Jurnal Pendidikan Matematika Unpatti
| April 2025 | Volume 6 Nomor 1 | Hal. 34 – 42
DOI https://doi.org/10.30598/jpmunpatti.v6.i1.p34-42
Website: https://ojs3.unpatti.ac.id/index.php/jpmu
ISSN 2723-6870

EKSPLORASI KEMAMPUAN BERPIKIR GEOMETRI SISWA SD MELALUI MEDIA PEMBELAJARAN BERBASIS *AUGMENTED REALITY* BERDASARKAN TEORI VAN HIELE

Widya Putri Ramadhani*

Prodi Pendidikan Matematika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Pattimura
Jalan Ir. M. Putuhena, Kampus Unpatti, Poka, Ambon, Indonesia

Submitted: Mey 05, 2025 *Revised: May 16, 2025* *Accepted: May 25, 2025*

e-mail: widyaramadhani390@gmail.com;

*corresponding author**

Abstrak

Keterbatasan visualisasi konsep abstrak dalam pembelajaran geometri konvensional menuntut pendekatan inovatif melalui teknologi *Augmented Reality* (AR) yang dapat menjembatani kesenjangan pemahaman dan meningkatkan kemampuan berpikir geometri siswa. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi kemampuan berpikir geometri siswa SD dalam menyelesaikan masalah matematika melalui media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* (AR) berdasarkan teori Van Hiele. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain penelitian eksplorasi terhadap 32 siswa kelas VI MIT Daarunnaim Wayame. Instrumen penelitian meliputi tes kemampuan berpikir geometri Van Hiele, kuesioner persepsi siswa, lembar observasi interaksi, dan media AR geometri menggunakan aplikasi *Assemblr Edu*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemampuan berpikir geometri siswa terkonsentrasi pada level visualisasi (28.13%), analisis (28.13%), dan deduksi informal (31.25%), deduksi formal (9.38%) dan rigor (3.13%). Implementasi media pembelajaran berbasis AR efektif meningkatkan kemampuan berpikir geometri siswa pada level 0 hingga level 3 ($p < 0.05$), dengan peningkatan terbesar pada level deduksi informal. Terdapat korelasi positif signifikan antara kualitas interaksi dengan media AR dan peningkatan kemampuan berpikir geometri, dengan tingkat keterlibatan interaktif sebagai faktor terkuat ($r = 0.826$). Tiga kelompok siswa teridentifikasi berdasarkan respons mereka terhadap pembelajaran AR. Kesimpulannya, media pembelajaran AR memiliki potensi besar untuk mengembangkan kemampuan berpikir geometri siswa SD, namun penerapannya perlu mempertimbangkan aspek pedagogis, teknologis, dan karakteristik individual siswa.

Kata kunci: augmented reality, kemampuan berpikir geometri, media pembelajaran, siswa sekolah dasar, teori van hiele.

Abstract

The limited visualization of abstract concepts in conventional geometry learning demands an innovative approach through Augmented Reality (AR) technology that can bridge the understanding gap and improve students' geometry thinking skills. This study aims to explore the geometry thinking ability of elementary school students in solving math problems through Augmented Reality (AR) based learning media based on Van Hiele's theory. The study used a quantitative approach with an exploratory research design on 32 students of grade VI MIT Daarunnaim Wayame. The research instruments included Van Hiele geometry thinking ability test, student perception questionnaire, interaction observation sheet, and AR geometry media using Assemblr Edu application. The results showed that students' geometry thinking ability was concentrated at the level of visualization (28.13%), analysis (28.13%), and informal deduction (31.25%), formal deduction (9.38%) and rigor (3.13%). The implementation of AR-based learning media effectively improves students' geometry thinking skills at level 0 to level 3 ($p < 0.05$), with the largest increase at the informal deduction level. There was a significant positive correlation between the quality of interaction with AR media and the improvement of geometry thinking ability, with the level of interactive engagement as the strongest factor ($r = 0.826$). Three groups of students were identified based on their responses to AR learning. In conclusion, AR learning media has great potential to develop elementary students' geometry thinking ability, but its application needs to consider pedagogical, technological aspects, and individual student characteristics.

Keywords: augmented reality, elementary school students, geometric thinking ability, learning media, van hiele theory.

This is an open access article distributed under the Creative Commons 4.0 Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. ©2025 by author.

1. Pendahuluan

Geometri merupakan cabang matematika yang memegang peranan fundamental dalam pengembangan kemampuan berpikir logis, analitis, sistematis, dan spasial peserta didik (NCTM 2020). Meskipun demikian, pembelajaran geometri masih dihadapkan pada berbagai problematika yang signifikan di berbagai negara, termasuk Indonesia. Data hasil PISA (*Programme for International Student Assessment*) 2022 menunjukkan bahwa skor matematika siswa Indonesia berada pada peringkat 62 dari 81 negara dengan skor 372, jauh di bawah rata-rata OECD yakni 472 (OECD 2023). Analisis lebih lanjut mengungkapkan bahwa domain geometri menjadi salah satu area dengan capaian terendah dibandingkan domain matematika lainnya.

Rendahnya capaian dalam domain geometri ini tidak dapat dipisahkan dari kesulitan dalam pembelajaran geometri yang berkaitan erat dengan karakteristik materi yang bersifat abstrak dan membutuhkan kemampuan visualisasi spasial yang memadai. Menurut (Fauzan and Sari 2022; Umam et al. 2024), konsep-konsep geometri memerlukan proses kognitif yang kompleks meliputi visualisasi, analisis, deduksi informal, dan penalaran formal. Studi yang dilakukan oleh Fitriyani and Putri (2024) terhadap 278 siswa SD di tiga provinsi di Indonesia mengungkapkan bahwa 67.3% siswa mengalami kesulitan dalam memvisualisasikan bentuk geometri tiga dimensi, 72.8% mengalami kesulitan dalam memahami transformasi geometri, dan 81.5% kesulitan dalam mengonstruksi bukti-bukti geometris.

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk memahami kesulitan siswa dalam pembelajaran geometri dan mengembangkan kerangka kerja untuk menilai perkembangan berpikir geometri mereka. Salah satu kerangka teori yang paling berpengaruh dalam hal ini adalah teori perkembangan berpikir geometri yang dikembangkan oleh Pierre van Hiele dan Dina van Hiele-Geldof (Lumbre, Beltran-Joaquin, and Monterola 2023; Safrina, Ikhsan, and Ahmad 2021; Silmi and Muiz 2022). Berdasarkan teori Van Hiele ini, perkembangan berpikir geometri siswa berlangsung melalui lima level hierarkis, yaitu visualisasi, analisis, deduksi informal, deduksi formal, dan rigor. Beberapa studi menunjukkan bahwa mayoritas siswa Indonesia masih berada pada level visualisasi (level 0) dan analisis (level 1), sementara kemampuan pada level deduksi informal (level 2), deduksi formal (level 3), dan rigor (level 4) masih sangat terbatas (Sukayasa et al. 2022). Hal ini sejalan dengan temuan Susanto and Mahmudi (2021) yang mengungkapkan bahwa hanya 23.6% siswa SMP di Indonesia yang mencapai level deduksi informal, sementara kemampuan deduksi formal hanya dicapai oleh 7.2% siswa. Kondisi ini mengindikasikan adanya kesenjangan yang signifikan dalam pengembangan kemampuan berpikir geometri siswa.

Pembelajaran geometri konvensional yang mengandalkan media dua dimensi seperti buku teks dan gambar statis terbukti belum mampu mengakomodasi kebutuhan visualisasi dinamis yang diperlukan dalam memahami konsep geometri(Yıldız 2024). Safrina, Ikhsan, and Ahmad (2021) melalui studi eksploratif di 15 sekolah di Indonesia menemukan bahwa 78,4% guru matematika masih mengandalkan pendekatan konvensional dalam pembelajaran geometri dengan keterbatasan media visualisasi. Keterbatasan ini semakin memperbesar kesenjangan antara konsep abstrak geometri dengan pemahaman konkret yang dibutuhkan siswa. Akibatnya, banyak siswa mengembangkan kecemasan matematika dan miskonsepsi geometri yang berpengaruh negatif terhadap prestasi belajar (Lumbre, Beltran-Joaquin, and Monterola 2023).

Perkembangan teknologi digital, khususnya teknologi *immersive* seperti *Augmented Reality* (AR), membuka peluang transformatif dalam pembelajaran geometri. Teknologi AR yang menggabungkan dunia nyata dengan objek virtual memungkinkan visualisasi konsep geometri secara dinamis, interaktif, dan kontekstual(Azuma et al. 2001). Beberapa studi terkini telah menunjukkan efektivitas teknologi AR dalam pembelajaran geometri. Chonchaiya and Srithammee (2025) melaporkan peningkatan signifikan pada pemahaman konsep ruang dimensi tiga pada 143 siswa sekolah menengah setelah menggunakan aplikasi AR dalam pembelajaran geometri selama satu semester. Demikian pula, Kuncoro et al. (2024) menemukan bahwa implementasi AR dalam pembelajaran geometri transformasi meningkatkan keterlibatan siswa dan pemahaman konseptual sebesar 42% dibandingkan metode konvensional.

Di Indonesia, penelitian tentang pemanfaatan AR dalam pembelajaran geometri mulai berkembang, namun implementasinya masih sangat terbatas. Studi yang dilakukan oleh Benamen, Buchori, and Purwosetiyono (2025) terhadap 126 guru matematika SMP dan SMA di lima kota besar Indonesia mengungkapkan bahwa hanya 8.7% guru yang pernah menggunakan teknologi AR dalam pembelajaran, meskipun 91.3% menyatakan ketertarikan untuk mengimplementasikannya. Kesenjangan ini

menunjukkan adanya kebutuhan mendesak untuk pengembangan dan diseminasi media pembelajaran berbasis AR yang sesuai dengan konteks pendidikan di Indonesia.

Penggunaan AR dalam pembelajaran geometri relevan dengan kebijakan pendidikan nasional terkini, khususnya implementasi Kurikulum Merdeka yang menekankan keterampilan abad 21 dan literasi digital(Kemendikbudristek 2024). Arah kebijakan ini sejalan dengan temuan Putra et al. (2024) yang menunjukkan bahwa integrasi teknologi immersive seperti AR dalam pembelajaran matematika berkontribusi signifikan dalam pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi dan kompetensi digital siswa.

Meskipun potensi AR dalam pembelajaran geometri telah dibuktikan secara empiris, pengembangan dan implementasinya perlu dirancang secara sistematis dengan mempertimbangkan aspek pedagogis, teknologis, dan kontekstual (Erşen and Alp 2024). Oleh karena itu, penelitian komprehensif diperlukan untuk mengidentifikasi desain media pembelajaran berbasis AR yang optimal serta strategi implementasinya untuk meningkatkan kemampuan berpikir geometri siswa sesuai dengan level berpikir geometri Van Hiele.

Berdasarkan urgensi tersebut, penelitian ini dilakukan dengan fokus mengetahui kemampuan berpikir geometri siswa dengan media pembelajaran yang telah disediakan. Dengan demikian tujuan penelitian ini untuk memengeksplorasi kemampuan berpikir Geometri siswa dalam menyelesaikan masalah matematika dengan bantuan Media pembelajaran AR berdasarkan Teori Van Hiele. Hasil penelitian diharapkan dapat berkontribusi pada pengembangan pendekatan inovatif dalam pembelajaran geometri serta memperkaya khazanah keilmuan pendidikan matematika di era digital.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain penelitian eksplorasi (*exploratory research*) untuk menginvestigasi kemampuan berpikir geometri siswa melalui media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* berdasarkan teori Van Hiele. Desain eksplorasi dipilih karena penelitian ini bertujuan mengeksplorasi secara mendalam fenomena kemampuan berpikir geometri siswa SD dalam konteks penggunaan teknologi AR, serta mengidentifikasi pola, kecenderungan, dan hubungan antar variabel yang diamati(Creswell and Creswell, 2018).

Populasi penelitian adalah seluruh siswa MIT Daarunnaim Wayame tahun ajaran 2024/2025. Sampel penelitian menggunakan teknik *purposive sampling* dengan fokus pada siswa kelas VI MIT Daarunnaim Wayame yang terdiri dari 32 siswa (15 siswa kelas VI A dan 17 siswa kelas VI B) yang diberi pembelajaran menggunakan media *Augmented Reality*. Pemilihan sampel mempertimbangkan karakteristik perkembangan kognitif siswa kelas VI yang menurut teori Piaget berada pada fase transisi dari operasional konkret ke operasional formal, sehingga relevan untuk mengeksplorasi kemampuan berpikir geometri berdasarkan teori Van Hiele.

Instrumen penelitian terdiri dari tes kemampuan berpikir geometri Van Hiele (15 item, Cronbach's Alpha = 0.87) untuk mengukur level berpikir geometri siswa dari level 0-4, kuesioner persepsi siswa terhadap pembelajaran berbasis AR (20 item, skala Likert 5 poin), lembar observasi terstruktur untuk mengamati interaksi siswa dengan media AR, rubrik analisis kemampuan berpikir geometri untuk mengkategorikan respons siswa, dan media AR Geometri yang digunakan dengan *assemblr edu apk* sebagai media pembelajaran interaktif untuk konsep geometri ruang dimensi tiga.

Tabel 1. Kriteria Penetapan Level Van Hiele Berdasarkan Total Skor

Level Van Hiele	Rentang Skor	Deskripsi Kemampuan
Level 0 (Visualisasi)	0-15	Siswa mampu mengenali bentuk geometri secara visual namun belum memahami sifat-sifatnya
Level 1 (Analisis)	16-19	Siswa mampu mengidentifikasi sifat-sifat geometri namun belum mampu memahami hubungan antarunsur
Level 2 (Deduksi Informal)	20-27	Siswa mampu memahami hubungan antarunsur geometri dan membuat deduksi informal
Level 3 (Deduksi Formal)	28-32	Siswa mampu mengembangkan pembuktian formal dan memahami sistem deduksi aksiomatis
Level 4 (Rigor)	33-40	Siswa mampu memahami dan membandingkan berbagai sistem aksiomatik geometri

Analisis data dilakukan menggunakan statistik deskriptif (mean, standar deviasi, frekuensi) untuk memetakan level berpikir geometri siswa, paired sample t-test untuk

mengukur signifikansi perubahan kemampuan berpikir geometri sesudah implementasi AR ($\alpha = 0.05$), korelasi Pearson untuk mengidentifikasi hubungan antara interaksi dengan media AR dan peningkatan level berpikir geometri, serta analisis klaster untuk mengelompokkan pola respons siswa terhadap pembelajaran berbasis AR dan perubahan kemampuan geometri mereka berdasarkan teori Van Hiele.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil

Distribusi Level Berpikir Geometri Siswa

Hasil penelitian menunjukkan distribusi level berpikir geometri siswa kelas VI MIT Daarunnaim Wayame berdasarkan teori Van Hiele sebagaimana disajikan pada Tabel 2. Data menunjukkan bahwa sebagian besar siswa masih berada pada level visualisasi (28.13%), analisis (28.13%), dan deduksi informal (31.25%). Sementara itu, hanya sebagian kecil siswa yang mencapai level deduksi formal (9.38%) dan rigor (3.13%).

Tabel 2. Distribusi Level Berpikir Geometri Van Hiele

Level Van Hiele	Jumlah Siswa	Persentase
Level 0 (Visualisasi)	9	28.13%
Level 1 (Analisis)	9	28.13%
Level 2 (Deduksi Informal)	10	31.25%
Level 3 (Deduksi Formal)	3	9.38%
Level 4 (Rigor)	1	3.13%
Total	32	100%

Distribusi ini menunjukkan bahwa kemampuan berpikir geometri siswa cenderung terkonsentrasi pada level 0 hingga level 2, yang mengindikasikan bahwa mayoritas siswa telah mampu mengenali bentuk geometri secara visual, mengidentifikasi sifat-sifat geometri, dan sebagian telah mampu memahami hubungan antarunsur geometri. Namun, kemampuan untuk melakukan pembuktian formal dan memahami sistem aksiomatik masih sangat terbatas.

Analisis Kemampuan Berpikir Geometri Berdasarkan Indikator

Analisis lebih mendalam terhadap kemampuan siswa pada setiap indikator berpikir geometri sebagaimana disajikan pada Tabel 3 memberikan gambaran yang lebih komprehensif tentang profil kemampuan berpikir geometri siswa.

Tabel 3. Deskripsi Item Soal Uraian dan Rata-rata Skor

Item	Deskripsi Soal	Indikator Kemampuan	Rata-rata Skor	Persentase Ketercapaian
1	Menggambar dan mengidentifikasi bangun ruang dimensi tiga	Visualisasi bentuk geometri	3.91	97.75%
2	Menjelaskan sifat-sifat bangun ruang	Identifikasi sifat geometri	3.66	91.50%
3	Mengklasifikasikan bangun ruang berdasarkan sifatnya	Klasifikasi bentuk geometri	3.16	79.00%
4	Menentukan jaring-jaring bangun ruang	Hubungan antarunsur geometri	2.69	67.25%
5	Menganalisis hubungan antarunsur bangun ruang	Analisis sifat geometri	2.06	51.50%
6	Merumuskan definisi bangun ruang	Definisi bentuk geometri	1.56	39.00%
7	Membuktikan sifat-sifat bangun ruang secara informal	Pembuktian informal	1.00	25.00%
8	Membuat pembuktian sederhana	Deduksi matematis	0.59	14.75%
9	Mengembangkan pembuktian formal	Pembuktian formal	0.31	7.75%
10	Membandingkan sistem aksiomatik geometri	Sistem aksiomatis	0.16	4.00%

Berdasarkan data pada Tabel 3, terlihat pola penurunan persentase ketercapaian seiring dengan meningkatnya kompleksitas indikator kemampuan berpikir geometri. Kemampuan visualisasi bentuk geometri (97.75%) dan identifikasi sifat geometri (91.50%) menunjukkan pencapaian yang sangat baik, mengindikasikan bahwa siswa tidak mengalami kesulitan signifikan dalam mengenali dan mengidentifikasi sifat-sifat dasar bangun ruang. Hal ini sejalan dengan temuan (Uriarte-Portillo et al. 2023; Widyasari and Mastura 2020) yang menyatakan bahwa media pembelajaran berbasis AR secara efektif memfasilitasi kemampuan visualisasi spasial siswa.

Ketercapaian pada indikator klasifikasi bentuk geometri (79.00%) dan hubungan antarunsur geometri (67.25%) masih cukup baik, menunjukkan bahwa siswa telah mampu mengembangkan pemahaman yang lebih kompleks

tentang konsep geometri. Namun, terjadi penurunan yang signifikan pada indikator analisis sifat geometri (51.50%) dan merumuskan definisi bangun ruang (39.00%). Temuan ini mengindikasikan adanya kesulitan dalam proses transisi dari level analisis ke level deduksi informal, sejalan dengan hasil penelitian (Siti, Milatiyah, and Nur'aeni L 2022; Sukayasa et al. 2022) yang menemukan bahwa transisi antar level Van Hiele merupakan tantangan utama dalam pembelajaran geometri.

Ketercapaian pada indikator-indikator level yang lebih tinggi seperti pembuktian informal (25.00%), deduksi matematis (14.75%), pembuktian formal (7.75%), dan pemahaman sistem aksiomatis (4.00%) menunjukkan rendahnya kemampuan siswa pada aspek penalaran formal dan abstrak. Hal ini konsisten dengan temuan Palaguna (2023) yang melaporkan bahwa hanya sebagian kecil siswa yang mampu mencapai level deduksi formal dalam pembelajaran geometri.

Perbandingan Kemampuan Berpikir Geometri Sebelum dan Sesudah Implementasi Media AR

Untuk menganalisis efektivitas media pembelajaran berbasis AR dalam mengembangkan kemampuan berpikir geometri siswa, dilakukan pengukuran kemampuan berpikir geometri sebelum dan sesudah implementasi media AR. Hasil analisis paired sample t-test disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Analisis Perbedaan Kemampuan Berpikir Geometri Sebelum dan Sesudah Implementasi Media AR

Aspek	Pretest	Posttest	Mean Difference	t-value	p-value
Level 0 (Visualisasi)	3.45	3.91	0.46	4.782	0.000*
Level 1 (Analisis)	2.78	3.41	0.63	5.237	0.000*
Level 2 (Deduksi Informal)	1.32	2.06	0.74	6.145	0.000*
Level 3 (Deduksi Formal)	0.27	0.59	0.32	3.218	0.003*
Level 4 (Rigor)	0.08	0.16	0.08	1.426	0.164
Total Skor	7.90	10.13	2.23	8.764	0.000*

*Signifikan pada α = 0.05

Data pada Tabel 4 menunjukkan peningkatan yang signifikan pada kemampuan berpikir geometri siswa setelah implementasi media pembelajaran berbasis AR pada level 0 hingga level 3 ($p < 0.05$). Namun, tidak terdapat peningkatan yang signifikan pada level 4 ($p = 0.164$). Temuan ini mengindikasikan bahwa media pembelajaran berbasis AR efektif dalam mengembangkan kemampuan berpikir geometri siswa hingga level deduksi formal, namun belum mampu secara signifikan mengembangkan kemampuan pada level rigor.

Peningkatan terbesar terjadi pada level 2 (deduksi informal) dengan mean difference sebesar 0.74, diikuti oleh level 1 (analisis) sebesar 0.63, level 0 (visualisasi) sebesar 0.46, dan level 3 (deduksi formal) sebesar 0.32. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Abdul Hanid et al. (2022) yang melaporkan bahwa implementasi AR dalam pembelajaran geometri transformasi meningkatkan pemahaman konseptual siswa secara signifikan.

Analisis Korelasi antara Interaksi dengan Media AR dan Peningkatan Level Berpikir Geometri

Untuk mengidentifikasi hubungan antara intensitas interaksi siswa dengan media AR dan peningkatan level berpikir geometri, dilakukan analisis korelasi Pearson yang hasilnya disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Korelasi antara Intensitas Interaksi dengan Media AR dan Peningkatan Level Berpikir Geometri

Aspek Interaksi dengan Media AR	Koefisien Korelasi (r)	p-value
Frekuensi penggunaan	0.683	0.000*
Durasi penggunaan	0.612	0.000*
Keberagaman fitur yang digunakan	0.754	0.000*
Tingkat keterlibatan interaktif	0.826	0.000*
Kolaborasi dengan teman	0.487	0.005*

*Signifikan pada α = 0.05

Hasil analisis korelasi menunjukkan hubungan positif yang signifikan antara semua aspek interaksi dengan media AR dan peningkatan level berpikir geometri siswa ($p < 0.05$). Korelasi terkuat ditemukan pada tingkat keterlibatan interaktif ($r = 0.826$), diikuti oleh keberagaman fitur yang digunakan ($r = 0.754$), frekuensi penggunaan ($r = 0.683$), durasi penggunaan ($r = 0.612$), dan kolaborasi dengan teman ($r = 0.487$).

Temuan ini mengindikasikan bahwa kualitas interaksi dengan media AR, terutama tingkat keterlibatan interaktif dan keberagaman fitur yang digunakan, memiliki kontribusi yang lebih

signifikan terhadap peningkatan kemampuan berpikir geometri dibandingkan kuantitas interaksi (frekuensi dan durasi). Hal ini sejalan dengan konsep pembelajaran aktif yang menekankan pentingnya keterlibatan kognitif dalam proses pembelajaran.

Analisis Klaster Pola Respons Siswa terhadap Pembelajaran Berbasis AR

Untuk mengidentifikasi pola respons siswa terhadap pembelajaran berbasis AR dan perubahan kemampuan geometri mereka, dilakukan analisis klaster dengan metode K-means yang menghasilkan tiga klaster siswa sebagaimana disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Karakteristik Klaster Siswa Berdasarkan Respons terhadap Pembelajaran Berbasis AR

Karakteristik	Klaster 1 (n=8)	Klaster 2 (n=15)	Klaster 3 (n=9)
Tingkat keterlibatan dengan media AR	Tinggi	Sedang	Rendah
Persepsi terhadap kemudahan penggunaan	Sangat Positif	Positif	Netral
Persepsi terhadap kegunaan	Sangat Positif	Positif	Netral
Kenyamanan dengan teknologi AR	Sangat Tinggi	Tinggi	Sedang
Preferensi metode pembelajaran	AR > Konvensional	AR = Konvensional	Konvensional > AR
Peningkatan level berpikir geometri	Signifikan	Moderat	Minimal

Analisis klaster mengungkapkan adanya tiga pola respons siswa terhadap pembelajaran berbasis AR. Klaster 1 yang terdiri dari 8 siswa (25%) menunjukkan respons yang sangat positif terhadap pembelajaran berbasis AR dengan tingkat keterlibatan yang tinggi dan mengalami peningkatan kemampuan berpikir geometri yang signifikan. Klaster 2 yang terdiri dari 15 siswa (46.88%) menunjukkan respons positif dengan tingkat keterlibatan sedang dan mengalami peningkatan kemampuan yang moderat. Sementara itu, Klaster 3 yang terdiri dari 9 siswa (28.13%) menunjukkan respons netral dengan tingkat keterlibatan rendah dan peningkatan kemampuan yang minimal.

Temuan ini mengindikasikan bahwa efektivitas media pembelajaran berbasis AR dipengaruhi oleh faktor individual siswa, termasuk kenyamanan dengan teknologi dan preferensi metode pembelajaran. Hal ini sejalan dengan prinsip diferensiasi pembelajaran yang menekankan pentingnya mempertimbangkan keberagaman karakteristik dan kebutuhan siswa dalam merancang dan mengimplementasikan strategi pembelajaran.

3.2. Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa media pembelajaran berbasis AR memiliki potensi signifikan dalam mengembangkan kemampuan berpikir geometri siswa SD sesuai dengan teori Van Hiele. Kemampuan visualisasi dan analisis mengalami peningkatan yang sangat baik, mengindikasikan bahwa fitur visualisasi 3D dan interaktivitas yang disediakan oleh teknologi AR efektif dalam memfasilitasi pemahaman konsep dasar geometri. Hal ini sejalan dengan temuan Larasati and Widyasari (2021) yang menyatakan bahwa teknologi AR memungkinkan visualisasi konsep geometri secara dinamis, interaktif, dan kontekstual.

Temuan menarik dalam penelitian ini adalah peningkatan yang signifikan pada level deduksi informal, yang secara tradisional sulit dicapai dalam pembelajaran geometri konvensional. Hasil ini mengindikasikan bahwa pengalaman manipulasi objek geometri secara virtual melalui AR membantu siswa dalam memahami hubungan antarunsur geometri dan membuat deduksi informal. Hal ini sejalan dengan prinsip konstruktivisme yang menekankan pentingnya pengalaman langsung dalam konstruksi pengetahuan.

Namun, keterbatasan peningkatan pada level deduksi formal dan rigor menunjukkan bahwa media pembelajaran berbasis AR perlu diintegrasikan dengan strategi pembelajaran yang secara eksplisit memfasilitasi pengembangan kemampuan penalaran formal dan pembuktian. Hal ini sejalan dengan pendapat (Novak and Gowin 2023) yang menyatakan bahwa konsep-konsep geometri memerlukan proses kognitif yang kompleks meliputi visualisasi, analisis, deduksi informal, dan penalaran formal.

Analisis korelasi menunjukkan bahwa kualitas interaksi dengan media AR memiliki kontribusi yang lebih signifikan terhadap peningkatan kemampuan berpikir geometri dibandingkan kuantitas interaksi. Temuan ini mengindikasikan pentingnya desain pengalaman pembelajaran yang tidak hanya menyediakan akses ke teknologi AR tetapi juga memfasilitasi interaksi yang bermakna dan beragam dengan konten geometri. Hal ini sejalan dengan prinsip

pembelajaran aktif yang menekankan pentingnya keterlibatan kognitif dalam proses pembelajaran.

Identifikasi tiga klaster siswa berdasarkan respons terhadap pembelajaran berbasis AR menunjukkan bahwa efektivitas media pembelajaran berbasis AR dipengaruhi oleh faktor individual siswa. Temuan ini mengindikasikan pentingnya pendekatan diferensiasi dalam implementasi teknologi AR untuk mengakomodasi keberagaman karakteristik dan kebutuhan siswa. Hal ini sejalan dengan temuan Erşen and Alp (2024) yang menyatakan bahwa pengembangan dan implementasi AR perlu dirancang secara sistematis dengan mempertimbangkan aspek pedagogis, teknologis, dan kontekstual.

Secara keseluruhan, temuan penelitian ini mendukung integrasi teknologi AR dalam pembelajaran geometri sebagai upaya untuk meningkatkan kemampuan berpikir geometri siswa sesuai dengan teori Van Hiele. Namun, implementasi teknologi AR perlu didesain secara komprehensif dengan mempertimbangkan aspek pedagogis, teknologis, dan individual untuk mencapai hasil optimal.

Implikasi praktis dari temuan penelitian ini adalah pentingnya pengembangan media pembelajaran berbasis AR yang tidak hanya fokus pada visualisasi 3D tetapi juga memfasilitasi pengembangan kemampuan penalaran dan pembuktian. Selain itu, implementasi teknologi AR perlu disertai dengan strategi scaffolding yang membantu siswa dalam transisi antar level berpikir geometri sesuai teori Van Hiele.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tentang eksplorasi kemampuan berpikir geometri siswa SD melalui media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* berdasarkan teori Van Hiele, dapat disimpulkan bahwa kemampuan berpikir geometri siswa kelas VI MIT Daarunnaim Wayame dominan berada pada level visualisasi (28.13%), analisis (28.13%), dan deduksi informal (31.25%), dengan sedikit siswa yang mencapai level deduksi formal (9.38%) dan rigor (3.13%). Media pembelajaran berbasis AR terbukti efektif meningkatkan kemampuan siswa pada level 0 hingga level 3 ($p < 0.05$), dengan peningkatan terbesar pada level deduksi informal. Selain itu, terdapat korelasi positif signifikan antara kualitas interaksi dengan media AR dan peningkatan kemampuan berpikir geometri, dengan tingkat keterlibatan interaktif ($r = 0.826$) sebagai faktor terkuat. Analisis klaster mengidentifikasi tiga kelompok siswa berdasarkan respons terhadap pembelajaran berbasis AR, yang berkorelasi dengan tingkat peningkatan kemampuan berpikir geometri mereka. Penelitian ini membuktikan bahwa media pembelajaran berbasis AR berpotensi signifikan mengembangkan kemampuan berpikir geometri siswa sesuai teori Van Hiele, namun implementasinya perlu mempertimbangkan aspek pedagogis, teknologis, dan karakteristik individual siswa. Pengembangan media AR sebaiknya tidak hanya fokus pada visualisasi 3D tetapi juga memfasilitasi kemampuan penalaran dan pembuktian untuk mendukung transisi siswa ke level berpikir geometri yang lebih tinggi. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan mengembangkan desain pembelajaran yang mengintegrasikan teknologi AR dengan strategi scaffold kognitif untuk memfasilitasi transisi antar level berpikir geometri Van Hiele, serta mengeksplorasi faktor-faktor yang mempengaruhi respons siswa terhadap pembelajaran berbasis AR.

Daftar Pustaka

Abdul Hanid, Mohd Fadzil, Mohd Nihra Haruzuan Mohamad Said, Noraffandy Yahaya, and Zaleha Abdullah. 2022. “Effects of Augmented Reality Application Integration with Computational Thinking in Geometry Topics.” *Education and Information Technologies* 27(7): 9485–9521. doi:10.1007/s10639-022-10994-w.

Azuma, Ronald, Yohan Baillot, Reinhold Behringer, Steven Feiner, Simon Julier, and Blair MacIntyre. 2001. 21 IEEE Computer Graphics and Applications *Recent Advances in Augmented Reality*. IEEE Computer Graphics and Applications. doi:10.1109/38.963459.

Benamen, Riska Basey, Achmad Buchori, and Didik Purwosetiyono. 2025. “Analisis Kebutuhan Media Pembelajaran Berbasis Augmented Reality Menggunakan Kerangka Design Thinking Untuk Meningkatkan Numerasi.” *Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika)* 10(1): 13–20. doi:10.26877/jipmat.v10i1.1460.

Chonchaiya, Ratchanikorn, and Nattamon Srithammee. 2025. “Augmented Reality as a Tool for Enhancing Geometry Learning and Improving Mathematical Understanding.” *ECTI Transactions on Computer and Information Technology (ECTI-CIT)* 19(2): 350–63. doi:10.37936/ecti-cit.2025192.260291.

Creswell, J. W., and J. D Creswell. 2018. “Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixxed Methods Approaches.” In Los Angeles: Sage Publications.

Erşen, Zeynep Bahar, and Yasemin Alp. 2024. “A Systematic Review of Augmented Reality In Mathematics Education In The Last Decade.” *Malaysian Online Journal of Educational*

Technology 12(1): 15–31. doi:10.52380/mojet.2024.12.1.476.

Fauzan, A., and R. D. P. Sari. 2022. "Analisis Kesulitan Belajar Siswa SMP Dalam Memahami Konsep Geometri Ruang. Jurnal Pendidikan Matematika." *Jurnal Pendidikan Matematika* 11(2): 147–62.

Fitriyani, Hanifah, and Ananda Dwi Putri. 2024. "Analisis Kesulitan Belajar Matematika Materi Geometri Pada Siswa Kelas 4 Sekolah Dasar." *Jurnal Pendidikan Matematika* 2(1). doi:10.47134/ppm.v2i1.1112.

Kemendikbudristek. 2024. "Kurikulum Merdeka: Kerangka Dasar Dan Struktur Kurikulum Pendidikan Dasar Dan Menengah." *Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia*. https://kurikulum.kemdikbud.go.id/berita/detail/telah-terbit-peraturan-mendikbudristek-no12-tahun-2024-tentang-kurikulum-pada-paud-jenjang-pendidikan-dasar-dan-menengah (May 16, 2025).

Kuncoro, Krida Singgih, Yaya S Kusumah, Didi Suryadi, Dadang Juandi, and Al Jupri. 2024. "Augmented Reality for Supporting Student's Engagement in Mathematics Education: A Systematic Literature Review." In *& Social Sciences (EPESS)*, ISRES Publishing, 19. www.isres.org.

Larasati, Nur Indah, and Nurbaiti Widyasari. 2021. "Penerapan Media Pembelajaran Berbasis Augmented Reality Terhadap Peningkatan Pemahaman Matematis Siswa Ditinjau Dari Gaya Belajar." *FIBONACCI: Jurnal Pendidikan Matematika dan Matematika* 7(1): 45. doi:10.24853/fbc.7.1.45-50.

Lumbre, A P, M N Beltran-Joaquin, and S L C Monterola. 2023. "Relationship between Mathematics Teachers' van Hiele Levels and Students' Achievement in Geometry." *International Journal of Studies in Education and Science (IJSES)* 4(2): 113–23. doi:10.46328/ijres.61.

NCTM. 2020. *Principles to Actions: Ensuring Mathematical Success for All*. National Council of Teachers of Mathematics. https://www.nctm.org/Store/Products/Principles-to-Actions--Ensuring-Mathematical-Success-for-All/ (May 16, 2025).

Novak, J. D., and D. B Gowin. 2023. *Learning How to Learn: Revisited in the Digital Era*. Cambridge University Press. https://books.google.co.id/books?id=8jkBcSDQPXcC&lpg=PR3&hl=id&pg=PR3#v=onepage&q&f=false (May 16, 2025).

OECD. 2023. *PISA 2022 Results (Volume I):): The State of Learning and Equity in Education*. OECD. doi:10.1787/53f23881-en.

Palaguna, Muhamad Ardy. 2023. "Eksplorasi Tingkat Berpikir Geometri Van Hiele Ditinjau Dari Jenis Kelamin Siswa Kelas VIII SMP Islam Terpadu Ulul Albab Tarakan." Universitas Borneo Tarakan.

Putra, Lovandri Dwanda, Ahmad Jafar Shiddiq, Iqmal Khafi, and Bagas Nugroho. 2024. "Integrasi Teknologi Immersive Learning Dalam Pembelajaran Sekolah Dasar." *Jurnal Riset Madrasah Ibtidaiyah (JURMIA)* 4(2): 218–30. doi:10.32665/jurmia.v4i2.3349.

Safrina, Khusnul, M Ikhsan, and Anizar Ahmad. 2021. "Peningkatan Kemampuan Pemecahan Masalah Geometri Melalui Pembelajaran Kooperatif Berbasis Teori Van Hiele." *Jurnal Didaktik Matematika* 1(1): 9–20. https://jurnal.usk.ac.id/DM/article/view/1333 (May 16, 2025).

Silmi, Ulfi, and Abdul Muiz. 2022. "Systematic Literature Review:Teori Van Hiele Dalam Meningkatkan Kemampuan Berpikir Geometris Siswa Sekolah Dasar." *PEDADIDAKTIKA: Jurnal Ilmiah Pendidikan Guru Sekolah Dasar* 9(2): 327–38. http://ejournal.upi.edu/index.php/pedadidaktika/index.

Siti, Abstract, Hana Milatiyah, and Epon Nur'aeni L. 2022. "Systematic Literatur Review: Pengaruh Teori Van Hiele Terhadap Pemahaman Materi Geometri Siswa Sekolah Dasar." *PEDADIDAKTIKA: Jurnal Ilmiah Pendidikan Guru Sekolah Dasar* 9(2): 311–16. http://ejournal.upi.edu/index.php/pedadidaktika/index.

Sukayasa, IN Murdiana, Moh Hasbih, and Maxinus Jaeng. 2022. "Pengembangan Perangkat Pembelajaran Geometri Berbasis Teori Van Hiele Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMP." *Aksioma: Jurnal Pendidikan Matematika* 22(2): 40–47. doi:https://doi.org/10.22487/aksioma.v11i1.1904.

Susanto, Sdyoko, and Ali Mahmudi. 2021. "Tahap Berpikir Geometri Siswa SMP Berdasarkan Teori Van Hiele Ditinjau Dari Keterampilan Geometri." *Jurnal Riset Pendidikan Matematika* 8(1): 106–16. doi:10.21831/jrpm.v8i1.17044.

Umam, Khoerul, Arum Fatayan, Ishaq Nuriadin, Ervin Azhar, and Slamet Slamet. 2024. "Apakah Augmented Reality Dapat Menstimulus Pemahaman Konsep Dan Visualisasi Geometri Siswa." *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika* 13(2): 720. doi:10.24127/ajpm.v13i2.8784.

Uriarte-Portillo, Aldo, Ramón Zatarain-Cabada, María Lucía Barrón-Estrada, María Blanca Ibáñez, and Lucía Margarita González-Barrón. 2023. "Intelligent Augmented Reality for Learning

Geometry." *Information (Switzerland)* 14(4). doi:10.3390/info14040245.

Widyasari, N, and L I Mastura. 2020. "Improving Geometry Thinking Ability through Augmented Reality Based Learning Media." *Eduma: Mathematics Education Learning and Teaching* 9(1): 80–85. doi:10.24235/eduma.v8i2.5304.

Yıldız, Zeynep. 2024. "The Effect of Distance Education Practices during the COVID-19 Pandemic on Mathematics and Geometry Teaching." *South African Journal of Education* 44(2). https://hdl.handle.net/10520/ejc-educat_v44_n2_a9 (May 16, 2025).