JIPI (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika)
Journal homepage: https://jurnal.stkippgritulungagung.ac.id/index.php/jipi
ISSN: 2540-8984
Vol. 11, No. 1, March 2026, Pp.667-679

PENGEMBANGAN MEDIA *MOBILE LEARNING* BERBASIS *AUGMENTED REALITY* MENGGUNAKAN *ZACHMAN FRAMEWORK* PADA MATERI KESEIMBANGAN BENDA TEGAR

Muhammad Hidayat*[1)], Jiki Romadoni[2)], Haji Ahmad Makie[3)], M. Fadli Ridhani[4)]
1. Teknologi Rekayasa Multimedia, Politeknik Hasnur, Indoensia
2. Teknologi Rekayasa Multimedia, Politeknik Hasnur, Indoensia
3. Teknologi Rekayasa Multimedia, Politeknik Hasnur, Indoensia
4. Teknologi Rekayasa Multimedia, Politeknik Hasnur, Indoensia

Article Info
Kata Kunci: *Augmented Reality;* Benda Tegar; *Mobile Learning; Zachman Framework;* Unity 3D

Keywords: Augmented Reality; Solid Objects; Mobile Learning; Zachman Framework; Unity 3D

Article history:
Received 22 January 2026
Revised 26 February 2026
Accepted 9 March 2026
Available online 13 March 2026

DOI :
https://doi.org/10.29100/jipi.v11i1.10025

* Corresponding author.
Corresponding Author
E-mail address:
hidayatsyahid117@gmail.com

ABSTRAK
Penelitian ini bertujuan mengembangkan media pembelajaran berbasis *mobile learning* dengan integrasi teknologi *augmented reality* (AR) pada materi keseimbangan benda tegar untuk siswa SMA. Pengembangan dilakukan dengan menggunakan *Zachman Framework* yang diterapkan pada tiga tahap awal, yaitu *Scope Planner*, *Enterprise Model*, dan *System Model*. Metode penelitian yang digunakan adalah *Research and Development (R&D)* di kombinasi dengan *Zachman Framework* pada tahapan analisis kebutuhan, perancangan sistem, pengembangan aplikasi, serta validasi oleh ahli media, ahli materi, dan praktisi pembelajaran. Produk yang dihasilkan berupa aplikasi Android berbasis Unity 3D dengan dukungan Vuforia SDK, yang menyajikan visualisasi 3D benda tegar (stabil, labil, netral) melalui pemindaian marker QR *Code*, dilengkapi fitur interaksi dan kuis evaluasi. Hasil validasi menunjukkan tingkat kelayakan masing-masing sebesar 85,33% (ahli media), 84% (ahli materi), dan 88% (praktisi pembelajaran), dengan rata-rata kelayakan 85,78% dalam kategori "Sangat Baik". Dengan demikian, media pembelajaran ini dinyatakan layak dan siap diimplementasikan guna mendukung pembelajaran fisika yang interaktif, kontekstual, dan sesuai dengan tuntutan pembelajaran di era digital.

ABSTRACT
This study aims to develop mobile learning-based learning media with the integration of augmented reality (AR) technology in rigid body balance material for high school students. The development was carried out using the Zachman Framework, which was applied in three initial stages, namely Scope Planner, Enterprise Model, and System Model. The research method used was Research and Development (R&D) combined with the Zachman Framework in the stages of needs analysis, system design, application development, and validation by media experts, subject matter experts, and learning practitioners. The resulting product is a Unity 3D-based Android application supported by Vuforia SDK, which presents 3D visualizations of rigid objects (stable, unstable, neutral) through QR Code marker scanning, equipped with interactive features and evaluation quizzes. The validation results show a feasibility level of 85.33% (media experts), 84% (subject matter experts), and 88% (learning practitioners), with an average feasibility of 85.78% in the "Very Good" category. Thus, this learning media is declared feasible and ready to be implemented to support interactive, contextual physics learning that meets the demands of learning in the digital era.

I. PENDAHULUAN

Memasuki tahun 2025, perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) pada abad ke-21 mengalami akselerasi yang sangat pesat, terutama dalam bidang teknologi informasi dan komunikasi. Transformasi digital telah menjadi bagian integral dalam berbagai sektor kehidupan, termasuk pendidikan, yang ditandai dengan semakin masifnya pemanfaatan perangkat mobile, kecerdasan buatan, serta teknologi visual interaktif dalam proses pembelajaran.

Pada konteks pendidikan tahun 2025, penggunaan smartphone dan perangkat mobile lainnya tidak lagi dipandang sebagai distraksi, melainkan sebagai sarana pendukung pembelajaran yang potensial. Peserta didik dan pendidik dapat terhubung secara instan dengan berbagai sumber belajar digital, sehingga memungkinkan terjadinya pembelajaran yang lebih mandiri, kolaboratif, dan kontekstual [1]. Sejalan dengan hal tersebut, guru sebagai fasilitator pembelajaran dituntut untuk memiliki kompetensi pedagogik dan profesional yang selaras dengan perkembangan teknologi terkini. Penguasaan teknologi pendidikan menjadi salah satu indikator penting profesionalisme guru, khususnya dalam merancang dan mengimplementasikan media pembelajaran inovatif yang mampu meningkatkan pemahaman konsep peserta didik [2]. Pada era digital tahun 2025, pandangan bahwa pembelajaran dapat berlangsung efektif tanpa dukungan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) sudah tidak relevan, sehingga integrasi teknologi dalam pembelajaran menjadi sebuah keharusan [3]. Pada materi keseimbangan benda tegar, siswa kesulitan memahami konsep abstrak seperti gaya, momen gaya, dan kondisi keseimbangan. Oleh karena itu, visualisasi berperan penting dalam membantu menghubungkan pengalaman inderawi dengan representasi mental agar konsep fisika lebih mudah dipahami [4].

Namun, realitas di lapangan menunjukkan bahwa pembelajaran Fisika masih didominasi oleh metode ceramah dan penggunaan media statis, sehingga kurang mampu memfasilitasi kebutuhan visualisasi peserta didik. Penelitian diagnostik menunjukkan bahwa tingkat pemahaman siswa terhadap konsep keseimbangan benda tegar masih rendah, dan sebagian besar siswa mengalami kekurangan pengetahuan serta miskonsepsi dalam mengaitkan gaya dan momen yang bekerja pada benda tegar [5]. Oleh karena itu, diperlukan inovasi media pembelajaran berbasis teknologi yang mampu menghadirkan visualisasi tiga dimensi secara interaktif dan mudah diakses oleh peserta didik. Salah satu teknologi yang relevan dengan kebutuhan pembelajaran Fisika di tahun 2025 adalah *Augmented Reality* (AR) [6]. *Augmented Reality* merupakan teknologi yang mengintegrasikan objek virtual tiga dimensi ke dalam lingkungan nyata secara *real time* [7], sehingga memungkinkan pengguna berinteraksi langsung dengan representasi digital dari suatu konsep. Perkembangan perangkat mobile yang semakin canggih menjadikan AR mudah diimplementasikan dalam pembelajaran berbasis *mobile learning* dan menjadi salah satu tren utama dalam inovasi pendidikan digital [8]. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan AR dalam pembelajaran mampu meningkatkan pemahaman konsep, motivasi belajar, serta keterlibatan aktif peserta didik [9]. Meskipun demikian, pengembangan media pembelajaran berbasis *augmented reality* memerlukan perancangan sistem yang terstruktur agar media yang dihasilkan tidak hanya menarik secara visual, tetapi juga efektif secara pedagogis [10].

Meskipun berbagai penelitian terbaru telah mengonfirmasi efektivitas Augmented Reality (AR) dalam meningkatkan pemahaman konsep fisika yang bersifat abstrak, pendekatan yang digunakan umumnya masih berorientasi pada aspek pedagogis dan eksperimental semata, tanpa didukung oleh kerangka arsitektur sistem yang komprehensif. Studi FizaAR, menekankan integrasi *Social Cognitive Theory* dalam pengembangan AR untuk materi gravitasi, namun belum mengadopsi model perancangan sistem informasi yang terstruktur [11]. Demikian pula, pengembangan bahan ajar fisika modern berbasis AR berfokus pada peningkatan kreativitas dan efektivitas pembelajaran [12], tetapi tidak menjelaskan bagaimana arsitektur sistem dirancang secara holistik dari perspektif *enterprise architecture*. Kajian terkini dari Arymbekov B mengenai implementasi AR dalam pendidikan fisika juga cenderung bersifat deskriptif dan evaluatif terhadap dampak pembelajaran, tanpa menawarkan model konseptual yang menjamin konsistensi, skalabilitas, dan integrasi sistem [13].

Dengan demikian, terdapat celah penelitian yang signifikan pada aspek metodologis, khususnya dalam integrasi framework arsitektural formal dalam pengembangan media pembelajaran AR. Penelitian ini menghadirkan kebaruan dengan mengimplementasikan Zachman Framework sebagai landasan perancangan media mobile learning berbasis AR pada materi keseimbangan benda tegar, sehingga tidak hanya berkontribusi pada efektivitas pembelajaran fisika, tetapi juga pada pengembangan model arsitektur sistem pendidikan digital yang terstruktur, terdokumentasi, dan dapat direplikasi.

Penelitian ini bertujuan untuk menjawab pertanyaan utama: sejauh mana integrasi Zachman Framework dalam pengembangan media mobile learning berbasis Augmented Reality mampu menghasilkan arsitektur sistem pembelajaran yang terstruktur, layak, dan efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep keseimbangan benda tegar pada siswa SMA. Secara khusus, penelitian ini mengarahkan pengembangan media melalui pemetaan arsitektur pada level Scope Planner, Enterprise Model, dan System Model untuk memastikan konsistensi perancangan dari aspek kebutuhan, proses, hingga implementasi teknis, sekaligus menguji tingkat kelayakan media berdasarkan validasi ahli serta efektivitasnya dalam meningkatkan hasil belajar dan keterlibatan siswa dibandingkan pembelajaran konvensional. *Zachman Framework*, yang mampu memetakan kebutuhan sistem dari berbagai perspektif, mulai dari perencanaan hingga implementasi [14]. Dengan pendekatan ini, media pembelajaran yang dikembangkan diharapkan memiliki arsitektur sistem yang jelas [15], terintegrasi, dan sesuai dengan kebutuhan pembelajaran Fisika yang interaktif [16].

Implikasi praktis dari penelitian ini bagi guru Fisika SMA di negara berkembang, khususnya dalam konteks

JIPI (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika)
Journal homepage: https://jurnal.stkippgritulungagung.ac.id/index.php/jipi
ISSN: 2540-8984
Vol. 11, No. 1, March 2026, Pp.667-679

kebijakan Merdeka Belajar, terletak pada tersedianya model pengembangan media yang tidak hanya inovatif secara teknologi tetapi juga sistematis secara arsitektural. Dengan memanfaatkan mobile learning berbasis AR yang dirancang menggunakan Zachman Framework, guru tidak lagi sekadar menjadi pengguna aplikasi, melainkan memiliki panduan konseptual dalam memahami struktur, alur, dan integrasi sistem pembelajaran digital yang digunakan. Hal ini memungkinkan guru untuk melakukan adaptasi materi sesuai konteks lokal, karakteristik peserta didik, serta keterbatasan infrastruktur sekolah tanpa kehilangan konsistensi desain pembelajaran.

II. METODE

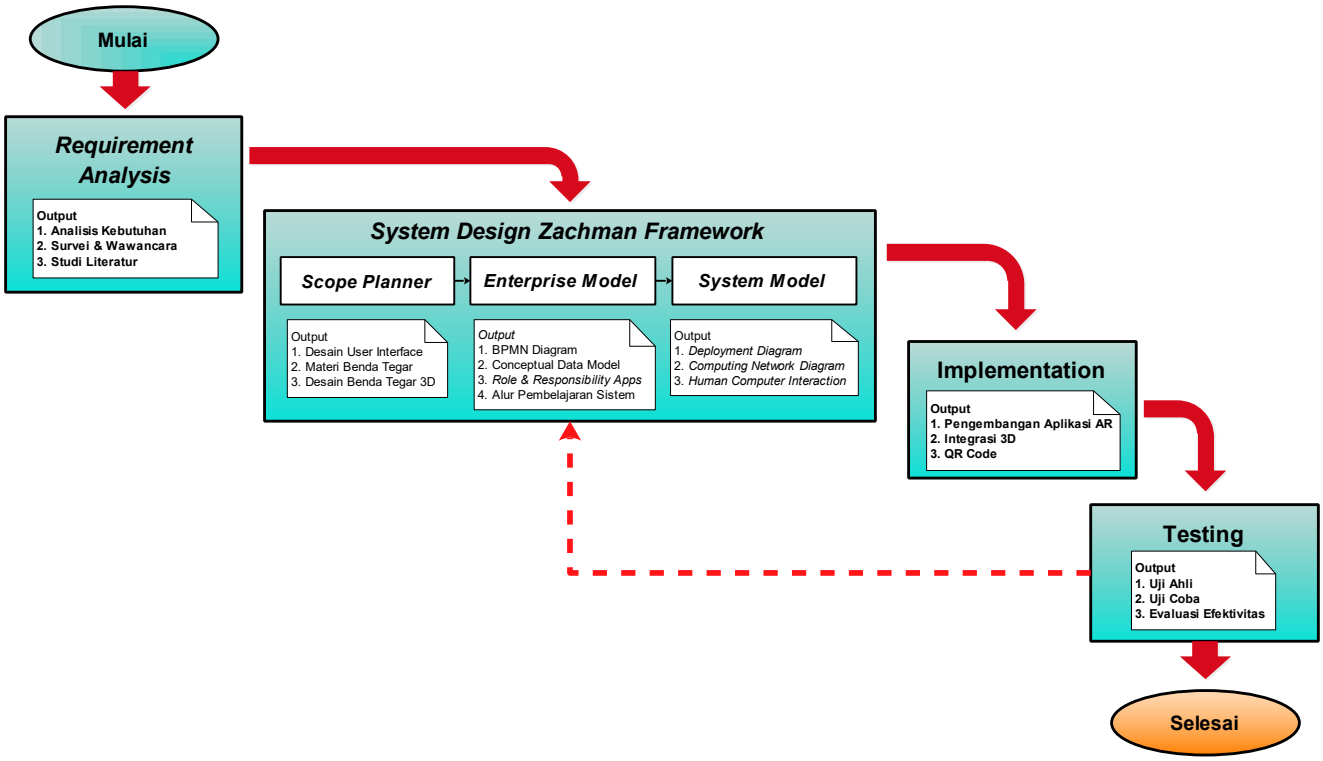
Penelitian ini menggunakan model Penelitian dan Pengembangan *Research and Development* (R&D) [17] yang bertujuan untuk menghasilkan suatu produk berupa media *mobile learning* berbasis *Augmented Reality* (AR) pada materi keseimbangan benda tegar, serta menguji kesesuaian rancangan sistem pembelajaran yang dikembangkan. Dalam penelitian ini, model R&D diintegrasikan dengan *Zachman Framework* sebagai kerangka kerja arsitektur sistem [18] untuk memastikan bahwa pengembangan media pembelajaran dilakukan secara sistematis, terstruktur, dan berorientasi pada kebutuhan pemangku kepentingan. *Zachman Framework* digunakan untuk memetakan kebutuhan pengembangan media pembelajaran dari berbagai sudut pandang, mulai dari perencanaan awal hingga perancangan sistem, sehingga produk yang dihasilkan tidak hanya menarik secara visual, tetapi juga memiliki landasan konseptual dan teknis yang kuat, tahapan perencanaan dalam perancangan sistem dapat dilihat pada Gambar 1.

	DATA *What*	FUNCTION *How*	NETWORK *Where*	PEOPLE *Who*	TIME *When*	MOTIVATION *Why*
Objective/Scope (contextual) *Role: Planner*	List of things important in the business	List of Business Processes	List of Business Locations	List of important Organizations	List of Events	List of Business Goal & Strategies
Enterprise Model (conceptual) *Role: Owner*	Conceptual Data/ Object Model	Business Process Model	Business Logistics System	Work Flow Model	Master Schedule	Business Plan
System Model (logical) *Role:Designer*	Logical Data Model	System Architecture Model	Distributed Systems Architecture	Human Interface Architecture	Processing Structure	Business Rule Model
Technology Model (physical) *Role:Builder*	Physical Data/Class Model	Technology Design Model	Technology Architecture	Presentation Architecture	Control Structure	Rule Design
Detailed Reprentation (out of context) *Role: Programmer*	Data Definition	Program	Network Architecture	Security Architecture	Timing Definition	Rule Speculation
Functioning Enterprise *Role: User*	Usable Data	Working Function	Usable Network	Functioning Organization	Implemented Schedule	Working Strategy

Gambar 1. *Zachman Framework* untuk Perancangan Sistem [14]

Penerapan *Zachman Framework* dalam penelitian ini dibatasi pada tiga baris awal, yaitu *Scope Planner, Enterprise Model,* dan *System Model*. Pembatasan ini dilakukan karena penelitian difokuskan pada tahap perencanaan dan perancangan media pembelajaran, bukan pada implementasi penuh dan evaluasi jangka panjang sistem. Pada tahap *Scope Planner*, dilakukan identifikasi ruang lingkup, tujuan pengembangan, serta gambaran umum media pembelajaran berbasis AR. Tahap *Enterprise Model* digunakan untuk memodelkan proses pembelajaran, kebutuhan informasi, peran pengguna, dan aturan pembelajaran dari sudut pandang pemilik sistem. Selanjutnya, tahap *System Model* berfokus pada perancangan teknis sistem yang akan menjadi dasar pengembangan aplikasi mobile learning berbasis *Augmented Reality*. Integrasi model R&D dengan *Zachman Framework* ini dapat dilihat pada tahapan penelitian pada Gambar 2.

JIPI (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika)
Journal homepage: https://jurnal.stkippgritulungagung.ac.id/index.php/jipi
ISSN: 2540-8984
Vol. 11, No. 1, March 2026, Pp.667-679



Gambar 2. Tahapan Penelitian

Media pembelajaran menggunakan *mobile* aplikasi berbasis *augmented reality* ini sesuai dengan analisis kebutuhan siswa yang desain media pembelajaran [19] dibuat dalam *storyboard* dan *flowchart* [20]. Diawali dengan survey dan wawancara merupakan analisis tahapan awal dimulai dari analisis kurikulum dilakukan dengan tujuan mengkaji kurikulum serta materi yang sesuai dengan standar isi dan dapat sajikan melalui aplikasi. Pemilihan materi benda tegar yang sesuai dengan kurikulum yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Pendekatan *Zachman Framework* untuk merancang media *mobile learning* berbasis *augmented reality* pada

TABEL I
KOMPETENSI DASAR MATERI BENDA TEGAR – FISIKA SMA

Kopetensi Dasar		Kopetensi Dasar	
3.1.1	Menganalisis konsep benda tegar dan sifat-sifatnya dalam keadaan statis	4.1.1	Menyelesaikan permasalahan terkait kesetimbangan benda tegar
3.1.2	Memahami momen gaya, momen inersia, dan titik berat pada benda tegar	4.1.2	Menerapkan konsep momen gaya dan momen inersia dalam situasi nyata
3.1.3	Menerapkan hukum kekekalan momentum sudut pada gerak rotasi benda tegar.	4.1.3	Menyelesaikan masalah yang berkaitan dengan dinamika rotasi dan momentum sudut.

materi keseimbangan benda tegar. Penelitian diawali dengan survei dan wawancara kepada guru dan peserta didik untuk mengidentifikasi permasalahan pembelajaran serta kebutuhan pengguna. Tahap perencanaan dilakukan dengan menguraikan tiga baris awal *Zachman Framework*, yaitu *Scope Planner*, *Enterprise Model*, dan *System Model*. Pada tahap *Scope Planner*, ditentukan ruang lingkup pengembangan, rancangan antarmuka pengguna, struktur materi keseimbangan benda tegar, serta desain objek benda tegar tiga dimensi. Tahap *Enterprise* Model difokuskan pada pemodelan proses pembelajaran dan kebutuhan informasi dari sudut pandang pemilik sistem, yang menghasilkan BPMN diagram, *conceptual* data model, pemetaan peran pengguna, dan alur pembelajaran sistem. Selanjutnya, tahap *System* Model dilakukan untuk merancang arsitektur teknis sistem, meliputi *deployment* diagram, *computing network diagram*, serta perancangan interaksi manusia dan komputer.

Secara teknis, pengembangan aplikasi dilakukan melalui tahapan terstruktur yang dapat direplikasi. Model 3D benda tegar dirancang menggunakan Blender versi 3.4 dengan tahapan: (1) pembuatan geometri objek menggunakan teknik mesh modeling berbasis primitive (*cube, cylinder, plane*), (2) pengaturan skala dan proporsi sesuai representasi konsep fisika, (3) pemberian material dan tekstur sederhana untuk optimalisasi performa rendering pada perangkat mobile, serta (4) proses ekspor dalam format .fbx dengan pengaturan transform (*apply scale & rotation*) dan normal *recalculation* untuk memastikan kompatibilitas dengan *engine* Unity.

Integrasi Augmented Reality dilakukan menggunakan Unity 2021 LTS sebagai game engine dan Vuforia *Engine* SDK versi terbaru yang kompatibel. Tahapan integrasi meliputi: (1) pembuatan lisensi dan *database* marker pada

Vuforia *Developer Portal*, (2) unggah *image* target dengan rating minimal 4-5 bintang untuk memastikan stabilitas *tracking*, (3) konfigurasi AR *Camera* dan *Image* Target di Unity, (4) impor model 3D ke dalam *scene* dan penyesuaian posisi, rotasi, serta skala relatif terhadap marker, serta (5) implementasi skrip interaktif berbasis C# untuk fungsi rotasi, zoom, dan simulasi visual momen gaya.

Proses *deployment* dilakukan dengan melakukan build settings pada *platform* Android menggunakan minimal Android SDK level 24 (Android 7.0) untuk memastikan kompatibilitas luas di sekolah menengah. Pengujian dilakukan pada perangkat Android dengan spesifikasi minimal RAM 4GB, *prosesor octa core*, dan kamera ≥12 MP untuk menjamin stabilitas deteksi marker. Pengujian fungsionalitas meliputi: (1) uji akurasi deteksi marker pada berbagai kondisi pencahayaan, (2) uji kestabilan tracking saat perangkat bergerak, (3) uji responsivitas interaksi pengguna, (4) uji performa rendering (*frame rate*), serta (5) uji kompatibilitas lintas perangkat. Evaluasi dilakukan secara iteratif dengan pendekatan black box testing untuk memastikan seluruh fitur berjalan sesuai kebutuhan sistem. Pendekatan teknis ini memastikan bahwa proses pengembangan tidak hanya menghasilkan media yang valid secara pedagogis, tetapi juga terdokumentasi secara sistematis dan dapat direplikasi oleh peneliti atau pengembang lain pada materi fisika yang berbeda dengan prosedur yang serupa.

Validasi ahli dilakukan untuk memastikan kelayakan media dari aspek materi, pedagogik, dan teknis sebelum diujicobakan kepada peserta didik. Proses validasi melibatkan tiga orang ahli yang dipilih secara *purposive* berdasarkan kriteria: (1) ahli materi fisika yang memiliki kualifikasi minimal magister pendidikan fisika dengan pengalaman mengajar ≥ 5 tahun pada materi mekanika; (2) ahli media pembelajaran/teknologi pendidikan yang memiliki pengalaman dalam pengembangan media digital atau AR; serta (3) praktisi guru fisika SMA yang aktif mengimplementasikan pembelajaran berbasis TIK. Komposisi ini bertujuan menjamin keseimbangan antara validitas konseptual, pedagogis, dan implementatif.

Instrumen validasi menggunakan angket berbasis skala Likert 5 tingkat dapat dilihat pada Tabel 2 yang dirancang mengacu pada prinsip pengukuran skala Likert dalam penelitian pendidikan [21] yang mencakup lima aspek: (1) kesesuaian konten dengan kurikulum dan capaian pembelajaran, (2) ketepatan konsep dan representasi ilmiah, (3) kualitas visualisasi dan interaktivitas AR, (4) aspek pedagogis kejelasan tujuan, keterpaduan aktivitas belajar, potensi meningkatkan pemahaman konsep, serta (5) aspek teknis usability, stabilitas sistem, kemudahan navigasi. Selain itu, disediakan kolom komentar terbuka untuk memperoleh masukan kualitatif secara mendalam. Rentang Presentase validitas media aplikasi dapat dilihat pada Tabel 3 dengan Penentuan nilai validitas media [22] dilakukan dengan rumus:

$$Nilai\ Validitas\ (P) = \frac{\text{Jumlah Skor diperoleh (F)}}{\text{Jumlah Skor Item validasi (N)}} x\ 100\% \quad (1)$$

TABEL II
KRITERIA SKOR PENILAIAN

Kategori	Skor
Sangat Baik	5
Baik	4
Cukup	3
Tidak Baik	2
Sangat Tidak Baik	1

TABEL III
KRITERIA VALIDITAS MEDIA APLIKASI

Presentase	Nilai
1,00 % – 20,99 %	Tidak Valid
21,00 % – 40,99 %	Kurang Valid
41,00 % – 60,99 %	Cukup Valid
61,00 % – 80,99 %	Valid
81,00 % – 100,00 %	Sangat Valid

Tahap akhir penelitian berupa rekomendasi sistem, yang menghasilkan rancangan aplikasi pembelajaran berbasis Android dan QR *code* sebagai marker *augmented reality* untuk visualisasi objek keseimbangan benda tegar. Seluruh tahapan tersebut dirancang secara sistematis untuk menghasilkan media pembelajaran yang terstruktur, interaktif, dan sesuai dengan kebutuhan pembelajaran fisika di era digital.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

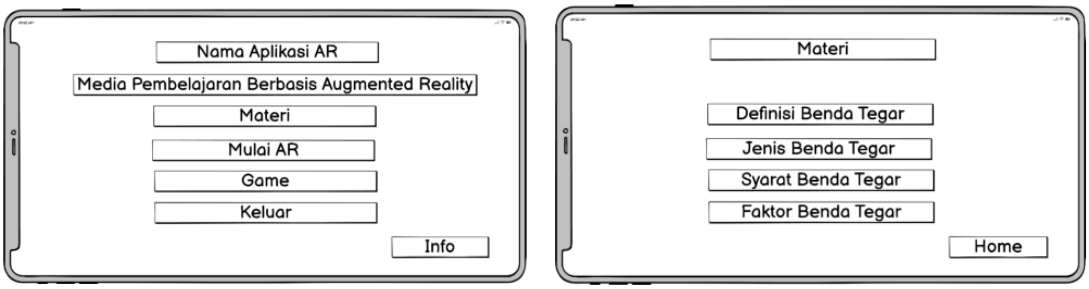
Proses pengembangan media pembelajaran berbasis *augmented reality* memerlukan model perancangan yang tepat agar produk yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik serta efektif dalam penggunaannya. Pada penelitian

JIPI (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika)
Journal homepage: https://jurnal.stkippgritulungagung.ac.id/index.php/jipi
ISSN: 2540-8984
Vol. 11, No. 1, March 2026, Pp.667-679

ini, model yang digunakan adalah *zachman framework*, yang diterapkan sebagai kerangka kerja perencanaan dan perancangan sistem pembelajaran secara sistematis dan terstruktur. *Zachman framework* memungkinkan peneliti untuk memetakan kebutuhan pengembangan media pembelajaran dari berbagai sudut pandang, sehingga dapat ditentukan sasaran pengguna dan kebutuhan sistem secara jelas sesuai dengan karakteristik peserta didik dan guru. Hasil dari penelitian ini menghasilkan sebuah produk berupa media pembelajaran berbasis teknologi informasi dengan penerapan *augmented reality* yang ditujukan untuk peserta didik kelas XI di SMA Negeri Kota Banjarmasin. Media pembelajaran tersebut dikembangkan dalam bentuk aplikasi berbasis Android dan dirancang untuk mendukung pemahaman konsep pembelajaran melalui visualisasi objek tiga dimensi. Pengembangan aplikasi dilakukan menggunakan perangkat lunak Unity 3D versi 2019 (64-bit) sebagai *platform* utama dalam membangun dan mengintegrasikan fitur *augmented reality*.

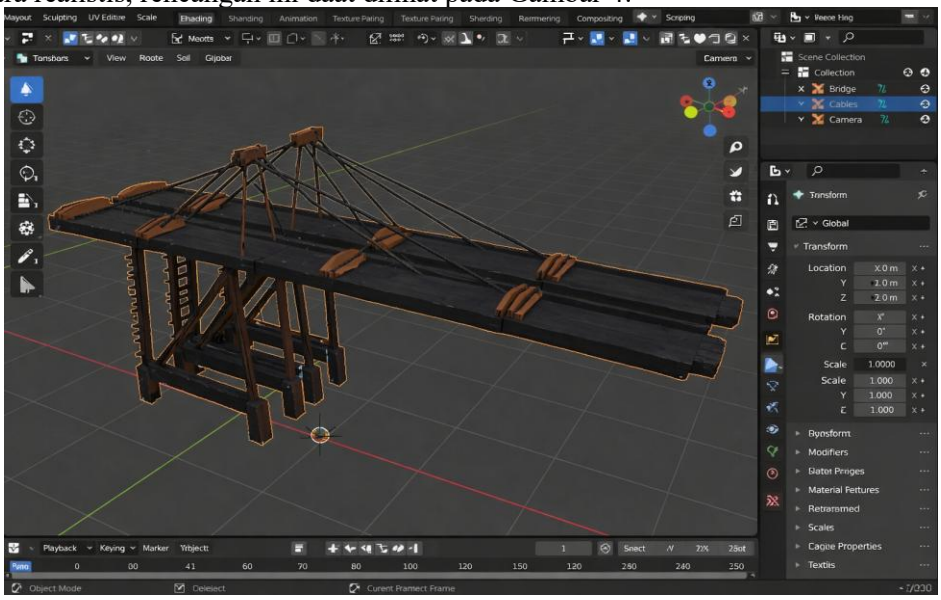
A. *Scope Planner*

Berdasarkan desain UI yang telah dirancang pada Gambar 3, tahap perencanaan cakupan dilakukan dengan mengidentifikasi komponen utama yang akan disajikan dalam aplikasi. Antarmuka pengguna tersebut dirancang untuk memfasilitasi pengalaman pembelajaran berbasis *augmented reality* yang terstruktur dan mudah diakses. Tampilan utama aplikasi terdiri dari empat modul inti, yaitu Materi, Multi AR, Game, dan Info, yang disusun secara visual untuk mendukung alur belajar yang sistematis dan interaktif.



Gambar 3. Rancangan User Interface dari Aplikasi Media Pembelajaran

Pada tingkat *Scope Planner* dalam *Zachman Framework*, rancangan 3D benda tegar diposisikan sebagai gambaran konseptual awal yang merepresentasikan objek fisik secara menyeluruh tanpa masuk ke detail teknis implementasi. Pada tahap ini, model 3D berfungsi sebagai representasi visual global dari benda tegar yang akan digunakan dalam pengembangan media pembelajaran berbasis teknologi. Rancangan 3D benda tegar yang dikembangkan menggunakan perangkat lunak Blender menggambarkan bentuk geometris, proporsi, dan struktur utama objek secara realistis, rencangan ini daat dilihat pada Gambar 4.



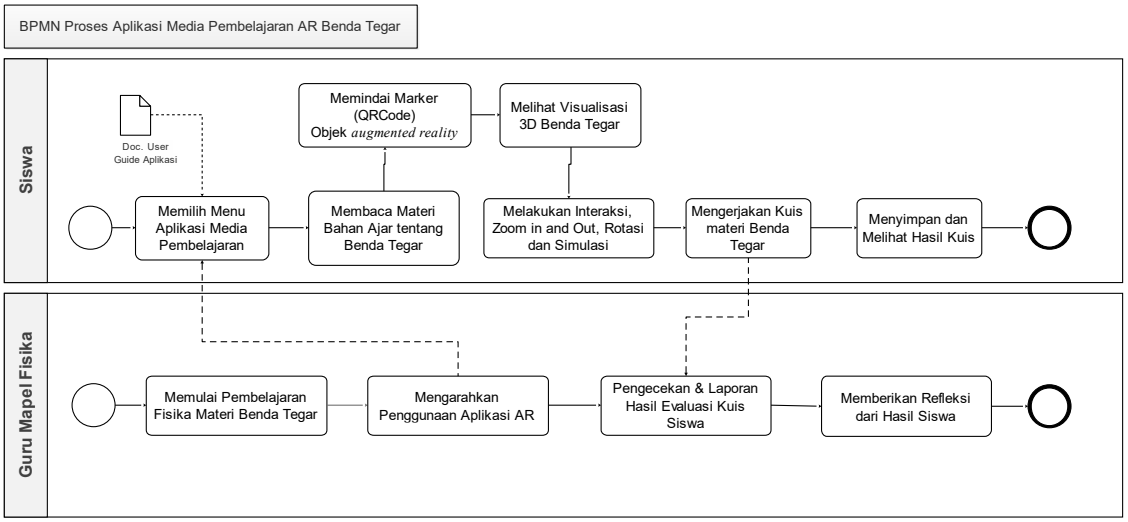
Gambar 4. Rancangan Model 3D menggunakan Software Blender

B. *Enterprise Model*

Diagram BPMN (*Business Process Model and Notation*) sebagai gambaran kerja proses bisnis. Dengan pemodelan BPMN diharapkan dapat membantu dalam membuat proses bisnis yang efektif dan efisien serta dapat dengan mudah dipahami oleh pemangku kepentingan [23]. Pada Gambar 5 menjelaskan BPMN alur proses

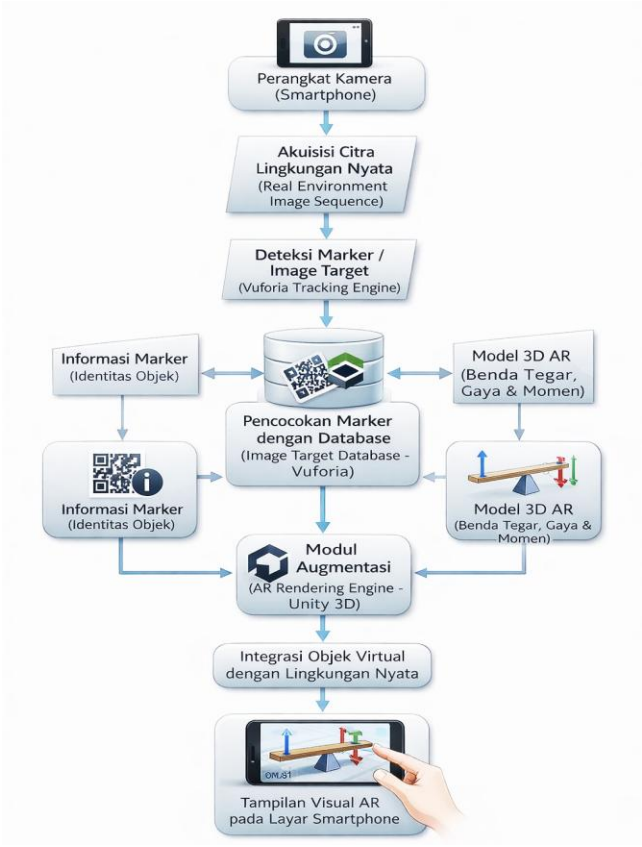
JIPI (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika)
Journal homepage: https://jurnal.stkippgritulungagung.ac.id/index.php/jipi
ISSN: 2540-8984
Vol. 11, No. 1, March 2026, Pp.667-679

penggunaan aplikasi media pembelajaran berbasis *augmented reality* pada materi benda tegar. Diagram ini memetakan interaksi antara siswa dan guru fisika dalam dua swimlane utama, yaitu aktivitas yang dilakukan oleh siswa, panduan penggunaan aplikasi (*User Guide*), dan peran guru sebagai fasilitator pembelajaran. Melalui visualisasi ini, dapat dilihat bagaimana proses pembelajaran dimulai dari pemindaian marker AR, eksplorasi materi, simulasi interaktif, hingga evaluasi hasil belajar yang terintegrasi dalam satu sistem berbasis teknologi.



Gambar 5. BPMN Diagram dalam Penggunaan Aplikasi Media Pembelajaran

Gambar 3 merupakan AR Proses *flow* diagram yang memperlihatkan langkah atau alur dalam program yang dikembangkan, alur kerja sistem yang diolah akan ditampilkan sesuai dengan proses pembuatan konsep media pembelajaran pada penelitian ini.



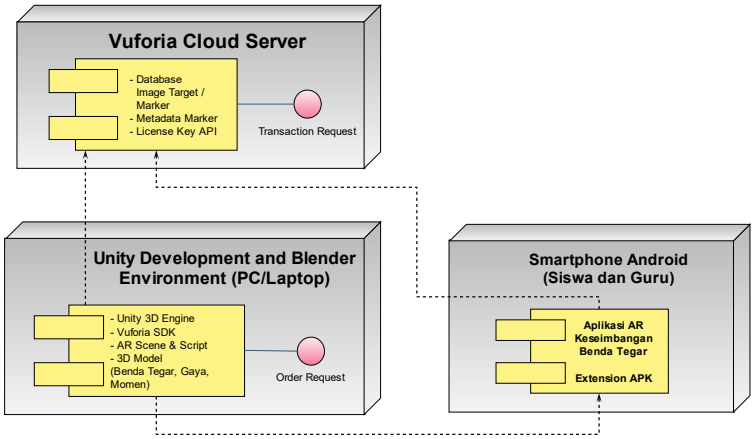
Gambar 6. AR Proses Flow Diagram Media Ajar AR Benda Tegar

C. *System Model.*

Deployment Diagram pada penelitian ini menggambarkan arsitektur fisik sistem *Augmented Reality* yang dikembangkan, meliputi lingkungan pengembangan Unity 3D [24], layanan Vuforia sebagai pengelola marker dan

JIPI (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika)
Journal homepage: https://jurnal.stkippgritulungagung.ac.id/index.php/jipi
ISSN: 2540-8984
Vol. 11, No. 1, March 2026, Pp.667-679

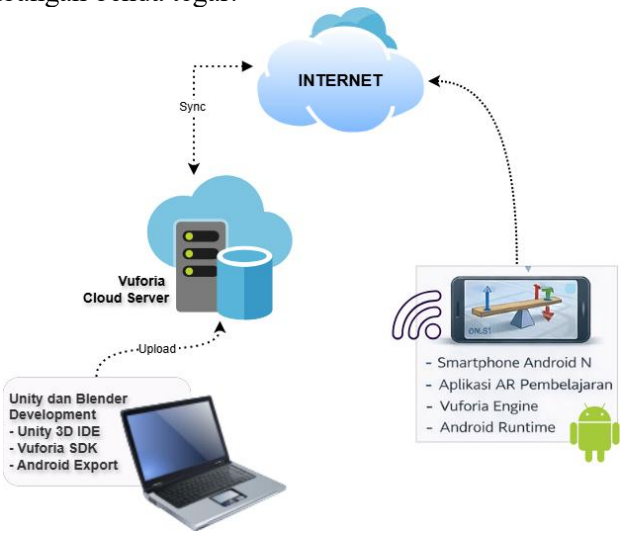
image target, serta perangkat pengguna berupa *smartphone* Android yang terlihat pada Gambar 7. Marker yang telah diunggah ke Vuforia digunakan sebagai pemicu visualisasi objek 3D keseimbangan benda tegar pada aplikasi. Aplikasi AR yang dibangun dengan Unity dan Vuforia kemudian di *deploy* ke perangkat Android untuk digunakan sebagai media pembelajaran interaktif.



Gambar 7. Deployment Diagram Aplikasi AR Benda Tegar

Proses *Augmented Reality* pada penelitian ini dimulai dari pengambilan citra QR Code menggunakan kamera *smartphone*, yang kemudian diproses untuk mendeteksi marker atau image target menggunakan Vuforia. Marker yang dikenali dicocokkan dengan database *image* target untuk memanggil objek virtual berupa model 3D keseimbangan benda tegar. Selanjutnya, objek virtual tersebut diintegrasikan dengan lingkungan nyata melalui modul augmentasi [25] dan ditampilkan secara *real time* pada layar perangkat. Proses ini memungkinkan pengguna berinteraksi langsung dengan objek pembelajaran sehingga mendukung visualisasi dan pemahaman konsep keseimbangan benda tegar secara lebih efektif.

Computing Network Diagram menggambarkan arsitektur aplikasi AR yang dikembangkan menggunakan Unity 3D dan Vuforia SDK, di mana aplikasi didistribusikan dan dipasang secara manual melalui file APK hasil proses yang dijelaskan pada Gambar 9. Marker atau image target dikelola melalui Vuforia *Target Manager* dan diintegrasikan ke dalam aplikasi sebelum proses ekspor APK. Aplikasi yang telah terpasang pada perangkat Android memanfaatkan kamera sebagai input untuk mendeteksi marker di lingkungan nyata, kemudian memproses data tersebut secara lokal untuk menampilkan objek 3D AR yang relevan. Seluruh proses komputasi dan visualisasi dilakukan secara *online* dan *offline*, sehingga sistem bersifat standalone dan sesuai untuk mendukung pembelajaran, khususnya pada materi keseimbangan benda tegar.



Gambar 9. Computing Network Diagram Aplikasi AR Benda Tegar

Human Computer Interaction (HCI) merupakan bidang kajian interdisipliner yang berfokus pada perancangan, evaluasi, dan implementasi sistem interaktif yang melibatkan manusia sebagai pengguna utama [26]. Dalam konteks media pembelajaran digital, HCI berperan penting dalam merancang antarmuka pengguna (*user interface*) dan alur interaksi (*user interaction*) yang sesuai dengan karakteristik peserta didik. Perancangan HCI yang baik

mempertimbangkan aspek kognitif, perseptual, dan ergonomis pengguna, seperti kemudahan navigasi, kejelasan visual, konsistensi tampilan, serta respons sistem terhadap tindakan pengguna. Hal ini menjadi krusial terutama pada media pembelajaran berbasis teknologi visual, seperti *augmented reality*, yang menuntut integrasi antara objek virtual dan lingkungan nyata secara interaktif. Hal tersebut tergambarkan pada Gambar 10 tentang tampilan menu materi aplikasi AR benda tegar dan Gambar 11 yang menampilkan hasil 3D benda tegar dari marker yang sudah disimpan pada *cloud database Vuforia Engine* [27].



Gambar 10. Tampilan Menu Materi Aplikasi AR



Gambar 11. Objek 3D Benda Tegar dari QR Code Marker

D. Rekomendasi Sistem.

Tahap rekomendasi sistem melaksanakan vaidasi validasi ahli yang melibatkan tiga jenis validator, yaitu 1 dosen ahli media bidang media pembelajaran, 1 dosen ahli materi bidang fisika, dan 1 guru praktisi pembelajaran mata pelajaran fisika dengan spesialisasi materi benda tegar. Proses validasi bertujuan untuk mengevaluasi kualitas dan kelayakan media pembelajaran berbasis *augmented reality* yang dikembangkan. Ahli materi mengidentifikasi bahwa kekuatan utama media terletak pada representasi visual momen gaya yang ditampilkan secara dinamis melalui rotasi objek 3D, sehingga berpotensi membantu siswa memahami hubungan antara besar gaya, lengan momen, dan arah rotasi. Visualisasi vektor gaya yang dapat dimanipulasi juga dinilai sesuai dengan prinsip representasi multipel dalam pembelajaran fisika. Berdasarkan masukan ini, dilakukan revisi dengan menambahkan indikator numerik resultan gaya dan resultan momen secara real time, serta menyisipkan prompt konseptual dalam aplikasi yang menuntun siswa menganalisis kondisi keseimbangan secara sistematis.

Ahli media menilai kekuatan aplikasi terletak pada integrasi AR yang stabil dan responsif, serta desain antarmuka yang relatif sederhana sehingga memudahkan navigasi pengguna pemula. Interaktivitas berupa fitur rotasi dan zoom dianggap mendukung eksplorasi mandiri. Kelemahan yang diidentifikasi meliputi kontras warna objek 3D yang kurang optimal pada kondisi pencahayaan tertentu, ukuran teks instruksi yang terlalu kecil pada layar *smartphone*, serta belum adanya panduan penggunaan awal (*onboarding tutorial*). Sebagai tindak lanjut, dilakukan perbaikan pada aspek UI/UX dengan meningkatkan kontras warna dan outline objek, memperbesar tipografi, serta menambahkan halaman tutorial interaktif pada saat pertama kali aplikasi dijalankan.

Guru praktisi menekankan kekuatan media pada potensi implementasinya dalam pembelajaran diferensiatif dan model pembelajaran berbasis proyek atau inkuiri. Media dinilai relevan dengan pendekatan Kurikulum Merdeka karena mendorong eksplorasi konsep secara kontekstual. Hasil penilaian dari para validator terhadap media pembelajaran ini disajikan pada Tabel 4, 5 dan 6.

TABEL IV
VALIDASI AHLI MATERI

Pernyataan	Skor	Kategori
1. Kesesuaian materi dengan SK dan KD	4	Baik
2. Kelengkapan materi	4	Baik
3. Kebenaran materi	5	Sangat Baik
4. Menciptakan rasa ingin tahu	5	Sangat Baik
5. Kejelasan materi	5	Sangat Baik
6. Urutan materi	4	Baik
7. Kemudahan memahami isi materi pada teks	4	Baik
8. Ketepatan urutan penyajian	4	Baik
9. Keseimbanga materi dengan contoh soal	3	Cukup
10. Sumber materi akurat dan dapat dipercaya	4	Baik
Total Nilai	42	
Presentase	84 %	Sangat Valid

TABEL V
VALIDASI AHLI MEDIA

Pernyataan	Skor	Kategori
1. Ukuran File tidak Besar	4	Baik
2. Proses instalasi dilakukan dengan mudah	4	Baik
3. Aplikasi ini memiliki petunjuk aplikasi yang jelas	4	Baik
4. Aplikasi tidak berjalan lambat	4	Baik
5. Aplikasi tidak menyebabkan handphone hang (berhenti) pada saat pengoprasian	5	Sangat Baik
6. Pengoprasian aplikasi ini sederhana	4	Baik
7. Aplikasi dapat dijalankan di berbagai tipe handphone android	5	Sangat Baik
8. Aplikasi ini memiliki gambar alur yang jelas	5	Sangat Baik
9. Aplikasi ini menyediakan button yang mempermudah pengguna dalam pengoprasian	5	Sangat Baik
10. User dapat berinteraksi dengan aplikasi	5	Sangat Baik
11. Kreatif dalam menuangkan ide dan gagasan	4	Baik
12. Tepat dalam pemilihan logo yang dibuat	3	Cukup
13. Tampilan yang digunakan dalam aplikasi menarik	4	Baik
14. Pemiihan warna dalam aplikasi sudah tepat	3	Cukup
15. Tulisan dapat dibaca dengan baik	5	Sangat Baik
Total Nilai	64	
Presentase	85,33 %	Sangat Valid

TABEL VI
VALIDASI PRAKTISI PEMBELAJARAN

Pernyataan	Skor	Kategori
1. Ukuran File tidak Besar	4	Baik
2. Proses instalasi dilakukan dengan mudah	5	Sangat Baik
3. Aplikasi ini memiliki petunjuk aplikasi yang jelas	4	Baik
4. Aplikasi tidak berjalan lambat	5	Sangat Baik
5. Aplikasi tidak menyebabkan handphone hang (berhenti) pada saat pengoprasian	5	Sangat Baik
6. Pengoprasian aplikasi ini sederhana	4	Baik
7. Aplikasi ini memiliki gambar alur yang jelas	4	Baik
8. Aplikasi ini menyediakan button yang mempermudah pengguna dalam pengoprasian	5	Sangat Baik
9. Kesesuaian materi dengan SK dan KD	5	Sangat Baik
10. Kelengkapan materi	4	Baik
11. Kebenaran materi	4	Baik
12. Menciptakan rasa ingin tahu	3	Cukup
13. Kejelasan materi	4	Baik
14. Urutan materi	4	Baik
15. Kemudahan memahami isi materi pada teks	5	Sangat Baik
16. Ketepatan urutan penyajian	4	Baik
17. Keseimbanga materi dengan contoh soal	5	Sangat Baik
18. Sumber materi akurat dan dapat dipercaya	4	Baik
19. Kreatif dalam menuangkan ide dan gagasan	5	Sangat Baik
20. Tampilan yang digunakan dalam aplikasi menarik	5	Sangat Baik
Total Nilai	88	
Presentase	88 %	Sangat Valid

JIPI (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika)
Journal homepage: https://jurnal.stkippgritulungagung.ac.id/index.php/jipi
ISSN: 2540-8984
Vol. 11, No. 1, March 2026, Pp.667-679

Hasil validasi menunjukkan tingkat kelayakan yang tinggi. Berikut rekapitulasi persentase validasi dari ketiga

$$Nilai\ Validitas\ (P) = \frac{85{,}33\% + 84\% + 88\%}{3} x\ 100\%$$
$$Nilai\ Validitas\ (P) = 85{,}78\ \% \quad (2)$$

ahli:

Skor kelayakan keseluruhan sebesar 85,78% (kategori sangat valid) menunjukkan bahwa media mobile learning berbasis AR yang dikembangkan layak secara pedagogis dan teknis untuk diimplementasikan di kelas. Tingkat kelayakan yang tinggi ini mengindikasikan bahwa akurasi konten, desain pembelajaran, interaktivitas, serta usability sistem telah memenuhi standar kualitas yang dapat diterima. Dalam konteks materi keseimbangan benda tegar, fitur AR menyediakan visualisasi tiga dimensi yang dinamis terhadap gaya dan momen gaya, sehingga memungkinkan siswa mengamati secara langsung hubungan antara besar gaya, panjang lengan momen, dan efek rotasi yang ditimbulkan. Representasi spasial dan real-time ini membantu mengatasi miskonsepsi umum, seperti anggapan bahwa keseimbangan hanya ditentukan oleh besar gaya tanpa mempertimbangkan momen dan titik poros. Dibandingkan media konvensional yang bersifat statis, AR menghadirkan representasi visual, spasial, dan simbolik secara simultan, sehingga mendukung pemahaman konseptual yang lebih mendalam dan mengurangi tingkat abstraksi dalam pembelajaran fisika.

Sebagai tindak lanjut dari tahap validasi, dilakukan penyempurnaan terhadap komponen aplikasi, termasuk penyediaan marker AR yang telah didesain khusus sesuai dengan karakteristik benda tegar, yaitu stabil, labil, dan netral. Marker tersebut telah dikemas dalam bentuk QR *Code* yang dapat dengan mudah dipindai oleh siswa menggunakan perangkat mobile. Gambar 12 menunjukkan tiga marker QR Code yang masing-masing merepresentasikan jenis benda tegar berbeda, yang siap digunakan dalam aktivitas pembelajaran berbasis AR.



Gambar 12. QR Code untuk Marker Benda Tegar Stabil, Labil dan Netral

Dengan demikian, aplikasi Media *Mobile Learning* Berbasis *Augmented Reality* telah siap diuji coba dan digunakan oleh siswa SMA di Kota Banjarmasin dalam pembelajaran fisika materi Benda Tegar. Implementasi aplikasi ini diharapkan dapat meningkatkan pemahaman konseptual dan keterlibatan siswa melalui visualisasi tiga dimensi yang interaktif dan kontekstual.

E. Keterbatasan Penelitian dan Lanjutan.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, pengembangan media mobile learning berbasis *Augmented Reality* belum diimplementasikan melalui uji coba lapangan secara luas pada siswa dalam situasi pembelajaran nyata, sehingga belum diperoleh data empiris terkait dinamika penggunaan di kelas. Kedua, aplikasi yang dikembangkan masih terbatas pada *platform* Android, sehingga belum mencakup pengguna perangkat berbasis iOS atau sistem operasi lainnya. Ketiga, penelitian ini berfokus pada aspek pengembangan dan validasi media, sehingga belum dilakukan pengujian efektivitas pembelajaran melalui pengukuran peningkatan hasil belajar, pemahaman konseptual, maupun keterlibatan siswa secara kuantitatif.

Berdasarkan keterbatasan tersebut, penelitian selanjutnya akan dilakukan uji efektivitas menggunakan desain eksperimen atau kuasi eksperimen, misalnya melalui penerapan pre-test dan post-test untuk menganalisis peningkatan hasil belajar secara signifikan. Selain itu, pengembangan aplikasi lintas *platform* perlu dilakukan guna meningkatkan aksesibilitas dan pemerataan pemanfaatan media. Penelitian lanjutan juga dapat mengkaji aspek *usability* dan *user experience* secara lebih mendalam sebagai bagian dari evaluasi komprehensif terhadap kualitas media pembelajaran yang dikembangkan.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan seluruh tahapan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penerapan *Zachman Framework* sebagai landasan perancangan sistematis berhasil memandu pengembangan media pembelajaran berbasis *augmented reality* pada materi keseimbangan benda tegar. Produk akhir berupa aplikasi *Mobile Learning* AR yang dikembangkan menggunakan Unity 3D dan Vuforia SDK telah menyediakan visualisasi 3D interaktif melalui pemindaian marker QR *Code*, dilengkapi dengan fitur simulasi dan evaluasi pembelajaran. Hasil validasi yang dilakukan oleh ahli media, ahli materi, dan praktisi pembelajaran masing-masing memperoleh persentase kelayakan sebesar 85,33%, 84%, dan 88%, yang secara rata-rata mencapai 85,78% dengan kategori "Sangat Baik". Dengan demikian, media pembelajaran ini dinyatakan layak dan siap digunakan dalam proses pembelajaran Fisika di SMA Kota Banjarmasin, sekaligus memberikan alternatif inovatif yang mampu meningkatkan pemahaman konseptual, keterlibatan belajar, serta relevansi pembelajaran dengan perkembangan teknologi digital di era kontemporer.

DAFTAR PUSTAKA

[1] R. Rahayu, S. Iskandar, and Y. Abidin, "Inovasi Pembelajaran Abad 21 dan Penerapannya di Indonesia," *Jurnal Basicedu*, vol. 6, no. 2, pp. 2099–2104, Feb. 2022, doi: 10.31004/basicedu.v6i2.2082.
[2] T. Listiawan, "Representasi Mental Dan Proses Kognitif yang Mendasari Technological Pedagogical And Content Knowledge (TPACK)," Nov. 21, 2017. doi: 10.31227/osf.io/p7ny4.
[3] K. Sriwahyuni and I. Maryati, "Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa pada Materi Statistika," *Plusminus: Jurnal Pendidikan Matematika*, vol. 2, no. 2, Jul. 2022, doi: 10.31980/plusminus.v2i2.1830.
[4] C. N. S. Adi and D. A. P. Putri, "Pengembangan Aplikasi Augmented Reality untuk Visualisasi Interaktif Pembelajaran Fisika," *Jurnal Pendidikan dan Teknologi Indonesia*, vol. 5, no. 3, pp. 775–792, Mar. 2025, doi: 10.52436/1.jpti.701.
[5] S. Susilawati, S. N. Muhajir, and R. Warliani, "Analysis of Students' Problem Solving on Rigid Body Equilibrium Material," *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Fisika*, vol. 5, no. 2, pp. 332–342, Dec. 2025, doi: 10.52434/jpif.v5i2.43108.
[6] M. O. Rodriguez-Saavedra *et al.*, "Augmented Reality as an Educational Tool: Transforming Teaching in the Digital Age," *Information*, vol. 16, no. 5, p. 372, Apr. 2025, doi: 10.3390/info16050372.
[7] N. Mansour, C. Aras, J. K. Staarman, and S. B. M. Alotaibi, "Embodied learning of science concepts through augmented reality technology," *Educ. Inf. Technol. (Dordr).*, vol. 30, no. 6, pp. 8245–8275, Apr. 2025, doi: 10.1007/s10639-024-13120-0.
[8] K. Langer, S. Lietze, and G. Ch. Krizek, "Vector AR3-APP – A Good-Practice Example of Learning with Augmented Reality," *European Journal of Open, Distance and E-Learning*, vol. 23, no. 2, pp. 51–64, Dec. 2020, doi: 10.2478/eurodl-2020-0010.
[9] C. Erbas and V. Demirer, "The effects of augmented reality on students' academic achievement and motivation in a biology course," *J. Comput. Assist. Learn.*, vol. 35, no. 3, pp. 450–458, Jun. 2019, doi: 10.1111/jcal.12350.
[10] A. K. Ansari, S. S. KG, and B. C. Baby, "Virtual Reality and Augmented Reality in Education," *Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol.*, vol. 11, no. 3, pp. 2014–2018, Mar. 2023, doi: 10.22214/ijraset.2023.49825.
[11] I. F. Kamsin, "FizaAR: An Augmented Reality Learning Kit Integrating Social Cognitive Theory in Learning Physics," *International Journal of Information and Education Technology*, vol. 14, no. 11, pp. 1600–1610, 2024, doi: 10.18178/ijiet.2024.14.11.2191.
[12] A. R. Sinensis, "Augmented Reality-Integrated Teaching Materials on Modern Physics: Enhancing Creativity of Prospective Physics Teachers through Collaborative Problem-Solving," *International Journal of Information and Education Technology*, vol. 15, no. 9, pp. 1915–1923, 2025, doi: 10.18178/ijiet.2025.15.9.2392.
[13] B. S. Arymbekov and K. M. Turekhanova, "Augmented reality in Physics education: A tool for intellectual learning," *Contemporary Educational Researches Journal*, vol. 15, no. 1, pp. 33–44, Feb. 2025, doi: 10.18844/cerj.v15i1.9629.
[14] M. Hidayat and A. Hadiana, "ARCHITECTURAL DESIGN INFORMATION SYSTEM HEALTH CRISIS MANAGEMENT USING FRAMEWORK ZACHMAN," *Jurnal Informatika Polinema*, vol. 8, no. 4, pp. 17–24, Aug. 2022, doi: 10.33795/jip.v8i4.971.
[15] M. Hidayat and D. Afriani, "ARCHITECTURAL DESIGN OF BAKUNJANGAN TOURISM APPLICATION IN BANJARMASIN CITY USING ZACHMAN FRAMEWORK," *JURTEKSI (Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi)*, vol. 9, no. 4, pp. 621–628, Sep. 2023, doi: 10.33330/jurteksi.v9i4.2501.
[16] I. Irwanto, R. Dianawati, and I. R. Lukman, "Trends of Augmented Reality Applications in Science Education," *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, vol. 17, no. 13, pp. 157–175, Jul. 2022, doi: 10.3991/ijet.v17i13.30587.
[17] O. Firdaus, H. Idrus, A. N. Chandra, and M. Imamora, "Pengembangan Media Pembelajaran Fisika pada Materi Tata Surya SMP/MTs Menggunakan Augmented Reality (AR) Berbasis Unity 3D," *Edusainstika: Jurnal Pembelajaran MIPA*, vol. 4, no. 2, p. 108, Dec. 2024, doi: 10.31958/je.v4i2.12004.
[18] M. Hidayat, "Penyusunan Rencana Strategis Sistem Informasi STKIP PGRI Banjarmasin Menggunakan Enterprise Architecture Planning," *Jurnal Teknologi Rekayasa*, vol. 2, no. 2, p. 63, Feb. 2018, doi: 10.31544/jtera.v2.i2.2017.63-72.
[19] C. Udeozor, P. Chan, F. Russo Abegão, and J. Glassey, "Game-based assessment framework for virtual reality, augmented reality and digital game-based learning," *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, vol. 20, no. 1, p. 36, Jun. 2023, doi: 10.1186/s41239-023-00405-6.
[20] S. F. 'Adna, M. F. Ningsih, and A. Fitri, "PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN MENGGUNAKAN MOBILE APLIKASI BERBASIS AUGMENTED REALITY MATERI DIMENSI TIGA KELAS XII SMA NEGERI 4 PEKALONGAN," *Jurnal Karya Pendidikan Matematika*, vol. 7, no. 2, p. 32, Oct. 2020, doi: 10.26714/jkpm.7.2.2020.32-39.
[21] M. Koo and S.-W. Yang, "Likert-Type Scale," *Encyclopedia*, vol. 5, no. 1, p. 18, Feb. 2025, doi: 10.3390/encyclopedia5010018.
[22] R. N. Solihah and S. Selawati, "Pengembangan Modul Ajar Terpadu dengan Model Berbasis Masalah Tema Ragam Bentang dan Profesi di Kelas 4 Sekolah Dasar," *Jurnal Penelitian Pendidikan*, vol. 24, no. 2, pp. 180–190, Aug. 2024, doi: 10.17509/jpp.v24i2.73344.
[23] A. Homaidi, L. Fakih Lidimilah, I. Yunita, T. Saleh, J. Dwi Prasetyo, and Z. Fatah, "IMPLEMENTASI BUSINESS PROCESS MODELLING NOTATION UNTUK PEMODELAN PROSES BISNIS LP2M PERGURUAN TINGGI XYZ," *Jurnal Simantec*, vol. 11, no. 1, pp. 41–52, Dec. 2022, doi: 10.21107/simantec.v11i1.15362.
[24] E. Ferrari, P. H. Teijón, and C. Ruiz, "Unlocking the cosmos: evaluating the efficacy of augmented reality in secondary education astronomy instruction," *Journal of New Approaches in Educational Research*, vol. 13, no. 1, p. 8, Apr. 2024, doi: 10.1007/s44322-024-00007-8.
[25] W. S. Lestari, M. Ulina, G. Gunawan, and M. L. Gaol, "Innovarte Learning: Media Pembelajaran Berbasis Augmented Reality Bagi Mahasiswa Penyandang Disabilitas," *Jurnal Riset dan Inovasi Pembelajaran*, vol. 4, no. 3, pp. 2084–2098, Dec. 2024, doi: 10.51574/jrip.v4i3.2426.

[26] L. Hirsch *et al.*, "Human–Computer Interaction (HCI) Advances to Re-Contextualize Cultural Heritage toward Multiperspectivity, Inclusion, and Sensemaking," *Applied Sciences*, vol. 14, no. 17, p. 7652, Aug. 2024, doi: 10.3390/app14177652.
[27] H. Pradibta, I. D. Wijaya, F. Ronilaya, and U. Nurhasan, "The evaluation on a mobile augmented reality application as therapy media," *MATEC Web of Conferences*, vol. 197, p. 15004, Sep. 2018, doi: 10.1051/matecconf/201819715004.