

**PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN *AUGMENTED REALITY*
BERBASIS PENDEKATAN SAINTIFIK UNTUK MENINGKATKAN
KEMAMPUAN SPASIAL PADA PEMBELAJARAN
MATEMATIKA**

Tesis

Oleh

**SITI AHIDIYAH
NPM. 2323021030**



**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER PENDIDIKAN MATEMATIKA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

**PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN *AUGMENTED REALITY*
BERBASIS PENDEKATAN SAINTIFIK UNTUK MENINGKATKAN
KEMAMPUAN SPASIAL PADA PEMBELAJARAN
MATEMATIKA**

Oleh

SITI AHIDIYAH

Tesis

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
MAGISTER PENDIDIKAN**

Pada

**Program Studi Magister Pendidikan Matematika
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan**



**PROGRAM STUDI MAGISTER PENDIDIKAN MATEMATIKA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

ABSTRAK

PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN *AUGMENTED REALITY* BERBASIS PENDEKATAN SAINTIFIK UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN SPASIAL PADA PEMBELAJARAN MATEMATIKA

Oleh

SITI AHIDIYAH

Penelitian pengembangan ini bertujuan untuk mengembangkan media pembelajaran *augmented reality* (AR) berbasis pendekatan saintifik yang valid, praktis dan efektif dalam meningkatkan kemampuan spasial matematika siswa. Penelitian ini didasari oleh rendahnya kemampuan spasial matematika. Pengembangan dilakukan dengan menggunakan model ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*). Penelitian ini dilakukan di UPTD SMP Negeri 11 Pesawaran pada semester ganjil tahun pelajaran 2025/2026. Rancangan penelitian menggunakan *pretest-posttest experimental control group design*. Teknik pengumpulan data meliputi wawancara, observasi, angket, dan tes kemampuan spasial matematika. Instrumen penelitian terdiri dari instrumen tes dan non tes (angket dan observasi). Hasil penelitian menunjukkan bahwa media pembelajaran AR tergolong valid berdasarkan penilaian ahli materi sebesar 0,867 dan ahli media sebesar 0,875, praktis berdasarkan respon peserta didik sebesar 0,904 dan respon guru matematika sebesar 0,90. Selanjutnya, media pembelajaran AR efektif berdasarkan uji t pada data N-Gain. Dengan demikian, media pembelajaran AR berbasis pendekatan saintifik memenuhi kriteria valid, praktis dan efektif untuk meningkatkan kemampuan spasial matematika siswa.

Kata Kunci : Media Pembelajaran, *Augmented Reality* (AR), Pendekatan Saintifik, Kemampuan Spasial

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF AUGMENTED REALITY LEARNING MEDIA BASED ON A SCIENTIFIC APPROACH TO IMPROVE SPATIAL ABILITY IN MATHEMATICS LEARNING

By

SITI AHIDIYAH

This development research aims to develop a valid, practical, and effective augmented reality (AR) learning medium based on a scientific approach to improve students' mathematical spatial abilities. This research is based on the low level of mathematical spatial abilities. The development was carried out using the ADDIE model (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation). This research was conducted at UPTD SMP Negeri 11 Pesawaran in the odd semester of the 2025/2026 academic year. The research design used a pretest-posttest experimental control group design. Data collection techniques included interviews, observations, questionnaires, and mathematical spatial ability tests. The research instruments consisted of test and non-test instruments (questionnaires and observations). The results showed that the AR learning media was valid based on the assessment of subject matter experts (0.867) and media experts (0.875) and practical based on the responses of students (0.904) and mathematics teachers (0.90). Furthermore, AR learning media is effective based on the t-test on N-Gain data. Thus, AR learning media based on a scientific approach meets the criteria of validity, practicality, and effectiveness in improving students' mathematical spatial abilities.

Keywords: Learning Media, Augmented Reality (AR), Scientific Approach, Spatial Ability

Judul Tesis

**PENGEMBANGAN MEDIA
PEMBELAJARAN *AUGMENTED*
REALITY BERBASIS PENDEKATAN
: SAINTIFIK UNTUK MENINGKATKAN
KEMAMPUAN SPASIAL PADA
PEMBELAJARAN MATEMATIKA**

Nama Mahasiswa : Siti Ahidiyah

Nomor Pokok Mahasiswa : 2323021030

Program Studi : Magister Pendidikan Matematika

Jurusan : Pendidikan MIPA

Fakultas : Keguruan dan Ilmu Pendidikan



Pembimbing I,

Prof. Dr. Sugeng Sutiarto, M.Pd.
NIP. 19690914 199403 1 002

Pembimbing II,

Dr. Rangga Firdaus, M.Kom.
NIP. 19741010 200801 1 015

Mengetahui

Ketua Jurusan
Pendidikan MIPA

Dr. Nurhanurawati, M.Pd.
NIP. 1967008 199103 2 001

Ketua Program Studi
Magister Pendidikan Matematika

Dr. Caswita, M.Si.
NIP. 19671004 199303 1 004

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Prof. Dr. Sugeng Sutiarmo, M.Pd.

Sekretaris : Dr. Ranga Firdaus, M.Kom.

Penguji : Prof. Dr. Undang Rosidin, M.Pd.

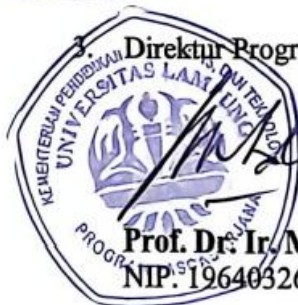
Dr. Nurhanurawati, M.Pd.



Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Dr. Albet Maydiantoro, S.Pd., M.Pd.

NIP. 19870504 201404 1 001



Direktur Program pascasarjana

Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si.

NIP. 19640326 198902 1 001

4. Tanggal Lulus Ujian Tesis : 26 Januari 2026

PERNYATAAN TESIS MAHASISWA

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Siti Ahidiyah
Nomor Pokok Mahasiswa : 2323021030
Program Studi : Magister Pendidikan Matematika
Jurusan : Pendidikan MIPA
Fakultas : Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Dengan ini menyatakan bahwa dalam tesis ini adalah karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atas karya penulis lain dengan cara yang tidak sesuai yang berlaku dalam masyarakat atau yang disebut plagiarisme. Hak intelektual atas karya saya diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung. Atas pernyataan ini apabila di kemudian hari adanya ketidakbenaran, saya bertanggung jawab atas akibat dan sanksi yang diberikan oleh saya.

Bandar lampung, 26 Januari 2026

Yang menyatakan



Siti Ahidiyah
NPM. 2323021030

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama Siti Ahadiyah, lahir di Pesawaran Lampung pada tanggal 24 Desember 1989. Penulis merupakan putri ketiga dari Bapak Sulaiman dan Ibu Suratini serta adik dari Siti Hikmah dan Ahmad Rosyid.

Riwayat pendidikan penulis dimulai dari SD Negeri 4 Poncokresno dan lulus pada tahun 2001. Selanjutnya, penulis menyelesaikan SMP Negeri 2 Tegineneng pada tahun 2004, dan MAN 1 Bandar Lampung lulus pada tahun 2007.

Tahun 2007, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Pendidikan Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi di Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta dan lulus pada tahun 2013. Saat ini penulis sedang melanjutkan pendidikan ke Jenjang Magister di Pascasarjana Universitas Lampung (UNILA) pada Jurusan Pendidikan MIPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Program Studi Magister Pendidikan Matematika.

MOTTO

إِنَّ اللَّهَ لَا يُغَيِّرُ مَا بِقَوْمٍ حَتَّى يُغَيِّرُوا مَا بِأَنْفُسِهِمْ

“Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah keadaan suatu kaum sehingga mereka mengubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri.”

(Q.S. Ar-R’ad : 11)

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan.”

(QS. Al-Insyirah: 5).

“Selama kamu yakin, tak ada yang tak mungkin. Percaya dirilah,
kamu lebih hebat dari yang kamu pikirkan”.

“Life is Choice”

(Hidup itu Pilihan)

PERSEMBAHAN

Segala puji bagi Allah Subhanahu Wa Ta'ala, Dzat Yang Maha Sempurna. Sholawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada Rasulullah Muhammad Shallallahu 'Alaihi Wassalam. Kupersembahkan karya ini sebagai tanda cinta dan kasih sayangku kepada.

1. Kedua orangtua ku tercinta Ayah Sulaiman dan Ibu Suratini, yang telah sepenuh hati membesarkan, mendidik, mendoakan serta menjadi motivator terbesar dalam hidup.
2. Suami tercinta Arib Agus Wibowo yang selalu mendampingi, memberikan support, dukungan, semangat dan segala hal untuk terus bangkit menjadi pribadi yang lebih baik lagi.
3. Anak-anak ku tersayang Annora, Adelia dan Aufal yang selalu memberikan semangat kepada Ibu untuk terus menjadi sosok yang lebih baik agar menjadi contoh untuk kalian kelak.
4. Teruntuk Yuk Hikmah, Pakde Dzakhir, Mas Rosid, Bude Ning, terimakasih atas kasih sayang, do'a dan dukungan yang diberikan.

Semoga kalian semua selalu diberikan kesehatan, keberkahan, rahmat, hidayat, selalu diberikan kemudahan, kelancaran, dan selalu dalam lindungan Allah SWT. Amiin...

SANWACANA

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat, anugerah dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal tesis ini yang berjudul **“Pengembangan Media Pembelajaran *Augmented Reality* Berbasis Pendekatan Saintifik untuk Meningkatkan Kemampuan Spasial pada Pembelajaran Matematika.”** Shalawat dan salam semoga selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, yang menjadi suri tauladan bagi umatnya dan semoga selalu mendapat syafa’atnya di yaumul kiamah.

Proposal tesis ini disusun sebagai syarat untuk mencapai gelar Magister Pendidikan Matematika pada Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Program Pascasarjana Universitas Lampung. Dalam penulisannya, penulis mendapatkan dukungan, bimbingan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih banyak dengan tulus dan ikhlas kepada semua pihak yang telah berkontribusi, baik langsung maupun tidak langsung, sehingga proposal ini dapat diselesaikan.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa terselesaikannya penyusunan proposal tesis ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang tulus ikhlas kepada:

1. Bapak Prof Dr. Sugeng Sutiarto, M.Pd., selaku Dosen Pembimbing I dan Pembimbing Akademik yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk konsultasi dan memberikan bimbingan, sumbangan pemikiran, kritik, dan saran selama penyusunan tesis, sehingga tesis ini menjadi lebih baik.
2. Bapak Dr. Ranga Firdaus, M.Kom., selaku Dosen Pembimbing II yang telah bersedia meluangkan waktu untuk membimbing, memberikan

perhatian, motivasi, dan semangat kepada penulis demi terselesaikannya tesis ini.

3. Bapak Prof. Dr. Undang Rosidin, M.Pd., selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan masukan, kritik, dan saran yang membangun kepada penulis.
4. Bapak dan Ibu dosen Magister Pendidikan Matematika di Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan yang telah memberikan bekal ilmu pengetahuannya.
5. Bapak Dr. Caswita, M.Si., selaku selaku Ketua Program Studi Magister Pendidikan Matematika, Universitas Lampung yang telah memberikan penilaian dan saran perbaikan.
6. Bapak Dr Albet Maydiantoro, M.Pd., selaku Dekan FKIP Universitas Lampung, beserta staf dan jajarannya yang telah memberikan bantuan kepada penulis dalam menyelesaikan tesis ini.
7. Bapak Prof. Dr. Murhadi, M.Si., selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung, beserta staf dan jajarannya yang telah memberikan perhatian dan arahan kepada penulis dalam menyelesaikan tesis ini.
8. Ibu Koryati Afiansari, S.Pd., selaku Kepala SMPN 11 Pesawaran beserta Wakil, staff, dan karyawan yang telah memberikan izin dan kemudahan selama penelitian.
9. Bapak Ibu dewan guru dan Peserta didik UPTD SMPN 11 Pesawaran yang telah banyak membantu dalam penelitian.
10. Rekan-rekan dari Magister Pendidikan Matematika Universitas Lampung angkatan 2023, terimakasih atas dukungannya selama ini.
11. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan tesis ini.

Semoga dengan kebaikan, bantuan, dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis mendapatkan balasan pahala yang setimpal dari Allah SWT dan semoga tesis ini dapat bermanfaat.

Bandar Lampung, Januari 2026

Penulis



Siti Ahidiyah

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Identifikasi Masalah	11
1.3 Rumusan Masalah	11
1.4 Tujuan Penelitian.....	12
1.5 Manfaat Penelitian.....	12
II. TINJAUAN PUSTAKA	14
2.1 Pembelajaran Matematika	14
2.2 Media Pembelajaran	15
2.3 <i>Augmented Reality (AR)</i>	16
2.4 Pendekatan <i>Saintifik</i>	17
2.5 Kemampuan Spasial.....	18
2.6 Assemblr EDU	22
2.7 Penelitian yang Relevan	24
2.8 Definisi Operasional.....	26
2.9 Kerangka Berpikir	27
2.10 Hipotesis Penelitian.....	28
III. METODE PENELITIAN	29
3.1 Jenis Penelitian	29
3.2 Desain Penelitian.....	29
3.3 Prosedur Penelitian.....	32
3.3.1 Analisis (<i>Analyze</i>)	32
3.3.2 Desain (<i>Design</i>).....	34
3.3.3 Pengembangan (<i>Development</i>).....	35
3.3.4 Implementasi (<i>Implementation</i>)	35
3.3.5 Evaluasi (<i>Evaluation</i>)	36
3.4 Subjek Penelitian.....	37
3.5 Teknik Pengumpulan Data	38
3.6 Instrumen Penelitian.....	40
3.7 Uji Instrumen Pengumpulan Data	42

3.8 Teknik Analisi Data	51
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	57
4.1 Hasil Penelitian	57
4.1.1 Tahap Analisis (<i>Analyzed</i>).....	57
4.1.2 Tahap Design (<i>Design</i>).....	59
4.1.3 tahap Pengembangan (<i>Development</i>).....	60
4.1.4 Tahap Implementasi (<i>Implementasion</i>).....	65
4.1.5 Tahap Evaluasi (<i>Evaluation</i>).....	66
4.2 Pembahasan.....	68
V. KESIMPULAN DAN SARAN	71
5.1 Kesimpulan.....	71
5.2 Saran.....	72
DAFTAR PUSTAKA	73
LAMPIRAN.....	79

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1.1 Hasil Skor Matematika PISA Indonesia Tahun 2022	2
1.2 Skor Rata-Rata Indonesia pada Konten PISA Tahun 2022	3
1.3 Hasil Pencapaian TIMSS Indonesia	4
1.4 Analisis Kebutuhan Peserta Didik	8
2.1 Tes yang Mengukur Komponen Kemampuan Spasial	20
2.2 Definisi Faktor-faktor Tes Kemampuan Spasia	21
2.3 Indikator Kemampuan Spasial Matematika	22
3.1 Konsep dan Prosedur Desain Pembelajaran Model ADDIE	31
3.2 <i>Pre-Post Control Group Design</i>	38
3.3 Kisi-kisi Instrumen Wawancara Guru dan Siswa	43
3.4 Skor Skala Likert	43
3.5 Kisi-kisi Instrumen Validasi Materi	44
3.6 Kisi-kisi Instrumen Validasi Media	45
3.7 Kisi-kisi Instrumen Respon Siswa	45
3.8 Kisi-kisi Instrumen Respon Guru	46
3.9 Kisi-kisi Instrumen Tes Kemampuan Spasial Matematika	46
3.10 Hasil Uji validitas Soal	47
3.11 Klasifikasi Uji Reliabilitas	48
3.12 Kriteria Indeks Kesukaran Soal	48
3.13 Hasil Uji Tingkat kesukaran	49
3.14 Interpretasi Nilai Daya Pembeda	50
3.15 Hasil Uji daya Pembeda	50
3.16 Kesimpulan Analisis Hasil Uji Coba Soal Tes	50
3.17 Kriteria Skor Penilaian Pilihan Jawaban Ahli	51
3.18 Kriteria Interpretasi Kelayakan	52
3.19 Kriteria Skor Penilaian Pilihan Jawaban Responden	52
3.20 Kriteria Kepraktisan	53
3.21 Kriteria Interpretasi N-Gain	54
3.22 Uji Normalitas N-Gain	55
3.23 Uji Homogenitas N-Gain	56
4.1 Capaian Pembelajaran dan Tujuan Pembelajaran	58
4.2 Rekomendasi Perbaikan Multimedia Interaktif Pada Materi	63
4.3 Perbaikan Multimedia Interaktif Pada Media	64
4.4 Analisis Hasil Penilaian Validitas Materi dan Media	65
4.5 Analisis Hasil Penilaian Respons Siswa dan Respons Guru	65
4.6 Hasil Uji Normalitas N-Gain	66

4.7	Hasil Uji Homogenitas N-Gain.....	67
4.8	Hasil Uji t N-Gain	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1 Raport Pendidikan UPTD SMPN 11 Pesawaran Tahun 2024	5
1.2 Raport Pendidikan UPTD SMPN 11 Pesawaran Tahun 2024	6
3.1 Diagram Model ADDIE.....	32
4.1 Tampilan Awal Media AR pada Assemblr EDU	61
4.2 Tampilan Bagian 1 (Halaman Awal)	61
4.3 Tampilan Bagian 2 (Halaman Menu).....	62
4.4 Hasil Perbaikan Materi dari Validator	63
4.5 Hasil Perbaikan Media dari Validator.....	64

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
A. STUDI PENDAHULUAN PENELITIAN.....	80
A.1 Indikator Lembar Wawancara Guru Matematika.....	81
A.2 Lembar Wawancara Guru Matematik	82
A.3 Indikator Lembar Lembar Kuisioner Peserta Didik.....	83
A.4 Lembar Kuisioner Analisis Kebutuhan Peserta Didik	84
A.5 Kisi-Kisi Soal Tes Pendahuluan Penelitian.....	85
A.6 Soal Tes Pendahuluan Penelitian	87
A.7 Kunci Jawaban dan Pedoman Penskoran	88
A.8 Lembar Hasil Wawancara Guru Matematika.....	89
A.9 Hasil Analisis Kemampuan Spasial Peserta Didik	91
A.10 Hasil Analisis Kebutuhan Peserta Didik	92
B. INSTRUMEN PENELITIAN.....	93
B.1 Alur Tujuan Pembelajaran.....	94
B.2 Modul Ajar1	95
B.3 Modul Ajar 2	97
B.4 Modul Ajar 3	99
B.5 Kisi-Kisi Soal Tes Penelitian.....	101
B.6 Instrumen Tes Penelitian dan Pedoman Penskoran.....	103
B.7 Soal Tes Penelitian Kemampuan Spasial Matematika	107
B.8 Lembar Validasi Soal Tes	108
B.9 Lembar Validasi Ahli Materi.....	111
B.10 Lembar Validasi Ahli Media	114
B.11 Lembar Respon Guru	117
B.12 Lembar Respon Peserta Didik	119
C. PRODUK PENELITIAN.....	121
C.1 Tampilan Media <i>Augmented Reality</i>	124
C.2 Lembar Pendamping Media <i>Augmented Reality</i>	135
C.3 Panduan Penggunaan Media <i>Augmented Reality</i>	136
D. HASIL PENILAIAN ANGKET PENELITIAN.....	156
D.1 Hasil Penilaian Validasi Ahli Materi (Validator 1).....	157
D.2 Hasil Penilaian Validasi Ahli Materi (Validator 2)	159
D.3 Hasil Penilaian Validasi Ahli Materi (Validator 3)	161
D.4 Hasil Penilaian Validasi Ahli Media (Validator 1)	163

D.5 Hasil Penilaian Validasi Ahli Media (Validator 2).....	165
D.6 Hasil Penilaian Validasi Ahli Media (Validator 3).....	167
D.7 Hasil Penilaian Validasi Instrumen Tes (Validator 1).....	169
D.8 Hasil Penilaian Validasi Instrumen Tes (Validator 2).....	171
D.9 Hasil Penilaian Validasi Instrumen Tes (Validator 3).....	173
D.10 Hasil Penilaian Respons Siswa 1.....	175
D.11 Hasil Penilaian Respons Siswa 2.....	177
D.12 Hasil Penilaian Respons Siswa 3.....	179
D.13 Hasil Penilaian Respons Siswa 4.....	181
D.14 Hasil Penilaian Respons Siswa 5.....	183
D.15 Hasil Penilaian Respons Siswa 6.....	185
D.16 Hasil Penilaian Respons Guru Matematika	187
E. ANALISIS DATA PENELITIAN	189
E.1 Analisis Hasil Penilaian Validasi Ahli Materi	190
E.2 Analisis Hasil Penilaian Validasi Ahli Media	191
E.3 Analisis Hasil Penilaian Validasi Instrumen Tes	192
E.4 Data Hasil Uji Butir Soal.....	193
E.5 Analisis Uji Validitas Tes	194
E.6 Analisis Uji Reliabilitas Tes.....	195
E.7 Analisis Uji Tingkat Kesukaran Tes	196
E.8 Analisis Uji Daya Beda Tes	197
E.9 Analisis Hasil Penilaian Respons Siswa	198
E.10 Analisis Hasil Penilaian Respons Guru.....	200
E.11 Data Nilai Kelas Eksperimen	201
E.12 Data Nilai Kelas Kontrol.....	202
E.13 Analisis Uji Normalitas <i>Pretest</i>	203
E.14 Analisis Uji Homogenitas <i>Pretest</i>	206
E.15 Analisis Uji <i>t Pretest</i>	207
E.16 Analisis Uji Normalitas <i>Posttest</i>	208
E.17 Analisis Uji Homogenitas <i>Posttest</i>	211
E.18 Analisis Uji <i>t Posttest</i>	212
E.19 Analisis Uji Proporsi <i>Posttest</i>	213
E.20 Analisis Uji Normalitas <i>N-Gain</i>	216
E.21 Analisis Uji Homogenitas <i>N-Gain</i>	219
E.22 Analisis Uji <i>t N-Gain</i>	220
F.PERSURATAN DAN DOKUMENTASI.....	221
F.1 Surat Permohonan Menjadi Validator I	222
F.2 Surat Permohonan Menjadi Validator 2.....	223
F.3 Surat Permohonan Menjadi Validator 3.....	224
F.4 Surat Izin Penelitian.....	225
F.5 Surat Balasan Penelitian	226
F.6 Dokumentasi Uji Coba Instrumen Tes.....	227
F.7 Dokumentasi Penelitian Kelas Eksperimen.....	228
F.8 Dokumentasi Penelitian Kelas Kontrol	229

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pendidikan abad 21 berfokus pada pengembangan kompetensi inti yang memungkinkan siswa untuk berhasil dalam masyarakat yang sangat berbasis teknologi dan sangat terhubung secara global. Hal ini juga mencakup peningkatan spasial, yang memungkinkan siswa tidak hanya untuk mengakses dan memahami informasi berbasis angka, tetapi juga untuk menggunakan teknologi untuk memecahkan masalah kompleks yang berhubungan dengan data dan informasi (Erita et al., 2024).

Dalam konteks sosial, ekonomi, teknologi, dan pendidikan, abad 21 dianggap sebagai masa yang penuh dengan perubahan cepat, disertai dengan tantangan dan peluang baru yang dipengaruhi oleh perkembangan teknologi yang luar biasa. Abad 21, penting untuk memiliki keterampilan yang dapat terus berkembang sepanjang hidup. Pembelajaran tidak lagi terbatas pada pendidikan formal di sekolah atau universitas, tetapi harus berlangsung sepanjang hidup untuk menyesuaikan dengan perubahan yang terjadi di dunia kerja dan masyarakat. Konsep pembelajaran sepanjang hayat ini mendorong individu untuk terus mengembangkan keterampilan dan pengetahuan mereka melalui berbagai bentuk pembelajaran non-formal dan informal (Field, 2006).

Salah satu tantangan utama dalam pendidikan abad 21 adalah bagaimana mempersiapkan generasi muda untuk menghadapinya dengan keterampilan yang relevan. Teknologi pendidikan seperti AR dan VR mulai digunakan dalam kelas untuk membantu siswa memahami konsep yang kompleks serta meningkatkan

pengalaman belajar mereka. Oleh karena itu, pendidikan abad 21 tidak hanya mengandalkan penguasaan pengetahuan, tetapi juga kemampuan untuk beradaptasi dengan perubahan yang cepat melalui penggunaan teknologi yang inovatif.

Masa era revolusi industri 4.0, kemajuan teknologi informasi memberikan dampak signifikan terhadap berbagai aspek kehidupan, termasuk pendidikan. Pendidikan saat ini diharapkan mampu menyesuaikan diri dengan kebutuhan zaman, terutama dalam mengintegrasikan teknologi dalam proses pembelajaran. Teknologi telah menjadi salah satu pilar penting untuk mendukung kegiatan pembelajaran yang interaktif, adaptif, dan sesuai dengan tuntutan dunia digital.

Menurut data dari Kemendikbudristek pada tahun 2022, *Programme for International Student Assessment* (PISA) melibatkan 81 negara, termasuk Indonesia yang memilih sampel secara acak dari berbagai wilayah, termasuk daerah-daerah yang tertinggal. Hasil studi *Program for International Students Assessments* (PISA) pada tahun 2023 menunjukkan bahwa Indonesia berada pada peringkat 66 dari 81 negara dengan jumlah skor matematika 366 (OECD, 2024).

Tabel 1.1 Hasil Skor Matematika pada PISA Indonesia Tahun 2022

No.	Tahun	Skor	Peringkat	Jumlah Negara
1	2003	360	38	40
2	2006	391	50	57
3	2009	371	60	65
4	2012	375	64	65
5	2015	386	62	70
6	2018	379	72	79
7	2022	366	66	81

Sumber: OECD, PISA 2022 *Database*

Laporan studi internasional PISA 2022 menunjukkan kemampuan spasial siswa Indonesia masih tergolong rendah. Rata-rata skor untuk materi yang berkaitan geometri bangun ruang dan bentuk (*space and shape*) hanya mencapai 367, terpaut jauh dari rata-rata skor negara OECD yang berada di angka 490 (Maemunah et al., 2025) yang terlihat pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2 Skor Rata-Rata Indonesia pada Konten PISA Tahun 2022

Konten	Skor Rata-Rata Indonesia
<i>Space and Shape</i>	367
<i>Quantity</i>	363
<i>Uncertainty and data</i>	363
<i>Change and Relationship</i>	362

Sumber: OECD (2023b)

Hasil *Trends in International Mathematics and Science Study* (TIMSS) Indonesia pada tahun 2015 juga menunjukkan bahwa selama tiga periode masih rendah dilihat dari rata-rata skor sebesar 397 dari rata-rata skor internasional sebesar 500 (Martin et al., 2023).

Tabel 1.3 Hasil Pencapaian TIMSS Indonesia

Tahun	Jumlah Negara Partisipan	Peringkat Indonesia	Rata-rata Skor Internasional	Rata-rata Skor Indonesia
2003	46	35	467	411
2007	49	36	500	397
2011	42	38	500	386
2015	49	44	500	397

Sumber: TIMSS 2023 *Assesment Frameworks*

Berdasarkan Tabel 1.3 dapat disimpulkan bahwa peringkat matematika Indonesia tergolong rendah, Untuk memperbaiki kemampuan matematika, siswa harus mempunyai kemampuan dasar matematika. Salah satunya adalah kemampuan penalaran spasial yang memiliki tiga konstruk yaitu: orientasi spasial, visualisasi spasial dan hubungan spasial. Untuk meningkatkan kemampuan penalaran spasial perlu membenahi proses pembelajaran, baik dari segi kurikulum, metode, media, dan bahan ajar yang digunakan. Metode pengajaran yang konvensional dengan media pembelajaran yang kurang mendukung cenderung pada hafalan, sehingga pembelajaran berjalan kurang efektif dan terkesan monoton.

Kemampuan spasial matematika ditingkat SMP juga dikategorikan rendah, seperti halnya menurut penelitian Ningsih & Haerudin (2019) pada penelitiannya di SMP Negeri 3 Karawang Barat, kemampuan spasial matematis berkategori tinggi

hanya sebesar 20%, kategori sedang 63,33%, dan kategori rendah sebesar 16,67%. Sejalan dengan penelitian Khoerullah (2022) menunjukkan persentase kemampuan spasial tingkat berpikir van hiele pada materi bangun ruang sisi datar adalah tingkat visualisasi 52% (13 siswa), tingkat analisis 40% (10 siswa), dan tingkat abstraksi (pengurutan) 8% (2 siswa). Sedangkan kemampuan persepsi spasial 72%, visualisasi spasial 60%, rotasi mental 40%, hubungan spasial 56%, orientasi spasial 48%.

Berdasarkan hasil observasi di UPTD SMP N 11 Pesawaran didapatkan kesimpulan bahwa siswa yang memiliki kemampuan visualisasi spasial 56%, hubungan spasial 38% dan orientasi spasial 28%. Hal ini menunjukkan belum terpenuhinya indikator kemampuan spasial matematis secara utuh, sehingga siswa masih kesulitan membangun presepsi, memvisualisasikan, merotasikan mental, menghubungkan dan mengorientasikan objek matematis. sehingga untuk meningkatkan kemampuan spasial yang dimiliki siswa diperlukan strategi baru, salah satunya dengan menggunakan media pembelajaran digital berbasis AR dalam kegiatan belajar mengajar.

Permasalahan tersebut sejalan dengan temuan mengenai rendahnya kemampuan spasial di UPTD SMPN 11 Pesawaran. Berdasarkan hasil observasi di UPTD SMPN 11 Pesawaran, temuan ini dapat dilihat dari hasil raport pendidikan pada UPTD SMPN 11 pesawaran tahun 2024.

LAPORAN RAPOR PENDIDIKAN UPTD SMPN 11 PESAWARAN TAHUN 2024									
- Laporan ini berisi informasi tentang kondisi layanan di Satuan Pendidikan Anda yang diukur lewat beragam indikator yang terdapat di dalam Rapor Pendidikan. - Bagaimana cara memaknai data Rapor Pendidikan? - Pelajari indikator yang diukur dan hasilnya yang disajikan pada tabel di bawah - Pahami capaian Satuan Pendidikan Anda lewat tabel "Label Capaian" dan "Nilai Capaian" di setiap indikator - Ketahui makna dari hasil capaian Anda dengan melihat kolom "Definisi Capaian" - Ketahui gambaran hasil upaya perbaikan layanan yang sudah dilakukan dengan melihat kolom "Perubahan Nilai Capaian dari Tahun Lalu" - Kenali posisi Satuan Pendidikan Anda di kab/kota/provinsi/nasional lewat kolom "Peringkat". Penjelasan lebih lanjut tentang peringkat dapat dilihat di https://guru.kemdikbud.go.id/artikel/7637rp - Untuk dapat lebih memahami hasil kinerja Satuan Pendidikan Anda, Anda juga dapat menggunakan data yang dikumpulkan secara mandiri atau menggunakan data pendukung lain yang relevan.									
 Identifikasi Refleksi Benahi									
Laporan diperbarui 24 Agu 2024									
No	Indikator	Label Capaian 2024	Nilai Capaian 2024	Definisi Capaian	Perubahan Nilai Capaian dari Tahun Lalu	Nilai Capaian 2023	Peringkat di Kab/Kota	Peringkat secara Nasional	Sumber Data
D.1	Kualitas pembelajaran Nilai rerata untuk kualitas pembelajaran meliputi manajemen kelas, dukungan psikologi, dan metode pembelajaran di survei lingkungan belajar	Sedang	57,15	Pembelajaran mengarah pada peningkatan kualitas yang ditunjukkan dengan suasana kelas yang mulai kondusif dan adanya dukungan afektif serta aktivasi kognitif dari guru.	Turun 4,37	61,52	Peringkat menengah bawah (61-80%)	Peringkat bawah (81-100%)	Asesmen Nasional 2023
D.1.1	Manajemen kelas Nilai rerata untuk keteraturan suasana kelas dan disiplin positif di survei lingkungan belajar		57,56		Turun 6,08	63,64	Peringkat bawah (81-100%)	Peringkat bawah (81-100%)	Asesmen Nasional 2023
D.1.2	Dukungan psikologis Nilai rerata untuk dukungan afektif, perhatian dan kepedulian guru, dan umpan balik konstruktif di survei lingkungan belajar		60,54		Turun 5,41	65,95	Peringkat menengah (41-60%)	Peringkat menengah bawah (61-80%)	Asesmen Nasional 2023
D.1.3	Metode pembelajaran Nilai rerata untuk instruksi yang adaptif, panduan guru, aktivitas interaktif, pembelajaran literasi, pembelajaran numerasi, skor iklim pembelajaran terbuka di survei lingkungan belajar		53,34		Turun 1,64	54,98	Peringkat menengah bawah (61-80%)	Peringkat bawah (81-100%)	Asesmen Nasional 2023

Gambar 1.1 Raport Pendidikan UPTD SMP N 11 Pesawaran

Raport Pendidikan merupakan hasil dari nilai Asesmen Kompetensi Minimum (AKM) yang digunakan untuk mengetahui dan menganalisis kondisi satuan pendidikan dan dapat mengukur kemampuan-kemampuan siswa yang tergolong rendah dan dapat melakukan perencanaan agar satuan pendidikan bisa berjalan dengan baik. Kemampuan spasial dan literasi numerasi dalam pembelajaran matematika di sekolah masih rendah, terlihat pada nilai AKM yang masih di bawah rata-rata (Rohmah et al., 2022). Berdasarkan Gambar 1.1 terlihat bahwa kualitas pembelajaran berupa manajemen kelas, dukungan psikologis, metode pembelajaran mengalami penurunan di UPTD SMPN 11 Pesawaran, ini berarti kualitas pembelajaran perlu ditingkatkan terutama pada metode pembelajaran yang perlunya menggunakan media pembelajaran digital yang sesuai dengan perkembangan zaman sehingga dapat meningkatkan minat dan prestasi peserta didik. Akibat dari penurunan kualitas pembelajaran di UPTD SMPN 11 Pesawaran, kemampuan numerasi menurun sehingga mempengaruhi kemampuan dasar terkait konsep geometri yang berpengaruh pada kemampuan spasial yang dimiliki peserta didik.

LAPORAN RAPOR PENDIDIKAN UPTD SMPN 11 PESAWARAN TAHUN 2024									
- Laporan ini berisi informasi tentang kondisi layanan di Satuan Pendidikan Anda yang diukur lewat beragam indikator yang terdapat di dalam Rapor Pendidikan. - Bagaimana cara memaknai data Rapor Pendidikan? - Pelajari indikator yang diukur dan hasilnya yang disajikan pada tabel di bawah - Pahami capaian Satuan Pendidikan Anda lewat tabel "Label Capaian" dan "Nilai Capaian" di setiap indikator - Ketahui makna dari hasil capaian Anda dengan melihat kolom "Definisi Capaian" - Ketahui gambaran hasil upaya perbaikan layanan yang sudah dilakukan dengan melihat kolom "Perubahan Nilai Capaian dari Tahun Lalu" - Kenali posisi Satuan Pendidikan Anda di kab/kota/provinsi/nasional lewat kolom "Peringkat" - Untuk dapat lebih memahami hasil kinerja Satuan Pendidikan Anda, Anda juga dapat menggunakan data yang dikumpulkan secara mandiri atau menggunakan data pendukung lain yang relevan. Laporan diperbarui 24 Agu 2024									
No	Indikator	Label Capaian 2024	Nilai Capaian 2024	Definisi Capaian	Perubahan Nilai Capaian dari Tahun Lalu	Nilai Capaian 2023	Peringkat di Kab/Kota	Peringkat secara Nasional	Sumber Data
A.2	Kemampuan numerasi <i>Persentase peserta didik berdasarkan kemampuan dalam berpikir menggunakan konsep, prosedur, fakta, dan alat matematika untuk menyelesaikan masalah sehari-hari pada berbagai jenis konteks yang relevan.</i>	Sedang (53.33% peserta didik sudah mencapai kompetensi minimum)	53.33%	40% - 70% peserta didik telah mencapai kompetensi minimum untuk numerasi namun perlu upaya mendorong lebih banyak peserta didik dalam mencapai kompetensi minimum.	Naik 15,55	37.78%	Peringkat menengah (41-60%)	Peringkat menengah (41-60%)	Asesmen Nasional 2023
	Proporsi peserta didik dengan kemampuan numerasi di atas kompetensi minimum	Di atas	26.67%	Peserta didik mampu bernalar untuk menyelesaikan masalah kompleks serta non-rutin berdasarkan konsep matematika yang dimilikinya	Naik 22,23%	4.44%			
	Proporsi peserta didik dengan kemampuan numerasi mencapai kompetensi minimum	Mencapai	26.67%	Peserta didik mampu mengaplikasikan konsep matematik yang dimiliki dalam konteks yang lebih beragam.	Turun 6,66%	33.33%			
	Proporsi peserta didik dengan kemampuan numerasi di bawah kompetensi minimum	Di bawah	33.33%	Peserta didik memiliki kemampuan dasar matematika: komputasi dasar dalam bentuk persamaan langsung, konsep dasar terkait geometri dan statistika, serta menyelesaikan masalah matematika sederhana yang rutin.	Turun 17,78%	51.11%			
	Proporsi peserta didik dengan kemampuan numerasi jauh di bawah kompetensi minimum	Jauh di bawah	13.33%	Peserta didik hanya memiliki kemampuan dasar matematika yang terbatas: penguasaan konsep yang parsial dan keterampilan komputasi yang terbatas.	Naik 2,22%	11.11%			

Gambar 1.2 Raport Pendidikan UPTD SMPN 11 Pesawaran Tahun 2024

Berdasarkan Gambar 1.2, terlihat bahwa nilai capaian kemampuan dasar matematika terkait konsep Geometri mengalami penurunan yaitu dari 51,1%

menjadi 33,33%, ini berarti secara tidak langsung kemampuan spasial matematika juga mengalami penurunan. Upaya yang dilakukan diantaranya yaitu meningkatkan kualitas pembelajaran baik dari segi metode pembelajaran maupun peningkatan kualitas guru tenaga kependidikan dan kebijakan yang menunjang kemampuan spasial peserta didik menjadi lebih baik lagi.

Kemampuan spasial, yaitu kemampuan untuk memahami dan memanipulasi objek dalam ruang serta melihat hubungan antar objek tersebut dalam ruang tiga dimensi (Molenaar, I. & Knoop-van Campen, 2019). Selain itu, kemampuan ini memungkinkan siswa untuk memvisualisasikan objek dalam ruang tiga dimensi serta memahami hubungan spasial antar objek, yang menjadi fondasi penting dalam berbagai topik matematika (Kozhevnikov, Hegarty, & Mayer, 2002). Kemampuan ini sangat dibutuhkan dalam berbagai topik matematika, seperti geometri, trigonometri, dan kalkulus, yang melibatkan konsep-konsep ruang tiga dimensi. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa keterampilan spasial yang baik dapat berkontribusi pada peningkatan prestasi belajar siswa dalam matematika, terutama dalam topik yang berhubungan dengan visualisasi ruang seperti geometri dan trigonometri (Uttal et al., 2013).

Namun, kenyataannya banyak siswa yang mengalami kesulitan dalam memahami konsep-konsep matematika, khususnya dalam bidang geometri dan ruang. Kesulitan ini sering kali disebabkan oleh ketidakmampuan siswa untuk menghubungkan antara teori matematika yang diajarkan dengan aplikasinya di dunia nyata. Hal ini dapat berdampak pada rendahnya minat dan prestasi belajar siswa dalam bidang matematika (Xie, et al., 2020). Salah satu faktor penyebab kesulitan tersebut adalah keterbatasan media pembelajaran yang digunakan di dalam kelas. Media pembelajaran konvensional, seperti papan tulis, buku teks, dan gambar statis, sering kali tidak dapat menggambarkan konsep-konsep matematika dalam cara yang cukup jelas dan mudah dipahami oleh siswa. Dalam hal ini, media yang digunakan tidak mampu memperlihatkan konsep-konsep spasial dengan cara yang dinamis dan interaktif, sehingga siswa kesulitan membayangkan dan menghubungkan objek-objek matematis dalam ruang (Kay & Mann, 2021). Oleh

karena itu, dibutuhkan inovasi dalam media pembelajaran yang mampu memvisualisasikan objek-objek matematika secara lebih nyata dan interaktif.

Untuk mengatasi masalah tersebut, dibutuhkan inovasi dalam pembelajaran matematika melalui pemanfaatan teknologi. Salah satu teknologi yang sangat potensial dalam meningkatkan pemahaman konsep-konsep spasial adalah *Augmented Reality* (AR). AR merupakan teknologi yang menggabungkan objek virtual dengan dunia nyata, memungkinkan pengguna untuk berinteraksi langsung dengan objek tiga dimensi yang muncul di dunia nyata melalui perangkat seperti smartphone atau tablet (Azuma, 1997). Dengan AR, siswa dapat melihat objek-objek matematis dalam bentuk tiga dimensi, memanipulasi, dan berinteraksi dengan objek tersebut, yang akan membantu mereka memahami hubungan spasial antar objek matematika secara lebih konkret dan visual (Damanik & Handayani, 2023). Penelitian terbaru menunjukkan bahwa penggunaan AR dalam pembelajaran matematika dapat membantu siswa memahami konsep-konsep yang abstrak dengan lebih mudah, meningkatkan motivasi belajar, serta memperbaiki hasil pembelajaran secara signifikan (Hermawan & Hadi, 2024). Selain itu, AR memberikan pengalaman belajar yang imersif, sehingga mampu meningkatkan kemampuan spasial melalui eksplorasi data interaktif. Teknologi ini mampu menciptakan pengalaman pembelajaran siswa (Godoy, 2021). AR memungkinkan siswa untuk melihat konsep-konsep abstrak secara nyata, sehingga dapat membantu mereka dalam memahami materi yang lebih kompleks dengan cara yang lebih intuitif dan menarik.

Salah satu bidang yang dapat diuntungkan dengan penerapan AR adalah pembelajaran matematika, yang sering kali dianggap sebagai mata pelajaran yang sulit dan membosankan bagi sebagian besar siswa. Pembelajaran matematika membutuhkan pemahaman konsep-konsep abstrak, seperti geometri, aljabar, dan kalkulus, yang seringkali sulit divisualisasikan dalam bentuk nyata. Oleh karena itu, teknologi AR dapat memberikan solusi untuk mengatasi tantangan ini dengan menyajikan konsep-konsep matematika dalam bentuk visual tiga dimensi konsep abstrak menjadi lebih konkret dan lebih mudah dipahami. Penelitian menunjukkan

bahwa teknologi AR dapat memperkaya pengalaman belajar matematika, meningkatkan motivasi siswa, meningkatkan interaktivitas serta mempercepat pemahaman mereka terhadap materi yang diajarkan (Godoy, 2021).

Berdasarkan observasi yang dilakukan di UPTD SMPN 11 Pesawaran, sebagian besar peserta didik menunjukkan minat yang besar terhadap penggunaan media teknologi dalam pembelajaran matematika. Sesuai dengan perkembangan zaman, teknologi membantu peserta didik dalam memahami materi dan terciptanya pembelajaran lebih menyenangkan.

Tabel 1.4 Analisis Kebutuhan Peserta Didik

No.	Dimensi	Jumlah Peserta Didik	Jawaban		Total
			Ya	Tidak	
1	Minat dan motivasi peserta didik belajar matematika	32	75%	28%	100%
2	Penilaian peserta didik terhadap pelajaran geometri (abstrak) sulit dipahami	32	69%	38%	100%
3	Minat peserta didik dalam proses pembelajaran matematika	32	34%	66%	100%
4	Penilaian peserta didik terhadap efektivitas metode pengajaran matematika yang digunakan.	32	38%	63%	100%
5	Penilaian peserta didik terhadap bahan ajar atau buku ajar yang digunakan.	32	59%	41%	100%
6	Penilaian peserta didik terhadap media pembelajaran digital.	32	69%	31%	100%
7	Informasi peserta didik terhadap media pembelajaran AR	32	22%	78%	100%
8	Kesiapan peserta didik menerima media pembelajaran AR	32	78%	22%	100%
9	Minat peserta didik menggunakan media pembelajaran digital AR	32	72%	34%	100%

Berdasarkan Tabel 1.4 diketahui bahwa peserta didik berminat untuk belajar pelajaran matematika, tetapi ada beberapa materi yang cukup sulit dipahami seperti materi geometri dengan konsep abstrak sehingga membutuhkan metode dan media ajar agar konsep-konsep abstrak tersebut mudah dipahami. Media pembelajaran yang sesuai dengan perkembangan zaman dan teknologi diantaranya menggunakan media AR yaitu teknologi yang menggabungkan benda maya dua dimensi atau tiga

dimensi ke dalam sebuah lingkungan nyata tiga dimensi sehingga benda-benda maya tersebut terlihat nyata. Selain itu, diketahui bahwa 78% peserta didik siap untuk menerima pembelajaran AR dan tertarik mencoba menggunakan media pembelajaran digital dalam pelajaran matematika.

Pendidikan matematika di Indonesia masih mengandalkan metode tradisional, yang cenderung pasif dan kurang dapat menstimulasi kreativitas siswa. Banyak metode pengajaran yang hanya mengandalkan buku teks dan papan tulis, sehingga membuat pembelajaran terasa monoton dan sulit dipahami, terutama bagi siswa yang tidak terbiasa dengan pemikiran abstrak dalam matematika (Keller, T., & Sloane, 2003). Oleh karena itu, penting untuk mengembangkan pendekatan saintifik dalam pembelajaran matematika, yang berfokus pada keterlibatan aktif siswa dalam proses belajar melalui observasi, eksperimen, pengumpulan data, analisis, dan komunikasi. Pendekatan ini tidak hanya membantu siswa memahami materi, tetapi juga meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kreatif yang sangat penting di dunia modern (Beswick, 2021).

Pendekatan saintifik dalam pembelajaran memberikan peluang untuk meningkatkan kualitas pembelajaran matematika dan pemahaman siswa terhadap materi matematika. Pendekatan ini menekankan penguasaan konsep melalui proses ilmiah, seperti observasi, eksperimen, pengumpulan data, hingga pengambilan kesimpulan. Melalui pendekatan ini, siswa tidak hanya diharapkan memahami konsep, tetapi juga mampu mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan keterampilan pemecahan masalah (Amalia et al., 2019), siswa tidak hanya menerima informasi secara pasif, tetapi juga terlibat aktif dalam proses pembelajaran, sehingga pemahaman mereka terhadap materi dapat lebih mendalam (Dunleavy & Dede, 2014). Implementasi pendekatan saintifik sering terkendala oleh keterbatasan media pembelajaran yang mendukung eksplorasi, visualisasi, dan pemahaman yang lebih mendalam.

Pendekatan saintifik dapat didukung oleh media pembelajaran yang mampu mengintegrasikan teori dengan praktik secara langsung dan menarik bagi siswa. Di

sinilah AR memainkan peranannya. Dengan AR, siswa dapat melihat dan berinteraksi dengan objek-objek matematika dalam bentuk tiga dimensi, melakukan eksperimen virtual, dan berkomunikasi dengan objek pembelajaran dalam waktu nyata. Hal ini memungkinkan siswa untuk lebih terlibat dalam proses belajar dan mempercepat pemahaman mereka terhadap konsep-konsep yang sebelumnya dianggap sulit atau membingungkan (Radu, 2014). Integrasi teknologi AR dengan pendekatan saintifik dapat memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif, menyenangkan, dan aplikatif (Zufahmi, 2025).

Penelitian oleh Bacca et al., (2014) mengungkapkan bahwa penerapan AR dalam pendidikan tidak hanya meningkatkan pemahaman konsep matematika, tetapi juga dapat memperbaiki keterampilan berpikir kritis dan analitis siswa. Dalam konteks ini, AR dapat menjadi alat yang sangat efektif untuk mendukung pendekatan saintifik yang mendorong siswa untuk berpikir secara sistematis dan kritis. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* yang mengintegrasikan pendekatan saintifik untuk meningkatkan kemampuan spasial siswa dalam pembelajaran matematika.

Penerapan media pembelajaran berbasis AR yang mengintegrasikan literasi digital dan pendekatan saintifik menawarkan peluang besar untuk meningkatkan pengalaman belajar siswa. Dengan menggunakan teknologi AR, siswa dapat melihat objek matematika dalam bentuk tiga dimensi, memanipulasi objek tersebut, serta mengamati perubahan yang terjadi pada objek dengan cara yang lebih intuitif dan menarik. Ini tidak hanya meningkatkan pemahaman terhadap konsep-konsep matematika, tetapi juga membekali siswa dengan keterampilan digital yang sangat penting dalam dunia yang semakin terhubung dan berbasis teknologi (Johnson et al., 2016).

Penelitian pengembangan ini akan mengintegrasikan AR dengan pendekatan saintifik dan kemampuan spasial matematika, diharapkan dapat terciptanya suatu pengalaman pembelajaran yang lebih menarik, interaktif, dan efektif dalam membantu siswa memahami konsep-konsep matematika serta mempersiapkan

mereka untuk menghadapi tantangan dunia digital yang semakin kompleks. Media ini tidak hanya akan membantu siswa memahami konsep dengan lebih mudah, tetapi juga akan meningkatkan kemampuan spasial mereka, yang merupakan salah satu kompetensi utama di abad ke-21. Dengan demikian, pengembangan media pembelajaran berbasis AR ini berpotensi memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan kualitas pendidikan, khususnya pada pembelajaran matematika.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, dapat diidentifikasi beberapa permasalahan dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Tuntutan ketrampilan digital dalam menghadapi kemajuan teknologi dalam dunia Pendidikan
2. Rendahnya kemampuan spasial di Indonesia
3. Minimnya penggunaan media dengan teknologi AR di dunia Pendidikan.
4. Penggunaan media pembelajaran yang kurang menarik

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana proses dan hasil pengembangan media pembelajaran AR berbasis pendekatan saintifik dalam meningkatkan kemampuan spasial pada pembelajaran matematika yang memiliki kriteria valid dan praktis?
2. Apakah pengembangan media pembelajaran AR berbasis pendekatan saintifik efektif dalam meningkatkan kemampuan spasial pada pembelajaran matematika?

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian didapatkan dari rumusan masalah, Adapun tujuan penelitian yang didapatkan sebagai berikut:

1. Mengetahui proses yang menghasilkan pengembangan media pembelajaran AR berbasis pendekatan saintifik dalam meningkatkan kemampuan spasial pada pembelajaran matematika yang memiliki kriteria valid dan praktis.
2. Menguji efektivitas hasil pengembangan media pembelajaran AR berbasis pendekatan saintifik efektif dalam meningkatkan kemampuan spasial pada pembelajaran matematika.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian dapat dibagi menjadi dua, yaitu manfaat teoritis dan manfaat praktis:

1. Manfaat Teoritis

Manfaat teoritis dari penelitian ini adalah dapat mengembangkan inovasi pembelajaran pada bidang pendidikan matematika melalui media pembelajaran AR berbasis pendekatan saintifik dalam meningkatkan kemampuan spasial.

2. Manfaat Praktis

a. Bagi Guru

Pengembangan media AR ini diharapkan dapat memberikan panduan praktis bagi guru dalam mengembangkan dan menerapkan media pembelajaran dikelas sehingga dapat meningkatkan Kemampuan Pengajaran dengan Teknologi, Penyampaian Materi yang Lebih Efektif, Menumbuhkan Kreativitas dalam Metode Pengajaran dan Meningkatkan Keterampilan Profesional Guru.

b. Bagi Siswa

Pengembangan media AR ini diharapkan dapat membantu siswa belajar sesuai dengan kemampuan akademik masing-masing, sehingga dapat

meningkatkan pemahaman, meningkatkan motivasi, pengembangan keterampilan dan kemampuan spasial,

c. Bagi peneliti

Pengembangan AR ini diharapkan dapat membantu peneliti memperdalam pengetahuan dan keterampilan dalam spasial, Kontribusi terhadap Pengembangan Pendidikan Teknologi, Peluang Penelitian Lanjutan, Evaluasi dan Pengukuran Efektivitas Pembelajaran, memperkaya pengalaman peneliti dalam mengatasi tantangan pendidikan serta dapat menginspirasi Inovasi dalam Metode Pembelajaran.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembelajaran Matematika

Pembelajaran matematika merupakan proses interaksi antara peserta didik dengan sumber belajar yang dirancang untuk mengembangkan kemampuan berpikir logis, analitis, dan sistematis. Menurut Suherman (2003), pembelajaran matematika bertujuan tidak hanya untuk memberikan pengetahuan dan keterampilan kepada siswa, tetapi juga untuk melatih pola pikir dan cara memecahkan masalah secara logis dan terstruktur

Sementara itu, Schoenfeld (1985) menyatakan bahwa pembelajaran matematika harus mampu membantu siswa dalam mengembangkan *mathematical thinking*. Hal ini melibatkan kemampuan memahami masalah, merancang strategi penyelesaian, serta mengevaluasi hasilnya. Proses ini penting untuk mempersiapkan siswa menghadapi tantangan dalam dunia nyata.

Selain itu, penggunaan media pembelajaran seperti alat peraga, perangkat lunak komputer, dan teknologi digital dapat meningkatkan efektivitas pembelajaran matematika. Sebagaimana diungkapkan oleh Aminah et al. (2020), integrasi teknologi dalam pembelajaran matematika memungkinkan siswa untuk belajar secara lebih interaktif dan menyenangkan, sehingga memotivasi mereka untuk memahami materi lebih mendalam. Namun, keberhasilan pembelajaran matematika sangat bergantung pada keterampilan guru dalam merancang metode pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan siswa. Hal ini sejalan dengan pendapat Ruseffendi (2006) yang menekankan pentingnya peran guru sebagai

fasilitator dalam menciptakan suasana belajar yang kondusif, inovatif, dan sesuai dengan perkembangan zaman.

2.2 Media Pembelajaran

Media pembelajaran merupakan sarana atau alat yang digunakan dalam proses pembelajaran untuk menyampaikan informasi dan memfasilitasi interaksi antara guru dan siswa. Menurut Arsyad (2013), media pembelajaran dapat berupa segala sesuatu yang digunakan untuk menyalurkan pesan dari pengirim ke penerima agar merangsang pikiran, perasaan, perhatian, dan minat siswa dalam proses pembelajaran.

Media pembelajaran memiliki peran penting dalam meningkatkan efektivitas dan efisiensi pembelajaran. Sudjana, & Rivai (2009), menyatakan bahwa penggunaan media pembelajaran dapat membantu siswa memahami materi lebih cepat, membuat pembelajaran lebih menarik, serta memungkinkan terciptanya pengalaman belajar yang lebih mendalam.

Ada berbagai jenis media pembelajaran yang dapat digunakan, seperti media visual, audio, audio-visual, dan interaktif. Contoh media visual meliputi gambar, diagram, dan grafik, sementara media audio-visual mencakup video pembelajaran dan animasi. Di era digital, media pembelajaran berbasis teknologi, seperti perangkat lunak edukasi, aplikasi, dan media berbasis internet, semakin populer digunakan. Menurut Mayer (2009), media pembelajaran interaktif berbasis teknologi dapat meningkatkan keterlibatan siswa dalam belajar dan memperkuat pemahaman konsep yang kompleks.

Keberhasilan penggunaan media pembelajaran bergantung pada kesesuaian media dengan tujuan pembelajaran, materi yang diajarkan, fasilitas pendukung, karakteristik siswa, dan gaya belajar siswa. Pertimbangan ini penting untuk mencapai efektivitas dalam proses pembelajaran (Fitrah, 2021). Selain itu, guru perlu memiliki keterampilan dalam memilih, menggunakan, dan mengembangkan

media pembelajaran agar dapat mendukung tercapainya tujuan pendidikan secara maksimal.

Dalam konteks pembelajaran matematika, media pembelajaran seperti alat peraga manipulatif, aplikasi komputer, dan simulasi digital dapat membantu siswa memahami konsep abstrak menjadi lebih konkret (Kemendikbud, 2018). Hal ini menunjukkan bahwa pemanfaatan media pembelajaran yang tepat dapat meningkatkan kualitas proses belajar mengajar.

2.3 Augmented Reality (AR)

AR adalah teknologi yang menggabungkan dunia nyata dengan elemen virtual dalam bentuk visual, audio, dan data interaktif secara real-time. Menurut Azuma (1997), AR merupakan teknologi yang memungkinkan penggunaannya untuk melihat lingkungan fisik yang diperkaya dengan informasi tambahan yang dihasilkan oleh komputer. Teknologi ini mengintegrasikan elemen digital ke dalam dunia nyata, sehingga menghasilkan pengalaman interaktif yang memperluas persepsi pengguna.

AR memiliki tiga karakteristik utama: (1) integrasi elemen virtual dengan dunia nyata, (2) interaktivitas secara real-time, dan (3) penyajian dalam dimensi tiga (Azuma, 1997). Dalam pembelajaran, AR memberikan peluang untuk menciptakan pengalaman belajar yang lebih menarik, interaktif, dan mendalam, terutama untuk menjelaskan konsep yang sulit dipahami secara abstrak.

Salah satu aplikasi AR yang berkembang pesat adalah dalam bidang pendidikan. Dunleavy dan Dede (2014) menjelaskan bahwa AR dapat meningkatkan motivasi belajar siswa karena menyajikan konten pembelajaran dalam bentuk visualisasi yang menarik dan mudah dipahami. Selain itu, teknologi ini memungkinkan siswa untuk terlibat dalam simulasi atau eksplorasi virtual, yang membantu mereka memahami konsep yang rumit dengan cara yang lebih praktis. Penggunaan AR dalam pembelajaran matematika, misalnya, dapat membantu siswa

memvisualisasikan bentuk geometris tiga dimensi, memahami fungsi aljabar, atau mengeksplorasi konsep transformasi geometri.

Namun, penerapan AR dalam pendidikan juga menghadapi tantangan, seperti kebutuhan akan perangkat keras khusus, biaya pengembangan yang tinggi, serta keterampilan guru dalam mengintegrasikan teknologi ini ke dalam kurikulum (Bacca, 2014). Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk meningkatkan aksesibilitas dan pelatihan bagi guru untuk memanfaatkan potensi AR secara maksimal dalam pembelajaran.

2.4 Pendekatan *Saintifik*

Pendekatan saintifik adalah metode pembelajaran yang mengacu pada langkah-langkah ilmiah dalam memperoleh pengetahuan. Pendekatan ini bertujuan untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis, analitis, dan sistematis pada peserta didik melalui proses pembelajaran berbasis penelitian. Pendekatan saintifik melibatkan serangkaian tahapan yang meliputi mengamati, menanya, mengumpulkan data, mengasosiasi, dan mengomunikasikan (Hosnan, 2014)

Dalam dunia pendidikan, pendekatan saintifik diterapkan untuk mendorong peserta didik aktif berpartisipasi dalam proses pembelajaran. Hal ini sesuai dengan teori konstruktivisme yang menekankan bahwa pembelajaran adalah proses membangun pengetahuan secara aktif berdasarkan pengalaman (Piaget, 1970). Pendekatan ini juga mendukung penerapan Kurikulum Merdeka yang menempatkan peserta didik sebagai subjek utama dalam proses pembelajaran (Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, 2021)

Pendekatan saintifik memiliki keunggulan dalam mengembangkan keterampilan abad ke-21, seperti berpikir kritis, kolaborasi, kreativitas, dan komunikasi. Selain itu, pendekatan ini juga relevan dengan kebutuhan pembelajaran di era digital, di mana peserta didik diharapkan mampu mengakses dan mengelola informasi secara efektif (Bybee, 2013)

Menurut Daryanto (2014), langkah-langkah dalam pendekatan saintifik meliputi:

1. Mengamati (*Observing*): Siswa mengamati fenomena atau objek tertentu untuk mengidentifikasi masalah atau mendapatkan informasi awal.
2. Menanya (*Questioning*): Siswa mengajukan pertanyaan terkait dengan apa yang telah diamati untuk memperdalam pemahaman.
3. Mengumpulkan Informasi (*Experimenting*): Siswa mengumpulkan data atau informasi melalui berbagai cara, seperti eksperimen, wawancara, atau studi literatur.
4. Menalar (*Associating*): Siswa menganalisis data yang telah dikumpulkan untuk menemukan pola atau hubungan antar informasi.
5. Mengomunikasikan (*Communicating*): Siswa menyampaikan hasil analisis atau kesimpulan kepada orang lain, baik secara lisan maupun tulisan.

Secara keseluruhan, pendekatan saintifik memberikan kerangka kerja yang sistematis bagi siswa untuk mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi dan memahami materi pembelajaran secara mendalam. Penerapan pendekatan ini memerlukan peran aktif guru dalam merancang pembelajaran yang sesuai dan memberikan bimbingan yang tepat kepada siswa.

2.5 Kemampuan Spasial

Kemampuan spasial berkaitan dengan kapasitas yang dimiliki individu untuk memahami dan mengingat hubungan spasial antar objek geometri. Kemampuan ini melibatkan pemahaman tentang hubungan antara objek, orientasi, serta kemampuan untuk menggambarkan atau memvisualisasikan objek dalam berbagai perspektif atau bentuk. Pada kemampuan spasial diperlukan adanya pemahaman perspektif, bentuk-bentuk geometris, menghubungkan konsep visual.

Menurut Hamley dalam Tambunan (2006), kemampuan matematika adalah gabungan dari inteligensi umum, pembayangan visual, kemampuan untuk mengamati angka, konfigurasi spasial dan menyimpan konfigurasi sebagai pola mental. Dalam kemampuan spasial diperlukan adanya pemahaman kiri-kanan,

pemahaman perspektif, bentuk-bentuk geometris, menghubungkan konsep spasial dengan angka, kemampuan dalam mentransformasi mental dari bayangan visual.

Kemampuan spasial dapat didefinisikan sebagai kemampuan untuk menghasilkan, menyimpan, mengambil, dan mentransformasikan gambar visual yang terstruktur dengan baik. Kemampuan spasial bukanlah sebuah konstruksi kesatuan. Faktanya, ada beberapa kemampuan spasial, yang menekankan aspek-aspek yang berbeda dalam proses pembuatan, penyimpanan, pengambilan, dan transformasi gambar (Papakostas et al., 2021). Ini melibatkan pemahaman tentang hubungan antara objek, orientasi, serta kemampuan untuk menggambarkan atau memvisualisasikan objek dalam berbagai perspektif atau bentuk. Kemampuan spasial sangat penting dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk di bidang matematika, geometri, seni, teknik, serta navigasi fisik di dunia nyata.

Kemampuan spasial bukanlah sebuah konstruk kesatuan melainkan kumpulan subfaktor, mengingat bahwa menyelesaikan masalah spasial membutuhkan banyak kemampuan (Lin & Suh, 2021). Menurut Carrol (1993) kemampuan spasial terdiri dari visualisasi spasial, hubungan spasial, kecepatan perseptual, kecepatan penutupan dan fleksibilitas penutupan. Sedangkan menurut, Maier (1996) kemampuan spasial terdiri dari visualisasi spasial, hubungan spasial, Orientasi spasial, persepsi spasial dan orientasi spasial. Visualisasi spasial digambarkan sebagai kemampuan persepsi untuk memanipulasi gambar visual dalam ruang dua dan tiga dimensi, sedangkan orientasi spasial mengacu pada kemampuan kognitif untuk memahami bagaimana satu objek diposisikan relatif terhadap objek lain di ruang (Sudirman & Alghadari, 2020). Sedangkan hubungan spasial yaitu kemampuan membuat perbandingan antara dua rangsangan untuk membedakan apakah satu rangsangan hanya berupa versi putar atau versi terbalik.

Tabel 2.1 di bawah ini menyajikan berbagai definisi kemampuan visual yang dikategorikan ke dalam visualisasi spasial, hubungan spasial, dan faktor orientasi spasial, yang memungkinkan dengan definisi tersebut dapat dipahami lebih jelas secara komparatif dan tes-tes yang paling populer yang mengukur berbagai komponen kemampuan spasial.

Tabel 2.1 Beberapa Tes yang Mengukur Komponen Kemampuan Spasial

	Komponen kemampuan spasial		
	Visualisasi spasial	Hubungan spasial	Orientasi spasial
Definisi	"kemampuan untuk memanipulasi objek visual secara mental.", (Guilford et al., 1952, hlm.62)	kemampuan untuk menyelesaikan masalah rotasi tenaga kerja dengan cepat (Lohman, 1979).	"kemampuan untuk membayangkan bagaimana susunan stimulus akan muncul dari perspektif lain" (Lohman, 1979, p.127).
	"kemampuan untuk memutar, memanipulasi, dan memutar stimulus dua dan tiga dimensi secara mental. proyek-proyek." (McGee, 1979, hal. 896)	"kemampuan untuk memvisualisasikan objek di ruang angkasa, ketika diraba." (Carroll, 1993, hal.209)	"memahami dan mengoperasikan hubungan antara posisi benda-benda di ruang angkasa sehubungan dengan posisinya sendiri yang tidak dapat diatasi dengan cara lain." (Clements & Battista, 1992, hal.444)
	"pemahaman dan penampilan dari gerakan objek yang dibayangkan dalam ruang dua dan tiga dimensi." (Clements & Battista, 1992, p.444)	"kemampuan untuk memutar objek secara mental dalam dua dimensi" (Contero et al., 2005, hlm.25)	"memahami dan mengoperasikan hubungan antara berbagai posisi dalam ruang, pertama-tama berkaitan dengan posisi diri sendiri dan pergerakan Anda melaluinya, dan akhirnya dari perspektif yang lebih abstrak yang mencakup peta dan koordinat pada berbagai skala." (Sarama & Clements, 2009, p.161)
	"kemampuan untuk memahami secara akurat objek tiga dimensi dari representasi dua dimensinya." (Barnea, 2000, hal.308)	"kemampuan untuk memvisualisasikan efek operasi seperti rotasi, refleksi, dan inversi, atau memanipulasi objek secara manual." (Barnea, 2000, hal.308)	"kemampuan untuk memahami pola spasial atau mempertahankan orientasi sehubungan dengan objek di dalam ruang." (McGee, 1979, hal. 892)
	"manipulasi mental dan integrasi rangsangan yang terdiri dari lebih dari satu bagian atau bagian yang dapat digerakkan." (Olkun, 2003, p.2)	"kemampuan untuk memahami konfigurasi spasial objek atau bagian dari objek dan hubungannya satu sama lain." (Maier, 1996, hal.70)	"kemampuan untuk mengorientasikan diri secara fisik atau mental dalam ruang" dan membutuhkan "orientasi seseorang dalam situasi spasial tertentu." (Maier, 1996, hal.71)
	Uji Pelipatan Kertas, Uji Papan Formulir, Uji Pengembangan Permukaan (Ekstrom et al., 1976)	Uji Bendera (Thurstone & Thurstone, 1941)	Tes Orientasi Spasial (Guilford & Zimmerman, 1948)
Tes	Visualisasi Spasial Purdue Tes Perkembangan: Perkembangan (Guay, 1977)	Visualisasi Spasial Purdue Uji tion: Rotasi (Guay, 1977)	Tes Visualisasi Spasial Purdue: Uji Tampilan (Guay, 1977)
	Tes Bentuk Kertas Minnesota yang Direvisi (Likert & Quasha, 1941)	Uji Rotasi Kartu dan Uji Perbandingan Kubus (Ekstrom et al., 1976)	Tes Visualisasi Spasial Proyek Matematika Kelas Menengah MGMP) (Winter et al, 1989)
	Uji Gambar Tertanam (Witkin, 1950)	Tugas Rotasi Mental (Shepard & Metzler, 1971)	Orientasi Spasial: Tes Perspektif Objek/Perspektif Peta (Kozhevnikov & Hegarty, 2001)

Sumber: Jurnal Spatial Ability Test for University Students (2023)

Kumpulan definisi dari komponen kemampuan spasial dari para ahli yang terdiri dari hubungan spasial, visualisasi spasial dan orientasi spasial dapat diringkas dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Definisi Faktor-Faktor Tes Kemampuan Spasial

Faktor	Definisi
Kemampuan Spasial	Kemampuan untuk menghasilkan, menyimpan, mengambil, memanipulasi, menafsirkan, mengorganisasikan kembali representasi mental dari objek visual dengan memahami bentuk dan posisinya (Carroll, 1993; Linn & Petersen, 1985; Lohman, 1993; NRC, 2006; Tartre, 1990).
Hubungan Spasial	Kemampuan untuk memanipulasi objek 2D dan 3D secara mental secara keseluruhan dengan proses seperti rotasi, refleksi, dan inversi (Barnea, 2000; Carroll, 1993; Contero dkk., 2005; Olkun, 2003).
Visualisasi Spasial	Kemampuan untuk memutar, memanipulasi, dan memelintir secara mental objek 3 dimensi yang terdiri dari lebih dari satu bagian atau bagian yang dapat digerakkan secara menyeluruh dan sepotong demi sepotong (Burnett & Lane, 1980; McGee, 1979; Olkun, 2003).
Orientasi Spasial	Kemampuan untuk memahami hubungan antara posisi objek dalam ruang relatif terhadap posisi diri sendiri (Clements & Battista, 1992; Sarama & Clements, 2009) dan membayangkan bagaimana sebuah objek akan terlihat dalam ruang dari perspektif yang berbeda dengan mengorientasikan diri secara mental (Barnea, 2000; Contero et al., 2005; Lohman, 1979; Maier, 1996; McGee, 1979).

Sumber: Jurnal Spatial Ability Test for University Students (2023)

Kemampuan spasial adalah keterampilan penting yang sangat mempengaruhi prestasi dalam pendidikan dan digunakan dalam pengukuran kecerdasan dan ketrampilan kognitif. Kumpulan definisi komponen kemampuan spasial menurut para ahli dapat ditarik kesimpulan bahwa indikator kemampuan spasial ada pada Tabel 2.3 . Berikut adalah indikator kemampuan spasial yang digunakan dalam penelitian:

Tabel 2.3 Indikator Kemampuan Spasial Matematika

No	Kemampuan Spasial Matematika	Indikator Kemampuan Spasial Matematika
1	Visualisasi Spasial	Kemampuan siswa untuk membayangkan, menggambarkan, dan memahami bentuk atau objek dalam ruang
2	Hubungan Spasial	Kemampuan yang berfokus pada pemahaman bagaimana objek atau elemen geometris berinteraksi satu sama lain dalam ruang.
3	Orientasi Spasial	Kemampuan untuk memahami dan mengatur objek dalam ruang, serta mengenali posisi dan arah suatu objek terhadap objek lain.

2.6 Assemblr EDU

Assemblr EDU adalah platform pembelajaran berbasis *Augmented Reality* (AR) yang dikembangkan oleh Assemblr, sebuah perusahaan teknologi asal Bandung, Indonesia. Assemblr didirikan pada tahun 2017 oleh Hasbi Asyadiq (Founder & CEO), Anita Yustisia (Co-Founder & CCO), dan Risnandar (Co-Founder & CTO). Hasbi Asyadiq memulai proyek ini sebagai prototipe pribadi yang terinspirasi dari AR dalam game seperti *Pokémon GO* dan elemen desain dalam *Minecraft*.

Pada tahun 2018, Assemblr meluncurkan platform AR pertama mereka, Assemblr Studio, yang memungkinkan pengguna untuk membuat konten AR tanpa memerlukan keterampilan pengkodean. Seiring dengan berkembangnya kebutuhan akan media pembelajaran interaktif, Assemblr EDU diperkenalkan sebagai platform AR khusus untuk pendidikan, menyediakan alat bagi guru dan siswa untuk membuat, menjelajahi, dan berinteraksi dengan konten 3D dan AR.

Assemblr EDU adalah platform pembelajaran berbasis *Augmented Reality* (AR) yang memungkinkan pengguna untuk membuat dan berinteraksi dengan objek 3D secara langsung melalui perangkat mobile. Media ini dirancang untuk meningkatkan keterlibatan dan motivasi siswa dalam proses pembelajaran dengan menyajikan materi secara interaktif dan imersif. Lestari et al. (2023) menjelaskan bahwa Assemblr EDU merupakan aplikasi AR yang menyajikan konsep

pembelajaran dalam bentuk 3D. Aplikasi ini dirancang untuk meningkatkan hasil belajar siswa dengan menyediakan media pembelajaran yang menarik dan mudah diakses. Sugiarto (2021) menyebutkan bahwa penggunaan AR melalui Assemblr EDU dapat membuat materi pembelajaran lebih mudah dipahami, sehingga meningkatkan minat belajar peserta didik. Aplikasi ini memungkinkan materi pembelajaran divisualisasikan secara nyata dan interaktif.

Assemblr EDU merupakan aplikasi yang memanfaatkan teknologi AR untuk menyajikan konten pembelajaran dalam bentuk objek tiga dimensi yang dapat dilihat dan dipelajari secara langsung melalui layar perangkat mobile. Dengan menggunakan Assemblr EDU, siswa dapat mengamati dan berinteraksi dengan model 3D dari berbagai objek, seperti struktur sel, sistem organ tubuh, konsep bangun ruang atau konsep-konsep ilmiah lainnya, yang sebelumnya sulit dipahami melalui media konvensional. Seperti halnya menurut Majid et al. (2023) menyatakan bahwa Assemblr EDU adalah aplikasi berbasis *Augmented Reality* (AR) yang menyediakan media pembelajaran interaktif berbasis 3D untuk siswa. Aplikasi ini memungkinkan siswa untuk membuat, menjelajahi, dan berinteraksi dengan konten 3D dan AR, menjadikannya alat yang efektif dalam meningkatkan keterlibatan dan pemahaman siswa dalam proses pembelajaran. Sedangkan menurut Farihana (2023) mendefinisikan Assemblr EDU sebagai platform AR yang digunakan khusus untuk keperluan pendidikan dengan teknologi 3D dan AR, berfungsi sebagai proses pembelajaran dengan pembuatan media pembelajaran interaktif. Aplikasi ini memungkinkan guru dan siswa untuk membuat dan berbagi konten pembelajaran berbasis AR tanpa memerlukan keterampilan pengkodean.

Assemblr EDU dikembangkan sebagai respons terhadap kebutuhan akan media pembelajaran yang lebih menarik dan efektif di era digital. Seiring dengan perkembangan teknologi AR, platform ini terus berinovasi untuk menyediakan fitur-fitur yang mendukung proses belajar mengajar, seperti pembuatan konten 3D, integrasi dengan materi pelajaran, dan kemudahan akses melalui perangkat mobile.

2.7 Penelitian yang Relevan

1. Penelitian oleh Untari et al. (2022) yang berjudul “*Pengembangan Augmented Reality (AR) Berbasis Android pada Pembelajaran Pemodelan Bangun Ruang 3D*” meneliti tentang pengembangan AR berbasis android dan mengukur efektivitas penggunaan AR untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah pada pembelajaran pemodelan bangun ruang 3D di SD Muhammadiyah 3 Surabaya. Model pengembangan yang digunakan adalah model ADDIE. Berdasarkan hasil validasi oleh ahli materi dan media menunjukkan bahwa AR berbasis android sangat bagus dan layak untuk diimplementasikan pada siswa Sekolah Dasar. Hasil penelitian dan pengembangan produk dapat dikategorikan sangat layak digunakan pada pembelajaran pemodelan bangun ruang 3D.
2. Penelitian oleh Subhi et al. (2023) yang berjudul “*Peningkatan Kemampuan Penalaran Spasial Siswa melalui Implementasi Media Pembelajaran Geometry with Augmented Reality (Go -Ar)*” fokus pada peningkatan kemampuan penalaran spasial siswa, dengan menggunakan media pembelajaran GO-AR. Penelitian yang digunakan penelitian eksperimen kuantitatif dengan *Desain Pretes-Postes Grup-Statistik*. Populasi pada penelitian ini adalah seluruh siswa di salah satu Sekolah Menengah Pertama (SMP) di Sumedang, kelas IX semester 1 (2020/2021). Sampel pada penelitian ini adalah masing-masing 29 siswa di kelas eksperimen dan kelas kontrol. Pembelajaran pada kelas eksperimen melalui media pembelajaran GO-AR dengan model *blended discovery learning* (BDL), sedangkan di kelas kontrol dengan BDL. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kemampuan penalaran siswa yang menggunakan media pembelajaran GO-AR lebih baik dari pada siswa yang tidak menggunakan media pembelajaran GO-AR.
3. Penelitian oleh Korkmaz & Morali (2022) yang berjudul “*A Meta-Synthesis of Studies on the Use of Augmented Reality in Mathematics Education*” mengevaluasi penelitian tentang penggunaan AR dalam pendidikan matematika melalui meta-sintesis. Penelitian yang termasuk dalam meta-sintesis telah dikelompokkan berdasarkan sifat deskriptif, metode penelitian,

alat pengumpulan data, analisis data, mata pelajaran matematika menjadi fokus, validitas dan reliabilitas, serta kesimpulan dan saran yang mereka sajikan. Sejalan dengan kemajuan teknologi, penggunaan AR dalam pendidikan matematika cenderung meningkat dari tahun ke tahun. sebagian besar penelitian tentang AR dalam pendidikan matematika berfokus pada peningkatan kemampuan spasial. Terlihat bahwa aspek visualisasi dan konkretisasi AR sering digunakan.

4. Penelitian oleh Acikgul et al. (2023) yang berjudul “*Spatial Ability Test for University Students: Development, Validity and Reliability Studies*” bertujuan untuk mengembangkan sebuah tes yang berguna untuk mengukur kemampuan spasial mahasiswa secara valid dan reliabel. Mengikuti desain penelitian metode campuran eksplanatori berurutan, pertama, metode kualitatif digunakan untuk mengembangkan butir-butir soal uji coba untuk tes tersebut kemudian dianalisis melalui metode kuantitatif dengan menggunakan data yang diperoleh dari 456 mahasiswa. Hasilnya menunjukkan bahwa skor yang diperoleh dari tes kemampuan spasial dan sub-tesnya valid dan reliabel.
5. Penelitian oleh Sudirman & Alghadari (2020) yang berjudul “*Bagaimana Mengembangkan Kemampuan Spasial dalam Pembelajaran Matematika di Sekolah?: Suatu Tinjauan Literatur*” focus pada karakteristik kemampuan spasial dan pengembangannya disekolah. Metode Penelitiannya menggunakan kajian literatur. Cara mengembangkan kemampuan spasial dalam pembelajaran matematika, yaitu menggunakan bahasa spasial dalam interaksi sehari-hari, mengajar untuk membuat sketsa dan menggambar, menggunakan permainan yang sesuai, menggunakan tangram, menggunakan video game, origami dan kertas lipat.
6. Penelitian oleh Lin & Suh (2021) yang berjudul “*The Role of Spatial Ability in Learning with Virtual Reality A Literature Review*” meninjau peran kemampuan spasial dalam pembelajaran *virtual reality* (VR). penelitian ini melakukan tinjauan literatur tentang kemampuan spasial dalam pembelajaran VR untuk memberikan pemahaman yang komprehensif kepada para peneliti dan pendidik tentang bagaimana kemampuan spasial mempengaruhi pembelajaran VR. Tinjauan literatur ini terutama menganalisis tren penelitian,

konteks, teori, metodologi, dan temuan dari artikel yang diidentifikasi serta peran kontradiktif dari kemampuan spasial dalam pembelajaran VR.

7. Penelitian oleh Hidayat & Nizar (2021) yang berjudul “*Addie (Analysis, Design, Development, Implementation and Evaluation) Model in Islamic Education Learning*” penelitian ini berfokus pada model generik dari suatu sistem desain pembelajaran, salah satunya model generik ADDIE. Model tersebut dikaitkan dengan pembelajaran PAI. Penulis melakukan pendekatan kualitatif dengan penelitian library research. Temuan pada penelitian ini bahwa ADDIE merupakan model generik yang dapat diterapkan dalam pendidikan. ADDIE sendiri merupakan akronim dari *Analisis, Design, Development, Implementation* dan *Evaluation* yang dapat diterapkan secara prosedural, siklikal dan integratif.

2.8 Definisi Operasional

Upaya menghindari kekeliruan dalam penggunaan dan mengartikan istilah-istilah pada penelitian ini maka definisi operasional dijelaskan sebagai berikut:

- 1) Kemampuan spasial adalah kemampuan untuk memahami, mengingat, dan memanipulasi informasi yang berkaitan dengan ruang dan posisi objek dalam lingkungan sekitar. Indikator kemampuan spasial yang digunakan yaitu visualisasi spasial, hubungan spasial dan orientasi spasial.
- 2) Pendekatan Saintifik adalah metode pembelajaran yang mengacu pada langkah-langkah ilmiah dalam memperoleh pengetahuan. Langkah-langkah pembelajaran yang menggunakan pendekatan saintifik yaitu mengamati (*observing*), menanya (*questioning*), mengumpulkan informasi (*experimenting*), menalar (*associating*), mengomunikasikan (*communicating*).
- 3) *Augmented Reality* (AR) adalah teknologi yang menggabungkan objek digital (seperti gambar, suara, video, atau informasi lainnya) dengan dunia nyata secara real-time. AR memungkinkan pengguna untuk melihat dunia fisik mereka yang telah diperkaya dengan elemen-elemen digital melalui perangkat seperti smartphone, tablet, atau kacamata pintar.

- 4) Assemblr EDU Adalah platform yang memanfaatkan teknologi AR untuk menyajikan konten pembelajaran dalam bentuk objek tiga dimensi yang dapat dilihat dan dipelajari secara langsung melalui layar perangkat mobile.

2.9 Kerangka Berpikir

Di era digital ini, kemampuan untuk menghasilkan, menyimpan, mengambil, dan mentransformasikan gambar visual masih rendah, khususnya dalam konteks pembelajaran matematika. Media pembelajaran tradisional seperti buku teks, papan tulis memiliki keterbatasan dalam membantu siswa memahami konsep-konsep matematika abstrak. Penggunaan teknologi lebih interaktif dan menarik bisa membantu dalam hal ini. Seperti halnya penggunaan AR dalam pembelajaran.

Penelitian ini berfokus pada pengembangan media pembelajaran AR dengan pendekatan Saintifik untuk meningkatkan spasial siswa pada pembelajaran matematika khususnya pada materi geometri dengan materi bangun ruang. Dalam konteks ini, aplikasi yang digunakan yaitu Assemblr EDU yang memungkinkan terciptanya proses belajar mengajar lebih menarik, mudah dipahami dan suasana kelas lebih menyenangkan. AR dapat memberikan visualisasi konsep matematika yang lebih jelas dan mudah dipahami, yaitu dengan berbantuan aplikasi Assemblr EDU memungkinkan siswa untuk melihat representasi tiga dimensi.

Media pembelajaran AR dirancang untuk menyajikan informasi tentang bangun ruang dengan cara yang lebih menarik yaitu dengan menjadikan yang abstrak seperti nyata sehingga akan mempermudah siswa untuk lebih memahami. Dengan pendekatan saintifik, AR memungkinkan siswa untuk lebih aktif dalam eksperimen, observasi, dan pemecahan masalah, yang dapat meningkatkan pemahaman dan keterampilan numerasi mereka.

Media AR yang dikembangkan dapat memfasilitasi peningkatan spasial dengan memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif, menggabungkan visualisasi data, dan memungkinkan eksplorasi masalah matematika yang lebih mendalam.

Siswa dapat memanipulasi angka dan data dalam lingkungan virtual, yang meningkatkan pemahaman mereka terhadap konsep numerik. Interaktivitas yang ada dalam aplikasi AR memungkinkan siswa untuk berlatih dan menerima umpan balik langsung atas kesalahan atau keberhasilan mereka dalam menyelesaikan masalah matematika. Ini memperkuat keterampilan spasial, dengan memanfaatkan media AR yang dapat memberikan pengalaman belajar yang lebih efektif

Berdasarkan penjelasan di atas, kerangka berpikir yang diusulkan menunjukkan bahwa media pembelajaran dengan menggunakan AR dengan pendekatan saintifik akan meningkatkan kemampuan spasial siswa karena terciptanya pembelajaran yang lebih interaktif dan efektif .

2.10 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah dan kajian teori, maka hipotesis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Pengembangan media pembelajaran AR berbasis pendekatan saintifik memenuhi kriteria valid dan praktis dalam meningkatkan kemampuan spasial pada pembelajaran matematika.
2. Media pembelajaran AR berbasis pendekatan saintifik efektif dalam meningkatkan kemampuan spasial pada pembelajaran matematika.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian pengembangan *Research and Development* (R&D) dengan model ADDIE (Winaryati et al., 2021). Pengembangan dan penelitian R&D ini bertujuan untuk mengembangkan media pembelajaran AR dengan pendekatan saintifik dan menguji keefektifan media tersebut dalam pembelajaran matematika.

3.2 Desain Penelitian

Desain penelitian pengembangan yang akan dilakukan mengacu pada desain pembelajaran model ADDIE. Model ADDIE terdiri lima tahap utama: *analyze* (analisis), *design* (perancangan), *development* (pengembangan), *implementation* (implementasi), dan *evaluation* (evaluasi) (Morrison et al., 2020). Desain pembelajaran model ADDIE merupakan desain pembelajaran dengan pendekatan sistem sehingga diantara tahapan-tahapannya tidak bisa terpisahkan karena mencakup seluruh komponen. Tahapan ADDIE yang sistematis menjadikan model ini merupakan model yang sederhana dan mudah diterapkan. Model pengembangan ADDIE merupakan model desain pembelajaran yang berlandaskan pada pendekatan sistem yang efektif dan efisien serta prosesnya yang bersifat interaktif yakni hasil evaluasi setiap fase dapat membawa pengembangan pembelajaran ke fase selanjutnya (Junaedi, 2019).

1. Tahap Analisis

Pada tahap ini, dilakukan identifikasi kebutuhan pembelajaran, karakteristik siswa, serta konteks pembelajaran, sehingga menekankan pentingnya pengumpulan data

yang akurat dan pemahaman mendalam tentang konteks pembelajaran serta kebutuhan pembelajar. Analisis ini membantu memahami tantangan yang mungkin dihadapi dan peluang yang bisa digunakan dalam pengembangan program. Tujuannya merumuskan masalah, menentukan tujuan pembelajaran, serta mengidentifikasi kebutuhan yang harus dipenuhi oleh program.

2. Tahap Perancangan

Perancang pembelajaran membuat rencana detail tentang bagaimana pembelajaran akan dirancang untuk memenuhi tujuan yang diidentifikasi pada tahap analisis. Hal ini mencakup perumusan tujuan pembelajaran yang spesifik, strategi penyampaian, alat yang akan digunakan, serta rancangan evaluasi untuk mengukur efektivitas pembelajaran.

3. Tahap Pengembangan

Tahap pengembangan melibatkan pembuatan media pembelajaran atau perakitan materi pembelajaran. Selain itu, dilakukan pengujian terhadap media untuk memastikan efektivitasnya. Revisi atau penyesuaian mungkin dilakukan berdasarkan hasil pengujian atau masukan dari pengguna atau pakar.

4. Tahap Implementasi

Pada tahap implementasi, materi dan rencana yang telah dikembangkan digunakan dalam situasi pembelajaran nyata yaitu dengan mulai diperkenalkan kepada siswa. Ini melibatkan pengelolaan lingkungan belajar, pelatihan instruktur jika diperlukan, dan memastikan bahwa siswa dapat mengakses materi dengan lancar. Penggunaan metode pengajaran yang tepat dan strategi implementasi yang efektif menjadi fokus utama untuk memastikan program berjalan sesuai rencana dan mencapai tujuan.

5. Tahap Evaluasi

Evaluasi mencakup dua jenis yaitu evaluasi formatif yang dilakukan di sepanjang proses desain dan pengembangan, serta evaluasi sumatif yang dilakukan setelah implementasi selesai. Tahap evaluasi merupakan tahap akhir, bertujuan menilai keberhasilan program secara keseluruhan. Evaluasi dilakukan untuk melihat sejauh mana tujuan program tercapai, kekuatan dan kelemahan program, serta untuk mendapatkan masukan yang bisa digunakan untuk peningkatan lebih lanjut di masa depan.

Tabel 3.1 Konsep dan prosedur desain pembelajaran model ADDIE

	Konsep	Prosedur umum
Analyze	Identifikasi penyebab terjadinya masalah dalam pembelajaran	1. Validasi masalah pembelajaran 2. Menentukan tujuan pembelajaran 3. Mengkonfirmasi sasaran peserta didik. 4. Mengidentifikasi sumber yang dibutuhkan 5. Menentukan pembiayaan 6. Membuat rencana pengelolaan pembelajaran
Design	Verifikasi hasil/prestasi yang diinginkan (tujuan pembelajaran) dan menentukan metode/strategi yang tepat	1. Menginventarisir tugas 2. Menyusun tujuan pembelajaran 3. Membuat pengujian metode/ strategi pembelajaran
Develop	Mengembangkan dan memvalidasi sumber belajar	1. Menghasilkan konten 2. Memilih atau mengembangkan media pendukung 3. Mengembangkan panduan untuk siswa 4. Mengembangkan panduan untuk guru 5. Melakukan ujian percobaan
Implement	Persiapan lingkungan belajar, dan pelaksanaan belajar dengan melibatkan siswa	1. Menyiapkan guru 2. Menyiapkan siswa
Evaluate	Menilai kualitas produk dan proses pembelajaran	1. Menentukan kriteria evaluasi 2. Memilih alat evaluasi 3. Melakukan evaluasi

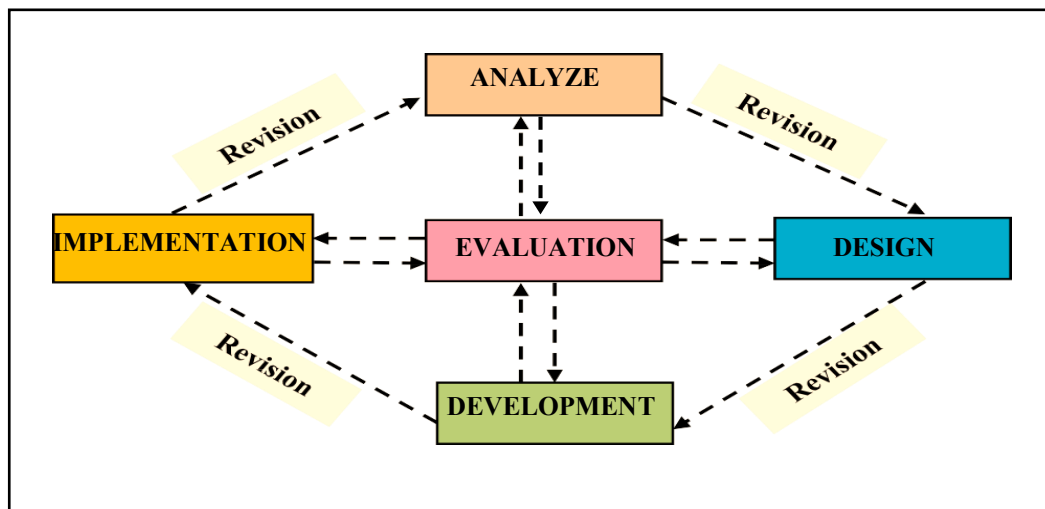
Sumber : Buku Instructional Design The ADDIE Approach

Penggunaan model ADDIE diharapkan memberikan dampak yang sangat signifikan terhadap hasil penelitian, terutama dalam pengembangan media pembelajaran yang menggunakan AR dengan pendekatan saintifik. Media ini dapat disesuaikan sesuai dengan kebutuhan siswa dari berbagai tingkat kemampuan akademik sehingga dapat menjadi pembiasaan siswa dalam menggunakan teknologi dalam pembelajaran, sehingga terciptanya lingkungan belajar yang lebih efektif dan efisien.

3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian pengembangan ini dilakukan dengan mengacu pada prosedur penelitian pengembangan model ADDIE yakni analisis (*analyze*), desain (*design*), pengembangan (*development*), implementasi (*implementation*) serta evaluasi (*evaluation*).

Skema desain model ADDIE yang diterapkan dalam penelitian ini mencakup:



Gambar 3.1 Diagram Model ADDIE

3.3.1 Analisis (*Analyze*)

Analisis (*Analyze*) merupakan metode penting untuk menganalisis media pembelajaran secara menyeluruh agar dapat memastikan bahwa seluruh aspek telah terpenuhi dengan lengkap dan tepat. Desain tahap analisis berfokus pada target audiens. Pada tahap analisis, dilakukan pendefinisian permasalahan instruksional, tujuan instruksional, sasaran pembelajaran serta dilakukan identifikasi lingkungan pembelajaran dan pengetahuan yang dimiliki oleh siswa. Tahapan analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi kemungkinan penyebab sebuah kesenjangan kinerja pembelajaran (Hidayat & Nizar, 2021). Kemudian diringkas dalam 3 langkah proses analisis yaitu :

1. Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan disebut juga analisis masalah, yaitu proses sistematis untuk mengidentifikasi kesenjangan antara kondisi saat ini dengan kondisi yang diinginkan, serta menentukan tindakan yang diperlukan untuk mengatasi kesenjangan tersebut. Analisis kebutuhan pada penelitian ini bertujuan untuk mengungkapkan permasalahan yang mendasar dan umum terjadi dalam pembelajaran matematika, khususnya dalam meningkatkan kemampuan spasial khususnya pada pembelajaran matematika. Subjek analisis kebutuhan pada penelitian ini adalah kelas VIIB, guru matematika kelas VIIB, dan Waka Kurikulum SMPN 11 Pesawaran. Kegiatan tersebut meliputi observasi, wawancara, dan pengisian angket yang mencakup perlunya pengembangan media pembelajaran AR pada pembelajaran matematika.

2. Analisis Kurikulum

Analisis kurikulum diawali dengan pemeriksaan terhadap raport pendidikan dan Alur Tujuan Pembelajaran (ATP) yang diterapkan di SMP N 11 Pesawaran. Raport Pendidikan dapat dijadikan acuan untuk melihat kondisi ketrampilan dan kemampuan matematika peserta didik sekaligus perbaikan yang harus dilakukan. ATP ini berperan sebagai pedoman dalam menentukan muatan pembelajaran yang akan dikembangkan. Analisis kurikulum ini dijadikan salah satu dasar dalam pembuatan media pembelajaran AR dengan pendekatan saintifik untuk memenuhi kebutuhan kurikulum serta meningkatkan efektivitas pembelajaran matematika.

3. Analisis Karakteristik Siswa

Analisis karakteristik siswa dilakukan untuk mengetahui latar keseluruhan siswa baik dari segi usia, minat, bakat, budaya, ketrampilan, pengetahuan dan kemampuan awal siswa seperti tingkat paham terhadap materi, kemampuan matematika, serta perilaku selama proses pembelajaran. Media pembelajaran AR diharapkan mampu menyesuaikan karakteristik siswa mulai dari kebutuhan dan latar belakang siswa, serta mampu meningkatkan spasial dalam pembelajaran matematika.

3.3.2 Desain (*Design*)

Tahapan desain dilakukan untuk mendesain aplikasi AR. Media ini harus dirancang sedemikian rupa supaya mendukung pencapaian tujuan pembelajaran dan terkait kompetensi yang harus dikuasai oleh siswa. Tahap desain terkait dengan penentuan sasaran, instrumen penilaian, latihan, konten, dan analisis yang terkait materi pembelajaran, rencana pembelajaran dan pemilihan media. Fase desain dilakukan secara sistematis dan spesifik. Berikutnya, dilaksanakan perencanaan produk media yang akan digunakan dalam proses pembelajaran. Produk ini dirancang untuk menghasilkan pengalaman belajar yang interaktif serta menarik, sehingga mampu meningkatkan keterlibatan peserta didik. Dengan demikian, hasil akhir yang dihasilkan adalah media pembelajaran interaktif dengan pendekatan saintifik yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan individu siswa, baik dari sudut pandang gaya belajar, kemampuan, maupun tingkat pemahaman mereka (Sugiyono, 2020).

Eksplorasi AR dalam pembelajaran matematika yang akan digunakan siswa dalam proses pembelajaran sebagai berikut:

- Saat siswa membuka aplikasi AR, mereka dapat melihat berbagai bangun ruang (seperti kubus, balok, limas, dan prisma) muncul di ruang nyata melalui layar perangkat (smartphone atau tablet).
- Setiap bangun ruang yang muncul bisa dilihat dari berbagai sudut (rotasi bebas 360 derajat), sehingga siswa bisa memahami bentuk dan struktur bangun ruang tersebut dengan lebih jelas.
- Siswa dapat memanipulasi posisi bangun ruang dalam ruang nyata. Mereka bisa memutar bangun ruang objek 3D untuk melihat bagaimana posisi objek terbentuk.
- Setiap bangun ruang memiliki fitur berupa pengertian, contoh, rusuk, diagonal, macam/jenis, jaring-jaring, rumus volume dan luas permukaan bahkan sifat-sifat bangun ruang.
- Aplikasi AR juga menampilkan quis untuk mengetahui tingkat kemampuan yang didapatkan.

3.3.3 Pengembangan (*Development*)

Pengembangan (*Development*) dalam model ADDIE berfokus pada proses penyempurnaan rancangan produk yang telah disusun sebelumnya. Pada tahap ini, produk pengembangan dirangkai menurut prinsip pembelajaran yang berbeda-beda, sehingga produk yang dihasilkan dapat diterapkan secara efektif dalam konteks pembelajaran. Rancangan produk ini dibuat menggunakan Assemblr EDU, yang memungkinkan pengembangan Media AR yang menarik dan mendukung proses pembelajaran. Adapun tahapan pembuatan produk pengembangan terdiri dari:

1. Penyusunan Kerangka Pokok

Tahap awal dalam proses pengembangan produk adalah merancang kerangka media pembelajaran berbasis pendekatan saintifik. Langkah ini bertujuan untuk memastikan bahwa semua elemen penting yang mendukung penelitian dan kegiatan pembelajaran terintegrasi dalam produk. Kerangka tersebut mencakup perencanaan isi, elemen interaktif, dan fitur yang sesuai dengan tingkat kemampuan akademik. Dengan kerangka yang terperinci, proses pengembangan menjadi lebih sistematis dan terarah, sehingga produk akhir dapat memenuhi tujuan pembelajaran yang direncanakan

2. Penyempurnaan Hasil Produk

Revisi produk dilakukan berdasarkan masukan dari para ahli di bidang materi dan media, terutama jika terdapat kekurangan atau elemen yang belum memenuhi standar kualitas yang ditetapkan. Proses penyempurnaan ini bertujuan untuk memastikan bahwa produk multimedia yang dihasilkan benar-benar layak dan valid untuk digunakan dalam proses pembelajaran.

3.3.4 Implementasi (*Implementation*)

Tahap awal implementasi dilakukan untuk memastikan seluruh fitur aplikasi berfungsi dengan baik dan sesuai dengan harapan. Sebagai langkah persiapan, sebuah kasus uji telah dirancang untuk mengevaluasi kinerja produk dan

memastikan semua fitur berjalan tanpa hambatan. Produk media pembelajaran AR diuji oleh para ahli, termasuk ahli bahasa, ahli materi, dan ahli media. Hasil evaluasi dari para ahli ini digunakan sebagai dasar untuk merevisi produk hingga diperoleh versi yang optimal. Setiap revisi bertujuan untuk meningkatkan kepraktisan, efektivitas, dan kelayakan media pembelajaran.

Setelah itu, dilakukan uji coba dalam kelompok kecil. Ketika produk dinyatakan valid dan menarik, implementasi dilanjutkan pada kelompok besar dalam konteks pembelajaran di kelas. Tahap implementasi ini mencakup uji coba eksperimen untuk menilai kelayakan dan efektivitas produk. Penelitian menggunakan metode eksperimen dengan membandingkan hasil belajar antara kelompok kontrol dan kelompok eksperimen. Data dari uji coba dianalisis secara menyeluruh untuk menghasilkan kesimpulan yang mendukung pengembangan media pembelajaran AR sebagai alat pembelajaran yang inovatif dan efektif.

3.3.5 Evaluasi (*Evaluation*)

Evaluasi bertujuan untuk memastikan bahwa hasil akhir produk sesuai dengan kebutuhan pengguna, dalam hal ini adalah siswa. Evaluasi dilakukan dengan tahapan mengevaluasi hasil belajar peserta didik, respon pendidik, serta respon peserta didik. Sebagai bagian dari evaluasi lanjutan, media ini akan digunakan oleh siswa dalam pembelajaran matematika dengan fokus pada materi Bangun Ruang. Melalui penggunaan media ini, diharapkan siswa dapat lebih mudah memahami konsep matematika dan meningkatkan kemampuan spasial mereka. Setelah media pembelajaran digunakan, peneliti akan mengumpulkan data melalui angket yang disebarkan kepada guru dan siswa. Angket ini bertujuan untuk mengetahui pandangan mereka mengenai efektivitas penggunaan media pembelajaran berbasis AR dalam proses belajar mengajar.

Setelah semua kuesioner terkumpul, hasilnya akan diolah dan dianalisis secara menyeluruh. Proses ini bertujuan untuk mendapatkan wawasan yang mendalam mengenai bagaimana media pembelajaran berfungsi di lapangan. Hasil analisis ini

akan memberikan informasi yang berharga mengenai sejauh mana multimedia tersebut memenuhi standar kualitas yang ditetapkan, serta relevansinya dengan materi pembelajaran, terutama dalam konteks materi fungsi komposisi.

3.4 Subjek Penelitian

1. Tempat dan Subjek Studi Pendahuluan

Tempat penelitian ini dilaksanakan di SMP N 11 Pesawaran pada Tahun Ajaran 2024/2025. Analisis kebutuhan dalam pengembangan media pembelajaran AR melalui wawancara dan angket. Subjek studi pendahuluan yaitu Bapak M. Brilliant Luthfi, S.Pd sebagai salah satu guru matematika dan Bapak Dwi Setijiyanto, S.Pd sebagai waka kurikulum.

2. Subjek Validasi Produk

Subjek validasi produk yaitu validator ahli yang memberikan penilaian terhadap pengembangan media AR dengan pendekatan saintifik yang mempunyai latar belakang keilmuan dan kompetensi yang sesuai untuk bertindak sebagai validator ahli materi ataupun validator ahli media.

a. Subjek Uji Coba Kelompok Kecil

Subjek uji coba kelompok kecil pada penelitian ini yaitu 1 guru matematika dan 6 siswa kelas tinggi selain kelas control dan eksperimen. Pemilihan 6 siswa didasarkan dari siswa yang mempunyai kemampuan tinggi, sedang, dan rendah, yang dipilih berdasarkan saran guru dengan melihat nilai hasil ujian semester genap.

b. Subjek Uji Coba Kelompok Besar

Subjek uji coba kelompok besar terdiri dari 2 kelas, yaitu sebagai kelas eksperimen dan kelas kontrol, yang dipilih melalui Teknik pengambilan sampel yaitu teknik *Cluster Random Sampling* (pengambilan sampel berdasarkan area), yaitu sebuah teknik pengambilan sampel secara berkelompok. Kelas eksperimen yaitu kelas VIIC sejumlah 30 siswa dan kelas kontrol yaitu kelas VIIA sejumlah 32 siswa.

Teknik ini dilakukan berdasarkan pada kelompok tertentu. Uji coba dilakukan menggunakan desain penelitian *pre-post control group design* (Nayeri et al., 2023).

Tabel 3.2 *Pre-Post Control Group Design*

Kelompok	<i>Pretest</i>	Perlakuan	<i>Posttest</i>
Eksperimen	O_1	X_1	O_2
Kontrol	O_1	X_2	O_2

Keterangan:

- O_1 : *Pretest* kelas eksperimen dan kelas kontrol
 O_2 : *Posttest* kelas eksperimen dan kelas kontrol
 X_1 : Perlakuan kelas eksperimen,
 X_2 : Perlakuan kelas kontrol.

3.5 Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan berbagai metode pengumpulan data untuk memperoleh informasi yang diperlukan dalam pengembangan media pembelajaran berbasis AR dengan pendekatan saintifik. Media ini dirancang untuk meningkatkan kemampuan peserta didik dalam spasial pada materi bangun ruang. Teknik-teknik yang digunakan meliputi:

a. Observasi

Observasi dilakukan untuk mengamati peserta didik selama proses pembelajaran di kelas, khususnya saat kegiatan penggunaan media AR. Fokus pengamatan adalah menilai kemampuan peserta didik dalam menyelesaikan tugas-tugas yang dirancang menggunakan media AR. Tujuan observasi ini adalah menganalisis sejauh mana media pembelajaran dapat membantu peserta didik menyelesaikan masalah matematika, khususnya pada topik Bangun Ruang, melalui pendekatan saintifik yang menekankan pemikiran logis dan sistematis.

b. Angket

Angket digunakan untuk mengumpulkan data terkait media pembelajaran AR yang dikembangkan. Instrumen angket terdiri dari beberapa bagian, yaitu:

1. Lembar analisis kebutuhan: Digunakan untuk memahami kebutuhan pengguna media AR.
2. Lembar validasi ahli: Memperoleh masukan dari ahli materi, ahli bahasa, dan ahli media mengenai media AR.
3. Angket respon: Mengumpulkan pendapat dari pendidik dan peserta didik tentang media pembelajaran, termasuk kemudahan penggunaan, daya tarik, dan manfaatnya. Data yang diperoleh dari angket ini digunakan untuk menilai efektivitas media dalam meningkatkan kemampuan spasial pada materi bangun ruang.

c. Dokumentasi

Metode dokumentasi digunakan untuk mengumpulkan data yang berkaitan dengan arsip asesmen, buku guru, jumlah peserta didik yang terlibat dalam penelitian serta proses penggunaan media AR dalam pembelajaran dikelas. Dokumentasi ini berfungsi mendukung analisis kebutuhan pada tahap awal penelitian dan memberikan informasi penting terkait struktur pembelajaran yang relevan dengan pengembangan media AR.

d. Tes

Tes digunakan untuk mengukur kemampuan peserta didik dalam kemampuan spasial peserta didik, baik sebelum maupun setelah menggunakan media AR. Data yang diperoleh melalui tes ini akan dianalisis untuk menilai efektivitas media pembelajaran dalam mendukung peningkatan kemampuan spasial peserta didik.

Instrumen tes berupa soal yang dirancang berdasarkan indikator kemampuan spasial, meliputi:

1. Kemampuan visualisasi spasial yaitu kemampuan mengidentifikasi dan menggambarkan objek geometris serta kemampuan untuk membayangkan objek atau gambar dalam pikiran dan memanipulasinya secara mental. Kemampuan ini melibatkan pemahaman dan penggambaran objek-objek geometris dalam berbagai orientasi dan dimensi, seperti mengidentifikasi

bentuk 2D dan 3D serta menggambaranya dengan tepat. Contoh: Menggambar bentuk 3D berdasarkan deskripsi.

2. Kemampuan orientasi spasial yaitu kemampuan menghitung dan menggunakan ukuran geometris serta kemampuan untuk memahami hubungan antara objek dalam ruang dan berpindah antar posisi. Kemampuan ini berfokus pada pemahaman dan perhitungan ukuran objek geometris, seperti luas, volume, keliling, dan jarak antar objek, serta kemampuan untuk menggunakan rumus matematika yang sesuai Contoh: Navigasi di lingkungan fisik atau pemahaman peta.
3. Kemampuan pengamatan dan persepsi spasial yaitu kemampuan untuk mengamati dan mengenali serta menganalisis pola atau hubungan spasial antara objek-objek. Kemampuan ini melibatkan pemahaman tentang bagaimana objek saling berhubungan dalam ruang, misalnya, mengenali pola, simetri, rotasi, dan refleksi, serta memahami transformasi spasial seperti translasi, rotasi, dan dilatasi. Contoh: Menyusun potongan gambar atau bentuk untuk membentuk gambar utuh.

3.6 Instrumen Penelitian

Penelitian ini memanfaatkan berbagai instrumen untuk mengumpulkan data yang relevan. Angket analisis kebutuhan digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisis kebutuhan pembelajaran matematika di kelas VII SMP, khususnya terkait penggunaan teknologi AR dalam materi Bangun Ruang. Selain itu, angket validasi ahli berfungsi untuk mengevaluasi kelayakan media pembelajaran AR berdasarkan masukan dari ahli materi, ahli bahasa, dan ahli media. Angket respons pendidik dan peserta didik dirancang untuk mengukur efektivitas media pembelajaran serta tingkat penerimaan terhadap pendekatan saintifik. Di sisi lain, lembar observasi kemampuan spasial digunakan untuk menilai sejauh mana keterampilan tersebut berkembang ketika peserta didik berinteraksi dengan media pembelajaran, khususnya dalam menyelesaikan masalah matematika. Instrumen penelitian terdiri dari instrument non tes (angket dan observasi) dan tes.

a. Angket Analisis Kebutuhan

Pada tahap awal penelitian, angket ini digunakan untuk mengumpulkan informasi dari pendidik dan peserta didik mengenai kondisi pembelajaran yang sedang berlangsung. Instrumen ini bertujuan untuk mengidentifikasi tantangan, keterbatasan, dan kebutuhan pembelajaran matematika, khususnya dalam penggunaan teknologi pada materi Bangun Ruang. Informasi yang diperoleh membantu mengarahkan pengembangan media AR agar relevan dengan kebutuhan peserta didik, mendukung pendekatan saintifik, dan meningkatkan kemampuan spasial.

b. Angket Validasi Ahli

Angket ini berfungsi untuk mengevaluasi kualitas media pembelajaran AR yang dikembangkan. Instrumen ini dirancang untuk mengidentifikasi potensi ketidaksesuaian atau kekurangan baik dalam konten materi Bangun Ruang maupun aspek teknis media. Validasi dilakukan oleh ahli materi, ahli media, dan ahli bahasa untuk memastikan bahwa media pembelajaran memenuhi standar akademik dan efektif untuk mendukung pendekatan saintifik serta meningkatkan kemampuan spasial peserta didik.

c. Angket Respons Pendidik dan Peserta Didik

Angket ini digunakan pada tahap uji coba lapangan, baik pada kelompok kecil maupun besar. Fokus utama instrumen ini adalah menilai kualitas media pembelajaran AR berdasarkan tiga aspek utama: kemudahan penggunaan, daya tarik, dan kebermanfaatan dalam proses pembelajaran. Data yang diperoleh dari angket ini memberikan masukan yang berharga tentang efektivitas media dalam mendukung pembelajaran berbasis pendekatan saintifik dan membantu meningkatkan kemampuan spasial peserta didik pada materi Bangun Ruang.

d. Observasi Kemampuan Spasial

Observasi dilakukan untuk mengukur kemampuan peserta didik dalam memecahkan masalah selama penggunaan media pembelajaran AR dalam uji coba lapangan. Lembar observasi digunakan untuk menilai bagaimana peserta didik

menerapkan konsep-konsep dalam materi Bangun Ruang saat menyelesaikan tugas, serta mengevaluasi proses berpikir mereka dalam mencari solusi. Observasi ini memberikan data yang penting mengenai efektivitas media pembelajaran AR dalam meningkatkan kemampuan spasial matematika, serta bagaimana pendekatan saintifik mendukung keterampilan tersebut.

e. Tes Kemampuan Spasial

Tes ini menggunakan soal uraian yang dirancang untuk mengukur kemampuan peserta didik dalam spasial matematika. Tes dilakukan pada tahap evaluasi lapangan (field test evaluation) untuk mengukur keefektifan media pembelajaran AR dan pencapaian tujuan pembelajaran. Soal yang sama diberikan kepada kelas eksperimen dan kelas kontrol, memungkinkan perbandingan efektivitas antara media AR dengan metode pembelajaran konvensional.

Instrumen tes yang digunakan dalam penelitian ini bertujuan untuk mengukur kemampuan spasial peserta didik. Tes tersebut berbentuk soal uraian yang diberikan pada tahap evaluasi uji lapangan. Tujuan utama dari pelaksanaan tes ini adalah untuk mengevaluasi efektivitas media pembelajaran yang dikembangkan serta mengukur sejauh mana tujuan pembelajaran telah tercapai. Tes diterapkan pada dua kelompok, yaitu kelas eksperimen dan kelas kontrol, dengan menggunakan soal yang sama untuk memastikan konsistensi pengukuran.

1. Instrumen Non-tes

a) Lembar Wawancara

Instrumen ini berupa lembar pertanyaan yang ditujukan kepada guru matematika di UPTD SMPN 11 Pesawaran M. Brilliant Lutfi, S.Pd. Kisi-kisi instrumen wawancara dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Kisi-Kisi Instrumen Wawancara Guru dan Siswa

No	Indikator	Butir Pertanyaan
1	Minat dan motivasi belajar matematika	1,2,9
2	Efektivitas metode pengajaran matematika	3,4,5,
3	Media pembelajaran digital (AR)	6,7,8

b) Lembar Observasi

Instrumen ini berupa lembar observasi lembar pertanyaan dengan pilihan ya atau tidak yang diisi peneliti setelah mengamati kegiatan pembelajaran matematika di kelas VII UPTD SMPN 11 Pesawaran.

c) Lembar Validitas

Instrumen penilaian dalam lembar validasi media AR ini berupa angket yang diserahkan dan diisi oleh ahli media, dan ahli materi. Tujuannya untuk menilai seberapa layak produk yang sudah dikembangkan. Angket validasi materi, validasi ahli dan validasi bahasa dalam penelitian ini menggunakan skala Likert (Arikunto, 2019) disajikan seperti Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Skor Skala Likert

Pilihan Jawaban	Skor
Sangat Baik	4
Baik	3
Kurang	2
Sangat Kurang	1

1) Angket Validasi Materi

Validasi dilakukan oleh ahli yang berkompeten di bidang matematika untuk menilai kesesuaian isi media pembelajaran yang dikembangkan. Tujuannya memperoleh masukan dan saran guna penyempurnaan media pembelajaran sebelum digunakan dalam pembelajaran. Berikut kisi-kisi instrument validasi materi yang digunakan:

Tabel 3.5 Kisi-kisi Instrumen Validasi Materi

No	Pernyataan	Butir Pertanyaan
1	Kesesuaian materi dan tujuan pembelajaran	1, 7
2	Kesesuaian dengan dengan kurikulum	2
3	Pendekatan saintifik	3
4	Mendorong kemampuan spasial siswa	4
5	Kalimat yang digunakan komunikatif	5,6
6	Media AR yang interaktif mudah diakses	8,9
7	Koherensi dan keruntutan	10

Instrumen validasi materi menilai kualitas isi media pembelajaran AR dengan pendekatan saintifik, meliputi kesesuaian indikator dengan capaian pembelajaran, ketepatan materi, serta sistematika penyajian.

2) Angket Validasi Media

Validasi media dilakukan oleh ahli yang memiliki kompetensi di bidang desain dan pengembangan media pembelajaran. Tujuan validasi ini adalah untuk menilai aspek tampilan, kemenarikan, dan keterbacaan media pembelajaran yang dikembangkan, serta memberikan masukan bagi penyempurnaannya. Instrumen validasi media digunakan untuk menilai kualitas tampilan media AR dengan pendekatan saintifik, meliputi desain grafis, tata letak, serta keterpaduan antara teks dan ilustrasi. Kisi-kisi instrumen validasi media disajikan pada Tabel 3.6 berikut.

Tabel 3.6 Kisi-kisi Instrumen Validasi Media

No	Pernyataan	Butir Pertanyaan
1	Kesesuaian materi dan tujuan pembelajaran	6, 7, 8, 9
2	Multimedia yang dikembangkan interaktif	1, 2, 3
3	Ketepatan desain layout dan background	5
4	Media AR yang interaktif mudah diakses teknologi.	4
5	Koherensi dan keruntutan	10

d) Lembar Respons Siswa dan Respons Guru

Lembar ini berfungsi untuk mengetahui respons siswa dan guru sebagai pengguna produk terhadap kepraktisan dari pengembangan multiMedia AR. Kisi-kisi instrumen respons siswa dapat dilihat pada Tabel 3.7.

Tabel 3.7 Kisi-kisi Instrumen Respons Siswa

No	Pernyataan	Butir Pertanyaan
1	Kesesuaian materi dan tujuan pembelajaran	4,5,8
2	Multimedia yang dikembangkan interaktif	2, 3,9
3	Motivasi dalam belajar	6,7,8
4	Media AR yang interaktif mudah diakses teknologi.	1
5	Koherensi dan keruntutan	10

Instrumen angket guru diberikan kepada guru matematika kelas VII di UPTD SMP N 11 Pesawaran yang berisi pendapat guru terhadap media pembelajaran AR dengan pendekatan saintifik. Kisi-kisi instrumen respon guru dapat dilihat pada Tabel 3.8.

Tabel 3.8 Kisi-kisi Instrumen Respons Guru

No	Pernyataan	Butir Pertanyaan
1	Kesesuaian materi dan tujuan pembelajaran	1,2,7
2	Multimedia yang dikembangkan interaktif	5, 8
3	Motivasi dalam belajar	9
4	Media AR yang interaktif mudah diakses teknologi.	3, 4
5	Kemampuan spasial	6
6	Koherensi dan keruntutan	10

2. Instrumen Tes

Dalam penelitian ini, kemampuan spasial matematika siswa diukur menggunakan instrumen tes yang terdiri dari 10 soal uraian. Tes diberikan kepada peserta didik pada kelas eksperimen dan kelas kontrol dengan menggunakan soal yang sama. Kisi-kisi instrumen tes kemampuan spasial matematika tersebut disajikan dalam Tabel 3.9

Tabel 3.9 Kisi-kisi Instrumen Tes Kemampuan Spasial Matematika

Tujuan Pembelajaran	Indikator	Aspek yang Diamati	No. Soal
1. Peserta didik dapat mengenal dan memahami konsep dasar tentang bangun ruang kubus, balok, limas dan prisma	Visual Spasial	Kemampuan siswa untuk membayangkan, menggambarkan, dan memahami bentuk atau objek dalam ruang	1,2,3,4,5
2. Peserta didik dapat menghitung volume dan luas permukaan bangun ruang kubus, balok, limas dan prisma	Hubungan Spasial	Kemampuan yang berfokus pada pemahaman bagaimana objek atau elemen geometris berinteraksi satu sama lain dalam ruang	1,4
3. Peserta didik dapat mengaitkan materi bangun ruang kubus, balok, limas dan prisma dengan aplikasi dalam kehidupan sehari-hari	Orientasi Spasial	Kemampuan memahami dan mengatur objek dalam ruang, serta mengenali posisi dan arah suatu objek terhadap objek lain.	2,3,5

Sebelum digunakan dalam penelitian, instrumen tes terlebih dahulu diujikan melalui analisis validitas, reliabilitas, tingkat kesukaran, dan daya pembeda. Uji ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap butir soal dapat mengukur kemampuan spasial matematika secara tepat dan tetap, membedakan tingkat kemampuan antar siswa, serta memiliki tingkat kesukaran yang proporsional, sehingga instrumen tes yang digunakan layak untuk mengukur efektivitas media AR yang dikembangkan.

a. Uji Validitas

Penelitian ini menggunakan validitas isi (content validity) sebagai salah satu jenis validitas yang diterapkan. Untuk instrumen berbentuk tes, validitas isi dilakukan dengan cara membandingkan materi dalam instrumen terhadap kompetensi dasar dan indikator pembelajaran yang ingin dicapai. Selain itu, validitas isi dievaluasi berdasarkan masukan dan penilaian dari guru mata pelajaran terkait. Sementara itu, validitas empiris dilakukan menggunakan teknik korelasi product moment berdasarkan rumus yang dikemukakan oleh Arikunto (2019).

$$r_{xy} = \frac{N \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{(N \sum X^2 - (\sum X)^2)(N \sum Y^2 - (\sum Y)^2)}}$$

Keterangan :

r_{xy} : Koefisien korelasi antara variabel X dan variabel Y
 N : Jumlah peserta didik
 $\sum X$: Jumlah skor yang diperoleh peserta didik pada setiap soal
 $\sum Y$: Jumlah total skor yang diperoleh peserta didik
 $\sum XY$: Jumlah hasil perkalian skor pada setiap soal dengan total skor peserta didik

Hasil pada r_{xy} akan dibandingkan dengan koefisien korelasi tabel; $r_{tabel} = r_{(\alpha, n-2)}$. Jika $r_{xy} \geq r_{tabel}$, maka dapat dikatakan bahwa instrumen soal valid (Rosidin, 2017).

Adapun rangkuman hasil uji validitas soal instrument tes kemampuan spasial matematika berdasarkan data jawaban siswa sebagai berikut:

Tabel 3.10 Hasil Uji Validitas Soal

Butir Soal	r_{hitung}	r_{tabel}	Keterangan
1	0,726	0,374	Valid
2	0,805		Sangat Valid
3	0,882		Sangat Valid
4	0,773		Valid
5	0,830		Sangat Valid

Berdasarkan Tabel 3.10 hasil uji validitas tes kemampuan spasial matematika diperoleh hasil bahwa kelima soal yang diuji cobakan termasuk dalam kategori sangat valid dan dapat digunakan untuk penelitian.

b. Uji Reliabilitas

Menurut Rosidin (2017) Pengujian reliabilitas melibatkan pengujian informasi yang kita kumpulkan, baik melalui penelitian kita sendiri atau dengan meminta siswa menyelesaikan pertanyaan tertulis. Jika seorang responden secara konsisten memberikan jawaban yang konsisten terhadap setiap pertanyaan, maka jawaban tersebut dianggap dapat diandalkan. Instrumen dianggap reliabel jika instrumen tersebut menghasilkan pengukuran yang konsisten dan dapat dipercaya, sehingga memberikan hasil yang relatif stabil dan tidak berbeda secara signifikan. Menurut Arikunto (2011), koefisien reliabilitas (r_{11}) dapat dihitung menggunakan rumus Alpha sebagai berikut:

$$r_{11} = \left[\frac{k}{k-1} \right] \left[1 - \frac{\sum s_i^2}{s_t^2} \right]$$

Keterangan :

k : Jumlah butir soal

s_i^2 : Varians dari skor pada soal ke-i

s_t^2 : Varians total (populasi) dari skor keseluruhan

Kriteria untuk uji reliabilitas dapat dilihat dalam Tabel 3.10

Tabel 3.11 Klasifikasi Uji Reliabilitas

r_i	Kriteria
$0,90 < r_{11} \leq 1,00$	Sangat tinggi
$0,70 < r_{11} \leq 0,90$	Tinggi
$0,40 < r_{11} \leq 0,70$	Cukup
$0,20 < r_{11} \leq 0,40$	Rendah
$00,0 < r_{11} < 0,20$	Sangat rendah

Menurut Arikunto (2011) hasil yang diperoleh terhadap koefisien reliabilitas tes secara umum dapat dikatakan bahwa apabila hasilnya $r_{11} \geq 0,70$ tes dapat dikatakan memiliki reliabilitas yang tinggi (*reliable*). Sebaliknya yang belum dikatakan *unreliable* apabila $r_{11} < 0,70$. Setelah dilakukan perhitungan uji reliabilitas pada instrumen tes kemampuan spasial matematika, diperoleh koefisien reliabilitas (r_{11}) sebesar 0,88. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa instrumen tes kemampuan spasial matematika ini memiliki tingkat reliabilitas yang tinggi dan layak digunakan dalam penelitian.

c. Uji Tingkat Kesukaran

Tingkat kesukaran digunakan untuk menentukan sejauh mana suatu butir soal sulit atau mudah. Sudijono (2008) menyatakan bahwa indeks Tingkat Kesukaran (TK) dihitung dengan rumus:

$$TK = \frac{B}{JS}$$

Keterangan:

TK : Tingkat Kesukaran

B : Jumlah skor yang diperoleh peserta didik pada butir soal yang dianalisis

JS : Jumlah skor maksimum yang dapat diperoleh semua peserta didik

Kategori untuk tingkat kesukaran dapat dilihat pada Tabel 3.12.

Tabel 3.12 Kriteria Indeks Kesukaran Soal

Indeks Tingkat Kesukaran	Kriteria
$0,00 \leq TK \leq 0,15$	Sangat Sukar
$0,16 \leq TK \leq 0,30$	Sukar
$0,31 \leq TK \leq 0,70$	Sedang
$0,71 \leq TK \leq 0,85$	Mudah
$0,86 \leq TK \leq 1,00$	Sangat Mudah

Berdasarkan hasil perhitungan data uji coba soal, diperoleh keragaman nilai indeks kesukaran untuk setiap butir soal yang diujikan. Ringkasan hasil analisis tingkat kesukaran butir soal tes kemampuan spasial matematika tersebut disajikan secara lengkap pada Tabel 3.13.

Tabel 3.13 Hasil Uji Tingkat kesukaran

Butir Soal	Tingkat Kesukaran	Keterangan
1	0,718	Mudah
2	0,667	Sedang
3	0,300	Sukar
4	0,594	Sedang
5	0,656	Sedang

Berdasarkan Tabel 3.13, dapat disimpulkan bahwa setiap butir soal pada instrumen tes kemampuan spasial matematika memiliki tingkat kesukaran yang beragam yaitu berada pada kategori mudah, sedang dan sukar.

d. Uji Daya Pembeda

Meneliti soal-soal tes untuk mengetahui kemampuannya membedakan siswa yang mempunyai prestasi dalam kategori rendah dan tinggi dikenal dengan tes daya pembeda. Untuk menghitung daya pembeda, pertama-tama peserta didik diurutkan berdasarkan nilai, mulai dari yang tertinggi hingga yang terendah. Sudijono (2013) menjelaskan bahwa indeks Daya Pembeda (DP) untuk soal uraian dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$DP = \frac{JA - JB}{IA}$$

Keterangan:

JA : Jumlah skor kelompok atas pada butir soal yang dianalisis

JB : Jumlah skor kelompok bawah pada butir soal yang dianalisis

IA : Jumlah skor ideal untuk kelompok atas atau kelompok bawah

Interpretasi daya pembeda dapat diklasifikasikan menurut Tabel 3.12

Tabel 3.14 Interpretasi Nilai Daya Pembeda

Indek Daya Pembeda (DP)	Klasifikasi
$-1,00 \leq DP < 0,09$	Sangat Tidak Baik
$0,09 \leq DP < 0,20$	Tidak Baik
$0,20 \leq DP < 0,40$	Cukup
$0,40 \leq DP < 0,60$	Baik
$0,60 \leq DP \leq 1,00$	Sangat Baik

Hasil uji daya pembeda soal tes yang telah dilakukan diperoleh dan hasil disajikan pada Tabel 3.15.

Tabel 3.15 Hasil Uji daya Pembeda

Butir Soal	Daya Pembeda	Keterangan
1	0,437	Baik
2	0,500	Baik
3	0,400	Baik
4	0,437	Baik
5	0,562	Baik

Berdasarkan Tabel 3.15 menunjukkan jika setiap butir soal instrumen tes kemampuan spasial matematik memiliki daya beda yang baik, sehingga layak digunakan sebagai alat evaluasi.

Tabel 3.16 Kesimpulan Analisis Hasil Uji Coba Soal Tes

Butir Soal	Validitas	Reabilitas	Tingkat Kesukaran	Daya Pembeda	Keterangan
1	Valid	Reliabel	Mudah	Baik	Digunakan
2	Sangat Valid	Reliabel	Sedang	Baik	Digunakan
3	Sangat Valid	Reliabel	Sukar	Baik	Digunakan
4	Valid	Reliabel	Sedang	Baik	Digunakan
5	Sangat Valid	Reliabel	Sedang	Baik	Digunakan

Berdasarkan hasil analisis uji coba, dapat disimpulkan bahwa tes kemampuan spasial matematika yang terdiri dari lima soal uraian dinyatakan layak digunakan sebagai instrumen penelitian. Hal ini tercantum dalam Tabel 3.16, yang menunjukkan bahwa instrumen tersebut memenuhi semua kriteria kelayakan (validitas, reliabilitas, tingkat kesukaran, dan daya beda).

Instrumen ini akan digunakan untuk mengumpulkan data *pretest* dan *posttest* guna mengukur kemampuan spasial matematika peserta didik sebelum dan setelah dilakukan pembelajaran.

3.7 Teknik Analisis Data

Hasil angket serta tes merupakan data kuantitatif dari penelitian ini. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh hasil kevalidan, kepraktisan, dan efektifitas media pembelajaran AR dengan pendekatan saintifik yang sudah dikembangkan. Berikut teknik analisis data:

a. Analisa Kevalidan Media Pembelajaran

Data dikumpulkan melalui lembar angket yang diserahkan kepada tiga validator yang berhubungan dengan aspek media dan materi. Tujuannya untuk menilai validitas pengembangan media pembelajaran AR berbasis pendekatan saintifik, yang dirancang guna meningkatkan kemampuan siswa dalam memecahkan masalah spasial pada materi bangun ruang. Data yang diperoleh validator dianalisis berdasarkan kriteria. Menghitung persentase kevalidan berdasarkan skor penilaian yang diberikan oleh validator. Kriteria kevalidan ditentukan dari hasil interpretasi skor yang diperoleh, kemudian dikategorikan menjadi kriteria tertentu. Angket uji kevalidan menggunakan skala Likert dapat dilihat pada Tabel 3.17.

Tabel 3.17 Kriteria Skor Penilaian Pilihan Jawaban Ahli

Pilihan Jawaban	Skor
Sangat Baik	4
Baik	3
Kurang	2
Sangat Kurang	1

Analisis indeks kevalidan (V) dihitung menggunakan rumus (Arikunto, 2016) berikut:

$$V = \frac{X - N}{M - N}$$

Keterangan :

X = Jumlah skor penilaian setiap validator

N = Minimum jumlah skor

M = Maksimum jumlah skor

Setelah menghitung indeks kevalidan selanjutnya akan dicari nilai rata-rata dari ahli media dan ahli materi. Data hasil validasi selanjutnya akan digolongkan berdasarkan kriteria interpretasi kelayakan yang diajukan oleh (Elsayed & Al-najrani, 2021) dapat dilihat dalam Tabel 3.18.

Tabel 3.18 Kriteria Interpretasi Kelayakan

Penilaian (%)	Tingkat Validitas
$80 < N \leq 100$	Sangat Layak
$60 < N \leq 80$	Layak
$40 < N \leq 60$	Cukup Layak
$20 < N \leq 40$	Tidak Layak
$0 < N \leq 20$	Sangat Tidak Layak

b. Analisis Kepraktisan

Analisis data kepraktisan bertujuan untuk menilai kemudahan penggunaan dan implementasi media pembelajaran AR dengan pendekatan saintifik. Data kepraktisan diperoleh dari uji respons peserta didik dan guru melalui angket dengan skala Likert. Setelah media pembelajaran AR dinyatakan valid, tahap selanjutnya adalah menguji kepraktisan produk. Angket uji kepraktisan menggunakan skala Likert dapat dilihat pada Tabel 3.19.

Tabel 3.19 Kriteria Skor Penilaian Pilihan Jawaban Responden

Pilihan Jawaban	Skor
Sangat Baik	4
Baik	3
Kurang	2
Sangat Kurang	1

Menurut Arikunto (2013), analisis kepraktisan dihitung menggunakan rumus:

$$P = \frac{X - N}{M - N}$$

Keterangan :

X : Jumlah skor penilaian validator
 N : Minimum jumlah skor
 M : Maksimum jumlah skor

Data yang terkumpul dianalisis menggunakan analisis kuantitatif deskriptif untuk menghitung nilai rata-rata dan persentase hasil belajar dengan rumus :

$$P = \frac{F}{N} \times 100\%$$

Keterangan :

P : Persentase
 F : Jumlah skor yang diperoleh
 N : Jumlah skor maksimal

Skor yang diperoleh kemudian diinterpretasikan ke dalam kriteria menurut Riduwan I. Akdon (2013) yang dapat dilihat pada Tabel 3.20.

Tabel 3.20 Kriteria Kepraktisan

Interval	Kategori
$80 < N \leq 100$	Sangat Praktis
$60 < N \leq 80$	Praktis
$40 < N \leq 60$	Cukup Praktis
$20 < N \leq 40$	Tidak Praktis
$0 < N \leq 20$	Sangat Tidak Praktis

c. Analisis Keefektifan

Analisis keefektifan bertujuan untuk mengetahui sejauh mana media pembelajaran AR berbasis pendekatan saintifik dapat meningkatkan kemampuan spasial pada materi bangun ruang. Data diperoleh melalui tes yang dilakukan dua kali, yaitu *pretest* dan *posttest* (Liana et al., 2025). Untuk mengukur efektivitas media, digunakan uji statistik terhadap nilai N-Gain pada kelas eksperimen dan kontrol (Hidayah & Kurniawan, 2021). Sebelumnya dilakukan analisis prasyarat yang meliputi uji normalitas dan uji homogenitas untuk memastikan bahwa data memenuhi syarat dalam melakukan analisis statistik lebih lanjut. Adapun tahapannya sebagai berikut:

1. Uji N-Gain

Uji N-Gain dilakukan untuk mengukur peningkatan kemampuan spasial matematika secara deskriptif. Nilai N-Gain dihitung dengan rumus berikut:

$$\langle g \rangle = \frac{\langle S_f \rangle - \langle S_i \rangle}{100 - \langle S_i \rangle}$$

Keterangan :

$\langle g \rangle$: Nilai N-Gain

$\langle S_f \rangle$: Skor rata – rata *posttest*

$\langle S_i \rangle$: Skor rata – rata *pretest*

Skor N-Gain yang diperoleh kemudian diinterpretasikan dalam kriteria dapat dilihat dalam Tabel 3.21.

Tabel 3.21 Kriteria Interpretasi N-Gain

N – Gain $\langle g \rangle$	Kriteria
0,71 – 1,00	Tinggi
0,41 – 0,70	Sedang
0,10 – 0,40	Rendah

2. Uji Normalitas N-Gain

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah distribusi data normal atau tidak. Data yang diuji adalah hasil *pretest* dan *posttest*. Pengujian ini penting dilakukan karena menjadi dasar dalam menentukan uji statistik yang akan digunakan selanjutnya. Apabila data berdistribusi normal, maka analisis dapat dilanjutkan dengan uji statistik parametrik, seperti t-test; namun jika data tidak berdistribusi normal, maka digunakan uji nonparametrik. Dalam penelitian ini, uji normalitas dilakukan menggunakan uji Shapiro-Wilk pada taraf signifikansi 5% dengan bantuan program SPSS Statistics. Uji *Shapiro-Wilk* dipilih karena memiliki tingkat sensitivitas yang tinggi dan lebih sesuai digunakan untuk jumlah sampel kecil hingga menengah dan memiliki tingkat sensitivitas yang baik dalam mendeteksi normalitas data (Shapiro & Wilk, 1965). Dasar pengambilan keputusan uji normalitas N-Gain adalah:

1. Hipotesis untuk uji normalitas data
 - H_0 : data N-Gain berasal dari populasi yang berdistribusi normal
 - H_1 : data N-Gain tidak berasal dari populasi yang berdistribusi normal
2. Kriteria pengambilan keputusan
 - Jika nilai signifikansi $\geq 0,05$ maka H_0 diterima, yang berarti data terdistribusi normal.
 - Jika nilai signifikansi $< 0,05$ maka H_0 ditolak, yang berarti data tidak terdistribusi normal.

Hasil uji normalitas N-Gain yang telah dilakukan melalui SPSS disajikan pada Tabel 3.22.

Tabel 3.22 Hasil Uji Normalitas N-Gain

Data	Kelas	Shapiro-Wilk			Keputusan
		Statistik	df	Sign.	
N-Gain	Eksperimen	0.966	30	0,427	H_0 diterima
	Kontrol	0.951	32	0,151	H_0 diterima

Berdasarkan Tabel 3.22 menunjukkan jika data N-Gain diperoleh nilai sig kelas eksperimen 0,427 dan kelas kontrol 0,151 yang berarti bahwa data N-Gain kelas eksperimen dan kelas kontrol memiliki nilai Sig. $\geq 0,05$ maka H_0 diterima. Dengan demikian, data N-Gain kelas eksperimen dan data N-Gain kelas kontrol berasal dari populasi yang berdistribusi normal.

3. Uji Homogenitas

Uji homogenitas digunakan untuk mengetahui apakah variansi data N-Gain antara kelas eksperimen dengan kelas kontrol bersifat sama (homogen) atau tidak. Uji yang digunakan adalah uji *Levene*. Pengujian ini menggunakan *Levene's Test* pada taraf signifikansi 5% dengan bantuan program SPSS. Uji *Levene* dipilih karena dapat digunakan untuk menguji kesamaan variansi pada dua atau lebih kelompok data, baik yang berdistribusi normal maupun tidak normal. Hipotesis yang diajukan adalah sebagai berikut :

- $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$: Kedua populasi data N-Gain memiliki variansi yang sama
- $H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$: Kedua populasi data N-Gain memiliki variansi tidak sama

Kriteria pengambilan keputusan adalah jika nilai Sig. $\geq 0,05$ maka H_0 diterima dan jika nilai Sig. $< 0,05$ maka H_0 ditolak. Hasil uji homogenitas N-Gain yang telah dilakukan melalui SPSS disajikan pada Tabel 3.23.

Tabel 3.23 Hasil Uji Homogenitas N-Gain

Data	Levene Statistic	df ₁	df ₂	Sig.	Keputusan
N-Gain	0,461	1	60	0,500	H_0 diterima

Berdasarkan Tabel 3.23 menunjukkan jika data N-Gain diperoleh nilai sig 0,500 yang berarti bahwa nilai Sig. $\geq 0,05$ maka H_0 diterima. Dengan demikian, data N-Gain kelas eksperimen dan data N-Gain kelas kontrol berasal dari populasi yang homogen atau kedua populasi data N-Gain memiliki variansi yang sama.

4. Uji Hipotesis

Uji hipotesis dilakukan berdasarkan hasil uji normalitas dan homogenitas data N-Gain kelas eksperimen dan kelas kontrol. Berdasarkan hasil uji prasyarat, data diketahui berdistribusi normal dan homogen, sehingga analisis dapat dilakukan dengan menggunakan uji kesamaan dua rata-rata melalui *Independent Sample T Test*. Hipotesis yang diuji adalah:

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$: Tidak ada perbedaan rata-rata (N-Gain) kemampuan spasial matematika siswa yang menggunakan media pembelajaran AR dengan yang tidak menggunakan media pembelajaran AR.

$H_1 : \mu_1 > \mu_2$: Ada perbedaan rata-rata (N-Gain) kemampuan spasial matematika siswa yang menggunakan media pembelajaran AR dengan yang tidak menggunakan media pembelajaran AR.

Keterangan :

μ_1 : rata-rata N-Gain kelas eksperimen (menggunakan media pembelajaran AR)

μ_2 : rata-rata N-Gain kelas kontrol (tidak menggunakan media pembelajaran AR / pembelajaran konvensional)

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Pengembangan media pembelajaran AR dengan pendekatan saintifik dalam meningkatkan kemampuan spasial matematik siswa memenuhi kriteria valid. Perolehan skor kevalidan ahli materi sebesar 0,867 dan skor kevalidan ahli media sebesar 0,875. Pengembangan media pembelajaran AR dengan pendekatan saintifik dalam meningkatkan kemampuan spasial matematik siswa memenuhi kriteria praktis. Perolehan skor kepraktisan respons siswa sebesar 0,904 dan skor kepraktisan respons guru sebesar 0,90.
2. Pengembangan media pembelajaran AR dengan pendekatan saintifik efektif dapat meningkatkan kemampuan spasial matematik siswa. Berdasarkan hasil uji t N-Gain, data N-Gain memiliki nilai Sig. $< 0,05$ maka H_0 ditolak dalam arti ada perbedaan rata-rata (N-Gain) kemampuan spasial matematika siswa yang menggunakan media pembelajaran AR dengan yang tidak menggunakan media pembelajaran AR. Dengan demikian, penggunaan media pembelajaran AR dengan pendekatan saintifik terbukti efektif dalam meningkatkan kemampuan spasial matematika siswa.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan, maka peneliti menyarankan sebagai berikut.

1. Bagi guru selanjutnya dapat menggunakan media pembelajaran dan memanfaatkan teknologi AR dalam proses belajar mengajar, terutama dalam bidang matematika, untuk meningkatkan pemahaman konsep spasial siswa

serta dengan memperhatikan motivasi belajar siswa, karena aktifitas belajar akan berjalan lancar jika siswa memiliki motivasi untuk belajar.

2. Bagi peneliti selanjutnya untuk dapat mengembangkan media AR melalui platform yang lebih kompleks, tidak hanya memunculkan bentuk tiga dimensi tetapi platform yang dapat memfasilitasi untuk menginputkan soal ke dalam media dan langsung muncul jawaban sesuai dengan soal bahkan pengguna mampu membuat bangun ruang baru dalam media tersebut. Selain itu, perlu adanya pengembangan lebih lanjut terkait integrasi AR dengan berbagai pendekatan pembelajaran lainnya untuk menghasilkan media yang lebih interaktif dan adaptif sesuai dengan kebutuhan siswa.

DAFTAR PUSTAKA

- Acikgul, K., Sad, S. N., & Altay, B. (2023). Spatial ability test for university students: Development, validity and reliability studies. *International Journal of Assessment Tools in Education*, 10(1), 76–97. <https://doi.org/10.21449/ijate.1102435>
- Amalia, N. R., Fajriah, N., & Sari, A. (2019). Pengaruh Pendekatan Scientific Terhadap Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa Smp Menggunakan Permasalahan Open-Ended. *EDU-MAT: Jurnal Pendidikan Matematika*, 7(2), 177. <https://doi.org/10.20527/edumat.v7i2.7378>
- Aminah, N., Waluya, S. B., & Rochmad, R. (2020). Integrasi Teknologi Dalam Pengajaran Matematika. *Mathline : Jurnal Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 5(1), 87–100. <https://doi.org/10.31943/mathline.v5i1.122>
- Ari Subhi, M., Mudrikah, A., Luqmanul Hakim Peningkatan Kemampuan Penalaran Spasial Siswa, L., & Luqmanul Hakim, L. (2023). Peningkatan Kemampuan Penalaran Spasial Siswa Melalui Implementasi Media Pembelajaran Geometry With Augmented Reality (Go-Ar). *Jurnal Penelitian Pembelajaran Matematika Sekolah*, 7(JP2MS), 169–180. <https://doi.org/10.33369/jp2ms.7.2.169-180>
- Arikunto, S. (2013). *Dasar-dasar evaluasi pendidikan (Edisi Revisi)*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Arikunto, S. (2016). *Metodologi Penelitian Kuantitatif*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Arikunto, S. (2019). *Prosedur Penelitian suatu Pendekatan Praktik*. Rineka Cipta.
- Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6 (4)(2–3), 355–385. <https://doi.org/10.1561/11000000049>
- Bacca, J., Baldiris, S., Graf, S., Graf, H., Romero, M., & Veza, R. (2014). Augmented Reality Trends in Education: A Systematic Review of Research and Applications. *Educational Technology & Society*, 17 (4), 133–149.

- Beswick, K. (2021). Inquiry-based approaches to mathematics learning, teaching, and mathematics education research. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 24(2), 123–126. <https://doi.org/10.1007/s10857-021-09494-4>
- Bybee, R. W. (2013). The Case for Education: STEM Challenges and Opportunities. *NSTA (National Science Teachers Association)*, 33–40. www.nsta.org/permissions.
- Damanik, S. A., & Handayani, R. (2023). Kemampuan Literasi Matematika Siswa. In *Omega: Jurnal Keilmuan Pendidikan Matematika* (Vol. 2, Issue 3).
- Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi. (2021). Panduan Program Bantuan Kerja Sama Kurikulum dan Implementasi Merdeka Belajar-Kampus Merdeka. *Kementerian Pendidikan Dan Kebudayaan Republik Indonesia*, 1–17. <https://dikti.kemdikbud.go.id/wp-content/uploads/2021/02/Panduan-Kerjasama-Kurikulum-dan-Implementasi-MBKM-Tahun-2021-Final.pdf>
- Dunleavy, M., & Dede, C. (2014). *Augmented Reality Teaching and Learning*. In J. Michael Spector, M. David Merrill, J. Elen, & M. J. Bishop (Eds.), *Handbook of Research on Educational Communications and Technology* (pp. 735-745). New York: Springer. http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5_59
- Elsayed, S. A., & Al-najrani, H. I. (2021). *Effectiveness of the Augmented Reality on Improving the Visual Thinking in Mathematics and Academic Motivation for Middle School Students*. 17(8).
- Erita, Y., Miaz, Y., Jupriani, J., Hevria, S., & Fauzi, R. (2024). Using Virtual Reality to Enhance Twenty-First-Century Skills in Elementary School Students: A Systematic Literature Review. *Open Education Studies*, 6(1). <https://doi.org/10.1515/edu-2024-0030>
- Farihana, A. N. (2023). Kajian Tentang Assemblr Edu. *Etheses IAIN Kediri*.
- Field, J. (2006). Lifelong Learning and the New Educational Order. In *Trentham Books*.
- Fitrah, M. (2021). Kriteria Pemilihan Media Pembelajaran. *Universitas Nurul Jadid, March*, 1–13. <https://ilmu-pendidikan.net/pembelajaran/media-pembelajaran/kriteria-pemilihan-media-pembelajaran-yang-baik>
- Godoy Jr, C. H. (2021). Augmented Reality and Gamification : A Framework for Developing Supplementary Learning Tool. *International Journal of Computing Sciences Research International Journal of Computing Sciences Research*, 5(1), 595–612. <https://doi.org/10.25147/ijcsr.2017.001.1.63>

- Hermawan, A., & Hadi, S. (2024). Realitas Pengaruh Penggunaan Teknologi Augmented Reality dalam Pembelajaran terhadap Pemahaman Konsep Siswa. *Jurnal Simki Pedagogia*, 7(1), 328–340. <https://doi.org/10.29407/jsp.v7i1.694>
- Hidayah, R., & Kurniawan, A. B. (2021). Efektivitas Permainan Zuper Abase Berbasis Android Sebagai Media Pembelajaran Asam Basa. *Jurnal Penelitian Pendidikan Matematika Dan Sains*, 5(2). <http://journal.unesa.ac.id/index.php/jppms/>
- Hidayat, F., & Nizar, M. (2021). Model Addie (Analysis, Design, Development, Implementation and Evaluation) Dalam Pembelajaran Pendidikan Agama Islam Addie (Analysis, Design, Development, Implementation and Evaluation) Model in Islamic Education Learning. *Jurnal UIN*, 1(1), 28–37.
- Hosnan, M. (2014). *Pendekatan Saintifik dan Kontekstual dalam Pembelajaran Abad 21*. Bogor: Ghalia Indonesia.
- Jannah, R., & Oktaviani, R. N. (2022). Pengaruh Penggunaan Media Augmented Reality Terhadap Kemampuan Literasi Numerasi Digital Pada Pembelajaran Matematika Materi Penyajian Data Kelas V MI At-Taufiq. *Jurnal Ibriez : Jurnal Kependidikan Dasar Islam Berbasis Sains*, 7(2), 123–138. <https://ibriez.iainponorogo.ac.id/index.php/ibriez/article/view/283>
- Johnson, L., Adams Becker, S., Estrada, V., & Freeman, A. (2016). *NMC Horizon Report: 2016 Higher Education Edition*. The New Media Consortium.
- Junaedi, D. (2019). Desain Pembelajaran Model ADDIE. In *STAI Syamsul Uhum* (pp. 1–14).
- Kay, R. H., & Mann, A. (2021). *Effective Video Use in Online Learning*. 298–308.
- Keller, T., & Sloane, M. (2003). Mathematics and Learning with Technology. *ERIC Digest*.
- Kemendikbud. (2018). Strategi Literasi Dalam Pembelajaran Di Sekolah Menengah Pertama. *KSatgas GLS Ditjen Dikdasmen Kementerian Pendidikan Dan Kebudayaan*, 1–51. <http://repositori.kemdikbud.go.id/11419/1/15>. Modul Literasi.pdf
- Khoerulloh, H. A. (2022). *Analisis kemampuan spasial matematis siswa SMP ditinjau dari tingkat berpikir Van Hiele pada materi bangun ruang sisi datar* (Skripsi, Universitas Pendidikan Indonesia). Universitas Pendidikan Indonesia Repository. https://repository.upi.edu/86805/7/S_MTK_1600901_Title.pdf

- Korkmaz, E., & Morali, H. S. (2022). A meta-synthesis of studies on the use of augmented reality in mathematics education. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 17(4), em0701. <https://doi.org/10.29333/iejme/12269>
- Kozhevnikov, M., Hegarty, M., & Mayer, R. E. (2002). Revising the visualizer-verbalizer dimension: Evidence for the new dimensions of spatial thinking. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9(2), 283-294.
- Lestari, D. W., Rusimamto, P. W., Harimurti, R., & Agung, A. I. (2023). Penerapan Media Pembelajaran Berbantuan Assemblr Edu Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa. *Journal of Vocational and Technical Education*, 5(2), 225–232. <https://journal.unesa.ac.id/index.php/JVTE/article/download/26168/10032>
- Liana, I. R., Happy, N., & Pramasdyahsari, A. S. (2025). Efektivitas Model Problem Based Learning Berbantuan Media AR Pada Capaian Asesmen. 10(1), 56-65
- Lin, Y., & Suh, A. (2021). The role of spatial ability in learning with virtual reality: A literature review. *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, 2020-Janua, 94–103. <https://doi.org/10.24251/hicss.2021.011>
- Maemunah, S., Giwangsa, S., & Somantri, M. (2025). The Effectiveness of Using Google Earth to Improve the Spatial Skills of Phase B Elementary School Students. *PALAPA*, 13(2), 189-201. <https://doi.org/10.36088/palapa.v13i2.5873>
- Majid, N. W. A., Rafli, M., Nurjannah, N., Apriyanti, P., Iskandar, S., Nuraeni, F., Herlandy, P. B., & Azman, M. N. A. (2023). The Effectiveness of Using Assemblr Edu Learning Media to Help Student Learning at School. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(11), 9243–9249. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i11.5388>
- Martin, M. O., Davier, M. Von, & Mullis, I. V. . (2023). *TIMSS 2023 Assessment Frameworks TIMSS 2023 Assessment Frameworks*.
- Molenaar, I. & Knoop-van Campen, C. A. N. (2019). How Teachers Make Dashboard Information Actionable. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 12(3), 347–355. <https://doi.org/10.1109/TLT.2018.2851585>
- Morrison, G. R., Ross, S. J., Morrison, J. R., & Kalman, H. K. (2020). *Designing effective instruction (8th ed.)* (p. 512). John Wiley & Sons.
- Ningsih, I., & haerudin, haerudin. (2019). Kemampuan Spasial Matematis Siswa Smp Kelas Viii Pada Materi Bangun Ruang Sisi Datar. *Prosiding Sesiomadika*, 2(1c). <https://journal.unsika.ac.id/index.php/sesiomadika/article/view/2662>

- Nayeri, N. D., Noodeh, F. A., Sharif-nia, H., Yaghoobzadeh, A., & Hossein, A. (2023). *Statistical Procedures Used in Pretest-Posttest Control Group Design : A Review of Papers in Five Iranian Journals*. 5.
- OECD. (2023b). Program For International Student (PISA) 2022 Assessment and Analytical Framework. Paris: OECD Publishing.
- OECD, O. (2024). PISA 2022 Results The State of Learning and Equity in Education. In *Perfiles Educativos* (Vol. 46, Issue 183). <https://doi.org/10.22201/issue.24486167e.2024.183.61714>
- Papakostas, C., Troussas, C., Krouska, A., & Sgouropoulou, C. (2021). Exploration of Augmented Reality in Spatial Abilities Training: A Systematic Literature Review for the Last Decade. *Informatics in Education*, 20(1), 107–130. <https://doi.org/10.15388/infedu.2021.06>
- Piaget, J. (1970). *Science of Education and the Psychology of the Child*. New York : Viking.
- Radu, I. (2014). Augmented reality in education: A meta-review and cross-media analysis. *Personal and Ubiquitous Computing*, 18(6), 1533–1543. <https://doi.org/10.1007/s00779-013-0747-y>
- Riduwan I. Akdon. (2013). *Rumus dan Data dalam Analisis Statistika*. Bandung: Alfabeta.
- Rizal, M., & Walidain, I. (2019). Pengembangan perangkat pembelajaran berbasis kebutuhan peserta didik. *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, 15(3), 101–112.
- 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*, 9(3), 503–516. <https://doi.org/10.53400/mimbar-sd.v9i3.51774>
- Rosidin, U. (2017). *Evaluasi dan Asesmen Pembelajaran*. Yogyakarta: Media Akademi.
- Ruseffendi, E. T. (2006). *Dasar-Dasar Penelitian Pendidikan dan Bidang Non-Eksakta Lainnya*. Tarsito.
- Schoenfeld, A. H. (1985). *Mathematical Problem Solving*. Academic Press.
- Shapiro, S. S., & Wilk, M. B. (1965). *An analysis of variance test for normality (complete samples): Vols. 52 (3-4)*. Biometrika.

- Sudirman, S., & Alghadari, F. (2020). Bagaimana Mengembangkan Kemampuan Spasial dalam Pembelajaran Matematika di Sekolah?: Suatu Tinjauan Literatur. *Journal of Instructional Mathematics*, 1(2), 60–72. <https://doi.org/10.37640/jim.v1i2.370>
- Sudjana, N., & Rivai, A. (2009). *Media Pengajaran*. Bandung: Sinar Baru Algesindo.
- Sugiarto, A. (2021). Penggunaan Media Augmented Reality Assemblr Edu untuk Meningkatkan Minat Belajar Siswa pada Mata Pelajaran IPA. *Jurnal Madaris*, 4(2), 248–260. <https://jurnalmdaris.org/index.php/md/article/download/248/44>
- Sugiyono. (2020). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabet
- Suherman, E. (2003). *Strategi Pembelajaran Matematika Kontemporer*. Bandung: JICA.
- Tambunan, S. M. (2006). Hubungan Antara Kemampuan Spasial Dengan Prestasi Belajar Matematika. *Makara Human Behavior Studies in Asia*, 10(1), 27. <https://doi.org/10.7454/mssh.v10i1.13>
- Untari, R. S., Hasanah, F. N., Wardana, M. D. K., & Jazuli, M. I. (2022). Pengembangan Augmented Reality (AR) Berbasis Android Pada Pembelajaran Pemodelan Bangun Ruang 3D. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, Dan Pengembangan*, 7(5), 190. <https://doi.org/10.17977/jptpp.v7i5.15238>
- Uttal, D. H., Meadow, N. G., Tipton, E., Hand, L., Alden, A., & Newcombe, N. S. (2013). The malleability of spatial skills: A meta-analysis of training studies. *Psychological Bulletin*, 139(2), 352–402.
- Winaryati, E., Munsarif, M., & Mardiana. (2021). *Cercular Model of RD&D (Model RD&D Pendidikan dan Sosial)*. Yogyakarta: Penerbit KBM Indonesia.
- Xie, F., Zhang, L., Chen, X. (2020). *Is Spatial Ability Related to Mathematical Ability: a Meta-analysis. Educ Psych*, 113–155. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09496-y>
- Yanto, A. D., Rahaju, E. B., & Surabaya, U. N. (2024). Literasi Matematika Peserta Didik SMP Berdasarkan Mathematics SelfEfficacy pada Masalah Statistika Adaptasi PISA. *MATHE Dunesa*, 13(2), 660–673. <https://doi.org/10.26740/mathedunesa.v13n2.p660-673>
- Zufahmi, Z. (2025). *Augmented reality in science learning: A systematic literature review*. 11(1), 274–291.