

Pembuatan Aset 3d Dan Animasi 3d Senjata Tradisional Pada Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Markerless Augmented Reality

Geovanrivo Wibi Morisko Baay, Mira Rosalina

Program Studi Teknik Multimedia Digital, Jurusan Teknik Informatika dan Komputer, Politeknik Negeri Jakarta
Depok, Jawa Barat

geovanrivo.wibi.morisko.baay.tik22@mhsw.pnj.ac.id, mira.rosalina@tik.pnj.ac.id

Abstract - Cultural learning at SD Negeri Tanah Baru 1 still faces challenges in visualizing objects, particularly in introducing traditional Indonesian weapons. Cultural materials presented only through texts, two-dimensional images, or verbal explanations have not fully enabled students to understand the shapes, proportions, textures, ornaments, and characteristics of cultural objects concretely. This study aims to produce 3D assets and 3D animations of traditional Indonesian weapons as visual components for an interactive learning medium based on Markerless Augmented Reality. The research employed the Multimedia Development Life Cycle method, which consists of the concept, design, material collecting, assembly, testing, and distribution stages. Initial data were obtained through observations, interviews, needs assessment questionnaires involving 27 fifth-grade students, and a needs assessment questionnaire administered to one classroom teacher. Evaluation data were obtained through validation by two 3D modeling and animation experts, validation by one teacher, and student responses after using the PUSAKAR application. The assets were developed using Blender through high-poly modeling, low-poly optimization, UV editing, texturing, texture baking, simple rigging, educational animation, and FBX export stages for integration into Unity. The validation results from the 3D modeling and animation experts obtained a score of 71 out of a maximum score of 80, equivalent to 88.75%, categorized as highly feasible. Teacher validation obtained a score of 24 out of a maximum score of 24, equivalent to 100%, categorized as highly feasible. Student responses obtained a score of 453 out of a maximum score of 500, equivalent to 90.6%, categorized as very good. These results indicate that the developed 3D assets and animations are feasible to be used as visual components in the PUSAKAR application to support cultural learning that is more concrete, visual, and interactive.

Keywords: 3D Assets, 3D Animation, Augmented Reality, Markerless AR, Traditional Indonesian Weapons

Abstrak-- Pembelajaran materi budaya di SD Negeri Tanah Baru 1 masih menghadapi kendala dalam visualisasi objek, khususnya pada pengenalan senjata tradisional Indonesia. Materi budaya yang hanya disampaikan melalui teks, gambar dua dimensi, atau penjelasan lisan belum sepenuhnya membantu siswa memahami bentuk, proporsi, tekstur, ornamen, dan karakteristik objek budaya secara konkret. Penelitian ini bertujuan menghasilkan aset 3D dan animasi 3D senjata tradisional Indonesia sebagai komponen visual pada media pembelajaran interaktif berbasis Markerless Augmented Reality. Penelitian menggunakan metode Multimedia Development Life Cycle yang terdiri atas tahap concept, design, material collecting, assembly, testing, dan distribution. Data awal diperoleh melalui observasi, wawancara, angket kebutuhan kepada 27 siswa kelas V, serta angket kebutuhan kepada satu guru kelas. Data evaluasi diperoleh melalui validasi dua ahli pemodelan dan animasi 3D, validasi satu guru, dan respons siswa setelah penggunaan aplikasi PUSAKAR. Aset dikembangkan menggunakan Blender melalui tahapan pemodelan high poly, optimasi low poly, UV editing, texturing, texture baking, rigging sederhana, animasi edukatif, dan ekspor FBX untuk integrasi di Unity. Hasil validasi ahli pemodelan dan animasi 3D memperoleh skor 71 dari skor maksimum 80 atau 88,75 persen dengan kategori sangat layak. Validasi guru memperoleh skor 24 dari skor maksimum 24 atau 100 persen dengan kategori sangat layak. Respons siswa memperoleh skor 453 dari skor maksimum 500 atau 90,6 persen dengan kategori sangat baik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa aset 3D dan animasi yang dikembangkan layak digunakan sebagai komponen visual dalam aplikasi PUSAKAR untuk mendukung pembelajaran budaya yang lebih konkret, visual, dan interaktif..

Kata kunci: Aset 3D, Animasi 3D, Augmented Reality, Markerless AR, Senjata Tradisional Indonesia

I. PENDAHULUAN

Pemanfaatan teknologi digital dalam pendidikan membuka peluang untuk memperkenalkan dan melestarikan warisan budaya Indonesia melalui media yang lebih konkret, visual, dan interaktif. Warisan budaya tidak hanya mencakup rumah adat, pakaian adat, tarian, dan alat musik tradisional, tetapi juga senjata tradisional yang memiliki bentuk, proporsi, material, ornamen, fungsi, serta nilai identitas daerah. Pemajuan kebudayaan melalui pendidikan perlu didukung oleh media yang memungkinkan siswa mengamati karakteristik objek budaya secara lebih jelas [1]. Teknologi Augmented Reality telah banyak dimanfaatkan untuk menghadirkan representasi digital benda budaya dan membantu pengguna mengamati objek dari berbagai sudut pandang [2]–[4].

Pembelajaran materi budaya di SD Negeri Tanah Baru 1 masih menghadapi kendala dalam memvisualisasikan bentuk objek, khususnya senjata tradisional Indonesia. Materi pembelajaran selama ini lebih banyak disampaikan melalui teks, gambar dua dimensi, dan penjelasan lisan sehingga belum sepenuhnya membantu siswa memahami bentuk, tekstur, ornamen, proporsi, dan perbedaan karakter setiap senjata tradisional. Hasil observasi, wawancara guru, dan angket kebutuhan terhadap 27 siswa kelas V menunjukkan bahwa 19 siswa atau 70,4% menilai materi Pendidikan Pancasila sulit dipahami atau dibayangkan bentuk aslinya. Sebanyak 40,7% siswa menyatakan teks dalam buku terlalu panjang, 29,6% menilai gambar kurang jelas atau kurang menarik, dan 22,2% mengalami kesulitan membayangkan bentuk atau proses materi yang dipelajari.

Kebutuhan terhadap media visual yang lebih konkret juga terlihat dari tingginya ketertarikan siswa terhadap objek tiga dimensi. Sebanyak 19 siswa atau 70,4% menyatakan sangat tertarik dan 6 siswa atau 22,2% menyatakan cukup tertarik menggunakan aplikasi yang dapat menampilkan objek tiga dimensi untuk diputar dan diamati dari berbagai sisi. Dengan demikian, sebanyak 92,6% siswa memberikan respons positif terhadap penggunaan objek tiga dimensi dalam pembelajaran. Temuan tersebut memperlihatkan bahwa persoalan pembelajaran tidak hanya berkaitan dengan jumlah informasi yang tersedia, tetapi juga keterbatasan media dalam merepresentasikan objek budaya secara utuh dan interaktif.

Sejumlah penelitian terdahulu telah memanfaatkan teknologi realitas tertambah, realitas virtual, aset tiga dimensi, dan animasi sebagai media pembelajaran. Ahranie mengembangkan media pembelajaran peristiwa Sumpah Pemuda untuk siswa kelas V berbasis markerless Augmented Reality dengan metode Multimedia Development Life Cycle [5]. Ramli mengembangkan museum digital budaya keris berbasis realitas virtual menggunakan Blender dan Unity [6]. Firdaus menempatkan aset visual dan animasi sebagai komponen utama dalam multimedia interaktif berbasis realitas tertambah untuk pembelajaran logika matematika [7]. Sementara itu, Solikha mengembangkan media pembelajaran pengenalan rempah-rempah dengan visualisasi tiga dimensi, panel informasi, dan kuis interaktif [8]. Penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa visualisasi tiga dimensi dan teknologi realitas tertambah berpotensi meningkatkan daya tarik penyajian materi pembelajaran.

Namun, penelitian terdahulu umumnya berfokus pada pengembangan aplikasi pembelajaran secara keseluruhan, museum virtual, atau penggunaan model tiga dimensi sebagai bagian dari aplikasi. Pada studi yang ditelaah dalam penelitian ini, belum ditemukan pembahasan yang secara khusus berfokus pada keseluruhan alur pembuatan, optimasi, animasi, dan pengujian integrasi aset tiga dimensi beberapa senjata tradisional Indonesia untuk aplikasi pembelajaran markerless Augmented Reality pada perangkat bergerak. Aset yang digunakan pada aplikasi realitas tertambah tidak hanya harus memiliki bentuk yang representatif, tetapi juga perlu memenuhi kebutuhan teknis berupa geometri yang efisien, tekstur dan material yang terbaca, ukuran berkas yang sesuai, animasi yang edukatif, serta kompatibilitas dengan Unity [9]. Kondisi tersebut menjadi kesenjangan pengetahuan sekaligus permasalahan teknis yang diselesaikan dalam penelitian ini.

Kebaruan penelitian terletak pada pengembangan enam aset senjata tradisional yang mengacu pada materi Pendidikan Pancasila kelas V melalui alur kerja high-to-low poly. Pengembangan mencakup pemodelan detail, optimasi menjadi model low-poly, penyuntingan UV, pembuatan tekstur berbasis Physically Based Rendering, texture baking, rigging sederhana, animasi edukatif, animation baking, ekspor FBX, dan pengujian integrasi pada Unity. Penelitian tidak berfokus pada

pembangunan aplikasi secara keseluruhan, melainkan pada kesiapan aset sebagai komponen visual utama aplikasi PUSAKAR. Dengan demikian, kontribusi penelitian berada pada penyediaan alur produksi aset tiga dimensi senjata tradisional yang mempertimbangkan kualitas visual, nilai edukatif, dan efisiensi teknis untuk aplikasi realitas tertambah pada perangkat bergerak.

Pengembangan dilakukan menggunakan metode Multimedia Development Life Cycle yang meliputi tahap concept, design, material collecting, assembly, testing, dan distribution. Data kebutuhan diperoleh melalui observasi, wawancara, dan angket kepada guru serta siswa. Pengujian dilakukan melalui pengujian internal di Unity, validasi ahli pemodelan dan animasi tiga dimensi, validasi guru, serta pengumpulan respons siswa setelah menggunakan aplikasi PUSAKAR. Metode tersebut dipilih karena mampu mengarahkan proses pengembangan produk multimedia secara sistematis, mulai dari identifikasi kebutuhan hingga pengujian dan distribusi produk.

Berdasarkan permasalahan tersebut, pertanyaan penelitian yang diajukan adalah bagaimana menghasilkan aset dan animasi tiga dimensi senjata tradisional yang representatif, edukatif, dan optimal untuk diintegrasikan ke dalam media pembelajaran markerless Augmented Reality, serta bagaimana menilai kelayakan visual, teknis, dan edukatif aset yang dikembangkan. Penelitian ini bertujuan menghasilkan dan menguji kelayakan aset serta animasi tiga dimensi senjata tradisional Indonesia sebagai komponen visual aplikasi PUSAKAR untuk mendukung pembelajaran budaya yang lebih konkret, visual, dan interaktif.

II. II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini mengembangkan aset 3D dan animasi 3D senjata tradisional Indonesia sebagai komponen visual aplikasi pembelajaran PUSAKAR berbasis Markerless Augmented Reality. Prosedur pengembangan menggunakan Multimedia Development Life Cycle (MDLC) yang terdiri atas enam tahap, yaitu concept, design, material collecting, assembly, testing, dan distribution [10]. Alur pengembangan MDLC ditunjukkan pada Gambar 1.

Pada tahap concept, dilakukan observasi pembelajaran, wawancara dengan guru kelas V, dan penyebaran angket kebutuhan kepada 27 siswa SD Negeri Tanah Baru 1. Data tersebut digunakan untuk menentukan kebutuhan visualisasi, karakteristik

pengguna, serta enam objek senjata tradisional yang dikembangkan, yaitu Baladu, Parang Salawaku, Badik Lampung, Mandau, Clurit, dan Tombak.

Tahap design dilakukan dengan merancang bentuk, proporsi, warna, material, ornamen, dan gerakan animasi setiap objek. Rancangan gerakan dituangkan dalam storyboard yang memuat urutan animasi dan bagian objek yang ditampilkan. Pada tahap material collecting, bahan berupa buku Pendidikan Pancasila kelas V, gambar referensi senjata, tekstur kayu dan logam, serta informasi karakteristik objek dikumpulkan sebagai acuan produksi.

Tahap assembly dilakukan menggunakan Blender melalui proses pemodelan dasar, pembuatan model high-poly, optimasi menjadi low-poly, UV editing, texturing, texture baking, rigging, dan keyframe animation. Animasi kemudian melalui proses animation baking agar dapat terbaca setelah dipindahkan ke Unity. Model akhir diekspor dalam format FBX untuk mempertahankan data mesh, material, tekstur, rig, dan klip animasi.

Tahap testing terdiri atas alpha testing dan beta testing. Alpha testing dilakukan dengan mengimpor aset ke Unity versi 2022.3.62f3 untuk memeriksa keterbacaan model, tekstur, material, animasi, skala, orientasi, dan posisi origin object. Beta testing melibatkan dua ahli pemodelan dan animasi 3D, satu guru kelas V, serta 25 siswa setelah menggunakan aplikasi PUSAKAR.

Pengumpulan data pengujian menggunakan angket skala Likert empat poin, yaitu Sangat Tidak Setuju bernilai 1, Tidak Setuju bernilai 2, Setuju bernilai 3, dan Sangat Setuju bernilai 4. Persentase hasil penilaian dihitung menggunakan Persamaan (1).

$$\text{Persentase Skor} = \left(\frac{\sum \text{Skor diperoleh}}{\sum \text{Skor Maksimum}} \right) \times 100\%$$

Keterangan:

$\sum$ skor diperoleh = total skor hasil penilaian

$\sum$ skor maksimum = total skor maksimum yang mungkin diperoleh

Tahap *distribution* dilakukan dengan mengemas aset 3D, tekstur, material, dan animasi dalam format ZIP untuk diserahkan kepada mitra pengembang. Aset yang telah terintegrasi kemudian digunakan pada aplikasi PUSAKAR untuk pelaksanaan pengujian di SD Negeri Tanah Baru 1. Susunan ini mengikuti kepadatan bagian metodologi pada contoh artikel

Multinetics yang Anda lampirkan, tetapi isinya disesuaikan dengan fokus penelitian aset dan animasi 3D dalam skripsi Anda.

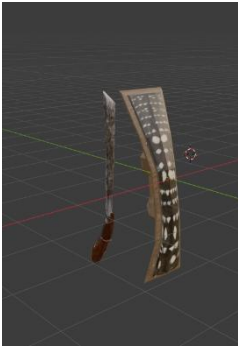
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan enam aset 3D senjata tradisional Indonesia, yaitu Tombak, Clurit, Parang Salawaku, Mandau, Badik Lampung, dan Baladu. Aset dikembangkan menggunakan Blender melalui proses pemodelan dasar, pemodelan high-poly, optimasi menjadi low-poly, UV editing, texturing, texture baking, rigging, pembuatan animasi, dan ekspor ke format FBX. Optimasi dilakukan untuk mengurangi jumlah geometri agar aset dapat digunakan secara lebih efisien pada aplikasi Markerless Augmented Reality berbasis perangkat bergerak. Data teknis model akhir ditunjukkan pada Tabel I.

TABEL I. DATA TEKNIS ASET 3D LOW-POLY

No	Nama Aset	Face	Vertex
1	Tombak	1.889	1.060
2	Clurit	1.378	1.410
3	Parang Salawaku	1.539	1.762
4	Mandau	3.250	2.283
5	Badik Lampung	2.433	1.479
6	Baladu	1.942	2.036

Pengurangan jumlah geometri tidak menghilangkan karakter visual utama objek karena detail permukaan dipertahankan melalui tekstur dan material yang merepresentasikan logam, kayu, serta ornamen setiap senjata. Setiap aset juga dilengkapi animasi yang dibuat menggunakan rigging sederhana, constraint, dan keyframe animation. Animasi digunakan untuk memperlihatkan bagian, hubungan antarkomponen, atau gerakan dasar objek sehingga model tidak hanya ditampilkan secara statis.



Gambar 1. Hasil Aset 3D Senjata Tradisional

Pengujian integrasi dilakukan dengan mengimpor seluruh aset berformat FBX ke Unity versi 2022.3.62f3. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semua model, tekstur, material, dan klip animasi dapat dibaca oleh Unity. Beberapa penyesuaian masih diperlukan pada skala, posisi origin object, dan Animator Controller agar ukuran objek proporsional dan animasi dapat dijalankan sesuai rancangan. Hasil pengujian integrasi disajikan pada Tabel II.

TABEL II. HASIL PENGUJIAN INTEGRASI ASET

No	Aspek Pengujian	Hasil	Keterangan
1	Impor FBX	Berhasil	Seluruh aset dapat diimpor
2	Tekstur	Berhasil	Tekstur dapat ditampilkan
3	Material	Berhasil	Material terbaca di Unity
4	Animasi	Berhasil	Memerlukan pengaturan <i>Animator Controller</i>
5	Skala objek	Perlu penyesuaian	Disesuaikan dengan tampilan AR
6	<i>Origin object</i>	Perlu penyesuaian	Disesuaikan dengan posisi objek

Hasil tersebut menunjukkan bahwa alur pemindahan aset dari Blender ke Unity dapat berjalan dengan baik. Penggunaan model low-poly menghasilkan geometri yang lebih ringan, sedangkan proses texture baking membantu mempertahankan detail visual setelah penyederhanaan model. Penyesuaian skala dan origin object dilakukan untuk mencegah ukuran objek tidak proporsional atau pergeseran posisi ketika animasi dijalankan dalam aplikasi PUSAKAR.

Validasi oleh dua ahli pemodelan dan animasi 3D memperoleh skor 71 dari skor maksimum 80 atau 88,75% dengan kategori sangat layak. Ahli menilai bahwa bentuk, proporsi, animasi, durasi, dan urutan gerakan telah sesuai dengan karakter objek. Namun, terdapat masukan untuk memperbaiki arah normal mesh pada beberapa bagian model dan meningkatkan resolusi tekstur bercorak agar detail ornamen terlihat lebih jelas.

Validasi guru memperoleh skor 24 dari skor maksimum 24 atau 100% dengan kategori sangat layak. Guru menilai bahwa tampilan objek 3D dapat membantu mengatasi keterbatasan alat peraga serta mendukung penyampaian materi senjata tradisional

dalam pembelajaran Pendidikan Pancasila. Pengujian kepada 25 siswa memperoleh skor 453 dari skor maksimum 500 atau 90,6% dengan kategori sangat baik. Hasil validasi dan respons pengguna ditunjukkan pada Tabel III.

TABEL III. REKAPITULASI HASIL VALIDASI

No	Jenis Pengujian	Skor	Persentase	Kategori
1	Ahli pemodelan dan animasi 3D	71/80	88,75%	Sangat layak
2	Guru kelas V	24/24	100%	Sangat layak
3	Respons 25 siswa	453/500	90,6%	Sangat baik

Respons siswa menunjukkan bahwa kemudahan penggunaan tombol memperoleh nilai tertinggi sebesar 93%. Kemampuan visualisasi 3D dalam membantu siswa membayangkan bentuk senjata memperoleh 91%, sedangkan kesenangan belajar dan kemudahan memahami kuis masing-masing memperoleh 90%. Keinginan siswa untuk menggunakan aplikasi kembali memperoleh 89%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa aset 3D dan animasi dapat diterima dengan baik sebagai komponen visual dalam aplikasi PUSAKAR.

Secara keseluruhan, aset yang dikembangkan telah memenuhi kebutuhan visual, teknis, dan edukatif untuk media pembelajaran berbasis Markerless Augmented Reality. Model mampu menampilkan bentuk, proporsi, tekstur, dan ornamen senjata secara lebih konkret dibandingkan gambar dua dimensi, sedangkan animasi membantu memperjelas bagian dan karakteristik objek. Meskipun demikian, penelitian ini terbatas pada penilaian kelayakan aset dan respons pengguna serta belum mengukur peningkatan hasil belajar siswa melalui pengujian sebelum dan sesudah penggunaan aplikasi. Penyusunan bagian ini disesuaikan dengan bentuk penulisan hasil dan pembahasan pada artikel Multinetics yang dilampirkan.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini berhasil menghasilkan enam aset 3D dan animasi 3D senjata tradisional

Indonesia, yaitu Baladu, Parang Salawaku, Badik Lampung, Mandau, Clurit, dan Tombak, menggunakan metode Multimedia Development Life Cycle. Proses pengembangan dilakukan melalui pemodelan high-poly, optimasi menjadi low-poly, UV editing, texturing, texture baking, rigging, animasi, dan ekspor FBX untuk integrasi ke Unity. Hasil pengujian menunjukkan bahwa aset dapat diimpor serta menampilkan model, tekstur, material, dan animasi dengan baik setelah dilakukan penyesuaian pada skala, origin object, dan Animator Controller. Validasi dua ahli pemodelan dan animasi 3D memperoleh nilai 88,75% dengan kategori sangat layak, validasi guru memperoleh 100% dengan kategori sangat layak, dan respons 25 siswa memperoleh 90,6% dengan kategori sangat baik. Dengan demikian, aset 3D dan animasi yang dikembangkan layak digunakan sebagai komponen visual aplikasi PUSAKAR untuk mendukung pembelajaran budaya yang lebih konkret, visual, dan interaktif.

Pengembangan selanjutnya disarankan melakukan pemeriksaan normal mesh secara menyeluruh agar tidak terdapat bagian model yang tampak transparan serta menggunakan tekstur beresolusi lebih tinggi agar corak dan ornamen senjata terlihat lebih jelas. Optimasi skala, posisi origin object, jumlah geometri, dan ukuran tekstur juga perlu dilakukan untuk meningkatkan kompatibilitas aset pada berbagai perangkat bergerak. Penelitian berikutnya dapat menambah jumlah senjata tradisional, melakukan pengujian performa lintas perangkat yang mencakup frame rate, penggunaan memori, suhu perangkat, dan waktu pemuatan, serta menggunakan desain pretest-posttest untuk mengukur pengaruh media terhadap hasil belajar siswa.

V. REFERENSI

Daftar berikut disusun berdasarkan sumber yang digunakan dalam skripsi Geovanrivo dan telah disesuaikan dengan gaya IEEE.

- [1] Republik Indonesia, "Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2017 tentang Pemajuan Kebudayaan," 2017.
- [2] M. K. Bekele *et al.*, "A survey of augmented, virtual, and mixed reality for cultural heritage," *Journal on Computing and Cultural Heritage*, vol. 11, no. 2, pp. 1–36, 2018.
- [3] J. Garzón, J. Pavón, and S. Baldiris, "Systematic review and meta-analysis of augmented reality in educational settings," *Virtual Reality*, vol. 23, no. 4, pp. 447–459, 2019.
- [4] R. G. Boboc *et al.*, "Augmented reality in cultural heritage: An overview of the last decade of applications," *Applied Sciences*, vol. 12, no. 19, Art. no. 9859, 2022.

- [5] I. S. A. Ahranie, "Rancang bangun media pembelajaran interaktif peristiwa Sumpah Pemuda untuk kelas 5 MI Taufiqurrahman 2 berbasis markerless augmented reality," Skripsi D4, Politeknik Negeri Jakarta, Depok, Indonesia, 2024.
- [6] E. E. Ramli, "Pembuatan aplikasi berbasis virtual reality pada 3D museum digital budaya keris," Skripsi D4, Politeknik Negeri Jakarta, Depok, Indonesia, 2022.
- [7] F. Firdaus, "Pembuatan aset visual dan animasi aplikasi multimedia interaktif dengan fitur augmented reality sebagai alat bantu pembelajaran logika matematika," Skripsi D4, Politeknik Negeri Jakarta, Depok, Indonesia, 2025.
- [8] S. F. Solikha, "Pembuatan multimedia interaktif berbasis augmented reality untuk pengenalan rempah-rempah," Skripsi D4, Politeknik Negeri Jakarta, Depok, Indonesia, 2025.
- [9] R. Riwinoto and A. B. Nugroho, "3D optimization analysis in augmented reality application," in *Proceedings of the 6th International Conference on Applied Engineering*, 2024.
- [10] A. H. Sutopo, *Multimedia Interaktif dengan Flash*. Yogyakarta, Indonesia: Graha Ilmu, 2021.
- [11] Blender Foundation, "Blender Manual," 2026.
- [12] J. Knodt, Z. Pan, K. Wu, and X. Gao, "Joint UV optimization and texture baking," *ACM Transactions on Graphics*, 2023.
- [13] M. Pharr, W. Jakob, and G. Humphreys, *Physically Based Rendering: From Theory to Implementation*, 4th ed. Cambridge, MA, USA: MIT Press, 2023.
- [14] S. Sukaridhoto, A. L. Haz, E. D. Fajrianti, and R. P. N. Budiarti, "Comparative study of 3D assets optimization of virtual reality application on VR standalone device," *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, vol. 13, no. 3, pp. 999–1008, 2023.
- [15] Unity Technologies, "Model import settings reference," *Unity Manual*, ver. 2022.3, 2026.
- [16] R. Spallone, F. Lamberti, L. M. Olivieri, F. Ronco, and L. Castagna, "AR and VR for enhancing museums' heritage through 3D reconstruction of fragmented statue and architectural context," *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. XLVI-2/W1, pp. 473–480, 2022.
- [17] J. L. Adelson and D. B. McCoach, "Measuring the mathematical attitudes of elementary students: The effects of a 4-point or 5-point Likert-type scale," *Educational and Psychological Measurement*, vol. 70, no. 5, pp. 796–807, 2010.