



Implementasi *augmented reality* berbasis android sebagai media pembelajaran matematika dimensi tiga

Zurni Mardian, Sarjon Defit, Sumijan

Program Studi Teknik Informatika, Universitas Putra Indonesia YPTK Padang, Indonesia

Riwayat artikel:

Diterima 8 April 2023

Direvisi 29 April 2023

Diterbitkan 30 April 2023

Kata kunci:

Augmented reality

Dimensi tiga

Marker-based tracking

Media pembelajaran

ABSTRACT. Technology has an important role in education, namely, facilitating teacher-student interaction in teaching and learning activities. This is realized by applying technology to learning media. The limitation of space building props in learning high school mathematics on the topic of the Third Dimension requires teacher innovation to develop interactive learning media that can be used at any time. The use of Augmented Reality (AR)-based interactive media with Marker-based Tracking techniques is designed to help students visualize 3D objects well. 3D objects were created using the 3Ds Max software. This research produced a product in the form of an AR Distance in Space application that runs on Android. An AR camera is used to detect markers and display cubes, pyramids, and beam objects. The black-box test results show that the application is as planned and can run normally. This means that the AR Distance in Space applications is categorized as Very Good or receives a positive response from users. This application can be used as an interactive learning media that can facilitate students' understanding of the topic of the Third Dimension and increase student motivation in learning mathematics.

ABSTRAK. Teknologi memiliki peranan penting dalam pendidikan, yaitu memfasilitasi interaksi guru dan murid dalam kegiatan belajar mengajar. Ini diwujudkan dengan menerapkan teknologi dalam media pembelajaran. Keterbatasan alat peraga bangun ruang dalam pembelajaran Matematika SMA topik Dimensi Tiga memerlukan inovasi guru untuk mengembangkan sebuah media pembelajaran interaktif yang dapat digunakan di setiap waktu. Penggunaan media interaktif berbasis *Augmented Reality (AR)* dengan teknik *Marker-based Tracking* dirancang untuk membantu siswa memvisualisasikan objek 3D dengan baik. Objek 3D dibuat dengan *software 3Ds Max*. Pembuatan *marker* menggunakan Vuforia SDK dan pada Unity dilakukan pengaturan antarmuka dari aplikasi untuk diterapkan pada Android. Penelitian ini menghasilkan produk berupa aplikasi AR Jarak dalam Ruang yang berjalan pada Android. Penggunaan kamera AR digunakan untuk mendeteksi *marker* dan menampilkan objek kubus, limas, dan balok. Hasil pengujian *Black-box* menunjukkan bahwa aplikasi telah sesuai yang direncanakan dan dapat berjalan normal. Ini berarti aplikasi AR Jarak dalam Ruang terkategori Sangat Baik atau mendapat respon positif dari pengguna. Aplikasi ini dapat digunakan sebagai media pembelajaran interaktif yang dapat memudahkan siswa dalam memahami topik Dimensi Tiga dan untuk meningkatkan motivasi siswa dalam pembelajaran Matematika.

This is an open-access article under the [CC-BY-SA](#) license.



Penulis Korespondensi:

Zurni Mardian,
Program Studi Teknik Informatika,
Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Putra Indonesia YPTK Padang,
Jl. Raya Lubuk Begalung Padang - Sumatera Barat, Indonesia.
Email: zurnimardian@gmail.com

PENDAHULUAN

Teknologi memiliki peranan penting dalam pendidikan. Salah satu peran teknologi dalam pendidikan adalah melahirkan inovasi baru dalam bidang pendidikan dan pengajaran guna memecahkan permasalahan yang ada (Salsabila dkk., 2020). Banyak hal yang dapat memanfaatkan teknologi pada bidang pendidikan, misalnya pada proses pembelajaran (Ambarwati dkk., 2021). Proses pembelajaran membutuhkan media sebagai pendukung ketercapaian tujuan pembelajarannya. Media pembelajaran adalah segala sesuatu yang digunakan untuk menyalurkan pesan serta dapat merangsang pikiran, perasaan, perhatian, dan kemauan si belajar sehingga dapat mendorong terjadinya proses belajar yang disengaja, bertujuan dan terkendali (Salsabila dkk., 2020). Teknologi memfasilitasi interaksi guru dan murid dalam kegiatan belajar mengajar (Ma'rufah, 2022). Hal ini bisa diwujudkan dengan dengan menerapkan teknologi dalam media pembelajaran atau melakukan kegiatan pembelajaran berbasis internet, Android, dan perangkat teknologi lainnya (Khairunnisa dan Aziz, 2021).

Pembelajaran Dimensi Tiga di Sekolah Menengah Atas (SMA) menekankan kemampuan mendeskripsikan jarak dalam bangun ruang. Untuk itu diperlukan alat peraga bangun-geometri seperti kerangka benda ruang dan atau benda-benda ruang. Alat peraga dibutuhkan murid untuk memvisualisasikan bangun ruang ke dalam bentuk nyata. Kenyataannya alat peraga yang tersedia di sekolah sangat terbatas dan hanya dapat digunakan murid saat di sekolah saja. Untuk itu dibutuhkan inovasi guru dalam penyediaan media pembelajaran yang interaktif, mudah digunakan kapan saja dan dimana saja.

Salah satu inovasi untuk visualisasi objek adalah dengan menggunakan teknologi *Augmented Reality*. *Augmented Reality* atau disingkat AR adalah teknologi yang membantu objek virtual tiga dimensi (3D) untuk dilihat secara interaktif di dunia nyata (Dutta dkk., 2022). Fungsi dari AR adalah untuk memvisualisasikan gambaran yang abstrak dalam rangka memberikan pemahaman yang lebih terperinci dan menggambarkan struktur dari sebuah model objek yang spesifik (Alfares dan Murwonugroho, 2021). AR semakin banyak digunakan dalam pendidikan (Medina dan Ferrer, 2022) bahkan berkembang pesat seiring meningkatnya penggunaan pada perangkat *mobile* (Köse dan Güner-Yildiz, 2021; Theodoropoulos dan Lepouras, 2021).

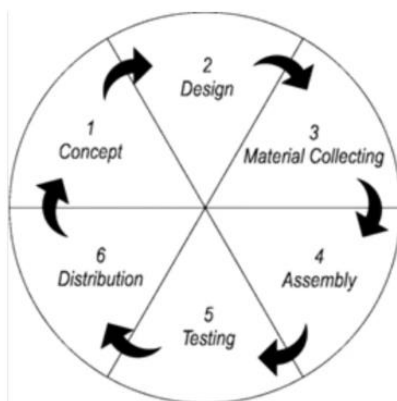
Terkait implementasi AR sebagai media pembelajaran diantaranya adalah penelitian Saputri dan Sibarani (2020) yang merancang aplikasi untuk Menghitung Luas dan Volume bangun ruang dengan metode *Marker Based Tracking*. Penelitian lain dilakukan oleh Syafril dkk. (2021) dengan membangun aplikasi *Virtual Geometri* atau *Vir-Go*. Alat peraga digital yang dirancang secara *prototype* diharapkan dapat menciptakan suasana belajar yang menyenangkan bagi siswa, khususnya pada materi bangun ruang sisi datar jenjang SMP. Yanuarto dan Iqbal (2022) mengembangkan media belajar AR untuk meningkatkan kemampuan spasial dalam konsep geometri untuk siswa SMP, yang senada dengan penelitian Bonifasius dkk. (2022) tentang pembuatan aplikasi BARSIDA untuk pembelajaran Bangun ruang SMP. Yang dkk. (2022) merancang media pembelajaran interaktif untuk kelas 2 SD yang dilengkapi dengan materi dan kuis. Peneliti lain seperti Rozi dkk. (2021) dan Irmayanti dkk. (2021) mempunyai fokus penelitian pada perancangan media AR untuk pembelajaran Pengenalan Bangun Ruang jenjang SD.

Pemanfaatan AR pada perangkat seperti *smartphone* yang akrab di kalangan siswa dapat dijadikan suatu alternatif untuk mengembangkan media pembelajaran yang inovatif dan dapat diterima oleh siswa (Adrian dkk., 2020). Apalagi penggunaan Android pada perangkat *mobile* sampai Desember 2022 telah mencapai sekitar 89,29% pengguna di Indonesia, menduduki urutan teratas dari enam sistem operasi lainnya (gs.statcounter.com, 2022). Ini dikarenakan Android menyediakan platform *opensource* yang memungkinkan pengembang untuk membuat aplikasi secara mudah serta dapat digunakan oleh bermacam perangkat bergerak (Palita dkk., 2020). Pengembangan media pembelajaran berbasis Android efektif untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif siswa (Heswari, 2022). Oleh karena masih terbatasnya media pembelajaran untuk materi Dimensi Tiga

jenjang SMA, maka penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah aplikasi media pembelajaran menggunakan AR yang dapat dijalankan pada *smartphone* Android siswa.

METODE

Penelitian ini mengadopsi metodologi *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC) (Luther, 1994). MDLC merupakan metode pengembangan perangkat lunak multimedia. Pada penelitian ini tahapan MDLC yang dilakukan sampai dengan *distribution* sebuah prototype. Kemudian juga dilakukan evaluasi terkait rancangan dan kinerja platform. Tahap-tahap MDLC seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. *Multimedia development life cycle* (MDLC)

Tahapan MDLC

Concept

Tahap ini dimulai dengan menentukan tujuan aplikasi yang akan dibuat, yaitu merancang media pembelajaran Matematika untuk materi jarak dalam bangun ruang dengan menggunakan teknologi AR dengan teknik *marker based tracking* berbasis Android. Diharapkan pengguna aplikasi yaitu siswa dan guru dapat lebih mudah memvisualisasikan bangun ruang dan lebih termotivasi dalam mempelajari Dimensi Tiga.

Design

Pada tahap ini dilakukan perancangan menggunakan *flowchart view*, pemodelan UML yang terdiri dari *Use case Diagram*, *Activity Diagram*, dan *Sequence Diagram* serta perancangan antarmuka dari sistem.

Material Collecting

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan bahan terkait materi pembelajaran Dimensi Tiga dan melakukan studi literatur bahan untuk *Augmented reality* melalui buku teks, buku digital, artikel dan jurnal yang terkait dengan sistem.

Assembly

Kegiatan utama pada tahap ini adalah pembuatan aplikasi menggunakan beberapa *software* seperti 3DsMax, Vuforia, dan Unity 3D berdasarkan *flowchart*. Semua objek dibuat dan digabungkan menjadi satu aplikasi yang utuh.

Testing

Pada tahap ini dilakukan ujicoba terhadap aplikasi untuk mengetahui apakah aplikasi sudah bisa berjalan dengan baik dan sesuai dengan yang diharapkan atau tidak. Tahap *testing* menggunakan

pengujian Alpha berupa pengujian *Blackbox* dan pengujian Beta berupa uji respon terhadap 22 responden yang terdiri dari 6 orang guru Matematika SMA dan 16 siswa SMAN 2 Lembang.

Distribution

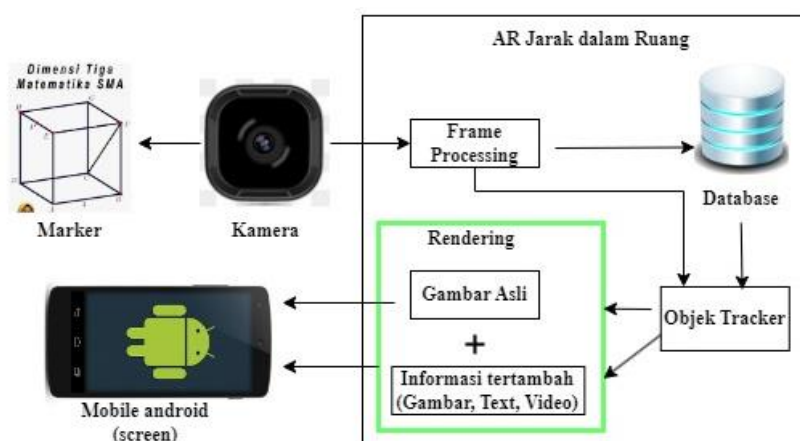
Pada tahap ini aplikasi yang telah selesai diuji dan dinyatakan sesuai dengan tujuan pembuatan, selanjutnya didistribusikan ke media penyimpanan khusus aplikasi.

HASIL DAN DISKUSI

Hasil penelitian ini berupa aplikasi media pembelajaran menggunakan *Augmented Reality* berbasis Android untuk materi Jarak dalam Bangun Ruang. Selanjutnya aplikasi yang dikembangkan dinamai dengan AR Jarak dalam Ruang atau AR Jarak.

Visualisasi Augmented Reality

Gambar 2 menampilkan mekanisme visualisasi *Augmented reality* metode *marker based tracking*. Dimulai dari pengambilan gambar *marker* oleh kamera *smartphone*. *Marker* akan dikenali berdasarkan *feature* yang dimiliki dan masuk ke dalam *object tracker* yang disediakan oleh *Software Development Kit* (SDK). Sebelumnya *marker* tersebut telah didaftarkan dan disimpan dalam *database*. Selanjutnya *object tracker* akan mendeteksi *marker* dan menampilkan informasi yang sesuai pada layar *smartphone*. Informasi yang ditampilkan melekat pada *marker* yang bersangkutan secara *real-time*.



Gambar 2. Arsitektur AR jarak dalam ruang

Concept

Aplikasi AR Jarak dalam Ruang dibuat dengan terlebih dahulu melakukan analisis terhadap kebutuhan sistem yang akan dibangun. Spesifikasi perangkat keras yang dibutuhkan dalam membangun aplikasi ini adalah: Laptop HP 14 inch; Processor AMD RYZEN 5 1,6 GHz; RAM 4 GB; Harddisk 500 GB; dan *Smartphone* dengan Android minimal 8. Sedangkan spesifikasi perangkat lunak yang digunakan dalam merancang aplikasi ini yaitu: Sistem operasi Windows 10 64 bit; Unity 3D; Vuforia SDK; dan aplikasi 3Ds Max.

Design

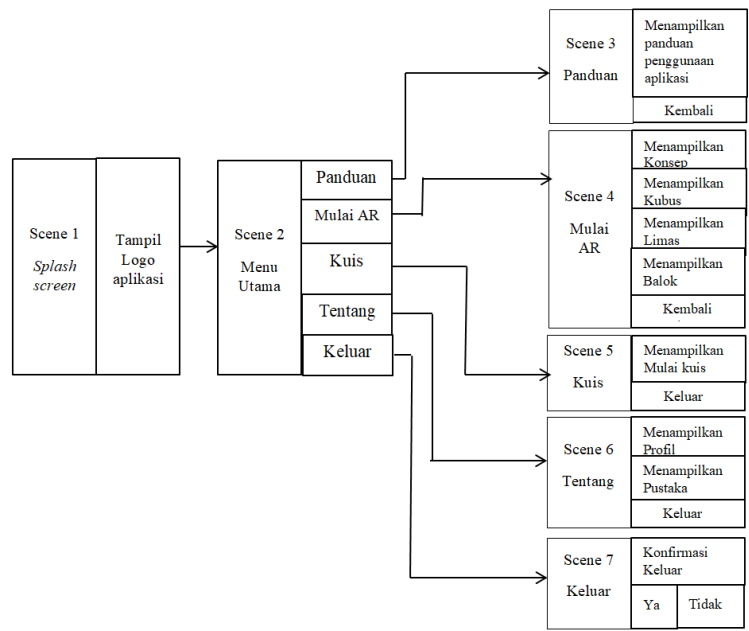
Flowchart view

Gambar 3 adalah *flowchart view* dari aplikasi AR Jarak dalam Ruang.

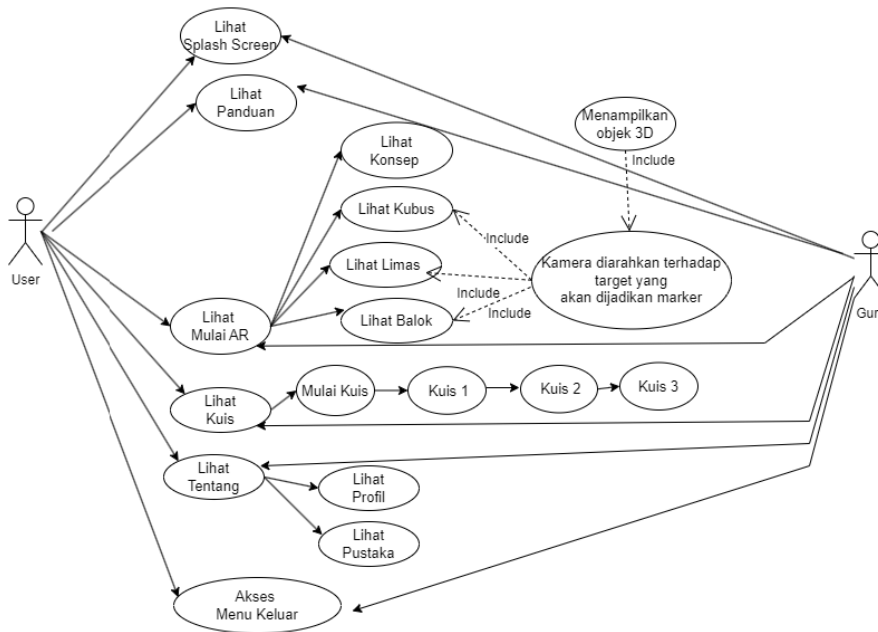
Use Case Diagram

Use case dari aplikasi AR Jarak dalam Ruang dapat digambarkan seperti pada Gambar 4. Aktor *User* melakukan pembelajaran melalui aplikasi AR jarak dalam Ruang yang terdiri dari lima menu dan

tujuh sub menu. Sedangkan deskripsi dari *Use Case* yang ada dalam aplikasi AR Jarak dalam Ruang dapat didefinisikan seperti Tabel 1.



Gambar 3. Flowchart view



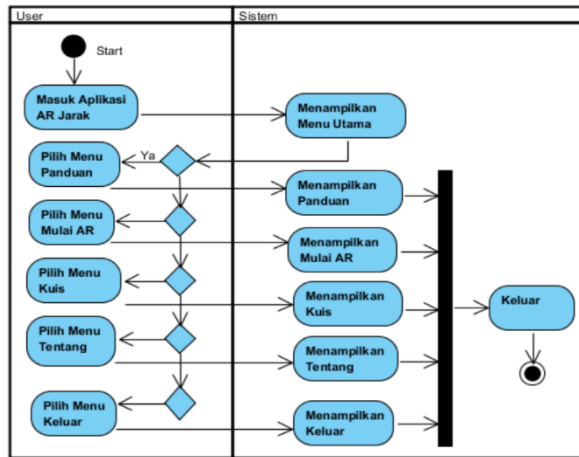
Gambar 4. Use case diagram

Tabel 1. Definisi use case

No.	Use Case	Deskripsi
1.	Panduan	Terdiri dari bagian panduan dalam penggunaan aplikasi
2.	Mulai AR	Terdiri dari empat sub menu yaitu sub menu Konsep, Kubus, Limas, dan Balok. Ini merupakan bagian contoh soal untuk materi jarak dalam bangun yang disajikan dalam bentuk <i>Augmented Reality</i> serta Play audio untuk mendengarkan pembahasan.
3.	Kuis	Terdiri Mulai Kuis yang memuat tiga soal Kuis, yaitu soal kuis Kubus, Limas dan Balok, dilengkapi dengan notifikasi jawaban Benar atau Salah.
4.	Tentang	Terdiri dari dua sub menu, yaitu sub menu profil dan sub menu pustaka.
5.	Keluar	Berisi tentang pertanyaan konfirmasi keluar dari aplikasi.

Activity Diagram

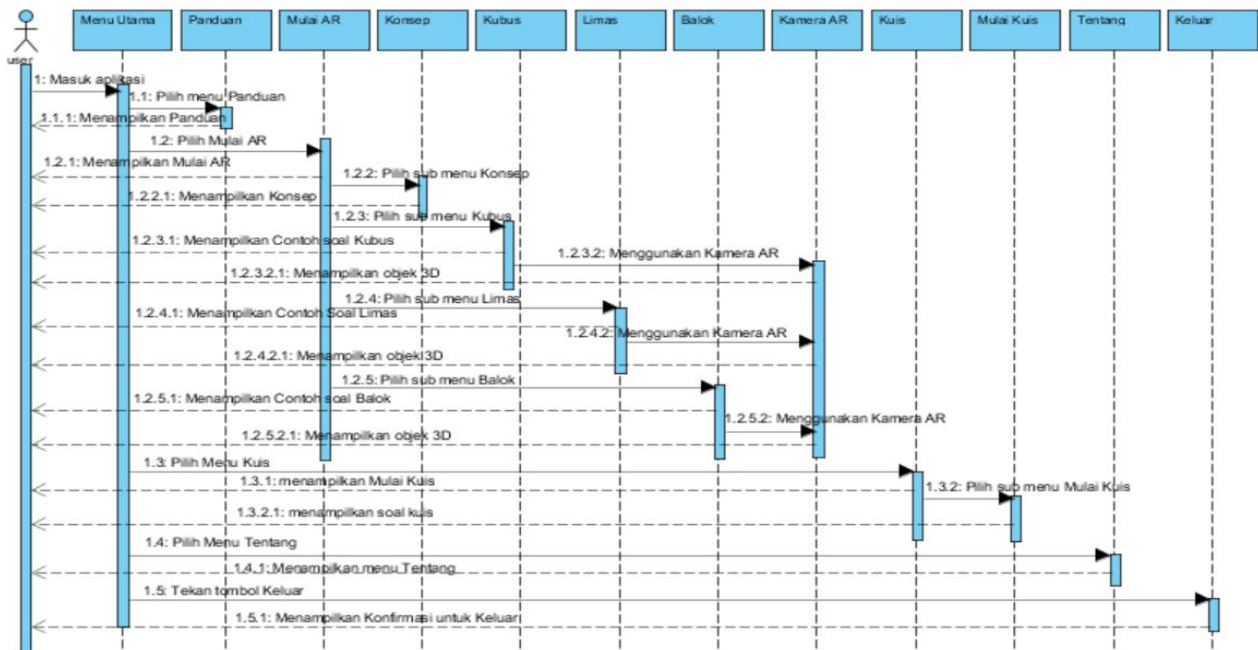
Gambar 5 menjelaskan *Activity diagram* untuk Menu Utama atau Home aplikasi AR Jarak dalam Ruang.



Gambar 5. *Activity Diagram* aplikasi AR jarak dalam ruang

Sequence Diagram

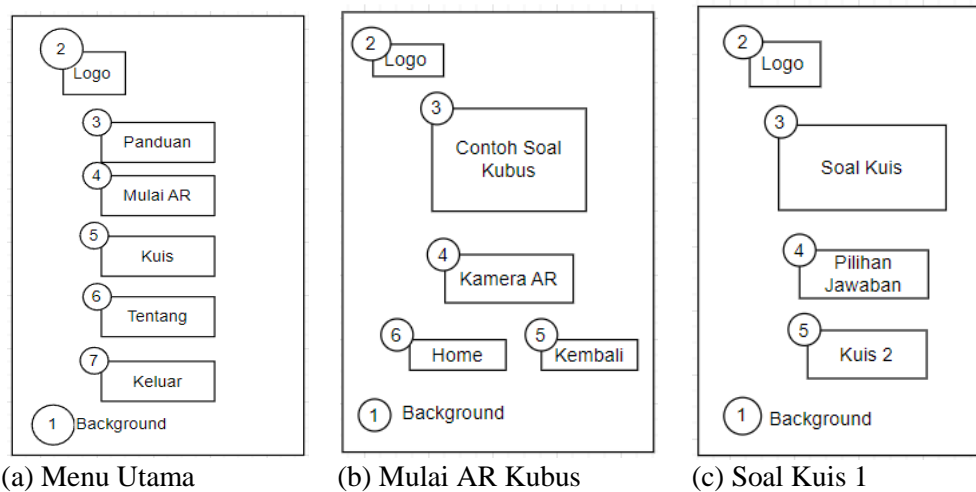
Gambar 6 menunjukkan *Sequence diagram* menu aplikasi AR Jarak dalam Ruang.



Gambar 6. *Sequence diagram* AR jarak dalam ruang

Perancangan Antarmuka Sistem

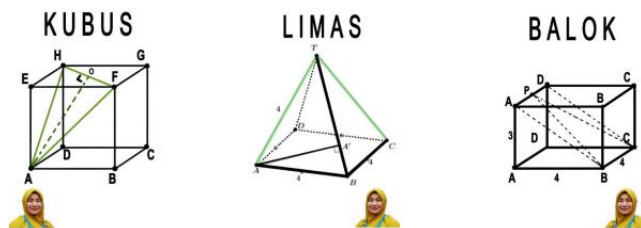
Perancangan antarmuka sistem terdiri dari beberapa halaman, yaitu halaman Menu Utama, Panduan, Mulai AR, Kuis, Tentang, dan Keluar. Juga terdapat beberapa halaman lainnya sebagai bagian dari halaman utama. Gambar 7 menunjukkan perancangan antarmuka untuk menu utama, menu Mulai AR untuk Kubus, serta menu Kuis.



Gambar 7. Perancangan antarmuka

Material Collection

Bahan yang dikumpulkan berupa beberapa gambar pendukung untuk pembuatan aplikasi AR di Unity 3D, beberapa gambar untuk *marker*, serta pembuatan objek 3D di 3Ds Max. *Marker* atau penanda yang digunakan adalah gambar bangun ruang yang terdiri atas gambar kubus, limas, dan balok. Gambar 8 menampilkan gambar *marker* yang digunakan dalam penelitian ini.

Gambar 8. *Marker* bangun ruang

Assembly

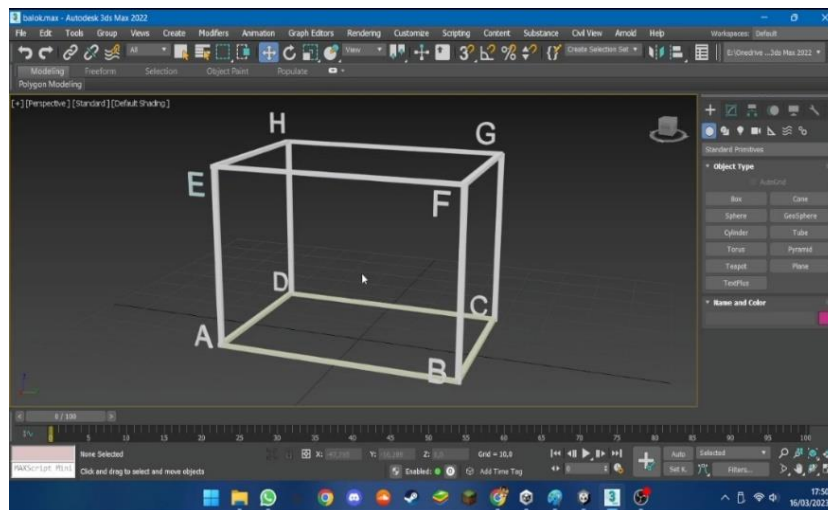
Kegiatan dalam tahap ini adalah pembuatan objek 3D, pembuatan *marker*, dan pembuatan antarmuka di Unity 3D, serta tampilan aplikasi AR Jarak dalam Ruang.

Pembuatan Tekstur Objek 3D

Komponen utama dari AR adalah objek 3D yang akan muncul ketika *marker* dipindai dan dideteksi oleh aplikasi AR. Perancangan objek 3D berupa bangun ruang menggunakan *software modelling* 3Ds Max versi 2022. Objek 3D yang dibuat disimpan dalam format .fbx agar dapat dikenali pada AR engine Unity. Gambar 9 merupakan ilustrasi pembuatan objek 3D di 3Ds Max.

Pembuatan Marker

Penelitian ini menggunakan tiga *marker* karena aplikasi AR hanya mendeteksi satu *marker* untuk satu objek. Setelah pemodelan *marker* selesai, langkah selanjutnya adalah mendaftarkan *marker* ke halaman Vuforia secara *online*. Vuforia SDK digunakan untuk membuat *marker* agar menjadi plugin AR. Pembuatan *target marker* di Vuforia digunakan sebagai tempat lokasi munculnya objek 3D dan dapat diakses kapanpun.



Gambar 9. Pemodelan objek 3D kubus di 3Ds Max

Pembuatan Antarmuka di Unity

Unity 3D atau biasa disebut Unity adalah *software* yang akan digunakan dalam platform *mobile* untuk membuat aplikasi AR jarak dalam ruang dengan bahasa pemrograman C#. Unity juga telah mendukung plugin Vuforia untuk membuat aplikasi AR. Unity dapat dijalankan untuk membuat antarmuka sistem dan menerapkan *Augmented reality* pada aplikasi yang akan dibuat. Pada Unity dapat dilakukan pengaturan antarmuka dan fungsi intens pada penerapannya di aplikasi Android. Gambar 10 adalah ilustrasi pembuatan antarmuka AR pada Unity.



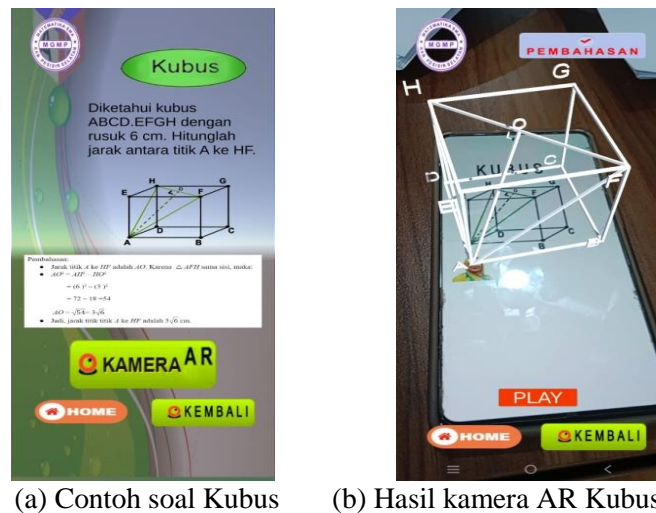
Gambar 10. Proses Pembuatan Pembuatan Antarmuka AR pada Unity

Tampilan Aplikasi AR Jarak dalam Ruang

Aplikasi AR Jarak dibuat dalam format .apk dan di-*install* pada perangkat *smartphone* Android. Aplikasi yang telah terpasang akan muncul pada layar utama *smartphone*. Pengguna dapat mengakses aplikasi dengan mengklik ikon AR Jarak dan aplikasi akan meminta izin untuk mengakses kamera pengguna. Gambar 11 menunjukkan hasil implementasi sistem berupa tampilan antarmuka dari aplikasi. Gambar 12 menunjukkan tampilan menu Kubus dan tampilan objek 3D Kubus saat menggunakan kamera AR. Kamera AR akan memindai marker kubus dan menampilkan objek 3D Kubus. Tersedia juga tombol Play untuk mendengarkan penjelasan tentang contoh materi dan tombol Pembahasan untuk melihat pembahasan lebih detail.



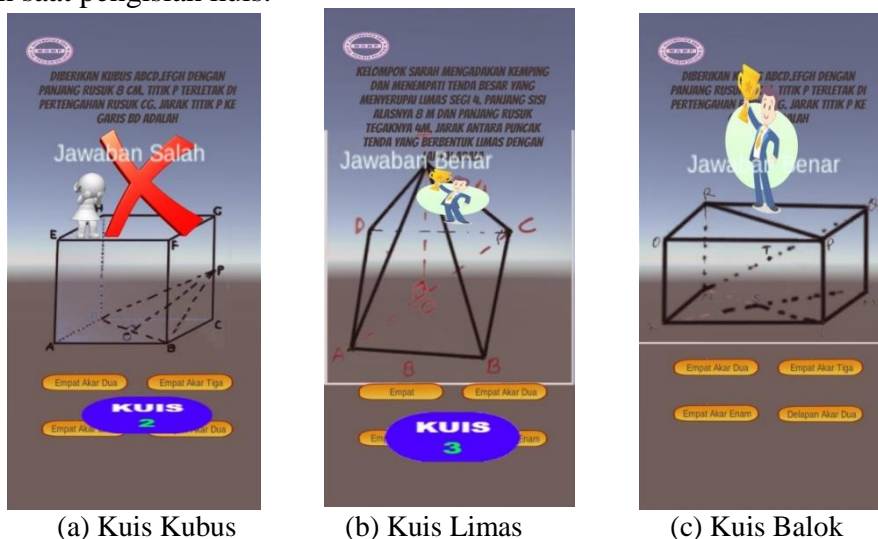
(a) Menu Utama (b) Panduan (c) Mulai AR
 Gambar 11. Tampilan menu aplikasi AR Jarak dalam Ruang



(a) Contoh soal Kubus (b) Hasil kamera AR Kubus

Gambar 12. Tampilan menu Kubus

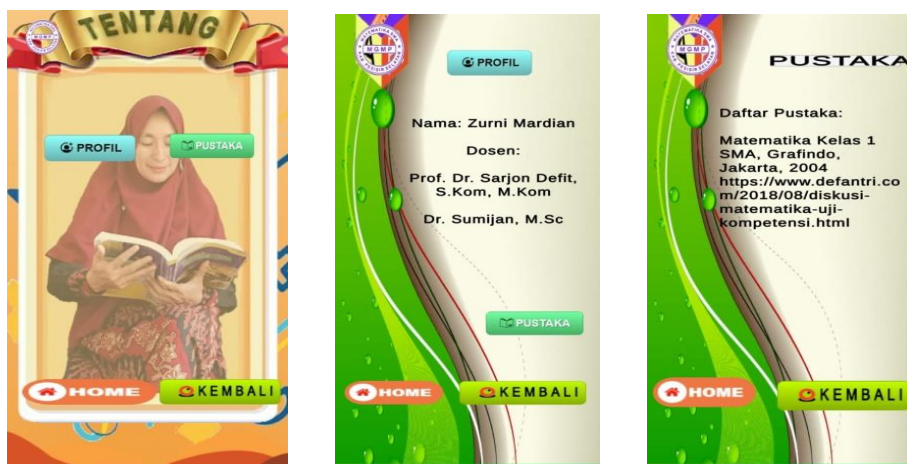
Gambar 13 menunjukkan tampilan menu Kuis yang terdiri dari tiga soal Kuis dan bentuk umpan balik yang disediakan saat pengisian kuis.



(a) Kuis Kubus (b) Kuis Limas (c) Kuis Balok

Gambar 13. Tampilan menu Kuis

Gambar 14 menunjukkan tampilan menu Tentang yang terdiri dari dua sub menu yaitu profil penulis dan daftar pustaka acuan.



(a) Tampilan menu Tentang (b) sub menu Profil (c) sub menu Pustaka

Gambar 14. Tampilan menu Tentang

Gambar 15 menunjukkan tampilan menu Keluar berupa pop-up yang berisi konfirmasi kepada pengguna sebelum menutup aplikasi. Jika pengguna menekan tombol Ya, maka pengguna akan keluar dari aplikasi dan kembali ke layar utama *smartphone*.



Gambar 15. Tampilan menu Keluar

Testing

Hasil Pengujian Alpha

Pengujian Alpha menggunakan metode *Black box*. Hasil pengujian seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian *black box* aplikasi AR jarak dalam ruang

No	Item Uji	Bentuk Pengujian	Hasil yang diharapkan	Hasil Pengujian
1	Pengujian instalasi aplikasi pada <i>smartphone</i> Android	Menginstall AR Jarak.apk ke <i>smartphone</i>	Muncul ikon AR Jarak pada menu aplikasi	Sesuai
2	Pengujian aplikasi yang sudah terinstall	Menyentuh ikon AR Jarak	Muncul <i>splash screen</i> dan melanjutkan ke menu Utama aplikasi	Sesuai

No	Item Uji	Bentuk Pengujian	Hasil yang diharapkan	Hasil Pengujian
3	Pengujian tombol Panduan	Menyentuh tombol Panduan pada Menu utama aplikasi	Muncul <i>Scene</i> yang menampilkan cara menggunakan aplikasi	Sesuai
4	Pengujian tombol Mulai AR	Menyentuh tombol Mulai AR pada Menu utama aplikasi	Muncul <i>Scene</i> pilihan sub menu Konsep, Kubus, Limas. dan Balok	Sesuai
5	Pengujian tombol Konsep	Menyentuh tombol Konsep pada Menu Mulai AR	Muncul <i>Scene</i> yang menampilkan materi konsep jarak dalam ruang	Sesuai
6	Pengujian tombol Kubus atau Limas atau Balok	Menyentuh tombol Kubus atau Limas atau Balok pada Menu Mulai AR	Muncul <i>Scene</i> yang menampilkan contoh soal jarak titik untuk Kubus atau Limas atau Balok	Sesuai
7	Pengujian deteksi kamera AR Kubus	Menyentuh tombol Kamera AR Kubus	Muncul Objek 3D Kubus	Sesuai
8	Pengujian deteksi kamera AR Limas	Menyentuh tombol Kamera AR Limas	Muncul Objek 3D Limas	Sesuai
9	Pengujian deteksi kamera AR Balok	Menyentuh tombol Kamera AR Balok	Muncul Objek 3D Balok	Sesuai
10	Pengujian tombol Kuis	Menyentuh tombol Kuis pada Menu utama aplikasi	Muncul <i>Scene</i> yang menampilkan tombol Mulai Kuis	Sesuai
11	Pengujian tombol Mulai Kuis	Menyentuh tombol Mulai Kuis pada Menu Kuis	Muncul <i>Scene</i> yang menampilkan Soal Kuis 1	Sesuai
12	Pengujian tombol Kuis 2	Menyentuh tombol Kuis 2 pada halaman Kuis 1	Muncul <i>Scene</i> yang menampilkan Soal Kuis 2	Sesuai
13	Pengujian tombol Kuis 3	Menyentuh tombol Kuis 3 pada halaman Kuis 2	Muncul <i>Scene</i> yang menampilkan Soal Kuis 3	Sesuai
14	Pengujian notifikasi hasil jawaban kuis	Mengklik pilihan jawaban pada Kuis	Muncul notifikasi jawaban benar atau jawaban salah	Sesuai
15	Pengujian tombol Tentang	Menyentuh tombol Tentang pada Menu utama	Muncul <i>Scene</i> yang menampilkan pilihan sub menu profil dan pustaka	Sesuai
16	Pengujian tombol Profil	Menyentuh tombol Profil pada Menu Tentang	Muncul <i>Scene</i> yang menampilkan profil pengembang	Sesuai
17	Pengujian tombol Pustaka	Menyentuh tombol Pustaka pada Menu Tentang	Muncul <i>Scene</i> yang menampilkan daftar pustaka	Sesuai
18	Pengujian tombol Keluar	Menyentuh tombol Keluar	Muncul <i>pop-up</i> untuk konfirmasi keluar aplikasi.	Sesuai

Hasil Pengujian Beta

Uji respon aplikasi AR Jarak dalam Ruang dilakukan kepada 22 orang responden yang terdiri dari 6 orang guru Matematika SMA dan 16 siswa SMAN 2 Lengayang. Penilaian menyangkut 4 aspek, yaitu: tampilan media, materi, *software*, dan manfaat yang dirangkum dalam 13 pernyataan yang diukur dengan skala Likert. Angket respon guru dan siswa dibagikan melalui link *google form* yang telah disediakan. Rekapitulasi dari hasil jawaban ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi Data Jawaban Responden

Responden	Pernyataan												
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
R1	4	4	5	4	5	4	5	4	4	4	4	4	5
R2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4
R3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
R4	5	5	5	4	4	4	5	4	4	5	5	5	5
R5	5	4	5	5	4	5	4	5	5	5	5	4	5
R6	5	4	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5
R7	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5
R8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
R9	5	5	4	5	4	4	4	4	4	4	4	5	5
R10	4	4	5	5	5	5	5	4	4	4	5	4	5
R11	4	4	4	4	4	3	4	4	3	4	4	3	3
R12	4	3	4	4	4	4	4	5	4	3	4	5	5
R13	5	4	4	4	4	4	5	5	4	4	4	4	5
R14	4	4	3	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4
R15	5	5	4	5	4	5	5	4	5	4	5	4	5
R16	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
R17	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
R18	5	3	4	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5
R19	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4
R20	5	3	4	4	4	5	4	5	4	4	4	5	5
R21	4	5	4	5	5	4	5	5	4	5	4	5	4
R22	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Perhitungan persentase jawaban angket pada masing-masing aspek penilaian, yaitu sebanyak 13 pernyataan dilakukan menggunakan rumus:

$$P = \frac{S}{\text{skor ideal}} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

P = Nilai presentase yang dicari

S = Total skor

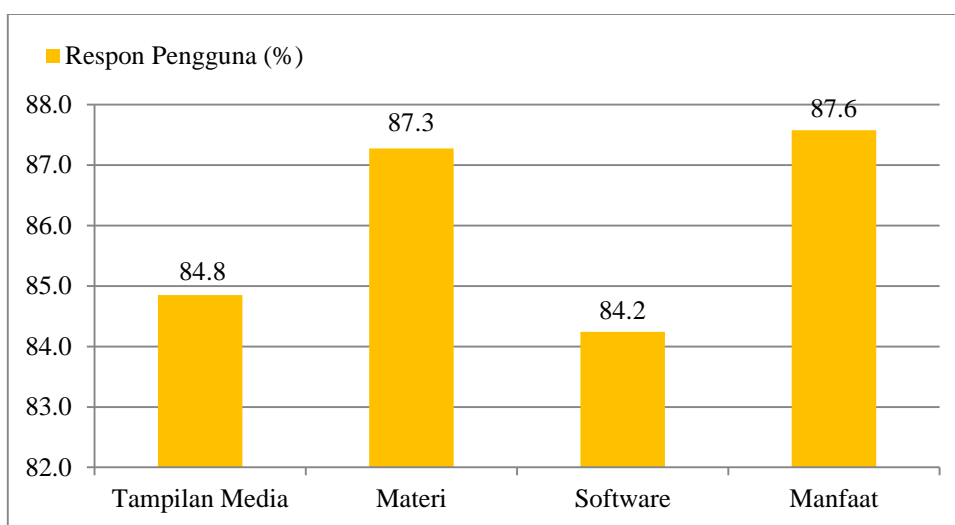
Skor Ideal = Skala tertinggi Likert dikali jumlah responden
 $= 5 \times 22 = 110$

Hasil dari perhitungan persentase respon dapat dikategorikan mengikuti Tabel 4 (Apriani dkk., 2021).

Tabel 4. Kategori kriteria respon

Kriteria Respon (%)	Tingkat Respon
85,01 – 100,00	Sangat Baik
70,01 – 85,00	Cukup Baik
50,01 – 70,00	Kurang Baik
01,00 – 50,00	Tidak Baik

Gambar 16 menunjukkan diagram hasil analisis jawaban angket untuk setiap aspek penilaian. Berdasarkan gambar tersebut, persentase rata-rata respon pengguna terhadap aspek tampilan media dan aspek *software* kurang dari 85% dan masuk kategori **Cukup Baik**. Ini dipengaruhi oleh jenis huruf yang digunakan, sehingga tidak terbaca dengan jelas oleh pengguna. Walaupun aplikasi dapat diakses dengan mudah, tetapi kadang berjalan agak lamban bahkan *error* saat digunakan. Kendala ini disebabkan oleh spesifikasi *smartphone* dan kamera masing-masing pengguna sehingga mempengaruhi waktu pendeteksian dan kualitas objek yang ditampilkan. Sementara untuk aspek materi mendapatkan persentase respon sebesar 87,3% dan masuk kategori **Sangat Baik**. Artinya aplikasi dapat memudahkan pengguna dalam memahami materi jarak titik dalam ruang. Begitu juga pada aspek manfaat yang mendapatkan respon sebesar 87,6% dan masuk kategori **Sangat Baik**. Menurut pengguna aplikasi dapat membantu pengguna memahami konsep jarak dalam ruang, menghemat waktu pembelajaran dan dapat memberikan suasana baru dalam pembelajaran.



Gambar 16. Persentase rata-rata respon pengguna

Distribution

Aplikasi AR Jarak dalam Ruang yang telah selesai diuji dan direvisi, selanjutnya dapat diakses lebih luas dengan membagikan aplikasi. Aplikasi AR beserta *marker* disimpan di media penyimpanan aplikasi dalam format .apk dan dapat diinstall oleh pengguna secara aman dan bebas.

KESIMPULAN

Pembuatan media pembelajaran AR Jarak dalam ruang bertujuan untuk memvisualisasikan objek 3D saat pembelajaran Dimensi Tiga SMA pada topik Jarak titik dalam bangun ruang. Hasil pengujian *black box* dari aplikasi AR jarak dalam Ruang menyatakan bahwa aplikasi yang dibangun sudah sesuai dengan rancangan dan dapat dijalankan dengan normal. Hasil uji respon pengguna aplikasi AR Jarak dalam Ruang mendapat persentase rata-rata sebesar 85,9% dalam kategori Sangat Baik. Aplikasi AR Jarak dalam Ruang merupakan media pembelajaran interaktif yang dapat meningkatkan motivasi belajar siswa. Hal ini karena media pembelajaran berbasis AR dapat membantu siswa memvisualisasikan objek 3D saat mempelajari topik Dimensi Tiga. Adapun saran untuk penelitian berikutnya adalah perlu pengembangan aplikasi pada topik Geometri lainnya sehingga siswa memiliki media pembelajaran digital yang lebih bervariasi, pengembangan aplikasi yang tidak hanya terbatas pada sistem operasi Android, tetapi juga bisa pada iOS, serta penambahan animasi pada penampilan objek 3D sehingga aplikasi *Augmented reality* dapat menjadi lebih interaktif.

REFERENSI

- Adrian, Q. J., Ambarwari, A., & Lubis, M. (2020). Perancangan buku elektronik pada pelajaran matematika bangun ruang sekolah dasar berbasis augmented reality. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer*, 11(1), 171-176. doi: [10.24176/simet.v11i1.3842](https://doi.org/10.24176/simet.v11i1.3842)
- Alfares, Y. J., & Murwonugroho, W. (2021). Penerapan teknologi augmented reality untuk media pembelajaran interaktif pada anak. *Jurnal Penelitian dan Karya Ilmiah*, 6(2), 202-212. doi: [10.25105/pdk.v6i2.9526](https://doi.org/10.25105/pdk.v6i2.9526)
- Ambarwati, D., Wibowo, U. B., Arsyiadanti, H., & Susanti, S. (2021). Studi literatur: peran inovasi pendidikan pada pembelajaran berbasis teknologi digital. *Jurnal Inovasi Teknologi Pendidikan*, 8(2). doi: [10.21831/jitp.v8i2.43560](https://doi.org/10.21831/jitp.v8i2.43560)
- Apriani, R., Harun, A. I., Erlina, E., Sahputra, R., & Ulfah, M. (2021). Pengembangan modul berbasis multipel representasi dengan bantuan teknologi augmented reality untuk membantu siswa memahami konsep ikatan kimia. *JUPI (Jurnal IPA & Pembelajaran IPA)*, 5(4), 305-330
- Dutta, R., Mantri, A., & Singh, G. (2022). Evaluating system usability of mobile augmented reality application for teaching Karanah-Maps. *Smart Learning Environments*, 9(1), 1-27. doi: [10.1186/s40561-022-00189-8](https://doi.org/10.1186/s40561-022-00189-8)
- <https://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/indonesia>, diakses 19 Desember 2022.
- Heswari, S., & Patri, S. F. D. (2022). Pengembangan media pembelajaran matematika berbasis android untuk mengoptimalkan kemampuan berpikir kreatif siswa. *Jurnal Inovasi Penelitian*, 2(8), 2715-2722. doi: [10.47492/jip.v2i8.1151](https://doi.org/10.47492/jip.v2i8.1151)
- Irmayanti, D., Muni, L. S. A., & Pratiwi, M. (2022). Rancang bangun aplikasi pembelajaran bangun ruang berbasis augmented reality. *Nuansa Informatika*, 16(2), 123-134. doi: [10.25134/nuansa.v16i2.6004](https://doi.org/10.25134/nuansa.v16i2.6004)
- Khairunnisa, S., & Aziz, T. A. (2021). Studi literatur: digitalisasi dunia pendidikan dengan menggunakan teknologi augmented reality pada pembelajaran matematika. *Jurnal Riset Pendidikan Matematika Jakarta*, 3(2), 53-62. doi: [10.21009/jrpmj.v3i2.22267](https://doi.org/10.21009/jrpmj.v3i2.22267)
- Luther, A. C. (1994). *Authoring interactive multimedia*. Massachusetts: Academic Press, Inc.,
- Köse, H., & Güner-Yildiz, B. N. (2021). Augmented reality (AR) as a learning material in special needs education. *Education and Information Technologies*, 26(2), 1921-1936. doi: [10.1007/s10639-020-10326-w](https://doi.org/10.1007/s10639-020-10326-w)
- Medina, J. B., & Ferrer, J. R. C. (2022). Integrating augmented reality in language learning: preservice teachers' digital competence and attitudes through the TPACK framework. *Education and Information Technologies*, 27(5), 1-24. doi: [10.1007/s10639-022-11123-3](https://doi.org/10.1007/s10639-022-11123-3)
- Ma'rufah, A. (2022). Implementasi pendidikan karakter dalam digitalisasi pendidikan. *Edukasia: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, 3(1), 17-29.
- Palita, P. A., Katili, M. R., & Olii, S. Pengembangan sistem informasi layanan servis mobil berbasis android. *Jambura Journal of Informatics*. 2(2), 73-85. doi: [10.37905/jji.v2i2.5934](https://doi.org/10.37905/jji.v2i2.5934)
- Rozi, F., Kurniawan, R. R., & Sukmana, F. (2021). Pengembangan media pembelajaran pengenalan bangun ruang berbasis augmented reality pada mata pelajaran matematika. *JUPI (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika)*, 6(2), 436-447. doi: [10.29100/jipi.v6i2.2180](https://doi.org/10.29100/jipi.v6i2.2180)
- Salsabila, U. H., Ilmi, M. U., Aisyah, S., Nurfadila, N., & Saputra, R. (2020). Peran teknologi pendidikan dalam meningkatkan kualitas pendidikan di era disrupsi. *Journal on Education*, 3(01), 104-112. doi: [10.31004/joe.v3i01.348](https://doi.org/10.31004/joe.v3i01.348)
- Saputri, S., & Sibarani, A. J. (2020). Implementasi augmented reality pada pembelajaran matematika mengenal bangun ruang dengan metode marked based tracking berbasis android. *Komputika: Jurnal Sistem Komputer*, 9(1), 15-24. doi: [10.34010/komputika.v9i1.2362](https://doi.org/10.34010/komputika.v9i1.2362)
- Syafril, S., Asril, Z., Engkizar, E., Zafirah, A., Agusti, F. A., & Sugiharta, I. (2021, February). Designing prototype model of virtual geometry in mathematics learning using augmented reality. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1796, No. 1, p. 012035). IOP Publishing. doi: [10.1088/1742-6596/1796/1/012035](https://doi.org/10.1088/1742-6596/1796/1/012035)
- Theodoropoulos, A., & Lepouras, G. (2021). Augmented reality and programming education: A systematic review. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 30, 100335. doi: [10.1016/j.ijcci.2021.100335](https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2021.100335)
- Waliyansyah, R. R., Handayanto, A., & Setyawan, B. W. (2020). Aplikasi pembelajaran bangun ruang sisi datar (Barsida) menggunakan augmented reality (AR) berbasis android. *Journal of Informatics*

Information System Software Engineering and Applications (INISTA), 3(1), 1-12. doi: [10.20895/inista.v3i1.131](https://doi.org/10.20895/inista.v3i1.131)

Yang, L., Susanti, W., Hajjah, A., Marlim, Y. N., & Tendra, G. (2022). Perancangan media pembelajaran matematika menggunakan teknologi augmented reality. *Edukasi: Jurnal Pendidikan*, 20(1), 122-136. doi: [10.31571/edukasi.v20i1.3830](https://doi.org/10.31571/edukasi.v20i1.3830)

Yanuarto, W. N., & Iqbal, A. M. (2022). The augmented reality learning media to improve mathematical spatial ability in geometry concept. *Edumatica: Jurnal Pendidikan Matematika*, 12(01), 30-40. doi: [10.22437/edumatica.v12i01.17615](https://doi.org/10.22437/edumatica.v12i01.17615)