Yuli Ismi Nahdiyati Ilmi², Gusti Firda Khairunnisa³

^{1,2,3}Program Studi Pendidikan Matematika FKIP Universitas Islam Malang

Email: 22201072039@unisma.ac.id

Abstrak

Pembelajaran materi geometri ruang di sekolah menengah atas pada umumnya masih bertumpu pada media cetak dua dimensi yang bersifat statis, sehingga peserta didik kesulitan memvisualisasikan objek tiga dimensi. Penelitian ini bertujuan mengembangkan media pembelajaran matematika berbasis *Augmented Reality* (AR) melalui platform *Assemblr Education* dengan pendekatan visualisasi spasial pada materi geometri ruang kelas XII SMA, serta mendeskripsikan tingkat kevalidan dan kepraktisannya. Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan (*Research and Development*) yang mengadaptasi model 4D, meliputi tahap *Define*, *Design*, *Develop*, dan *Disseminate*. Subjek uji coba terdiri atas satu guru matematika dan 15 peserta didik kelas XII D SMA Diponegoro Tumpang yang dipilih dengan teknik *purposive sampling*. Data dikumpulkan melalui lembar validasi dan angket, kemudian dianalisis secara deskriptif kuantitatif dan kualitatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa media yang dikembangkan dinyatakan valid oleh ahli materi dengan rerata skor 3,16 dan oleh ahli media dengan rerata skor 4,49. Uji kepraktisan oleh praktisi (guru matematika) memperoleh rerata skor 3,00 dengan kategori praktis, sedangkan respons 15 peserta didik menunjukkan rerata keseluruhan (NK) sebesar 3,59 yang tergolong sangat praktis. Dengan demikian, media pembelajaran geometri ruang berbasis *Augmented Reality* yang dikembangkan melalui platform *Assemblr Education* dinyatakan valid dan praktis digunakan dalam pembelajaran matematika di kelas XII SMA.

Kata-kata kunci: *Augmented Reality* ; *Assemblr Education*; geometri ruang; media pembelajaran; model 4D; visualisasi spasial.

Abstract

Learning solid geometry in senior high school still relies heavily on static, two-dimensional printed media, which makes it difficult for students to visualize three-dimensional objects. This study aimed to develop an Augmented Reality (AR)-based mathematics learning medium using the Assemblr Education platform through a spatial visualization approach for solid geometry material in twelfth-grade classes, and to describe its level of validity and practicality. This research and development (R&D) study adapted the 4D model, consisting of the Define, Design, Develop, and Disseminate stages. The trial subjects consisted of one mathematics teacher and 15 twelfth-grade students of SMA Diponegoro Tumpang, selected through purposive sampling. Data were collected using validation sheets and questionnaires and were then analyzed descriptively using quantitative and qualitative approaches. The results showed that the developed medium was declared valid by the material expert, with an average score of 3.16, and by the media expert, with an average score of 4.49. The practicality test conducted by the practitioner (mathematics teacher) obtained an average score of 3.00, categorized as practical, while the responses of 15 students produced an overall average (NK) of 3.59, categorized as very practical. Thus, the AR-based solid geometry learning medium developed through the Assemblr Education platform is declared valid and practical for use in twelfth-grade mathematics learning.

Keywords: *Augmented Reality ; Assemblr Education; solid geometry; learning media; 4D model; spatial visualization.*

PENDAHULUAN

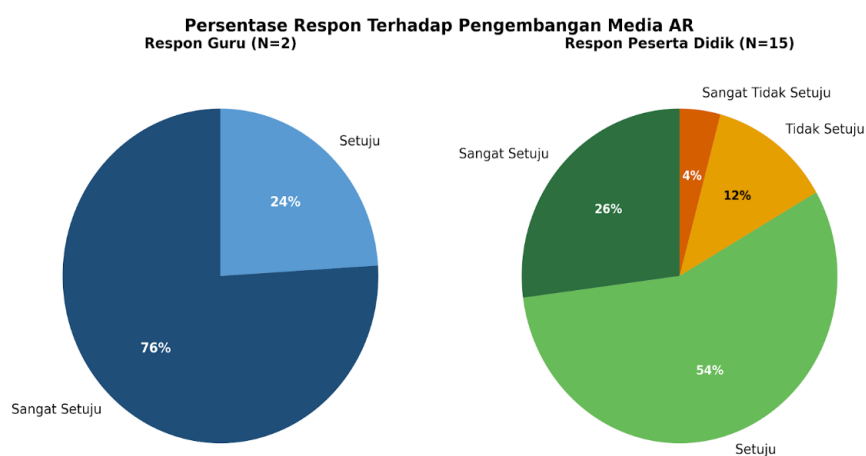
Pendidikan berperan sentral dalam peningkatan mutu sumber daya manusia sehingga pemerintah dan satuan pendidikan dituntut berperan aktif dalam memperhatikan perkembangan sekaligus mengatasi berbagai persoalan pembelajaran demi peningkatan mutu pendidikan di Indonesia (Raudah et al., 2024). Sejalan dengan itu, Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Nomor 16 Pasal 7 Tahun 2022 mengamanatkan sejumlah prinsip strategi pembelajaran yang wajib diterapkan pendidik dalam proses belajar mengajar (Kemendikbud, 2022). Dalam konteks tersebut, pemilihan metode dan media pembelajaran menjadi aspek yang sangat strategis, sebab penggunaan media pembelajaran pada tahap orientasi pembelajaran dapat meningkatkan efektivitas penyampaian pesan dan isi pembelajaran (Kustandi & Darmawan, 2020). Dengan demikian, media pembelajaran bukan sekadar pelengkap, melainkan komponen strategis dalam menciptakan pembelajaran yang menarik, interaktif, dan bermakna.

Kebutuhan akan media pembelajaran yang efektif semakin dirasakan dalam pembelajaran matematika. Matematika merupakan salah satu mata pelajaran fundamental yang berperan penting dalam menumbuhkan kemampuan penalaran ilmiah peserta didik (Nursit et al., 2025). Namun demikian, matematika masih dipersepsikan sebagai mata pelajaran yang sulit karena karakter konsepnya yang abstrak, simbolik, dan menuntut penalaran formal (Darmayanti et al., 2023). Pemanfaatan media pembelajaran yang tepat dapat membantu peserta didik memahami konsep abstrak serta meningkatkan minat, perhatian, dan keterlibatan mereka dalam proses belajar (Rahman et al., 2024). Sejalan dengan pendapat tersebut, Karyadi (2023) turut menyatakan bahwa media pembelajaran interaktif dapat mendorong pembelajaran mandiri dan memberikan fleksibilitas yang lebih besar bagi peserta didik dalam memahami materi.

Persoalan abstraksi konsep matematika tampak sangat menonjol pada materi geometri, khususnya geometri ruang, yang menuntut kemampuan visualisasi spasial tinggi, seperti membayangkan bentuk bangun ruang, posisi unsur-unsurnya, serta hubungan antarbagian geometri. Media pembelajaran konvensional berupa buku teks dua dimensi kerap belum mampu membantu peserta didik

memvisualisasikan objek geometri secara utuh, sehingga berdampak pada rendahnya pemahaman konsep dan motivasi belajar (Lestari, 2025). Perkembangan teknologi pendidikan membuka peluang untuk mengatasi persoalan tersebut melalui pemanfaatan media pembelajaran berbasis teknologi digital, salah satunya *Augmented Reality* (AR). Azka et al. (2022) menjelaskan bahwa *Augmented Reality* memungkinkan penggabungan elemen digital, seperti gambar, teks, atau objek tiga dimensi, ke dalam lingkungan dunia nyata secara *real-time*. Dalam pembelajaran geometri ruang, teknologi AR dapat membantu peserta didik mengembangkan kemampuan visualisasi spasial melalui representasi objek tiga dimensi yang dapat diamati dari berbagai sudut pandang (Nadzeri et al., 2024).

Persoalan keterbatasan media pembelajaran dan kesulitan visualisasi geometri juga ditemukan di SMA Diponegoro Tumpang. Berdasarkan hasil observasi dan analisis kebutuhan yang dilaksanakan pada September 2025, pembelajaran matematika kelas XII masih didominasi penggunaan buku teks pemerintah serta Lembar Kerja Siswa (LKS), sehingga pembelajaran cenderung bersifat abstrak dan kurang menarik. Kondisi ini berdampak pada rendahnya minat dan motivasi belajar peserta didik pada materi geometri ruang. Hasil analisis kebutuhan yang melibatkan dua guru dan 15 peserta didik kelas XII menunjukkan bahwa 76% guru menyatakan sangat setuju dan 24% setuju terhadap pengembangan media pembelajaran berbasis *Augmented Reality*. Adapun respons peserta didik menunjukkan 26% sangat setuju dan 54% setuju terhadap pengembangan media tersebut, sedangkan 12% menyatakan tidak setuju dan 4% sangat tidak setuju, sebagaimana disajikan pada Gambar 1. Persentase peserta didik yang tidak setuju mengindikasikan bahwa tidak semua peserta didik memiliki kesiapan dan preferensi belajar yang sama terhadap penggunaan teknologi sehingga media *Augmented Reality* yang dikembangkan perlu dirancang secara sederhana, mudah digunakan, dan tetap memperhatikan keberagaman gaya belajar peserta didik.



Gambar 1. Persentase Respons Guru dan Peserta Didik terhadap Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis *Augmented Reality*

Berdasarkan uraian tersebut, diperlukan suatu media pembelajaran yang mampu membantu peserta didik memvisualisasikan konsep geometri ruang secara konkret dan interaktif. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan (1) mendeskripsikan tahapan pengembangan media pembelajaran *Augmented Reality* melalui pendekatan visualisasi spasial pada materi geometri ruang kelas XII SMA, (2) mendeskripsikan hasil uji validitas media yang dikembangkan, dan (3) mendeskripsikan hasil uji kepraktisan media yang dikembangkan. Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan (*Research and Development*) dengan model pengembangan 4D (*Define, Design, Develop, dan Disseminate*) yang diharapkan menghasilkan media pembelajaran yang valid dan praktis untuk digunakan dalam pembelajaran geometri ruang kelas XII SMA.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Research and Development* (R&D) karena berfokus pada penghasilan dan pengujian kelayakan suatu produk media pembelajaran (Sugiyono, 2013). Model pengembangan yang diadaptasi adalah model 4D yang dikembangkan oleh Thiagarajan (Indaryanti et al., 2025), yang terdiri atas empat tahap, yaitu *Define* (pendefinisian), *Design* (perancangan), *Develop* (pengembangan), dan *Disseminate* (penyebaran), sebagaimana disajikan pada Gambar 2. Model ini dipilih karena memiliki tahapan yang efisien, terperinci, dan terstruktur, sehingga kualitas produk yang dihasilkan dapat terjamin.



Gambar 2. Tahapan Model Pengembangan 4D (Sumber: Sugiyono, 2013)

Tahap Define

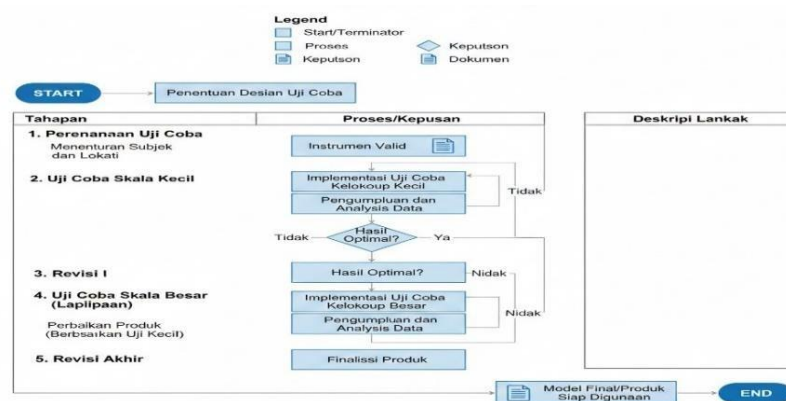
Tahap *Define* bertujuan menetapkan dan mendefinisikan persyaratan pengembangan melalui lima langkah, yaitu analisis kondisi awal, analisis peserta didik, analisis tugas, analisis konsep, dan perumusan tujuan pembelajaran. Analisis kondisi awal dilaksanakan melalui observasi kelas dan wawancara dengan guru matematika SMA Diponegoro Tumpang, sedangkan analisis peserta didik dilaksanakan melalui pengamatan serta wawancara singkat dengan peserta didik kelas XII D. Analisis tugas dan analisis konsep difokuskan pada materi geometri ruang, meliputi pemahaman bentuk bangun ruang (kubus, balok, prisma, dan limas) beserta unsur, sifat, dan perhitungannya, khususnya konsep jarak titik ke titik, titik ke garis, dan titik ke bidang.

Tahap Design

Tahap *Design* menerjemahkan hasil analisis kebutuhan, karakteristik peserta didik, materi, dan tujuan pembelajaran ke dalam rancangan media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* dengan memanfaatkan beberapa perangkat pendukung, yaitu Blender3D 2.15 untuk pemodelan objek tiga dimensi, Canva untuk perancangan komponen visual materi dan latihan soal, Quizizz untuk penyusunan kuis interaktif, serta *Assemblr Education* sebagai platform integrasi akhir seluruh komponen ke dalam bentuk *Augmented Reality*.

Tahap Develop

Tahap *Develop* menghasilkan produk media pembelajaran yang selanjutnya diuji kevalidan dan kepraktisannya. Uji kevalidan dilaksanakan oleh tiga validator, yaitu validator materi, validator media, dan praktisi (guru mata pelajaran matematika) yang masing-masing memiliki kualifikasi pendidikan minimal magister pada bidang terkait. Apabila hasil validasi menyatakan produk belum valid, dilakukan revisi hingga produk memenuhi kriteria valid. Produk yang telah dinyatakan valid selanjutnya diujicobakan secara terbatas kepada 15 peserta didik kelas XII D SMA Diponegoro Tumpang, sebagaimana alur pada Gambar 3.



Gambar 3. Alur Desain Uji Coba Produk

Tahap Disseminate

Tahap *Disseminate* pada penelitian ini dilaksanakan secara terbatas mengingat keterbatasan waktu dan sumber daya penelitian, berupa penyebaran akses media pembelajaran melalui tautan HTML dan QR Code kepada subjek uji coba.

Subjek Uji Coba

Subjek uji coba penelitian ini adalah peserta didik kelas XII D SMA Diponegoro Tumpang yang dipilih menggunakan teknik *purposive sampling* sebanyak 15 peserta didik. Subjek uji coba dikelompokkan secara merata ke dalam tiga kategori kemampuan matematika, yaitu tinggi, sedang, dan rendah, masing-masing terdiri atas lima peserta didik, berdasarkan rekapitulasi nilai ujian matematika yang dikombinasikan dengan rekomendasi guru mata pelajaran. Selain itu, uji kepraktisan juga melibatkan satu guru mata pelajaran matematika sebagai praktisi.

Jenis Data dan Instrumen

Data yang dikumpulkan terdiri atas data kualitatif berupa saran dan kritik dari validator serta pengguna, dan data kuantitatif berupa skor penilaian pada skala 1-4 (1 = sangat tidak baik/sesuai/setuju; 2 = tidak baik/sesuai/setuju; 3 = baik/sesuai/setuju; 4 = sangat baik/sesuai/setuju) yang diperoleh melalui angket. Instrumen penelitian meliputi lembar validasi instrumen, lembar validasi materi, lembar validasi media, lembar validasi praktisi, dan angket respons pengguna.

Teknik Analisis Data

Data kuantitatif dianalisis menggunakan rumus rata-rata tiap aspek ($S = \sum X_i/N$) dan rata-rata seluruh aspek (K atau $NK = \sum S_i/N$) yang diadaptasi dari Sudjana (2009), kemudian hasilnya dikonversikan ke dalam kategori kualitatif berdasarkan kriteria yang diadaptasi dari Widoyoko (2012), sebagaimana disajikan pada Tabel 1. Data kualitatif berupa saran dan masukan dari validator serta pengguna dianalisis secara deskriptif untuk merumuskan revisi produk.

Tabel 1. Kriteria Interpretasi Hasil Validasi dan Kepraktisan pada Skala 1-4

Rentang Rata-Rata	Kriteria	Keputusan
$3 \leq k < 4$	Valid	Media/instrumen dinyatakan valid atau tepat, tanpa atau dengan sedikit revisi
$2 \leq k < 3$	Kurang Valid	Media/instrumen dinyatakan kurang valid atau kurang tepat, memerlukan beberapa revisi

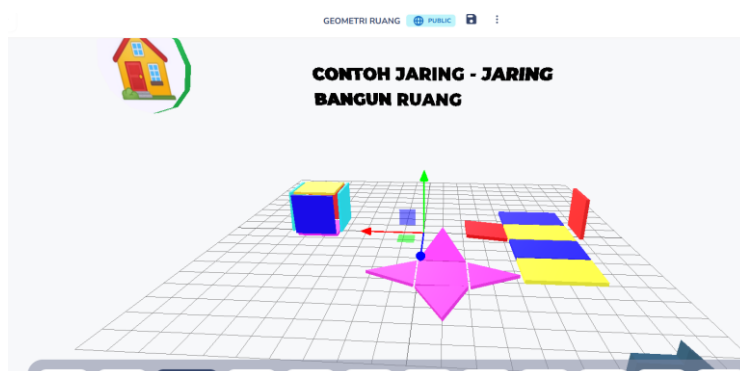
Diadaptasi dari Widoyoko (2012)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Tahap Define dan Design

Analisis kondisi awal menunjukkan bahwa pembelajaran matematika di SMA Diponegoro Tumpang masih bertumpu pada buku teks cetak dua dimensi yang menampilkan informasi secara statis, sehingga kurang mendorong visualisasi spasial peserta didik secara mendalam. Kondisi ini paling terasa ketika peserta didik mempelajari materi geometri ruang, karena banyak peserta didik merasa kesulitan membayangkan letak titik, garis bantu, maupun bidang tegak lurus dari gambar dua dimensi. Analisis peserta didik menegaskan bahwa jam pelajaran matematika yang terbatas turut berkontribusi pada rendahnya konsentrasi dan pemahaman konseptual peserta didik, sementara peserta didik sendiri menunjukkan kecenderungan menyukai pembelajaran berbasis gawai atau *smartphone*. Berdasarkan temuan tersebut, dirumuskan tujuan pembelajaran, yaitu meningkatkan kemampuan visualisasi spasial peserta didik kelas XII pada materi geometri ruang melalui objek digital tiga dimensi yang interaktif.

Pada tahap Design, dihasilkan objek tiga dimensi bangun ruang menggunakan Blender3D 2.15, materi dan latihan soal menggunakan Canva, serta kuis interaktif menggunakan Quizizz, yang selanjutnya diintegrasikan ke dalam platform *Assemblr Education* sehingga dapat diproyeksikan sebagai objek *Augmented Reality*. Media memungkinkan peserta didik memanipulasi objek bangun ruang, seperti memutar, memperbesar, dan mengamatinya dari berbagai sudut pandang, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Tampilan Objek *Augmented Reality* Materi Geometri Ruang pada Platform *Assemblr Education*

Hasil Validasi Ahli

Validasi Instrumen

Validasi instrumen dilaksanakan sebagai tahap awal sebelum pelaksanaan validasi materi, media, dan praktisi. Rata-rata hasil validasi instrumen ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata-Rata Hasil Validasi Instrumen Penelitian

Lembar Validasi	Jumlah Item	Rata-Rata	Kategori
Angket Analisis Kebutuhan Guru	10	3,00	Valid
Angket Analisis Kebutuhan Peserta Didik	10	3,10	Kurang Valid
Angket Respons Peserta Didik	10	3,00	Valid
Angket Ahli Media	10	3,00	Valid
Angket Ahli Materi	10	3,00	Valid
Angket Praktisi	10	3,00	Valid

Penilaian terhadap seluruh perangkat instrumen menunjukkan bahwa sebagian besar lembar validasi berada pada kategori valid dengan rerata skor sebesar 3,00, sehingga instrumen penelitian dinyatakan layak digunakan sebagai alat ukur evaluasi dengan catatan perbaikan minor pada bagian yang belum memenuhi kriteria.

Validasi Materi

Validasi materi dilaksanakan untuk menilai kualitas isi media pembelajaran yang dikembangkan. Rata-rata hasil validasi materi ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rata-Rata Hasil Validasi Materi

Aspek Penilaian	Rata-Rata	Kategori
Kelayakan Isi	2,80	Kurang Valid
Penyajian	3,25	Valid
Visualisasi Spasial	3,30	Valid
Bahasa	3,30	Valid
Rata-Rata Keseluruhan	3,16	Valid

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa aspek kelayakan isi masih tergolong kurang valid dengan rerata 2,80, disebabkan oleh ditemukannya kekeliruan simbol, kesalahan penulisan contoh, dan kejelasan bahasa yang perlu diperbaiki. Peneliti selanjutnya melakukan sejumlah perbaikan berdasarkan masukan validator materi, antara lain penulisan lambang panjang garis yang seharusnya dicetak miring, perbaikan istilah “diagonal sisi” menjadi “diagonal bidang”, serta penggantian sapaan “anda” menjadi “kamu” agar lebih komunikatif bagi peserta didik. Secara akumulatif, aspek materi memperoleh rerata akhir 3,16 yang termasuk kategori valid, sehingga materi dalam media pembelajaran ini dinilai representatif untuk disajikan kepada peserta didik.

Validasi Media

Validasi kelayakan media bertujuan menilai kualitas rekayasa media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* yang dikembangkan. Rata-rata hasil validasi media ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rata-Rata Hasil Validasi Kelayakan Media

Aspek Penilaian	Rata-Rata	Kategori
Tampilan	3,75	Valid
Rekayasa Media	2,60	Kurang Valid

<i>Augmented Reality</i>	3,60	Valid
Kemanfaatan	3,20	Valid
Rata-Rata Keseluruhan	4,49	Valid

Pengujian aspek tampilan dan pemanfaatan teknologi *Augmented Reality* memperoleh kategori valid, sementara aspek rekayasa media (2,60) dikategorikan kurang valid sehingga memerlukan perbaikan teknis. Secara keseluruhan, media pembelajaran ini dikategorikan valid dengan beberapa revisi. Berdasarkan masukan validator ahli media, peneliti melakukan dua perbaikan utama, yaitu penyesuaian tekstur dan warna objek tiga dimensi bangun ruang agar tampak lebih jelas saat diproyeksikan, serta perbaikan fungsi tombol navigasi pada media agar bekerja sesuai dengan yang seharusnya.

Validasi Praktisi

Validasi praktisi dilaksanakan oleh guru mata pelajaran matematika untuk menilai kepraktisan media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* pada materi geometri ruang. Rata-rata hasil validasi praktisi ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Rata-Rata Hasil Validasi Kelayakan Media oleh Praktisi

Aspek Penilaian	Rata-Rata	Kategori
Kelayakan Isi	3,25	Valid
Kepraktisan	2,60	Kurang Valid
<i>Augmented Reality</i>	3,30	Valid
Kemanfaatan	3,00	Valid
Rata-Rata Keseluruhan	3,00	Valid

Penilaian praktisi menunjukkan bahwa media pembelajaran ini layak dan valid untuk diterapkan, dengan rerata skor keseluruhan 3,00. Aspek isi, integrasi fitur *Augmented Reality*, dan kemanfaatannya dinilai sudah sesuai, meskipun aspek kepraktisan (2,60) masih memerlukan penyempurnaan karena media yang dikembangkan masih bergantung pada akses internet dan spesifikasi smartphone yang memadai. Berdasarkan masukan tersebut, peneliti melakukan tiga perbaikan, yaitu memperbesar ukuran QR Code pada bahan ajar cetak dan menambahkan tautan langsung (direct link), mengubah warna garis bantu proyeksi jarak agar lebih kontras dengan rusuk utama bangun ruang, serta menyusun ulang alur kegiatan pembelajaran agar eksplorasi media dan kuis evaluasi terintegrasi secara lebih efisien.

Hasil Uji Kepraktisan oleh Peserta Didik

Uji coba produk dilaksanakan secara terbatas terhadap 15 peserta didik kelas XII D SMA Diponegoro Tumpang setelah media dinyatakan valid oleh para ahli. Rata-rata skor tiap pernyataan pada angket respons peserta didik ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Rata-Rata Skor Angket Respons Peserta Didik (N = 15)

No	Pernyataan	Rata-Rata
1	Tampilan media pembelajaran berbasis <i>Augmented Reality</i> menarik perhatian peserta didik.	3,20

2	Kombinasi warna, gambar, dan objek 3D pada media membuat pembelajaran lebih menarik.	3,33
3	Media mudah digunakan saat pembelajaran berlangsung.	3,27
4	Petunjuk penggunaan media mudah dipahami.	2,80
5	Peserta didik tidak mengalami kesulitan dalam menggunakan media.	2,93
6	Materi geometri ruang yang disajikan mudah dipahami.	3,27
7	Penyajian materi pada media membantu memahami konsep geometri ruang.	3,20
8	Objek 3D membantu memahami bentuk bangun ruang dengan lebih jelas.	3,27
9	Media membantu memahami materi jarak titik ke titik dan titik ke garis.	3,33
10	Penggunaan media membantu peserta didik lebih bersemangat belajar matematika.	3,40

Berdasarkan perhitungan rata-rata semua pengguna dengan rumus $NK = \Sigma Ki/N$, diperoleh ΣKi sebesar 53,87 dari 15 responden sehingga $NK = 53,87/15 = 3,59$. Nilai tersebut berada pada rentang $3 \leq k < 4$ sehingga media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* ini dikategorikan sangat praktis dan layak diterapkan dalam pembelajaran geometri ruang.

Pembahasan

Pengembangan media pembelajaran matematika berbasis *Augmented Reality* ini dimaksudkan untuk menjawab tantangan visualisasi spasial peserta didik kelas XII SMA pada topik geometri ruang. Pemanfaatan platform *Assemblr Education* dipilih sebagai sarana utama untuk menghadirkan objek tiga dimensi secara interaktif ke dalam lingkungan belajar. Prosedur pengembangan produk dilaksanakan berdasarkan tahapan sistematis model 4D yang meliputi *Define*, *Design*, *Develop*, dan *Disseminate*. Berdasarkan keseluruhan data evaluasi yang terhimpun dari validator dan pengguna, media yang dikembangkan telah teruji memenuhi parameter kevalidan dan kepraktisan.

Fase *Define* yang berfokus pada observasi lapangan di SMA Diponegoro Tumpang mengindikasikan dominasi penggunaan bahan ajar dua dimensi konvensional yang menimbulkan hambatan abstraksi ketika peserta didik memahami posisi titik, garis, dan bidang. Kondisi ini sejalan dengan pendapat Lestari et al. (2021) yang menyatakan bahwa penyelesaian masalah geometri ruang membutuhkan kemampuan visualisasi spasial, yaitu kemampuan mental peserta didik untuk menggeser dan memutar objek tiga dimensi secara tepat. Berangkat dari kondisi tersebut, tahap *Design* dilaksanakan dengan mengombinasikan pemodelan objek 3D pada Blender, desain antarmuka melalui Canva, serta penerbitan proyeksi *Augmented Reality* melalui *Assemblr Education*. Fitur manipulasi seperti pemutaran dan pembesaran sudut pandang memberikan keleluasaan bagi peserta didik untuk mengeksplorasi bentuk bangun ruang secara mandiri. Hal ini sejalan dengan temuan Azka et al. (2022) yang menegaskan bahwa keunggulan teknologi *Augmented Reality* terletak pada kemampuannya menampilkan elemen digital ke dalam lingkungan nyata secara langsung, sehingga secara teoretis mampu menekan efek terbaginya perhatian (*split-attention effect*) sekaligus menyederhanakan pemahaman konsep yang semula abstrak.

Kualitas teoretis dan teknis media selanjutnya diverifikasi melalui tahap validasi ahli sebelum diujicobakan ke lapangan. Hasil penilaian ahli materi mencatatkan skor rata-rata 3,16 dengan kategori valid, menandakan kedalaman materi telah selaras dengan capaian kurikulum, sedangkan evaluasi ahli media memperoleh kategori valid yang dipengaruhi oleh kestabilan proyeksi objek tiga dimensi, keterbacaan antarmuka, dan kemudahan navigasi. Temuan ini mengonfirmasi bahwa media

pembelajaran yang dikembangkan telah memadai secara substansi maupun rekayasa media. Tingkat keterpakaian produk selanjutnya diukur melalui uji kepraktisan yang melibatkan praktisi lapangan serta kelompok terbatas peserta didik. Penilaian guru mata pelajaran matematika menunjukkan skor rata-rata 3,00 dengan kategori valid/praktis, yang berarti media ini efisien dan tidak menyulitkan ketika diterapkan dalam pembelajaran di kelas. Sementara itu, respons 15 peserta didik menghasilkan nilai rata-rata keseluruhan (NK) sebesar 3,59 yang berada pada kategori sangat praktis. Penggunaan media *Augmented Reality* terbukti mampu memicu antusiasme belajar peserta didik serta mempermudah mereka memahami relasi antarunsur ruang secara nyata. Temuan ini memperkuat hasil penelitian Nadzeri et al. (2024) serta Kuncara dan Pradja (2025) yang menyimpulkan bahwa interaksi visual secara langsung melalui media *Augmented Reality* dapat memberikan pengalaman belajar yang aktif, sehingga efektif melatih kepekaan orientasi ruang (*spatial orientation*) peserta didik secara mandiri.

Dengan demikian, pembahasan ini mempertegas bahwa media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* yang dikembangkan bukan hanya memenuhi standar kevalidan secara teoretis dan teknis, tetapi juga teruji praktis digunakan dalam pembelajaran peserta didik kelas XII SMA pada materi geometri ruang. Kehadiran media ini terbukti mampu meminimalkan hambatan visualisasi objek tiga dimensi yang abstrak, sehingga membantu peserta didik menciptakan pengalaman belajar matematika yang lebih kontekstual dan interaktif.

Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki sejumlah keterbatasan yang perlu diperhatikan. Pertama, kinerja media sangat bergantung pada stabilitas jaringan internet karena pemanggilan objek visual tiga dimensi dan pemindaian kode QR pada platform *Assemblr Education* memerlukan akses data yang cepat. Kedua, media menuntut spesifikasi perangkat keras tertentu, yaitu ponsel pintar berbasis Android minimal versi 6.0 (Marshmallow) dengan kinerja kamera memadai; pada perangkat berspesifikasi rendah, respons animasi tiga dimensi cenderung mengalami penurunan kecepatan. Ketiga, cakupan materi media secara khusus dibatasi pada topik geometri ruang (dimensi tiga) kelas XII SMA. Keempat, evaluasi kepraktisan baru menyangkut kelompok kecil peserta didik di satu sekolah mitra, yaitu SMA Diponegoro Tumpang, dan belum menjangkau pengujian efektivitas hasil belajar melalui desain eksperimen berskala luas.

SIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan media pembelajaran matematika berbasis *Augmented Reality* melalui platform *Assemblr Education* dengan pendekatan visualisasi spasial pada materi geometri ruang kelas XII SMA melalui prosedur model pengembangan 4D yang meliputi tahap Define, Design, Develop, dan Disseminate secara sistematis dan terstruktur. Hasil uji validitas menunjukkan bahwa media dinyatakan valid oleh ahli materi dengan rerata skor 3,16 dan oleh ahli media dengan kategori valid, sehingga materi maupun rekayasa media telah memenuhi standar kelayakan secara teoretis dan teknis. Hasil uji kepraktisan menunjukkan bahwa media dikategorikan valid/praktis berdasarkan penilaian praktisi (guru matematika) dengan rerata skor 3,00, serta dikategorikan sangat praktis berdasarkan respons 15 peserta didik dengan nilai rata-rata keseluruhan (NK) sebesar 3,59. Dengan demikian, media pembelajaran geometri ruang berbasis *Augmented Reality* yang dikembangkan dinyatakan valid dan praktis untuk diimplementasikan dalam pembelajaran matematika di kelas XII SMA.

Berdasarkan temuan tersebut, disarankan agar pendidik mengintegrasikan media ini sebagai salah satu opsi bahan ajar interaktif dengan tetap memastikan stabilitas jaringan internet dan kesiapan

perangkat peserta didik. Peserta didik disarankan memanfaatkan secara optimal fitur manipulasi objek tiga dimensi untuk melatih kepekaan spasial secara mandiri. Penelitian selanjutnya disarankan menindaklanjuti hasil ini dengan menguji efektivitas hasil belajar melalui desain eksperimen yang melibatkan kelompok kontrol, memperluas cakupan materi ke topik matematika abstrak lainnya, mengeksplorasi fitur luring pada platform *Augmented Reality*, serta mengoptimalkan ukuran aset objek tiga dimensi agar media tetap responsif pada perangkat dengan spesifikasi menengah ke bawah.

DAFTAR PUSTAKA

- Azka, N., Wahyudin, & Prasetyo, Y. (2022). Pengembangan Media *Augmented Reality* Jarkomify untuk Meningkatkan Logical Thinking Siswa. *Jurnal Sistem Informasi dan Teknologi*, 5(2). <https://doi.org/10.56995/sintek.v5i2.178>
- Darmayanti, R., Laila, A. R., Khan, S., & Dien Fitriyah, I. (2023). Students' Attitudes Towards Learning Mathematics: "Too Soft Attitudes-Very Difficult-Boring-In A Good Way". *Indonesia Journal of Learning and Educational Studies*, 1(1), 29–50.
- Indaryanti, R. B., Murtiyasa, B., & Soemardjoko, B. (2025). 4D Research and Development Model: Trends, Challenges, and Opportunities Review. *Jurnal Kajian Ilmiah*, 25(1), 91–98.
- Karyadi, B. (2023). Pemanfaatan Kecerdasan Buatan dalam Mendukung Pembelajaran Mandiri. *Educate*, 8(2), 253–258. <https://doi.org/10.32832/educate.v8i02.14843>
- Kemendikbud. (2022). Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2022 tentang Standar Proses pada Pendidikan Anak Usia Dini, Jenjang Pendidikan Dasar, dan Jenjang Pendidikan Menengah. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Kuncara, F. N., & Pradja, B. P. (2025). Analysis of the Use of *Augmented Reality*. *Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, 10(2), 299–313.
- Kustandi, C., & Darmawan, D. (2020). Pengembangan Media Pembelajaran: Konsep dan Aplikasi Pengembangan Media Pembelajaran bagi Pendidik di Sekolah dan Masyarakat. Prenadamedia Group.
- Lestari, W. (2025). Development of Interactive Learning Media Based on *Augmented Reality* for Solid Geometry Concepts. *Journal of Development and Innovation in Mathematics Education*, 3(1), 48–56.
- Lestari, Budiarto, M. T., & Lukito, A. (2021). Analisis Kemampuan Spatial Visualization Siswa Sekolah Dasar dalam Pemecahan Masalah Geometri Ditinjau dari Kemampuan Matematika Tingkat Tinggi. *Elementary School Education Journal*, 5(1), 55–66.
- Nadzeri, M. B., Musa, M., & Ismail, I. (2024). The Effects of *Augmented Reality* Geometry Learning Applications on Spatial Visualization Ability for Lower Primary School Pupils. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 18(16), 104–118.
- Nursit, I., Fathani, A. H., Widiyanti, R., & Doluubeng, M. Y. (2025). Beyond "Math Is Hard": A Systematic Review of the Integration of Philosophy in Mathematics Education. *EDUCASIA: Jurnal Pendidikan, Pengajaran, dan Pembelajaran*, 10(2), 283–304.
- Rahman, I., Amaliyah, N., Amaliyah, A. M., & Denggo, C. R. (2024). Pengaruh Media Pembelajaran Digital terhadap Motivasi Belajar Siswa: Kajian Studi Literatur. *Jurnal Pendidikan Dasar Islam*, 2(2), 77–86.

- Raudah, S., Suriansyah, A., & Cinantya, C. (2024). Efektivitas Penggunaan Media Pembelajaran Interaktif dalam Meningkatkan Keaktifan dan Minat Belajar pada Siswa Sekolah Dasar. MARAS: Jurnal Penelitian Multidisiplin, 2(1), 2092–2097.
- Sugiyono. (2013). Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Alfabeta.
- Widoyoko, S. E. P. (2012). Teknik Penyusunan Instrumen Penelitian. Pustaka Pelajar.

Malang,.....
Pembimbing I,

Yuli Ismi Nahdiyati Ilmi, S.Pd., M.Pd
NPP.19160719132226