



Pengembangan media pembelajaran STEM dengan augmented reality untuk meningkatkan kemampuan spasial matematis siswa

Alif Maulana Arifin ^a, Heni Pujiastuti ^{b*}, Ria Sudiana ^c

Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Jalan Raya Jakarta Km 4 Pakupatan, Kota Serang, Banten 42124, Indonesia

E-mail: ^a alifmaulana26@gmail.com; ^b henipujiastuti@untirta.ac.id; ^c r.sudiana@untirta.ac.id

* Corresponding Author

ARTICLE INFO

Article history

Received: 2 June 2020

Revised: 16 July 2020

Accepted: 18 August 2020

Keywords

Media Pembelajaran, STEM, Augmented Reality, Kemampuan Spasial Matematis

ABSTRACT

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan produk berupa media pembelajaran berbasis STEM dengan *augmented reality* yang valid, praktis, dan efektif dalam meningkatkan kemampuan spasial matematis siswa. Jenis penelitian ini adalah penelitian pengembangan dengan model ADDIE yang diadaptasi dari Lee & Owens yang meliputi yaitu *analyze, design, development, implementation, and evaluation*. Implementasi media yang dikembangkan dilakukan di SMK Negeri 1 Pandeglang dengan melibatkan 25 orang siswa kelas XII RPL 2 dan 2 orang guru matematika. Hasil dari penelitian ini adalah sebuah media pembelajaran yang diberi nama “Artic” yang valid, praktis, dan efektif. Media pembelajaran dinyatakan valid berdasarkan penilaian dari tiga orang ahli media dan tiga orang ahli pendidikan, dengan persentase kevalidan secara berturut-turut sebesar 91% (sangat layak) dan 93% (sangat layak). Media dinyatakan praktis berdasarkan penilaian oleh guru dengan persentase penilaian sebesar 85% (sangat praktis) dan penilaian dari siswa dengan persentase penilaian sebesar 94% (sangat baik). Keefektifan media berdasarkan skor *n-gain* sebesar 0,42 dengan interpretasi terdapat peningkatan pada kategori sedang. Berdasarkan hasil tersebut, maka media pembelajaran yang dikembangkan layak digunakan untuk meningkatkan kemampuan spasial matematis siswa.

This study aimed to produce a product in the form of a learning media based on STEM with Augmented Reality which was valid, practical, and effective to improve students' mathematical spatial abilities. This study was a research and development with the ADDIE model adapted from Lee & Owens which includes analyzing, design, development, implementation, and evaluation. The implementation of the developed media was carried out at SMK (vocational high school) Negeri 1 Pandeglang, Indonesia by involving 25 students of class XII RPL 2 and two mathematics teachers. The results of this study were a learning media that was given the name “Artic” which was valid, practical, and effective. Learning media was declared valid based on the assessment of three media experts and three educational experts, with a percentage of validity respectively 91% (very feasible) and 93% (very feasible). The media was declared practical based on the assessment by the teacher with a percentage score of 85% (very practical) and an assessment by students with a percentage score of 94% (very good). The effectiveness of the media based on the n-gain score of 0.42 with the interpretation there was an increase in the medium category. Based on these results, the learning media developed was appropriate to be used to improve students' mathematical spatial abilities.



This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



How to Cite: Arifin, A., Pujiastuti, H., & Sudiana, R. (2020). Pengembangan media pembelajaran STEM dengan augmented reality untuk meningkatkan kemampuan spasial matematis siswa. *Jurnal Riset Pendidikan Matematika*, 7(1), 59-73. doi:<https://doi.org/10.21831/jrpm.v7i1.32135>

PENDAHULUAN

Perkembangan zaman kini memasuki abad ke-21 di mana semakin berkembangnya teknologi, persaingan, dan juga tantangan dalam setiap aspek kehidupan. Teknologi dan pasar bebas adalah beberapa contoh aspek yang semakin berkembang dan menuntut untuk tersedianya sumber daya manusia yang andal serta berkualitas. Kualitas sumber daya manusia di suatu negara dapat dilihat dari kualitas pendidikan di negara tersebut. Pendidikan adalah usaha sadar dan terencana untuk mewujudkan suasana belajar dan proses pembelajaran agar siswa secara aktif mengembangkan potensi dirinya untuk memiliki kekuatan spiritual keagamaan, pengendalian diri, kepribadian, kecerdasan, dan akhlak ([Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003 Tentang Sistem Pendidikan Nasional, 2003](#)).

Salah satu cara untuk meningkatkan mutu pendidikan menurut Amal (2015) adalah dengan menerapkan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*), karena STEM mengajak siswa untuk mengintegrasikan mata pelajaran dan mengkorelasikannya dengan kehidupan sehari-hari. Pengertian dari STEM menurut [Reeve \(2013\)](#) adalah pendekatan interdisiplin pada pembelajaran di mana siswa mengimplementasikan sains, teknologi, teknik dan matematika dalam konteks nyata yang mengkoneksikan sekolah, dunia kerja, dan masyarakat global untuk mengembangkan STEM pada siswa. Selain itu, pembelajaran dengan pendekatan STEM juga disebut mampu untuk menyiapkan peserta didik menghadapi dunia nyata yang penuh masalah agar siap dalam persaingan global seperti yang diungkapkan oleh [Bybee \(2013\)](#) bahwa negara yang sudah maju seperti Amerika Serikat telah menggunakan STEM untuk mengatasi masalah dan tantangan yang timbul di abad ke-21. Hal ini tentu tidak menutup kemungkinan untuk negara yang masih berkembang seperti Indonesia untuk menggunakan STEM, sehingga nantinya mampu bersaing dalam berbagai aspek di era modern ini.

Charismiadji ([Awaliyah & Maharani, 2018](#)) mengemukakan bahwa dalam proses pembelajarannya, STEM melibatkan beberapa keahlian utama bagi siswa abad 21, yaitu kolaborasi, kreatif, berpikir kritis, komputerisasi, pemahaman budaya, dan mandiri dalam belajar serta berkarir. Dengan demikian STEM dirancang untuk mempersiapkan siswa untuk menghadapi persaingan global dengan menghubungkan keempat aspek yaitu sains, teknologi, teknik, dan matematika. Keempat aspek dari STEM dapat membuat pengetahuan menjadi lebih bermakna jika diintegrasikan dalam proses pembelajaran, seperti yang diungkapkan oleh [Afriana et al. \(2016\)](#). [Afriana et al. \(2016\)](#) bahwa dengan pembelajaran menggunakan pendekatan STEM diharapkan dapat menghasilkan pembelajaran yang bermakna bagi siswa melalui integrasi pengetahuan, konsep dan juga keterampilan logis.

Salah satu pembelajaran yang dapat ditingkatkan adalah pembelajaran matematika yang juga merupakan salah satu aspek dari STEM. Selain itu matematika adalah mata pelajaran yang peranannya sangat penting dalam kehidupan. Hampir dalam segala aspek di kehidupan manusia tidak luput dari peran matematika, oleh karena itu matematika sudah diajarkan semenjak bangku pendidikan dasar sampai dengan pendidikan menengah atas, bahkan hingga perguruan tinggi. James dan James ([Suherman, 2003, p. 16](#)) mengemukakan bahwa matematika adalah ilmu tentang logika mengenai bentuk, susunan besaran, dan konsep-konsep yang berhubungan satu dengan yang lainnya dengan jumlah yang banyak yang terbagi ke dalam tiga bidang yaitu aljabar, analisis dan geometri.

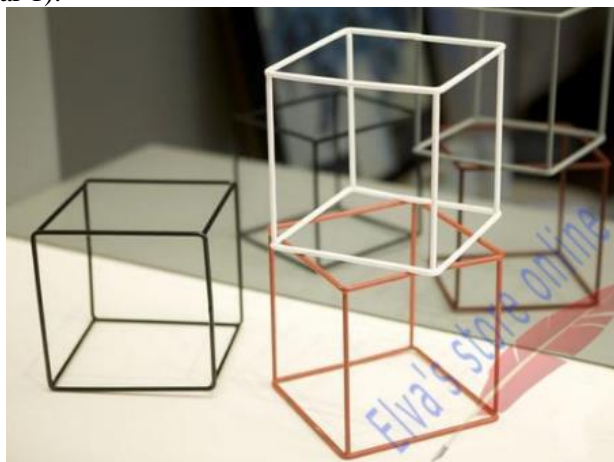
Geometri menurut [Bird \(2002, p. 142\)](#) merupakan bagian dari matematika yang membahas mengenai titik, garis, bidang, dan ruang. Titik merupakan bentuk dari geometri yang paling sederhana, titik digunakan untuk membuat garis. Garis dan titik kemudian dapat digunakan untuk mengonstruksi sebuah bidang. Bidang dapat digunakan untuk mengonstruksi bangun datar dan segi banyak yang kemudian dapat digunakan untuk membentuk bangun-bangun ruang. Geometri merupakan salah satu materi yang dipelajari dalam matematika di sekolah. Dalam mempelajari geometri terutama mengenai dimensi tiga siswa perlu memahami bentuk dari bangun ruang bahkan tanpa perlu melihat bentuk secara langsung dari sebuah bangun, siswa harus mampu mengonstruksi bangun dalam pikirannya masing-masing, kemampuan ini disebut dengan kemampuan spasial.

Kemampuan spasial menurut [Piaget dan Inhelder \(1969, p. 153\)](#) adalah konsep abstrak yang di dalamnya meliputi hubungan spasial (kemampuan untuk mengamati hubungan posisi objek dalam ruang), kerangka acuan (tanda yang dipakai sebagai patokan untuk menentukan posisi objek dalam ruang), hubungan proyeksi (kemampuan untuk melihat objek dari berbagai sudut pandang), konservasi jarak (kemampuan untuk memperkirakan jarak antara dua titik), representasi sosial (kemampuan untuk merepresentasikan hubungan spasial dengan memanipulasi secara kognitif), rotasi mental (membayangkan perputaran objek dalam ruang).

Sejalan dengan hal itu [Ristontowi \(2013\)](#) mengemukakan kemampuan spasial terbagi menjadi 3 hal yaitu: (1) kemampuan untuk memersepsi yaitu kemampuan menangkap dan memahami sesuatu melalui pancaindra; (2) kemampuan mata khususnya warna dan ruang; dan (3) kemampuan untuk mentransformasikan yaitu kemampuan mengubah bentuk hal yang ditangkap oleh mata ke dalam bentuk lainnya, misalnya mencermati, merekam, menginterpretasikan dalam pikiran lalu menuangkan rekaman dan interpretasi tersebut ke dalam bentuk lukisan, sketsa dan kolase. Semua kemampuan tersebut diperlukan oleh siswa dalam mempelajari geometri, akan tetapi kemampuan spasial matematis siswa ini perlu mendapat perhatian karena cenderung masih lemah.

[Hannafin et al. \(2008\)](#) mengemukakan bahwa siswa yang memiliki kemampuan spasial yang tinggi secara signifikan lebih mampu dalam matematika maka semakin terlihat jelas bahwa kemampuan spasial ini penting dalam mempelajari matematika. Namun berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh [Kariadinata \(2010\)](#) diketahui bahwa siswa masih sulit untuk mengonstruksi bangun ruang geometri terutama untuk menyelesaikan masalah dengan visualisasi. Visualisasi ini merupakan salah satu unsur dari kemampuan spasial matematis yang dikemukakan oleh [Ristontowi \(2016\)](#). Untuk mengatasi kurangnya kemampuan spasial matematis siswa maka dari itu dalam pembelajaran geometri kerap kali digunakan media pembelajaran.

[Miarso \(2004\)](#) mengemukakan bahwa media pembelajaran adalah segala sesuatu yang digunakan untuk menyalurkan pesan serta dapat merangsang pikiran, perasaan, perhatian dan kemampuan pelajar sehingga dapat mendorong terjadinya proses belajar yang disengaja, bertujuan, dan terkendali. Media pembelajaran yang selama ini secara umum digunakan oleh guru untuk mempelajari geometri terutama materi bangun ruang salah satunya adalah model atau kerangka bangun ruang. [Yulistiyarini \(2015\)](#) mengemukakan bahwa Alat Peraga Manipulatif (APM) berupa model bangun ruang balok, kubus, prisma segitiga, dan limas dapat digunakan untuk mengenalkan jenis dan unsur-unsur bangun ruang. Namun kelemahan dari APM tersebut yaitu masih belum dapat dimanipulasikan dan memiliki ukuran yang cukup besar (lihat Gambar 1).



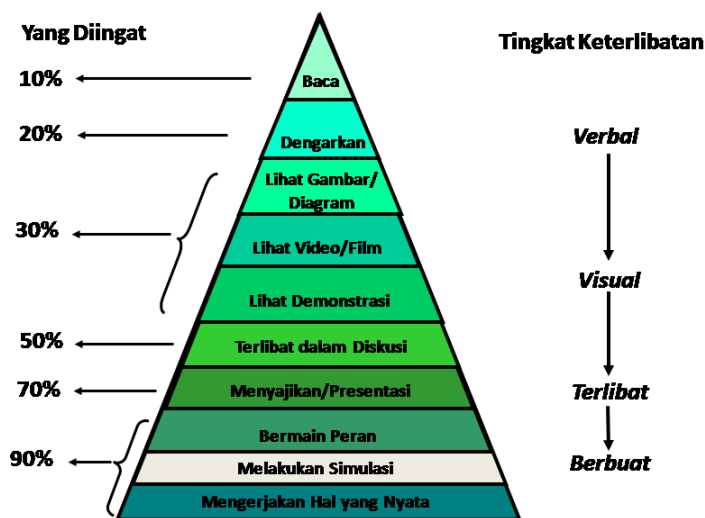
Gambar 1. Kerangka Bangun Ruang ([Hariyanti, 2017](#))

Kerangka bangun ruang biasanya terbuat dari besi ataupun kayu dan digunakan untuk menunjukkan unsur-unsur dari bangun ruang seperti titik sudut, rusuk, sisi, diagonal ruang, diagonal sisi, dan jari-jari serta tinggi untuk bangun ruang lengkung. Kerangka bangun ruang merupakan bentuk nyata dari bangun ruang sisi datar dan lengkung yang dapat dipegang langsung oleh siswa. Kerangka bangun ruang yang digunakan bersifat konkret, biasanya terbuat dari besi dan memiliki ukuran yang cukup besar sehingga kerap kali timbul beberapa masalah seperti penyimpanan yang dirasa memakan tempat dan cukup sulit untuk dibawa ke kelas dalam jumlah yang banyak. Selain dalam bentuk konkret guru juga biasa menggunakan kerangka dalam bentuk digital seperti menunjukkan model dari bangun ruang menggunakan aplikasi Geogebra.

Hohenwarter ([Putri et al., 2014](#)) mengemukakan bahwa Geogebra adalah program komputer (*software*) yang dirancang untuk pembelajaran matematika khususnya geometri, aljabar dan kalkulus. Dengan demikian, secara garis besar Geogebra merupakan sebuah *software* yang dapat digunakan untuk mengonstruksi titik, garis, dan bahkan mampu mengonstruksi bangun ruang yang dapat dimanipulasi. Sejalan dengan hal tersebut Mahmudi ([Japa et al., 2017](#)) menyatakan bahwa dengan Geogebra objek-

objek geometri yang bersifat abstrak dapat divisualisasikan sekaligus dimanipulasi secara cepat, akurat dan efisien. Maka dari itu diharapkan penggunaan Geogebra mampu mengatasi kesulitan guru dalam menyajikan bangun ruang ke bentuk konkret, karena Geogebra dalam penerapannya di kelas dapat ditampilkan melalui layar digital.

Asngari (2015) menerapkan aplikasi Geogebra dalam kegiatan pembelajaran dan hasilnya adalah Geogebra mampu membantu siswa dalam mempelajari geometri secara mudah dan menyenangkan. Namun penggunaan Geogebra memiliki kekurangan yaitu bangun yang ditampilkan berada dalam ruang digital dan tidak dapat dirasakan secara langsung oleh siswa seperti layaknya kerangka bangun ruang, padahal menurut teori pengalaman belajar Dale (1969, p. 108) semakin konkret suatu pengalaman belajar siswa, maka akan semakin besar ingatan siswa terhadap materi tersebut. Tingkat keterlibatan dari kerucut pengalaman Edgar Dale dapat dilihat pada Gambar 2.



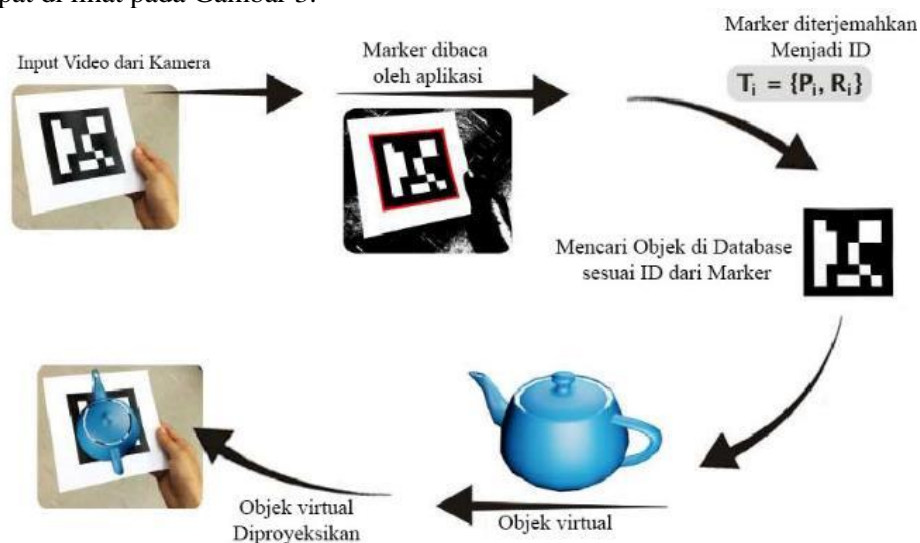
Gambar 2. Kerucut Pengalaman Edgar Dale (Dale, 1969)

Media pembelajaran yang ada saat ini juga turut berkembang seiring dengan berkembangnya Teknologi. Teknologi adalah salah satu aspek dalam STEM yang juga turut berkembang sejalan dengan perkembangan zaman. Teknologi masa kini memungkinkan menggabungkan antara dunia digital dan dunia nyata, teknologi ini bernama *Augmented Reality* (AR). AR adalah teknologi yang memungkinkan untuk menggabungkan antara dunia nyata dan virtual (digital) yaitu dengan menampilkan objek tiga dimensi (3D) pada dunia nyata melalui media kamera sehingga pada kamera tersebut terlihat seolah-olah objek 3D tersebut ada pada dunia nyata dan AR juga memungkinkan untuk menampilkan ilustrasi yang sulit untuk diwujudkan secara konkret (Azuma, 1997). Hal ini merupakan sebuah peluang bahwa AR dapat digunakan dalam kegiatan pembelajaran.

AR sendiri sudah pernah digunakan dalam kegiatan pembelajaran, seperti yang dilakukan oleh Afdal et al. (2018) yang mengembangkan sebuah media pembelajaran dengan teknologi *augmented reality* untuk materi lapisan bumi. Penelitian tersebut menggunakan AR untuk menampilkan objek tiga dimensi berupa lapisan bumi dan media pembelajaran yang telah dikembangkan layak untuk diterapkan dalam kegiatan pembelajaran. Selain itu Mustika et al. (2015) juga telah menggunakan media pembelajaran dengan teknologi AR untuk mempelajari sistem pernapasan, di mana media pembelajaran ini mampu digunakan untuk menampilkan bentuk kompleks dari sistem pencernaan dalam bentuk tiga dimensi, serta media tersebut layak untuk digunakan dalam kegiatan pembelajaran. Namun media pembelajaran dengan teknologi AR untuk pembelajaran matematika masih kurang, padahal AR dapat digunakan untuk menampilkan objek dalam pembelajaran geometri.

Media pembelajaran dengan teknologi AR yang sudah ada biasanya menggunakan *marker*, karena cara kerja dari AR adalah dengan cara membaca *marker* kemudian menampilkan objek 3D sesuai dengan *marker* yang disimpan ke dalam sistem. *Marker* sendiri merupakan gambar unik dengan ukuran yang beragam yang nanti akan dibaca oleh aplikasi. Salah satu materi yang cocok untuk diterapkan dalam AR adalah bangun ruang, teknologi AR memungkinkan pengguna untuk menampilkan bangun ruang seolah-olah bangun ruang tersebut merupakan benda konkret karena terlihat seperti nyata dan

siswa dapat berinteraksi dengan benda tersebut seperti layaknya benda konkret. Ilustrasi mengenai prinsip kerja AR dapat di lihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Cara kerja *Augmented Reality*

Penggunaan teknologi AR sebagai media pembelajaran memiliki banyak kelebihan seperti yang diungkapkan oleh Mustaqim dan Kurniawan (2017) antara lain: (1) lebih interaktif, (2) efektif dalam penggunaan, (3) dapat diimplementasikan secara luas dalam berbagai media, (4) modeling obyek yang sederhana, karena hanya menampilkan beberapa objek, (5) pembuatan yang tidak memakan terlalu banyak biaya, dan (6) mudah untuk dioperasikan. Keefektifan dari teknologi AR dikarenakan dalam media pembelajaran yang menggunakan AR guru tidak perlu lagi membawa media pembelajaran yang berukuran besar, guru hanya perlu membawa marker saja ke dalam kelas untuk kemudian marker tersebut akan dibaca melalui kamera smartphone untuk kemudian menampilkan bentuk 3D dari bangun ruang yang diinginkan.

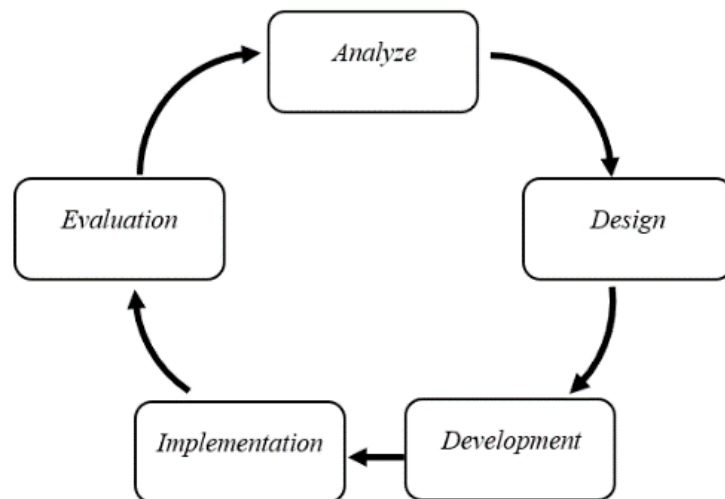
Media pembelajaran dengan teknologi AR sendiri dapat menjadi jembatan antara media pembelajaran yang konkret dan juga digital (Zünd et al., 2015). Media pembelajaran dengan teknologi AR menggunakan marker yang dapat dimanipulasi secara fisik oleh siswa dan juga objek digital yang terdapat di layar dapat dimanipulasi. Dengan adanya media pembelajaran yang dapat dimanipulasi maka siswa dapat lebih mengeksplorasi objek yang ditampilkan tanpa perlu membawa media pembelajaran konkret berukuran besar. Media pembelajaran sendiri tidak dapat berdiri sendiri dan harus jelas bagaimana penggunaannya, sehingga diperlukan pendekatan yang sesuai, salah satunya yaitu pendekatan STEM. Penggunaan pendekatan STEM tersebut bertujuan agar pembelajaran dapat lebih untuk dipahami siswa karena dikaitkan dengan kehidupan sehari-hari sehingga menjadi lebih bermakna (Afriana et al., 2016).

Berdasarkan uraian latar belakang dan kajian teori yang telah dikemukakan sebelumnya, maka pengembangan media pembelajaran untuk meningkatkan kemampuan spasial matematis siswa penting dilakukan. Agar media pembelajaran tersebut dapat diterapkan dengan baik, maka pendekatan STEM dipilih. Dengan demikian, penelitian ini adalah sebuah penelitian pengembangan yang bertujuan untuk menghasilkan produk berupa media pembelajaran matematika berbasis STEM dengan *Augmented Reality* yang valid, praktis, dan efektif untuk meningkatkan kemampuan spasial matematis siswa.

METODE

Prosedur Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian dan pengembangan (*research and development*) dengan menggunakan model pengembangan ADDIE. Model pengembangan ADDIE yang digunakan diadaptasi dari teori Lee & Owens (2004, p. 3). Model ADDIE yang digunakan terdiri dari 5 tahapan, yaitu *analyze* (analisis), *design* (desain), *development* (pengembangan), *implementation* (penerapan), dan *Evaluation*. Siklus dari model pengembangan ADDIE ini dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Siklus Penelitian Pengembangan ADDIE

Tahapan analisis yang dilaksanakan terbagi kedalam tiga tahapan yaitu analisis kebutuhan, analisis kurikulum, dan analisis karakteristik siswa. Analisis kebutuhan dilakukan untuk melihat mengenai bagaimana media pembelajaran yang tersedia dan digunakan oleh sekolah, serta bagaimana keadaan di kelas dan masalah yang dihadapi oleh guru dalam menyampaikan materi. Analisis materi dilakukan untuk melihat materi mana yang selama ini sulit untuk disampaikan oleh guru kepada siswa, untuk kemudian materi tersebut dijadikan materi dalam penelitian ini. Analisis karakteristik siswa untuk melihat bagaimana tingkah laku dan kemampuan siswa dalam kegiatan pembelajaran dengan melakukan wawancara langsung kepada siswa ataupun menanyakannya kepada guru.

Tahapan kedua adalah *design* (desain). Tahapan *design* yang dilaksanakan terbagi kedalam dua tahapan yaitu desain instrumen penelitian dan juga desain media pembelajaran. Desain instrumen yang dilakukan terbagi ke dalam beberapa bagian, antara lain instrumen tes awal dan tes akhir kemampuan spasial matematis siswa, pedoman wawancara, angket validitas ahli media, dan validitas ahli pendidikan, serta angket respon guru dan siswa. Sementara itu untuk tahapan desain media pembelajaran yang dilakukan adalah membuat bagan alir (*flowchart*) dari media pembelajaran yang akan dikembangkan.

Tahapan ketiga adalah *develop* (pengembangan). Desain dari media pembelajaran yang telah dibuat pada tahapan kedua akan direalisasikan pada tahapan ini. Hasil dari tahapan ini adalah produk media pembelajaran versi *alpha*. Media pembelajaran yang masih versi *alpha* ini kemudian akan dilihat validitasnya oleh tiga orang ahli media pembelajaran dan oleh tiga orang ahli pendidikan matematika untuk mengetahui apakah media pembelajaran versi *alpha* ini valid atau tidak. Apabila media pembelajaran ini dinyatakan valid oleh para ahli, maka dilanjutkan untuk implementasi dengan versi *alpha*. Tetapi jika media pembelajaran versi *alpha* ini tidak valid maka akan dilakukan perbaikan terlebih dahulu sampai semua perbaikan selesai dan menjadi media pembelajaran versi *beta* yang akan digunakan untuk tahapan selanjutnya.

Tahapan keempat adalah *implementation* (penerapan). Pada tahapan ini media pembelajaran yang telah dinyatakan valid diujicobakan kepada subjek uji coba yaitu siswa di kelas. Pertama-tama diberikan tes awal untuk mengetahui bagaimana kemampuan spasial matematis awal siswa. Setelah tes kemampuan spasial matematis awal siswa, kemudian media pembelajaran ini digunakan dalam kegiatan pembelajaran selama tiga kali pertemuan. Setelah pembelajaran terakhir usai, siswa diberikan tes akhir kemampuan spasial matematis untuk melihat bagaimana kemampuan spasial matematis siswa setelah menggunakan media pembelajaran. Selain diberikan tes, siswa juga diberikan angket mengenai tanggapan siswa mengenai media pembelajaran yang telah mereka gunakan. Data kepraktisan juga diperoleh dari hasil angket kepraktisan yang diberikan kepada guru setelah kegiatan pembelajaran selesai.

Tahapan ke lima dalam penelitian ini adalah *evaluation* (evaluasi). Pada tahapan ini dilakukan evaluasi mengenai keefektifan media pembelajaran yang dikembangkan dalam meningkatkan kemampuan spasial matematis siswa, selain itu dievaluasi juga mengenai kepraktisan dari media pembelajaran yang dikembangkan. Tidak hanya evaluasi tetapi saran mengenai pengembangan media pembelajaran ini untuk ke depannya juga akan diberikan pada tahapan ini.

Subjek Uji Coba

Subjek uji coba dalam penelitian pengembangan adalah 25 orang siswa kelas XII Rekayasa Perangkat Lunak (RPL) 2 di SMK Negeri 1 Pandeglang. Alasan pemilihan siswa di kelas tersebut dikarenakan kelas tersebut sudah mahir dalam mengoperasikan *smartphone* dan *laptop*. Sementara itu untuk guru yang memberikan penilaian kepraktisan media pembelajaran ini adalah dua orang guru matematika kelas XI dan XII di SMK Negeri 1 Pandeglang. Penelitian dilaksanakan pada tanggal 13 November 2019 sampai dengan tanggal 28 Mei 2019.

Instrumen Penelitian

Pada tahap analisis dilakukan wawancara untuk memperoleh informasi terkait kebutuhan dan karakteristik siswa. Instrumen wawancara berisi tujuh butir pertanyaan yang memuat empat aspek berikut: (1) respon terhadap media pembelajaran yang pernah digunakan, (2) media pembelajaran yang diharapkan, (3) ketersediaan *smartphone* yang digunakan dan platformnya, dan (4) permasalahan dalam proses pembelajaran. Secara umum pertanyaan-pertanyaannya mengenai bagaimana media pembelajaran yang dibutuhkan oleh siswa dan guru dalam kegiatan belajar mengajar.

Instrumen penelitian terdiri dari instrumen penilaian kevalidan, kepraktisan, dan keefektifan media pembelajaran yang dikembangkan. Instrumen penilaian kevalidan ahli media pembelajaran terdiri dari 13 butir pertanyaan mengenai aspek penyajian, tampilan, dan kompatibilitas. Instrumen penilaian kevalidan ahli pendidikan terdiri dari 11 pertanyaan mengenai aspek kelayakan isi dan bahasa. Instrumen penilaian kepraktisan terdiri dari 10 butir pertanyaan mengenai aspek efektivitas, interaktif, efisien, dan kreatif (Zahroni, 2019). Instrumen penilaian kevalidan dan kepraktisan menggunakan skala Likert dengan empat pilihan jawaban. Selanjutnya untuk melihat apakah media pembelajaran efektif, yaitu mampu meningkatkan kemampuan spasial matematis siswa digunakan instrumen berupa tes awal dan tes akhir kemampuan spasial matematis dengan bentuk pilihan ganda. Tes awal dan tes akhir kemampuan spasial matematis merupakan soal yang berbeda namun menggunakan indikator yang sama yaitu indikator kemampuan spasial matematis yang diadaptasi dari Wahyudin (2015).

Teknik Analisis Data

Data berupa tanggapan, komentar, dan saran dianalisis secara kualitatif dan dijadikan sebagai acuan untuk melakukan perbaikan terhadap media pembelajaran. Data kuantitatif berupa hasil angket validasi ahli media, validasi ahli pendidikan, dan kepraktisan media pembelajaran yang menggunakan skala Likert diolah menjadi persentase sesuai dengan rumus persentase yang diadaptasi dari (Arikunto & Jabar, 2009) sebagai berikut:

$$Persentase = \frac{Frekuensi\ jawaban}{banyaknya\ responden} \times 100\% \dots\dots\dots 1)$$

Selanjutnya persentase penilaian tersebut diinterpretasikan ke dalam kriteria penilaian produk pengembangan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Penilaian Produk Pengembangan (Wijayanti et al., 2018)

Tingkat Pencapaian	Kualifikasi	Keterangan
91%-100%	Sangat baik	Tidak perlu revisi
81%-90%	Baik	Tidak perlu revisi
71%-80%	Cukup	Direvisi
61%-70%	Kurang	Direvisi
0%-60%	Sangat kurang	Direvisi

Sementara itu data kuantitatif berupa nilai kemampuan spasial matematis awal dan akhir siswa akan diolah dengan menggunakan rumus *n-gain* dan diinterpretasikan sesuai dengan kriteria interpretasi skor *n-gain* yang diadaptasi dari (Hake, 1999) seperti pada Tabel 2. Pengukuran nilai *n-gain* menggunakan rumus (Hake, 1999) sebagai berikut.

$$g = \frac{S_1 - S_0}{S_{max} - S_0} \dots\dots\dots 2)$$

Dengan S_0 = Skor awal, S_1 = Skor akhir, dan S_{max} = Skor maksimum.

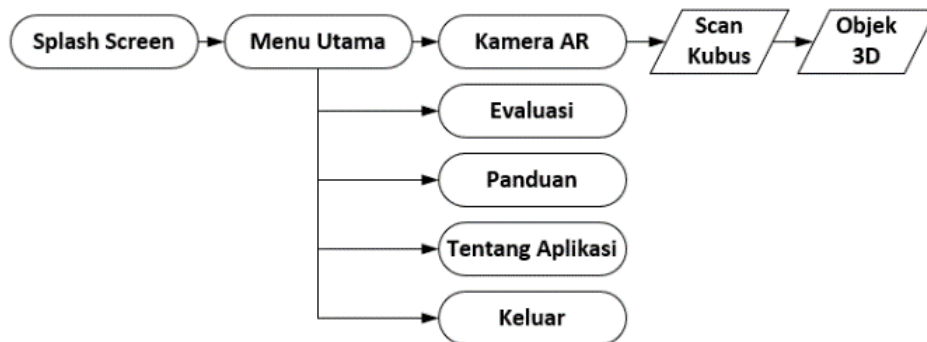
Tabel 2. Interpretasi Skor *N-gain* (Hake, 1999)

Skor <i>N-gain</i> (<i>g</i>)	Kategori Peningkatan
$-1.00 < g < 0.00$	Menurun
$g = 0.00$	Stabil
$0.00 < g < 0.30$	Rendah
$0.30 < g < 0.70$	Sedang
$0.70 < g < 1.00$	Tinggi

Media pembelajaran yang dikembangkan dinyatakan valid jika hasil validasi dari ahli media pembelajaran dan ahli pendidikan memperoleh kategori validasi minimal baik. Media pembelajaran yang dikembangkan dinyatakan praktis jika memperoleh kategori kepraktisan minimal baik. Media pembelajaran dinyatakan efektif untuk meningkatkan kemampuan spasial matematis siswa yaitu jika skor *n-gain* tidak berada pada kategori menurun ataupun stabil.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian pengembangan ini adalah sebuah media pembelajaran yang diberi nama “Artic” yang merupakan akronim dari *Augmented Reality Mathematics*. Pengembangan media tersebut berdasarkan hasil analisis kebutuhan di lapangan. Dari tahap analisis melalui wawancara kepada guru dan siswa diperoleh informasi bahwa dibutuhkan media pembelajaran yang mudah dibawa ke kelas, mudah untuk digandakan, serta memiliki fitur evaluasi dan dapat digunakan untuk materi bangun ruang sisi datar. Mengenai karakter siswa diketahui bahwa siswa sudah mahir dalam menggunakan teknologi dan sebagian besar siswa sudah memiliki *smartphone* dengan platform android. Temuan dari tahap analisis tersebut kemudian ditindaklanjuti dengan membuat desain media yang diawali dengan membuat *flowchart* tentang aplikasi yang akan dikembangkan seperti dapat di lihat pada Gambar 5. Aplikasi yang dikembangkan berdasarkan *flowchart* yang sudah dibuat tidak dapat berdiri sendiri sehingga media pembelajaran yang dikembangkan terdiri dari tiga komponen yaitu Kubus Artic sebagai *marker*, Aplikasi Artic sebagai aplikasinya, dan Buku Panduan sebagai panduan bagi guru. Kemudian desain dari media pembelajaran tersebut diwujudkan pada tahap *development*.



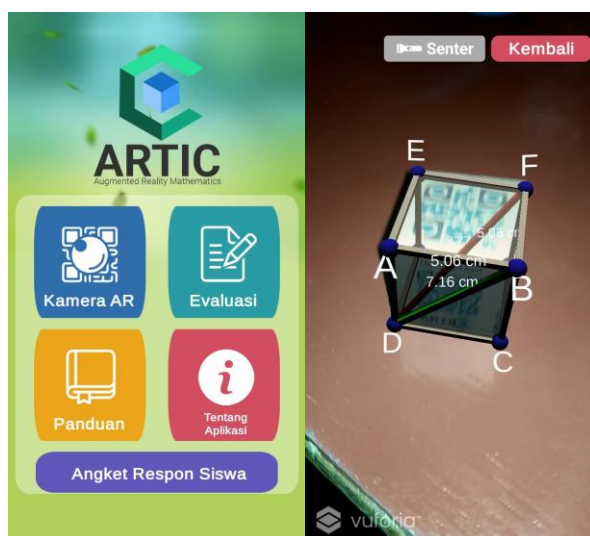
Gambar 5. Flowchart desain media pembelajaran Artic

Kubus Artic seperti pada Gambar 6 adalah *marker* berupa kode QR yang berbentuk kubus dengan ukuran 3 cm x 3 cm. Ukuran ini dipilih agar kubus mudah untuk dibawa oleh guru, selain itu bentuk kubus dipilih agar *marker* dapat tetap dipindai oleh *smartphone* meskipun dipindai dari sisi yang berbeda. Kode QR yang digunakan dibuat menggunakan laman web Unitag di <https://www.unitag.io>. Dengan ukuran tiap sisinya sebesar 3 cm x 3 cm, maka untuk satu lembar kertas A3 dapat digunakan untuk mencetak 6 buah Kubus Artic. Bahan yang digunakan untuk Kubus Artic adalah *art carton* dan dicetak dengan menggunakan mesin *laserjet* dengan tujuan agar kubus dapat digunakan untuk waktu yang lama dan tahan terhadap percikan air.

Aplikasi Artic adalah aplikasi yang ditujukan untuk *smartphone* dengan platform Android minimal Versi Kitkat, memiliki ukuran 35 MB dan dikembangkan dengan menggunakan aplikasi Unity dan plugin Vuforia. Fungsi utama dari aplikasi ini adalah untuk membaca hasil pindai *marker* yang terdapat pada Kubus Artic untuk kemudian menampilkan objek tiga dimensi berupa bangun ruang sisi datar yaitu kubus, balok, prisma, limas, tabung, kerucut, dan juga balok. Selain menampilkan bangun ruang, setiap unsur dari bangun ruang seperti titik rusuk, sudut, diagonal sisi dan diagonal ruang, dari bangun ruang pun turut ditampilkan seperti tampak pada Gambar 7.



Gambar 6. Kubus Artic (Dokumen Peneliti, 2019)



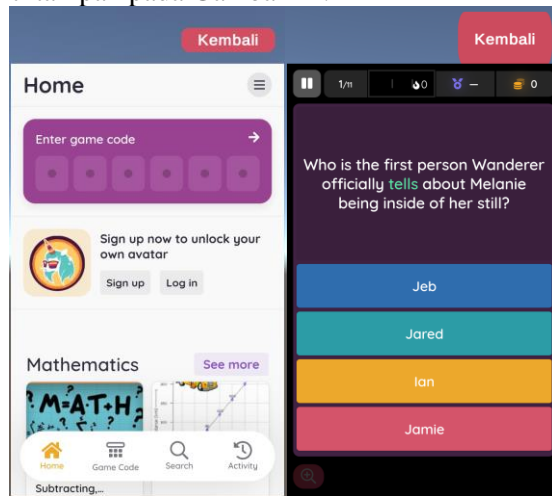
Gambar 7. Tampilan Depan Aplikasi dan Tampilan Objek berupa Bangun Ruang Kubus (Dokumen Peneliti, 2019)

Teks yang ditampilkan tidak hanya titik sudut saja, tetapi juga terdapat panjang sisi, panjang diagonal sisi dan juga panjang diagonal ruang. Objek yang ditampilkan bangun ruang maupun teks dapat diubah skalanya dengan cara melakukan *pinch* (cubit) pada layar dengan dua jari maka skala dari gambar akan membesar. Terdapat pula tombol senter yang berguna untuk menyalakan *flashlight* dari *smartphone* pengguna agar marker dapat tetap terbaca meski dalam kondisi ruangan yang gelap.

Selain dapat menampilkan model tiga dimensi, aplikasi Artic juga memiliki fitur evaluasi di dalamnya. Evaluasi yang terdapat pada aplikasi Artic menggunakan platform *Quizizz* seperti tampak pada Gambar 8, sehingga guru dapat melakukan evaluasi dengan cara memberikan pertanyaan berbentuk pilihan ganda yang dapat dikerjakan langsung secara bersama-sama di kelas ataupun untuk dijadikan PR. Platform *Quizizz* dipilih berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Aini (2019) yang menyatakan bahwa *Quizizz* itu menyenangkan dan dapat digunakan untuk melakukan evaluasi. Setelah melakukan evaluasi dengan platform *Quizizz* pada aplikasi Artic, guru juga dapat melihat statistik mengenai kuis yang telah dilakukan, mulai dari melihat soal mana saja yang sulit untuk dikerjakan siswa sampai dengan tingkat keberfungsian pengecoh.

Buku Panduan Artic adalah sebuah buku panduan untuk guru berukuran A5 dan memiliki tebal 32 halaman, ukuran A5 dipilih agar buku ini mudah dibawa dan tidak memakan tempat untuk penyimpanannya. Buku ini berisi contoh soal dan juga panduan dalam menggunakan media pembelajaran Artic seperti terlihat pada Gambar 9. Pendekatan yang digunakan dalam buku panduan ini adalah pendekatan STEM, sehingga di dalamnya materi matematika akan dikaitkan dengan materi STEM lainnya, seperti fisika. Pada buku panduan terdapat instruksi bagi siswa untuk memindai *marker* dan menampilkan ilustrasi yang diinginkan. Contoh dari materi yang dikaitkan adalah materi jarak antar titik yang dikaitkan dengan materi fisika berupa jarak pada radar seperti tampak pada Gambar 10. Selain itu materi lain yang

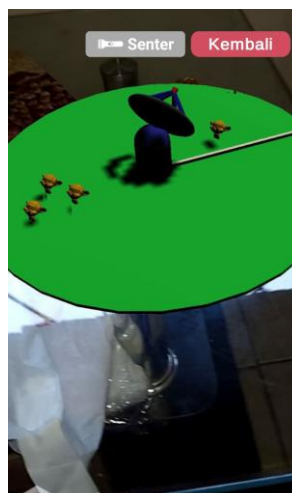
dikaitkan dengan konsep lain yaitu materi jarak titik ke garis yang dikaitkan dengan ilustrasi seseorang menggunakan seluncuran seperti tampak pada Gambar 11.



Gambar 8. Tampilan Evaluasi pada Aplikasi Artic (Dokumen Peneliti, 2019)



Gambar 9. Tampilan Buku Panduan



Gambar 10. Ilustrasi Radar pada Aplikasi



Gambar 11. Ilustrasi Seluncuran pada Aplikasi

Media pembelajaran yang dikembangkan sebelum digunakan dalam kegiatan pembelajaran terlebih dahulu divalidasi oleh ahli media pembelajaran dan ahli pendidikan dengan menggunakan instrumen angket skala Likert. Ahli yang melakukan validasi terdiri dari masing-masing tiga orang ahli pada bidangnya dan telah memiliki pengalaman setidaknya 5 tahun di dalam bidangnya masing-masing. Ketiga ahli pendidikan adalah dosen di Universitas Sultan Ageng Tirtayasa yang sudah memiliki masa kerja setidaknya 10 tahun. Sementara itu dua orang ahli media pembelajaran merupakan dosen di Universitas Banten Jaya dan Universitas Serang Raya yang mengajar mengenai pengembangan teknologi, sedangkan seorang ahli media lainnya adalah Kepala Pusat Data dan Informasi di Universitas Islam Nasional Sultan Maulana Hasanudin Banten. Hasil validitas dari ahli media dan ahli pendidikan dapat dilihat secara berturut-turut pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Hasil Validitas Ahli Media Pembelajaran

No.	Aspek	Ahli Media Pembelajaran			Total Skor	Skor Maksimum
		1	2	3		
1.	Penyajian	12	14	13	39	45
2.	Tampilan	25	21	25	71	75
3.	Kompatibilitas	23	23	23	69	75
Jumlah					179	195

Tabel 4. Hasil Validitas Ahli Pendidikan

No.	Aspek	Ahli Pendidikan			Total Skor	Skor Maksimum
		1	2	3		
1.	Isi dan Materi	28	27	27	82	90
2.	Bahasa dan Tampilan	24	24	24	72	75
Jumlah					154	165

Berdasarkan penilaian dari tiga ahli media pembelajaran diperoleh jumlah total skor 179 dan total skor maksimum 196, sehingga didapatkan persentase penilaian dari ahli media pembelajaran sebesar 91% yang termasuk dalam kategori sangat baik. Sementara itu untuk penilaian dari ahli pendidikan diperoleh total skor sebesar 154 dan total skor maksimum sebesar 165, sehingga diperoleh persentase sebesar 93% yang termasuk ke dalam kategori sangat baik.

Selain memberikan penilaian, pada saat validasi ahli juga turut memberikan beberapa saran untuk perbaikan media pembelajaran ini. Saran yang diberikan di antaranya agar ditambahkan lagi animasi agar media pembelajaran ini menjadi lebih interaktif. Selain itu, disarankan juga agar angka yang ditampilkan tidak hanya desimal saja, tetapi pecahan juga perlu untuk ditampilkan. Animasi kemudian ditambahkan ke dalam media pembelajaran ini sesuai dengan saran dari ahli, akan tetapi saran mengenai menampilkan angka pecahan tidak dapat peneliti perbaiki karena keterbatasan kemampuan peneliti.

Berdasarkan hasil penilaian dari ahli media dan ahli pendidikan, dapat disimpulkan bahwa media pembelajaran yang dikembangkan valid untuk digunakan. Media pembelajaran ini juga sudah direvisi

sesuai dengan saran ahli. Dengan demikian media pembelajaran yang dikembangkan layak untuk digunakan sebagai media pembelajaran dalam kegiatan pembelajaran di kelas.

Setelah dinyatakan layak dan dilakukan perbaikan, media pembelajaran *augmented reality* yang dikembangkan kemudian diterapkan dalam kegiatan pembelajaran di kelas. Siswa menggunakan media pembelajaran selama tiga kali pertemuan pada topik bahasan jarak dimensi tiga. Selama melakukan kegiatan pembelajaran, guru juga turut mengikuti kegiatan pembelajaran di dalam kelas sehingga guru mengetahui bagaimana penerapan dari media pembelajaran yang dikembangkan di dalam kelas. Karena guru mengetahui bagaimana penerapan dari media pembelajaran di kelas, maka guru dapat memberikan penilaian mengenai kepraktisan media pembelajaran ini.

Penilaian kepraktisan media melibatkan dua orang guru mata pelajaran matematika. Instrumen yang digunakan adalah instrumen penilaian kepraktisan dengan skala Likert yang mencakup beberapa aspek yaitu efektif, interaktif, efisien, dan kreatif. Hasil dari penilaian kepraktisan dapat dilihat pada Tabel 5.

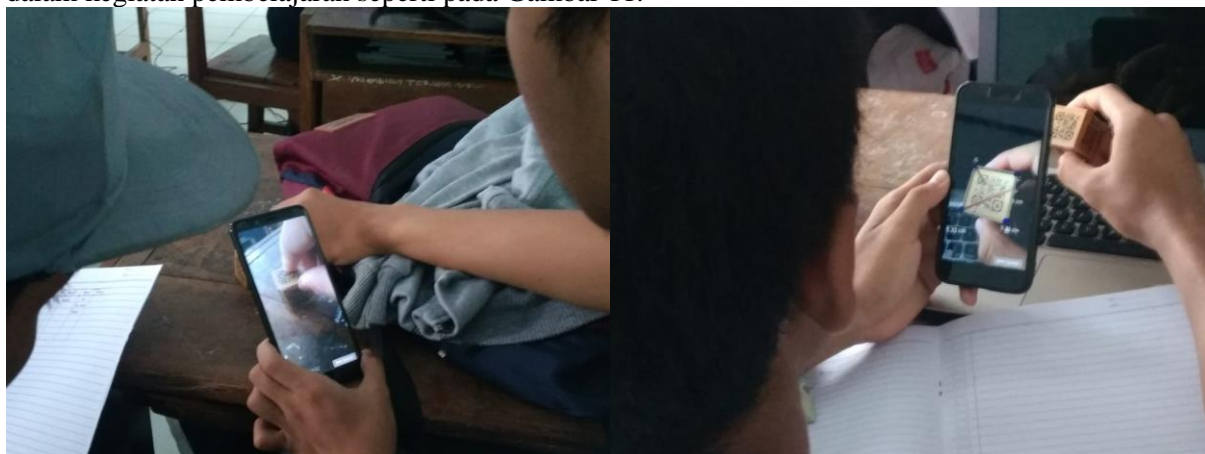
Tabel 5. Hasil Penilaian Kepraktisan Media Pembelajaran oleh Guru

No.	Aspek	Guru		Total Skor	Skor Maksimum
		1	2		
1.	Efektif	9	9	18	20
2.	Interaktif	16	17	33	40
3.	Efisien	9	9	18	20
4.	Kreatif	8	8	16	20
Jumlah				85	100

Berdasarkan data hasil penilaian kepraktisan media pembelajaran yang tercantum pada Tabel 2 diperoleh jumlah total skor sebesar 85 dengan total skor maksimum 100, sehingga persentase penilaian kepraktisan yang didapatkan adalah 85%. Persentase kepraktisan media pembelajaran tersebut berada pada kategori baik. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa media pembelajaran ini memiliki kepraktisan yang baik.

Selain memberikan penilaian terhadap kepraktisan media pembelajaran Guru juga turut memberikan masukan terhadap media pembelajaran yang dikembangkan agar di masa yang akan datang media pembelajaran ini akan menjadi lebih baik. Saran dari guru di antaranya angka yang ditampilkan masih belum tepat dan tidak dapat menampilkan angka berbentuk pecahan, angka hanya dapat ditampilkan dalam bentuk desimal saja dan ini akan menyulitkan bagi guru untuk meminta siswa mengubah ukuran objek menjadi ukuran tertentu. Saran dan masukan dari guru kemudian dijadikan saran bagi pengembangan ke depannya, karena pengembang masih belum dapat mengatasi masalah tersebut.

Salah satu tujuan pengembangan media pembelajaran dalam penelitian adalah untuk meningkatkan kemampuan spasial matematis siswa. Untuk mengetahui apakah media pembelajaran berhasil meningkatkan kemampuan spasial matematis siswa maka dilakukan pengujian dengan cara melakukan uji coba kepada 25 orang siswa kelas XII Jurusan RPL di SMK Negeri 1 Pandeglang. Setelah diberikan tes awal kemampuan spasial matematis, siswa diberikan media pembelajaran Artic untuk digunakan dalam kegiatan pembelajaran seperti pada Gambar 11.



Gambar 42. Penerapan AR di Kelas

Setelah menggunakan media pembelajaran ini selama tiga kali pertemuan, siswa diberikan kembali tes kemampuan spasial matematis. Kemudian dilakukan pengujian terhadap nilai tes awal dan tes akhir kemampuan spasial matematis siswa untuk melihat apakah terdapat peningkatan kemampuan spasial matematis. Pengujian dilakukan dengan menggunakan rumus *n-gain* kemudian diinterpretasikan sesuai kategorinya. Skor tes awal, tes akhir, *n-gain* dan kategori peningkatan dari masing-masing siswa dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Data Kemampuan Spasial Matematis Siswa

Statistik	Pretest	Posttest	<i>n-gain</i>
Rata-rata	58	75	0,42
Simpangan Baku	13,32	11,73	0,25
Skor Minimum	33	60	0,00
Skor Maksimum	80	93	0,88

Tabel 6 menunjukkan bahwa nilai rata-rata siswa pada saat sebelum dan sesudah menggunakan media pembelajaran ini meningkat dari sebelumnya yang hanya sebesar 58 menjadi 75. Hal serupa terjadi pada skor minimum siswa yang pada saat tes awal hanya 33 meningkat menjadi 60 pada tes akhir. Selain itu jika dilihat dari nilai *n-gain* dilihat bahwa peningkatan kemampuan spasial matematis siswa, sebelum dan sesudah menggunakan media pembelajaran ini beragam, yang terkecil yaitu dengan *n-gain* sebesar 0,00 atau tidak mengalami peningkatan dan yang terbesar sebesar 0,88 yaitu mengalami peningkatan dengan kategori tinggi, namun secara rata-rata kelas didapatkan nilai *n-gain* sebesar 0,42 yang termasuk ke dalam kategori peningkatan sedang. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa media pembelajaran Artic yang dikembangkan efektif untuk meningkatkan kemampuan spasial matematis siswa.

Pembahasan

Temuan penelitian yang menunjukkan bahwa kemampuan spasial matematis siswa meningkat memperkuat temuan penelitian-penelitian sebelumnya. Temuan penelitian sesuai dengan temuan penelitian [Nasution et al. \(2016\)](#) dan [Sugiarni et al. \(2018\)](#) yang menunjukkan bahwa media pembelajaran dapat meningkatkan kemampuan spasial matematis siswa. Adapun secara teoretis, media pembelajaran ini dapat meningkatkan kemampuan spasial matematis siswa disebabkan oleh beberapa hal. *Pertama*, dengan menggunakan media pembelajaran ini siswa dapat memanipulasi objek nyata yaitu memanipulasi objek yang bersifat fisik dan dapat menjadi pengalaman belajar bagi siswa, hal ini bersesuaian dengan teori pembelajaran [Dale \(1969, p.108\)](#) bahwa semakin konkret pengalaman belajar siswa maka akan semakin besar yang diingat oleh siswa. *Kedua*, langkah-langkah pembelajaran yang terdapat pada buku panduan juga menggunakan pendekatan STEM sehingga pembelajaran dikaitkan antar setiap unsur STEM sehingga menjadi lebih bermakna seperti yang dikemukakan oleh [Afriana et al. \(2016\)](#). *Ketiga*, media pembelajaran yang dikembangkan dalam kegiatannya tidak menyediakan informasi mengenai materi secara langsung, melainkan menuntut siswa untuk mencari pengetahuan dengan cara mengeksplorasi media pembelajarannya dan membangun pengetahuan siswa secara mandiri. Hal tersebut sesuai dengan teori konstruktivisme di mana siswa mengonstruksi pengetahuannya sendiri bukan menerima secara langsung dari guru. *Keempat*, disediakan fitur untuk evaluasi pembelajaran oleh guru yang dapat digunakan untuk melakukan evaluasi untuk setiap Kompetensi Dasar yang ingin dicapai oleh guru.

Meskipun media pembelajaran ini telah dikatakan layak, praktis, dan efektif untuk meningkatkan kemampuan spasial matematis siswa, namun dalam penerapannya media masih memiliki beberapa keterbatasan. Meskipun media pembelajaran yang berukuran kecil ini memudahkan bagi guru dalam membawa media pembelajaran ini ke dalam kelas, akan tetapi panduan materi pembelajaran yang disediakan sangat terbatas yakni hanya untuk materi bangun ruang sisi datar saja. Keterbatasan lainnya yaitu aplikasi ini masih belum dapat diperbaharui dan guru belum mampu membuat modelnya sendiri untuk ditampilkan dengan aplikasi ini melainkan memerlukan bantuan pengembang, maka di masa yang akan datang masih perlu perbaikan yakni untuk pembaruan materi dan model, sehingga guru dapat membuat dan menampilkan modelnya masing-masing sesuai dengan keinginannya.

SIMPULAN

Penelitian dan pengembangan ini telah menghasilkan media pembelajaran matematika “Artic” yang valid, praktis, dan efektif untuk meningkatkan kemampuan spasial matematis siswa. Media pembelajaran yang dikembangkan memenuhi kriteria valid dengan kategori penilaian dari ahli media sangat

baik dan kategori penilaian dari ahli pendidikan juga sangat baik. Media pembelajaran yang dikembangkan juga memenuhi kriteria praktis dengan kategori penilaian kepraktisan oleh guru yaitu sangat baik. Selain itu media pembelajaran yang dikembangkan memenuhi kriteria efektif, yaitu mampu meningkatkan kemampuan spasial matematis siswa dengan peningkatan berada pada kategori sedang. Berdasarkan hasil tersebut, media pembelajaran matematika “Artic” layak digunakan dalam pembelajaran matematika. Berdasarkan hal tersebut, disarankan agar guru dapat memanfaatkan media pembelajaran tersebut dalam kegiatan belajar mengajar di kelas pada materi bangun ruang, sehingga kemampuan spasial matematis siswa dapat ditingkatkan. Untuk aspek pengembangan, perlu dikembangkan media pembelajaran dengan konsep serupa yaitu STEM dengan *augmented reality* untuk materi yang lainnya, dan tidak terbatas hanya pada mata pelajaran matematika saja.

DAFTAR PUSTAKA

- Afdal, M., Irsyad, M., & Febi, Y. (2018). Penerapan teknologi augmented reality pada media pembelajaran lapisan permukaan bumi berbasis 3D. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Dan Manajemen Sistem Informasi*, 4(1), 1–10. <https://doi.org/10.24014/rmsi.v4i1.4602>
- Afriana, J., Permanasari, A., & Fitriani, A. (2016). Penerapan project based learning terintegrasi STEM untuk meningkatkan literasi sains siswa ditinjau dari gender. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 2(2), 202. <https://doi.org/10.21831/jipi.v2i2.8561>
- Aini, Y. I. (2019). Pemanfaatan media pembelajaran Quizizz untuk pembelajaran jenjang pendidikan dasar dan menengah di Bengkulu. *Kependidikan*, 2(25), 1–6. <http://jurnal.umb.ac.id/index.php/kependidikan/article/view/567>
- Arikunto, S., & Jabar, C. S. A. (2009). *Evaluasi program pendidikan* (2nd ed.). Bumi Aksara.
- Asngari, D. R. (2015). Penggunaan geogebra dalam pembelajaran geometri. *Seminar Nasional Matematika Dan Pendidikan Matematika UNY 2015*, 299–302. <http://seminar.uny.ac.id/semnasmatematika/sites/seminar.uny.ac.id/semnasmatematika/files/banner/PM-43.pdf>
- Awaliyah, G., & Maharani, E. (2018). *Pemerintah diminta segera terapkan STEM di SMK*. *Republika.Co.Id*. <https://republika.co.id/berita/pendidikan/eduaction/18/03/29/p6c5d3335-pemerintah-diminta-segera-terapkan-stem-di-smk>
- Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355–385. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>
- Bird, J. (2002). *Matematika dasar: Teori dan aplikasi praktis*. Erlangga.
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. NSTA Press.
- Dale, E. (1969). *Audio-visual methods in teaching* (3rd ed.). Holt, Rinehart & Winston.
- Hake, R. R. (1999). *Analyzing change/Gain scores*. <http://www.physics.indiana.edu/~sdi/AnalyzingChange-Gain.pdf>
- Hakim, L. (2018). Pengembangan media pembelajaran PAI berbasis augmented reality. *Lentera Pendidikan : Jurnal Ilmu Tarbiyah Dan Keguruan*, 21(1), 59–72. <https://doi.org/10.24252/lp.2018v21n1i6>
- Hannafin, R. D., Truxaw, M. P., Vermillion, J. R., & Liu, Y. (2008). Effects of spatial ability and instructional program on geometry achievement. *The Journal of Educational Research*, 101(3), 148–157. <https://doi.org/10.3200/JOER.101.3.148-157>
- Hariyanti, N. (2017). *Alat peraga membuat matematika lebih asyik*. Novihariyanti.Blogspot.Com. <http://novihariyanti.blogspot.com/2017/02/alat-peraga-membuat-matematika-lebih.html>
- Hazliansyah, H. (2015). *Indonesia perlu masukkan aspek STEM dalam pendidikan*. *Republika.Co.Id*. <https://republika.co.id/berita/pendidikan/eduaction/15/03/08/nkvou7-indonesia-perlu-masukkan-aspek-stem-dalam-pendidikan>
- Japa, N., Suarjana, I. M., & Widiana, W. (2017). Media geogebra dalam pembelajaran matematika. *International Journal of Natural Science and Engineering*, 1(2), 40–47. <https://doi.org/10.23887/IJNSE.V1I2.12467>
- Kariadinata, R., Prabowo, A., Hadi, S., Iryanti, P., Danoebroto, S. W., & Shadiq, F. (2010).

- Kemampuan visualisasi geometri spasial siswa Madrasah Aliyah Negeri (MAN) Kelas X melalui software pembelajaran mandiri. *EDUMAT: Jurnal Edukasi Matematika*, 1(2), 1–13.
- Lee, W. W., & Owens, D. L. (2004). *Multimedia-based instructional design* (2nd ed.). Pfeiffer.
- Miarso, Y. (2004). *Menyemai benih teknologi pendidikan*. Kencana.
- Mustika, M., Rampengan, C. G., Sanjaya, R., & Sofyan, S. (2015). Implementasi augmented reality sebagai media pembelajaran interaktif. *Creative Information Technology Journal*, 2(4), 277–291. <https://doi.org/10.24076/citec.2015v2i4.55>
- Nasution, S. H., Anwar, L., Sudirman, & Susiswo. (2016). Pengembangan media pembelajaran untuk mendukung kemampuan penalaran spasial siswa pada topik dimensi tiga kelas X. *Jurnal Keguruan dan Ilmu Pendidikan*, 4(2), 903–913. <http://journals.ukitoraja.ac.id/index.php/jkip/article/view/66>
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1969). *The psychology of the child* (2nd ed.). Basic Books.
- Undang-Undang Republik Indonesia nomor 20 tahun 2003 tentang sistem pendidikan nasional, Pub. L. No. 20, Undang-Undang Republik Indonesia 26 (2003).
- Putri, N. W. S., Sariyasa, S., & Ardana, I. M. (2014). Pengembangan perangkat pembelajaran tandur berbantuan geogebra sebagai upaya meningkatkan prestasi dan aktivitas belajar geometri siswa. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Matematika Indonesia*, 3(1). <http://pasca.undiksha.ac.id/e-journal/JPM/article/view/1073>
- Reeve, E. M. (2013). *Implementing science, technology, mathematics, and engineering (STEM) education in Thailand and in ASEAN*. Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST).
- Ristontowi, R. (2013). Kemampuan spasial siswa melalui pendekatan pendidikan matematika realistik Indonesia dengan media geogebra. *Seminar Nasional Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 61–75.
- Sugiarni, R., Alghifari, E., & Ifanda, A. R. (2018). Meningkatkan kemampuan spasial matematis siswa dengan model pembelajaran problem based learning berbantuan geogebra. *Kalamatika: Jurnal Pendidikan Matematika*, 3(1), 93–102. <https://doi.org/10.22236/kalamatika.vol3no1.2018pp93-102>
- Suherman, E. (2003). *Strategi pembelajaran matematika kontemporer*. Jica.
- Wijayanti, R., Hasan, B., & Loganathan, R. K. (2018). Media comic math berbasis whiteboard animation dalam pelajaran matematika. *Jurnal Riset Pendidikan Matematika*, 5(1), 53. <https://doi.org/10.21831/jrpm.v5i1.19207>
- Yulistiyarini, H., & Mahmudi, A. (2015). Pengembangan perangkat pembelajaran materi geometri ruang SMP dengan memanfaatkan alat peraga manipulatif dan lingkungan. *PYTHAGORAS: Jurnal Pendidikan Matematika*, 10(2), 155. <https://doi.org/10.21831/pg.v10i2.9145>
- Zahroni, A. (2019). Pengembangan mobile learning menggunakan adobe flash pada pelajaran narrative text di SMP eLKISI Mojokerto. *Nidhomul Haq : Jurnal Manajemen Pendidikan Islam*, 4(1), 90–103. <https://doi.org/10.31538/ndh.v4i1.237>
- Zarkasyi, W. (2015). *Penelitian pendidikan matematika*. Refika Aditama.
- Zünd, F., Sumner, R., Ryffel, M., Magnenat, S., Marra, A., Nitti, M., Kapadia, M., Noris, G., Mitchell, K., & Gross, M. (2015). Augmented creativity: bridging the real and virtual worlds to enhance creative play. *SA '15: SIGGRAPH Asia 2015 Mobile Graphics and Interactive Applications*, 1–7. <https://doi.org/10.1145/2818427.2818460>