



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



**PEMBUATAN ASET 3D DAN ANIMASI 3D SENJATA
TRADISIONAL PADA MEDIA PEMBELAJARAN
INTERAKTIF BERBASIS MARKERLESS
AUGMENTED REALITY**

SKRIPSI

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

GEOVANRIVO WIBI MORISKO BAAY 2207431028

**PROGRAM STUDI D-IV TEKNIK MULTIMEDIA DIGITAL
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA DAN KOMPUTER
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2026



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



**PEMBUATAN ASET 3D DAN ANIMASI 3D SENJATA
TRADISIONAL PADA MEDIA PEMBELAJARAN
INTERAKTIF BERBASIS MARKERLESS
AUGMENTED REALITY**

SKRIPSI

**Dibuat untuk Melengkapi Syarat-Syarat yang Diperlukan untuk
memperoleh Diploma Empat Politeknik**

GEOVANRIVO WIBI MORISKO BAAY 2207431028

**PROGRAM STUDI D-IV TEKNIK MULTIMEDIA DIGITAL
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA DAN KOMPUTER
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2026



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Geovanrivo Wibi Morisko Baay

NIM : 2207431028

Jurusan/Program Studi : T.Informatika dan Komputer / T.Multimedia Digital

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

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bebas dari peniruan terhadap karya dari orang lain. Kutipan pendapat dan tulisan orang lain ditunjuk sesuai dengan cara-cara Sayaan karya ilmiah yang berlaku.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa dalam skripsi ini terkandung cirri-ciri plagiat dan bentuk-bentuk peniruan lain yang dianggap melanggar peraturan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Depok, 8 Juni 2026 Yang
Menyatakan



(Geovanrivo Wibi Morisko Baay)

NIM 2207431028



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang memperbanyak dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi Diajukan oleh :

Nama : Geovanrivo Wibi Morisko Baay

NIM : 2207431028

Jurusan/Program Studi : T.Informatika dan Komputer / T.Multimedia Digital

Judul skripsi : PEMBUATAN ASET 3D DAN ANIMASI 3D SENJATA TRADISIONAL PADA MEDIA PEMBELAJARAN INTERAKTIF BERBASIS MARKERLESS AUGMENTED REALITY

Telah diuji oleh Tim Penguji Dalam Sidang Skripsi Pada Hari Jum'at, Tanggal 19, Bulan Juni, Tahun 2026 Dan Dinyatakan LULUS

Disahkan Oleh

Pembimbing I

Mira Rosalina, S.Pd., M.T

Penguji I

Ade Rahma Yuly, S.Kom.,

M.Ds.

Penguji II

Noorfela Marcheta,

S.Kom., M.Kom.

Penguji III

Sinantiya Feranti Anindya,

S.T., M.T.

Mengetahui:

Jurusan Teknik Informatika Dan Komputer

Ketua



Dr. Anita Hidayati, S.Kom., M.Kom.

NIP. 197908032003122003



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pembuatan Aset 3d Dan Animasi 3d Senjata Tradisional Pada Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Markerless Augmented Reality”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan pada Program Studi Teknik Multimedia Digital, Jurusan Teknik Informatika dan Komputer, Politeknik Negeri Jakarta.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari berbagai kendala dan tantangan, baik secara teknis maupun non-teknis. Namun, berkat bimbingan, dukungan, serta bantuan dari berbagai pihak, skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia berupa kesehatan dan kemampuan yang tidak terbatas sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini
2. Ibu Mira Rosalina, S.Pd., M.T., selaku dosen pembimbing skripsi, yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan arahan, bimbingan, serta masukan yang sangat berarti selama proses penyusunan skripsi ini.
3. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Informatika dan Komputer Politeknik Negeri Jakarta, khususnya dosen Program Studi Teknik Multimedia Digital, yang telah memberikan ilmu pengetahuan, pengalaman, serta wawasan selama penulis menempuh pendidikan.
4. Orang tua dan keluarga, yang senantiasa memberikan doa, dukungan moral, serta motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan studi dan skripsi ini.



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

5. Kerabat dan teman seperjuangan, yang telah memberikan bantuan, semangat, serta kebersamaan selama proses perkuliahan dan penyusunan skripsi.
6. Ibu Siska Wulandari, S.Pd selaku Wali Kelas 5 beserta seluruh siswa dan staf SD Negeri Tanah Baru 1 yang telah memberikan izin, waktu, dan bantuan yang sangat berharga selama proses observasi dan pengujian lapangan penelitian ini
7. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah memberikan kontribusi secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini.
8. Dimas Muhammad Rizki Selaku rekan kerja penulis yang telah berperan sebagai rekan bekerja sama untuk menyelesaikan proyek ini

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki keterbatasan dan kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan karya ini di masa yang akan datang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang visualisasi 3D, multimedia interaktif, dan Augmented Reality dalam media pembelajaran berbasis budaya.

Depok, 2026

Geovanrivo Wibi Morisko Baay

NIM. 2207431028



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI **SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai aktivitas akademik Politeknik Negeri Jakarta, saya bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Geovanrivo Wibi Morisko Baay

NIM : 2207431028

Jurusan/Program Studi: T.Informatika dan Komputer / T.Multimedia Digital

Demi pengembangan ilmu pengetahuan , menyetujui untuk memberikan kepada Politeknik Negeri Jakarta Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah saya yang berjudul :

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

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Politeknik Negeri Jakarta Berhak menyimpan, mengalihmediakan/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya

Depok, 8 Juni 2026 Yang
Menyatakan

(Geovanrivo Wibi Morisko Baay)

NIM 2207431028



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

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



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
<i>Abstrak</i>	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Perumusan Masalah	1
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Tujuan Dan Manfaat	7
1.5 Sistematika Penulisan	8
BAB II.....	9
2.1 Pemodelan 3D Untuk Aplikasi Real-Time	9
2.2 Pemodelan 3D Dengan Perangkat Lunak Blender.....	10
2.3 High-To-Low Poly Workflow Dan Penerapan Dalam AR.....	11
2.4 Physically Based Rendering (PBR) Dalam Visualisasi 3D	12
2.5 Texture Baking Untuk Optimasi Model 3D.....	13
2.6 Optimasi Aset 3D Dan Pipeline Integrasi Dengan Unity Untuk Platform Mobile	14
2.7 Teknik Animasi 3D Untuk Objek Non-Karakter	16
2.8 Skala Likert	17
2.9 Learning Object Review Instrument (LORI)	18
2.10 Studi Terdahulu (State Of The Art)	19



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

BAB III	25
3.1 Rancangan Penelitian	25
3.1.1 Sumber Data	26
3.1.2 Teknik Pengumpulan Data	29
3.1.3 Teknik Analisis Data	30
3.1.3.1 Analisis Deskriptif Kualitatif	31
3.1.3.2 Analisis Deskriptif Kuantitatif:	31
3.1.3.3 Analisis Hasil Integrasi Aset	33
3.2 Tahapan Penelitian	34
3.3 Objek Penelitian	40
BAB IV	42
4.1. Analisis Kebutuhan Pengguna	42
4.2. Perancangan Aset 3D dan Animasi	45
4.2.1. Workflow Pembuatan Objek 3D	46
4.2.2. Rancangan Animasi Objek	46
4.2.3. Pengumpulan Bahan	60
4.3. Implementasi Pembuatan Aset 3D dan Animasi di Blender	66
4.3.1 Referensi Visual	66
4.3.2 Modelling Dasar	67
4.3.3 High-Poly Modelling	68
4.3.4 High-to-Low Poly Conversion	69
4.3.5 UV Editing	71
4.3.6 Texturing	73
4.3.8 Texture Baking	79
4.3.9 Rigging dan Constraint	81
4.3.10 Animating	90
4.3.11 Animation Baking	91
4.3.12 Export FBX	92
4.4. Integrasi Aset ke Unity	92
4.5. Pengujian	94
4.5.1 Alpha Testing Oleh Pihak Internal	94
4.5.2 Beta Testing oleh User dan Ahli	99



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

4.5.2.1	Beta Testing oleh Ahli Pemodelan dan Animasi 3D	99
4.5.2.2	Beta Testing oleh Guru	102
4.5.2.3	Beta Testing oleh Siswa	104
4.6.	Pembahasan Hasil Pengujian	107
4.6.1	Kesesuaian Pengembangan Aset dengan Kebutuhan Pembelajaran 108	
4.6.2	Kelayakan Teknis Aset 3D dan Animasi	109
4.6.3	Penerimaan Pengguna pada Testing Lapangan	110
4.6.4	Keterbatasan Hasil Pengujian	110
4.7.	Distribusi	111
4.8.	Ringkasan Hasil Bab IV	112
BAB V		114
5.1	Kesimpulan	114
5.2	Saran	115
Daftar pustaka		116
DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS		118
LAMPIRAN		119

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tampilan Workspace Aplikasi Blender	10
Gambar 2.2 Contoh Workflow High-To-Low Poly	12
Gambar 2.3 Tampilan Shader Editor dan integrasi Material	13
Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian MDLC	36
Gambar 3. 2 Multimedia Development Life Cycle.....	39
Gambar 4.1 Workflow Pembuatan Objek 3D	46
Gambar 4.2 Referensi Visual senjata tradisional.....	67
Gambar 4.3 Proses modelling dasar aset 3D.....	68
Gambar 4.4 Proses high-poly modelling.....	69
Gambar 4.5 Hasil konversi model high-poly ke low-poly	70
Gambar 4.6 Proses UV Editing texture kayu	72
Gambar 4.7 Proses UV Editing Pada <i>texture</i> gambar	72
Gambar 4.8 Value yang digunakan untuk pembuatan logam putih	73
Gambar 4.9 Value yang digunakan untuk pembuatan logam Hitam	75
Gambar 4.10 Value yang digunakan untuk pembuatan logam Coklat.....	77
Gambar 4.11 Pembuatan Image Texture kosong lalu diberikan nama	79
Gambar 4.12 Pengaturan pada Scene di Navigation sebelum Texture Baking.....	80
Gambar 4.13 Pengaturan Texture baking Pada bagian Bake.....	80
Gambar 4.14 Pengaplikasian Armature terhadap objek 3D.....	81
Gambar 4.15 Contoh Struktur Rigging.....	82
Gambar 4.16 Constraint pada Throw Bone	83
Gambar 4.17 Menyimpan Action Melempar yang sudah dijalankan	83
Gambar 4.18 Memberikan Action Constraint pada Spear Location	84
Gambar 4.19 Armature Pada Objek 3D Tombak.....	85
Gambar 4.20 Armature Pada Objek 3D Celurit.....	86
Gambar 4.21 Armature Pada Objek 3D Parang Salawaku	86
Gambar 4.22 Armature Pada Objek 3D Baladu.....	87
Gambar 4.23 Armature Pada Objek 3D Mandau	88
Gambar 4.24 Armature Pada Objek 3D Badik Lampung	89

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 4.25 Tampilan Graph Editor.....	90
Gambar 4.26 Pengaturan Pada Bake Action.....	91
Gambar 4.27 Tampilan Pengaturan Export sebelum masuk ke Unity.....	92
Gambar L.google form validas Respon Guru	129
Gambar L.google form validasi Respon Guru 2	130
Gambar L.google form validasi Respon Guru 3	131
Gambar L.google form validas Respon Guru 4	132
Gambar L.google form validas Respon Siswa.....	133
Gambar L.google form validasi Respon Siswa 2.....	134
Gambar L.google form validasi Respon Siswa 3.....	135
Gambar L.google form Diagram Respon Ahli pemodelan dan animasi 3D	136
Gambar L.google form Diagram Respon Ahli pemodelan dan animasi 3D 2	137
Gambar L.google form Diagram Respon Ahli pemodelan dan animasi 3D 3	138
Gambar L.google form Diagram Respon Ahli pemodelan dan animasi 3D 4	139
Gambar L.google form 1 Tampilan Jumlah Respons Google Form.....	143
Gambar L.google form 2 Diagram Respons Siswa terhadap Tampilan 3D Senjata Tradisional.....	143
Gambar L.google form 3 Diagram Respons Siswa terhadap Kesenangan Belajar Menggunakan PUSAKAR	144
Gambar L.google form 4 Diagram Respons Siswa terhadap Kemudahan Tombol Menu	144
Gambar L.google form 5 Diagram Respons Siswa terhadap Kuis pada Aplikasi PUSAKAR	145
Gambar L.google form 6 Diagram Respons Siswa terhadap Keinginan Menggunakan PUSAKAR Kembali	145
Gambar L.Rekapulasi hasil score Quiz 1.....	146
Gambar L.Rekapulasi hasil score Quiz 2.....	147
Gambar L.Rekapulasi hasil score Quiz 3.....	148
Gambar L.Rekapulasi hasil score Quiz 4.....	148
Gambar L. Observasi Asesmen Diagnostik 1	149
Gambar L. Observasi Asesmen Diagnostik 2	149
Gambar L. Observasi Asesmen Diagnostik 3	150



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Gambar L. Observasi Asesmen Diagnostik 4	150
Gambar L.2 Lembar Observasi Asesmen Diagnostik Halaman 1	151
Gambar L.2 Lembar Observasi Asesmen Diagnostik Halaman 2	151
Gambar L.2 Lembar Observasi Asesmen Diagnostik Halaman 3	152
Gambar L.20 Lembar Observasi Asesmen Diagnostik Halaman 4	152
Gambar L. Portofolio Ahli Pemodelan dan Animasi 3D 2	156





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kategori Skala Likert 4 poin.....	17
Tabel 2.2 Kriteria Kelayakan Persentase	19
Tabel 2.3 Perbandingan Studi Terdahulu.....	21
Tabel 4. 1 Rekapitulasi Angket Kebutuhan Awal Siswa	42
Tabel 4. 2 Rancangan Konsep Gerakan Animasi.....	47
Tabel 4. 3 Storyboard Animasi Objek.....	49
Tabel 4.4 Pengumpulan Bahan Visual dan Teknis	61
Tabel 4.5 Tabel Value Ratio Decimate untuk setiap objek.....	70
Tabel 4.6 Tabel Value dari Logam Putih.....	74
Tabel 4.7 Tabel Value dari Logam Hitam	76
Tabel 4.8 Tabel Value dari Logam coklat.....	78
Tabel 4.9 Data Integrasi Aset ke Unity.....	93
Tabel 4.10 Data Teknis Low-Poly Aset 3D	95
Tabel 4.11 Hasil Pengujian Integrasi Aset.....	97
Tabel 4.12 Hasil Validasi Ahli Pemodelan 3D dan Animasi 3D.....	100
Tabel 4.13 Hasil Validasi Guru Setelah Testing Lapangan	102
Tabel 4.14 Hasil Respon Siswa Setelah Testing Lapangan	105
Tabel 4.15 Rekapitulasi Respon Siswa Setelah Testing Lapangan	106
Tabel 4.16 Penyerahan Aset 3D Low-Poly Kepada Mitra Skripsi	111



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Pedoman Wawancara	119
Lampiran 2. Transkrip Wawancara Guru.....	121
Lampiran 3. Transkrip Wawancara Siswa	126
Lampiran 4. Bukti Hasil Angket Validasi Respon Guru	129
Lampiran 5. Bukti Hasil Validasi Respond siswa.....	133
Lampiran 6. Bukti Hasil Angket Respon Ahli pemodelan dan animasi 3D	136
Lampiran 8. Rekapitulasi Hasil Skor Kuis Siswa pada Aplikasi PUSAKAR	146
Lampiran 9. Lembar Observasi Asesmen Diagnostik Siswa.....	149
Lampiran 10. Lembar Observasi Asesmen Diagnostik Siswa.....	151
Lampiran 11. CV dan Portofolio Ahli Pemodelan 3D dan Animasi	153
Lampiran 12. Pelaksanaan Observasi lapangan.....	157
Lampiran 13. Pelaksanaan Uji Coba Media Pusakar.....	160

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

BAB I

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang Masalah

Perkembangan teknologi digital membuka peluang baru dalam pelestarian dan pengenalan warisan budaya kepada generasi muda. Warisan budaya Indonesia memiliki cakupan yang luas, meliputi rumah adat, pakaian adat, tarian daerah, alat musik tradisional, lagu tradisional, makanan khas, minuman tradisional, serta senjata tradisional. Berbagai unsur budaya tersebut memiliki karakter visual, fungsi, bentuk, ornamen, dan nilai identitas daerah yang perlu diperkenalkan kepada siswa secara menarik dan mudah dipahami. Salah satu unsur budaya yang membutuhkan visualisasi konkret adalah senjata tradisional Indonesia, karena senjata tradisional tidak hanya memiliki bentuk fisik yang khas, tetapi juga mencerminkan identitas daerah, karakter visual, bahan, ornamen, serta nilai sejarah masyarakat asalnya. Dalam konteks pembelajaran, pengenalan senjata tradisional membutuhkan media yang mampu menampilkan bentuk, proporsi, tekstur, ornamen, dan karakteristik objek secara jelas agar siswa dapat memahami objek budaya secara lebih konkret.

Pemajuan kebudayaan melalui pendidikan menjadi salah satu arah penting dalam perlindungan, pengembangan, pemanfaatan, dan pembinaan kebudayaan Indonesia. Visualisasi digital dapat mendukung penyampaian pengetahuan budaya karena objek dapat ditampilkan secara lebih dekat, terarah, dan diamati dari berbagai sudut pandang. Penggunaan *Augmented Reality* dalam konteks pendidikan dan warisan budaya juga telah banyak dikaji sebagai sarana untuk menghadirkan representasi objek budaya secara digital tanpa menggantikan nilai pembelajaran langsung dari benda asli atau kegiatan budaya lainnya. (Republik Indonesia 2017; Bekele et al. 2018; Garzón, Pavón, dan Baldiris 2019; Boboc et al. 2022)



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Aplikasi PUSAKAR merupakan media pembelajaran interaktif berbasis *markerless Augmented Reality* yang dirancang untuk mendukung pengenalan keragaman budaya Indonesia kepada siswa sekolah dasar. Konten budaya dalam aplikasi ini tidak hanya mencakup senjata tradisional, tetapi juga rumah adat, pakaian adat, tarian daerah, alat musik tradisional, lagu tradisional yang dilengkapi dengan tampilan lirik, makanan khas, dan minuman tradisional. Keberadaan berbagai kategori budaya tersebut bertujuan untuk memberikan pengalaman belajar yang lebih luas, visual, dan interaktif, sehingga siswa dapat mengenal unsur-unsur budaya Indonesia melalui media digital yang menarik. Namun, dalam penelitian ini, fokus pengembangan dibatasi pada pembuatan aset 3D dan animasi 3D senjata tradisional sebagai salah satu komponen visual utama yang diintegrasikan ke dalam aplikasi PUSAKAR.

Hasil observasi, wawancara awal dengan guru wali kelas V, serta angket kebutuhan awal siswa di SD Negeri Tanah Baru 1 menunjukkan bahwa pembelajaran materi budaya masih menghadapi kendala dalam visualisasi objek. Materi keragaman budaya, termasuk pengenalan senjata tradisional, dipelajari dalam mata pelajaran Pendidikan Pancasila kelas V. Materi tersebut membutuhkan media yang dapat membantu siswa memahami bentuk, struktur, fungsi, tekstur, dan perbedaan karakter antarobjek budaya secara lebih jelas.

Berdasarkan hasil analisis angket kebutuhan awal terhadap 27 siswa kelas V, Pendidikan Pancasila menjadi mata pelajaran yang paling banyak dipilih sebagai pelajaran yang sulit dipahami atau sulit dibayangkan bentuk aslinya, yaitu sebanyak 19 siswa atau 70,4 persen. Temuan tersebut menunjukkan bahwa materi yang berkaitan dengan objek budaya memerlukan media visual yang lebih konkret agar siswa tidak hanya memahami informasi melalui teks atau gambar dua dimensi.

Pada aspek hambatan belajar, sebanyak 11 siswa atau 40,7 persen menyatakan bahwa teks dalam buku terlalu panjang. Sebanyak 8 siswa atau 29,6 persen menilai gambar dalam buku kurang jelas atau kurang menarik. Sebanyak 6 siswa atau 22,2 persen menyatakan kesulitan membayangkan bentuk atau proses dari materi yang dipelajari. Selain itu, sebanyak 6 siswa atau 22,2 persen menyatakan pembelajaran



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

kurang menarik apabila tidak disertai aktivitas atau kuis. Hasil tersebut menunjukkan bahwa masalah utama pembelajaran bukan terletak pada keterbatasan akses terhadap museum, tetapi pada keterbatasan media kelas dalam menampilkan bentuk, proporsi, tekstur, ornamen, dan bagian objek budaya secara konkret.

Ketertarikan siswa terhadap media pembelajaran berbasis objek tiga dimensi juga cukup tinggi. Sebanyak 19 siswa atau 70,4 persen menyatakan sangat tertarik menggunakan aplikasi pembelajaran yang dapat menampilkan objek tiga dimensi yang dapat diputar dan diamati dari berbagai sisi. Sebanyak 6 siswa atau 22,2 persen menyatakan cukup tertarik. Dengan demikian, terdapat 25 siswa atau 92,6 persen yang menunjukkan respons positif terhadap penggunaan objek tiga dimensi dalam media pembelajaran. Pada pertanyaan mengenai video pembelajaran dan kuis interaktif, sebanyak 21 siswa menjawab Ya dan 5 siswa menjawab Mungkin. Hasil tersebut menunjukkan bahwa siswa membutuhkan media pembelajaran yang lebih konkret, menarik, visual, dan mendukung interaksi belajar.

Sejumlah penelitian terdahulu menunjukkan bahwa teknologi *Augmented Reality*, *Virtual Reality*, serta aset visual tiga dimensi dapat digunakan untuk mendukung pembelajaran dan pengenalan budaya. Ahranie (2024) mengembangkan media pembelajaran interaktif peristiwa Sumpah Pemuda untuk siswa kelas V berbasis *markerless Augmented Reality* dengan metode *Multimedia Development Life Cycle*. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan AR dapat membantu penyajian materi sejarah secara lebih menarik. Ramli (2022) juga mengembangkan museum digital budaya keris berbasis *Virtual Reality* menggunakan *Blender* dan *Unity* sebagai media pengenalan serta pelestarian budaya. Sementara itu, Firdaus (2025) menempatkan aset visual dan animasi sebagai komponen penting dalam multimedia interaktif berbasis AR, sedangkan Solikha (2025) mengembangkan media pembelajaran berbasis AR dengan visualisasi objek tiga dimensi, panel informasi, dan kuis interaktif.

Berdasarkan penelitian tersebut, media pembelajaran berbasis AR memiliki potensi untuk membantu penyajian materi yang membutuhkan visualisasi objek secara lebih konkret. Namun, penelitian terdahulu umumnya berfokus pada



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

pengembangan media atau aplikasi secara menyeluruh, pengenalan objek budaya secara umum, maupun penggunaan aset visual sebagai bagian dari aplikasi pembelajaran. Penelitian ini mengambil fokus yang lebih spesifik, yaitu pembuatan, optimasi, animasi, dan pengujian integrasi aset tiga dimensi enam senjata tradisional Indonesia untuk kebutuhan media pembelajaran berbasis *markerless Augmented Reality*. Fokus tersebut diperlukan karena aset senjata tradisional tidak hanya harus sesuai dengan referensi visual dan kebutuhan pembelajaran siswa, tetapi juga harus memiliki jumlah geometri, *texture*, *material*, animasi, serta ukuran file yang sesuai untuk digunakan pada aplikasi *Android* berbasis AR.

Media pembelajaran yang digunakan di sekolah memang membantu proses penyampaian materi, tetapi belum sepenuhnya mampu menampilkan bentuk asli, ukuran, tekstur, ornamen, dan perbedaan karakter antarjenis senjata tradisional secara jelas. Hasil wawancara dengan siswa juga menunjukkan bahwa sebagian siswa belum pernah melihat beberapa senjata tradisional secara langsung, sehingga masih kesulitan membayangkan bentuk objek budaya tersebut secara utuh. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya alternatif media pembelajaran yang lebih konkret dan interaktif. Dalam konteks ini, teknologi *Augmented Reality* dapat digunakan untuk menghadirkan objek digital tiga dimensi ke dalam lingkungan nyata melalui perangkat *mobile*.

Keberhasilan penerapan *Augmented Reality* dalam pembelajaran tidak hanya ditentukan oleh aplikasi yang digunakan, tetapi juga oleh kesiapan aset tiga dimensi dan animasi sebagai komponen visual utama. Aset tiga dimensi harus memiliki bentuk yang representatif, tekstur yang jelas, *material* yang sesuai, animasi yang edukatif, serta ukuran file yang tetap optimal untuk perangkat *mobile*. Oleh karena itu, pembuatan aset tiga dimensi dan animasi senjata tradisional dilakukan melalui tahapan teknis yang terstruktur, meliputi analisis referensi, pemodelan, optimasi, *UV unwrapping*, *texturing*, *texture baking*, *rigging*, animasi, ekspor ke format *FBX*, dan pengujian integrasi di *Unity*.



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Atas dasar tersebut, penelitian ini berfokus pada pembuatan aset tiga dimensi dan animasi tiga dimensi senjata tradisional Indonesia sebagai komponen visual dalam media pembelajaran interaktif berbasis *markerless Augmented Reality*. Aplikasi PUSAKAR digunakan sebagai konteks integrasi aset. Penelitian ini berfokus pada pembuatan aset tiga dimensi, animasi edukatif, optimasi aset, serta kesiapan integrasi aset pada *Unity*. Pengembangan komponen antarmuka, navigasi, basis data, sistem kuis, audio, fitur lagu tradisional, tampilan lirik lagu, serta konten budaya selain senjata tradisional berada di luar fokus utama penelitian. Luaran penelitian diharapkan dapat mendukung pembelajaran budaya melalui media visual yang lebih konkret, menarik, dan sesuai dengan kebutuhan siswa sekolah dasar.

2. Perumusan Masalah

1. Bagaimana proses pembuatan aset 3D dan animasi 3D senjata tradisional Indonesia yang representatif, sesuai dengan referensi visual, dan tetap optimal untuk diintegrasikan ke dalam aplikasi media pembelajaran berbasis *Markerless Augmented Reality* pada perangkat *mobile*?
2. Bagaimana melakukan validasi terhadap kualitas dan kesesuaian aset 3D dan animasi yang telah dibuat, baik dari segi visual, teknis, maupun konten edukatif yang diintegrasikan ke dalam aplikasi pembelajaran interaktif berbasis *AR*?

1.3 Batasan Masalah

Untuk menjaga fokus penelitian dan menghindari pembahasan yang terlalu luas, ruang lingkup penelitian ini dibatasi sebagai berikut:

1. Aplikasi PUSAKAR merupakan media pembelajaran budaya yang memiliki cakupan konten lebih luas, meliputi senjata tradisional, tarian daerah, rumah adat, alat musik tradisional, lagu tradisional yang dilengkapi dengan tampilan lirik, makanan khas, dan minuman tradisional. Namun, konten selain senjata tradisional, termasuk fitur lagu tradisional dan lirik, merupakan bagian pengembangan yang dikerjakan oleh mitra penelitian, sehingga tidak dibahas secara mendalam dalam skripsi ini.



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

2. Penelitian ini hanya berfokus pada pembuatan, optimasi, animasi, dan pengujian integrasi aset *3D* senjata tradisional Indonesia sebagai salah satu komponen visual utama dalam aplikasi PUSAKAR.
3. Aset *3D* dan animasi *3D* yang dikembangkan dalam penelitian ini dibatasi pada enam senjata tradisional Indonesia yang mengacu pada buku paket Pendidikan Pancasila kelas V yang digunakan di SD Negeri Tanah Baru 1, yaitu Baladu, Parang Salawaku, Badik Lampung, Mandau, Clurit, dan Tombak.
4. Pembuatan model *3D* dilakukan menggunakan *high-to-low poly workflow*, yaitu proses pembuatan model *high-poly* yang kemudian disederhanakan menjadi model *low-poly* untuk kebutuhan optimasi aset pada aplikasi AR *mobile*. Proses ini mencakup pemodelan objek, optimasi bentuk, *UV mapping*, *material setup*, *texturing* berbasis PBR, dan *texture baking*. *Workflow* ini dibutuhkan karena aplikasi AR *mobile* tidak hanya menampilkan objek *3D*, tetapi juga memproses kamera, pelacakan bidang, *material*, *texture*, animasi, dan proses *rendering* secara *real-time*. Oleh karena itu, model *low-poly* lebih sesuai digunakan sebagai aset akhir karena lebih ringan untuk diimpor, dirender, dan dijalankan pada perangkat *mobile*.
5. Animasi *3D* dikembangkan menggunakan *keyframe animation* dan *rigging* sederhana untuk menampilkan bagian atau gerakan dasar pada senjata tradisional. Animasi yang dibuat bersifat sebagai Aset Fungsional, seperti menunjukkan cara pegangan, pelepasan komponen, atau gerakan dasar penggunaan, bukan animasi naratif yang kompleks.
6. Aset *3D* dan animasi yang dihasilkan dioptimalkan untuk penggunaan dalam aplikasi pembelajaran berbasis *Markerless Augmented Reality* pada *platform mobile*, dengan memperhatikan kesiapan teknis aset, seperti jumlah geometri, *texture*, *material*, ukuran *file*, skala objek, *Origin Object*, dan keterbacaan animasi.
7. Penelitian ini tidak mencakup pengembangan aplikasi PUSAKAR secara penuh. Pengembangan fitur aplikasi, antarmuka pengguna, navigasi, basis data, sistem kuis, *audio*, fitur lagu tradisional, tampilan lirik lagu, serta konten budaya selain senjata tradisional berada di luar fokus penelitian.



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Penelitian hanya dilakukan sampai tahap integrasi aset *3D* dan animasi senjata tradisional ke *Unity* untuk keperluan uji fungsional dan visual.

8. Evaluasi dalam penelitian ini dibatasi pada kualitas visual, teknis, dan edukatif aset *3D* serta animasi *3D* senjata tradisional. Penelitian tidak mengukur efektivitas pembelajaran secara menyeluruh, seperti peningkatan hasil belajar, pemahaman konsep, atau perubahan capaian akademik siswa setelah menggunakan aplikasi.

4 Tujuan Dan Manfaat

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan penelitian ini adalah:

1. Menghasilkan aset *3D* serta animasi *3D* senjata tradisional Indonesia berdasarkan referensi buku paket sekolah, hasil observasi, dan kebutuhan integrasi ke aplikasi pembelajaran berbasis *Markerless Augmented Reality*.
2. Menguji kelayakan aset *3D* dan animasi *3D* melalui pengujian integrasi di *Unity*, meliputi keberhasilan *import file FBX*, keterbacaan *texture*, keterbacaan *material*, keterbacaan animasi, kesesuaian skala objek, pengaturan *Origin Object*, dan kesiapan *file* akhir untuk diserahkan kepada mitra pengembang aplikasi.

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini antara lain:

1. Manfaat Praktis: Menghasilkan aset *3D* dan animasi edukatif senjata tradisional yang siap diintegrasikan ke dalam aplikasi *AR* pembelajaran budaya, sehingga dapat membantu siswa memahami bentuk, tekstur, ornamen, dan karakteristik senjata tradisional melalui visualisasi yang lebih realistis, dinamis, dan interaktif.
2. Manfaat Akademis: Memberikan referensi dan studi kasus dalam pengembangan aset *3D* dan animasi yang dioptimalkan untuk *AR mobile*, khususnya dalam konteks preservasi budaya, serta menjadi dasar pengembangan media pembelajaran digital yang lebih hidup (*animated*) dan efektif secara teknis.



5.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini disusun untuk memudahkan pembaca dalam memahami isi penelitian secara menyeluruh. Adapun sistematika penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

- A. **BAB I: PENDAHULUAN** : Berisi latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, serta sistematika penulisan skripsi.
- B. **BAB II: TINJAUAN PUSTAKA** : Membahas teori-teori yang relevan, penelitian terdahulu yang terkait dengan teknologi *AR*, visualisasi *3D*, serta penggunaan teknologi dalam pembelajaran budaya dan sejarah.
- C. **BAB III: METODE PENELITIAN** : Menguraikan metode yang digunakan dalam penelitian ini, termasuk desain penelitian, teknik pengumpulan data, dan teknik analisis data yang diterapkan.
- D. **BAB IV: HASIL DAN PEMBAHASAN** : Bab ini menyajikan hasil pengembangan aset *3D* dan animasi *3D* senjata tradisional Indonesia untuk kebutuhan aplikasi pembelajaran berbasis *Markerless Augmented Reality*. Pembahasan mencakup hasil observasi kebutuhan pembelajaran, proses perancangan model *3D*, pembuatan tekstur, penerapan animasi, optimasi aset, serta kesiapan aset untuk diintegrasikan ke dalam *Unity*. Selain itu, bab ini juga membahas kesesuaian hasil aset dengan referensi visual, kebutuhan pembelajaran siswa kelas 5 SD Negeri Tanah Baru 1, serta kebutuhan teknis aplikasi *AR* yang dikembangkan oleh mitra penelitian.
- E. **BAB V : PENUTUP** : Bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan berdasarkan rumusan masalah dan tujuan penelitian. Kesimpulan disusun untuk menjelaskan hasil utama pengembangan aset *3D* dan animasi *3D* senjata tradisional Indonesia, termasuk kualitas visual, efisiensi teknis, serta kesiapan integrasinya ke dalam aplikasi pembelajaran *Markerless Augmented Reality*.
- F. **BAGIAN AKHIR** : Memuat Daftar Pustaka yang menjadi rujukan teori selama penyusunan skripsi, Lampiran yang berisi bukti instrumen serta data lapangan.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pemodelan 3D Untuk Aplikasi Real-Time

Pemodelan 3D untuk aplikasi *real-time* merupakan proses pembuatan objek digital tiga dimensi yang tidak hanya memperhatikan bentuk visual, tetapi juga efisiensi teknis agar dapat dijalankan pada perangkat dengan sumber daya terbatas. Dalam konteks *Augmented Reality*, aset 3D perlu memiliki geometri yang ringan, topologi yang bersih, tekstur yang efisien, dan ukuran *file* yang sesuai agar proses integrasi ke dalam *engine* dapat berjalan stabil. (Riwinoto dan Nugroho 2024) menjelaskan bahwa pengembangan aplikasi *AR* membutuhkan proses pembuatan aset 3D, integrasi ke *Unity*, serta optimasi grafis melalui teknik seperti *decimate* dan *join mesh*. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas aset 3D dalam *AR* tidak hanya bergantung pada realisme bentuk, tetapi juga pada kesiapan teknis aset ketika digunakan dalam lingkungan aplikasi.

Optimasi model 3D juga menjadi aspek penting dalam aplikasi *real-time* karena objek dengan kompleksitas tinggi dapat mempengaruhi performa visual dan kenyamanan pengguna. Sukaridhoto *et al.* (2023) menunjukkan bahwa optimasi aset 3D pada aplikasi *VR* mampu meningkatkan rata-rata *FPS* dan menurunkan pemanfaatan *GPU* pada perangkat *standalone*. Meskipun penelitian tersebut berada pada konteks *VR*, prinsipnya tetap relevan untuk *AR mobile* karena keduanya sama-sama menampilkan objek 3D secara *real-time* pada perangkat dengan keterbatasan komputasi. Dengan demikian, model 3D untuk *AR* perlu dirancang secara proporsional antara kualitas visual dan efisiensi teknis.



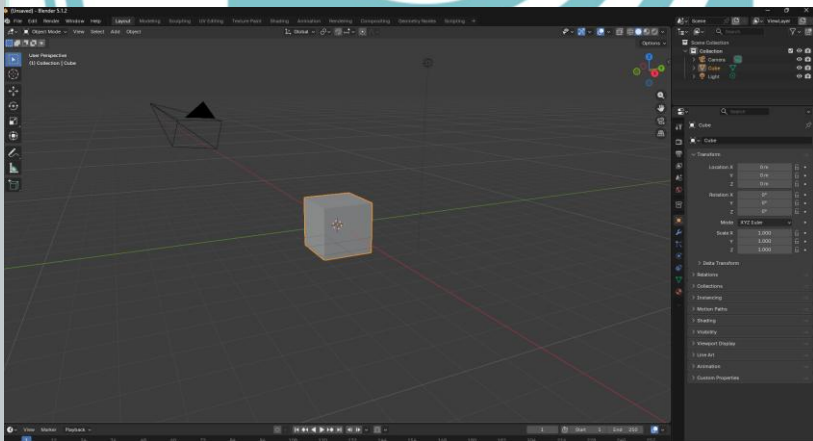
© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

2.2 Pemodelan 3D Dengan Perangkat Lunak Blender

Blender merupakan perangkat lunak sumber terbuka yang dapat digunakan dalam proses produksi aset 3D, mulai dari pemodelan, *sculpting*, *UV editing*, *texturing*, *rigging*, animasi, hingga *export* aset. Dalam penelitian ini, *Blender* digunakan sebagai perangkat utama untuk membuat aset 3D dan animasi senjata tradisional sebelum diintegrasikan ke *Unity*. Penggunaan *Blender* relevan karena proses pembuatan aset 3D untuk *AR* membutuhkan tahapan yang saling terhubung, seperti pembuatan bentuk dasar, penyederhanaan *mesh*, pengaturan *UV*, pemberian tekstur, dan *export* ke format yang dapat dibaca oleh *engine*. Riwinoto dan Nugroho (2024) juga menempatkan *Blender* sebagai salah satu perangkat yang dapat digunakan untuk mengoptimalkan grafis 3D dalam pengembangan aplikasi berbasis *Unity*.



Gambar 2.1 Tampilan Workspace Aplikasi Blender



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

2.3 High-To-Low Poly Workflow Dan Penerapan Dalam AR

Workflow high poly ke low poly digunakan karena aset yang dibuat untuk aplikasi *Augmented Reality* berbasis perangkat *mobile* perlu mempertahankan keseimbangan antara detail visual dan efisiensi geometri. Model *high poly* digunakan untuk membangun detail bentuk, ornamen, lekukan bilah, gagang, sarung, dan bagian khas senjata tradisional secara lebih lengkap. Setelah bentuk utama diperoleh, model disederhanakan menjadi *low poly* agar jumlah *face* dan *vertex* lebih sesuai untuk proses impor, *rendering*, dan penggunaan aset dalam *Unity*.

High-to-low poly workflow dibutuhkan dalam aplikasi *AR* karena perangkat *mobile* tidak hanya menjalankan objek *3D*, tetapi juga memproses kamera, pelacakan bidang atau *markerless tracking*, antarmuka aplikasi, *material*, *texture*, animasi, dan proses *rendering* secara *real-time*. Apabila model *3D* memiliki jumlah geometri yang terlalu tinggi, aplikasi dapat mengalami peningkatan beban pemrosesan, ukuran *file* yang lebih besar, waktu muat yang lebih lama, penurunan kelancaran tampilan, atau kendala ketika objek ditampilkan di ruang nyata. Oleh karena itu, model *low-poly* lebih sesuai digunakan sebagai aset akhir karena lebih ringan untuk diimpor, dirender, dan dijalankan dalam *Unity* pada perangkat *mobile* (Unity Technologies, 2021; Unity Technologies, 2026; Sukaridhoto *et al.*, 2023).

Workflow ini tidak berarti bahwa model *high poly* tidak dapat diimpor ke *Unity*. Namun, model dengan geometri yang terlalu kompleks dapat menambah beban pengolahan ketika aplikasi memuat objek *3D*, *texture*, *material*, animasi, kamera perangkat, antarmuka aplikasi, dan komponen *Augmented Reality* secara bersamaan. Detail visual yang berpotensi berkurang akibat penyederhanaan geometri dipertahankan melalui *UV editing*, *material Physically Based Rendering*, *texture map*, dan *texture baking*. Dengan demikian, model *low poly* tetap dapat merepresentasikan karakter visual utama senjata tradisional secara jelas tanpa membawa kompleksitas geometri yang berlebihan pada aplikasi *Android* berbasis *mobile AR*. (Blender Foundation



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

2026; *Unity Technologies* 2026; Riwinoto dan Nugroho 2024; Knodt *et al.* 2023



Gambar 2.2 Contoh Workflow High-To-Low Poly

Source : <https://davidramseyblog.wordpress.com/2018/09/17/high-to-low-poly-workflow/>

2.4 Physically Based Rendering (PBR) Dalam Visualisasi 3D

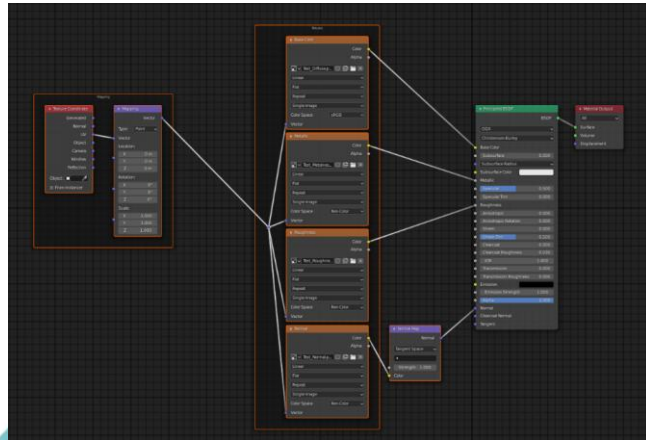
Physically Based Rendering (PBR) merupakan pendekatan *rendering* yang memodelkan interaksi cahaya dengan *material* berdasarkan prinsip fisika, sehingga *material* seperti logam, kayu, dan permukaan kasar dapat tampil lebih konsisten terhadap perubahan pencahayaan. Dalam konteks aset 3D untuk AR, *PBR* membantu menjaga kualitas visual objek ketika ditampilkan dalam lingkungan digital yang berbeda, terutama melalui penggunaan *texture map* seperti *base color*, *metallic*, *roughness*, *normal map*, dan *ambient occlusion*. (Pharr, Jakob, dan Humphreys 2023) menjelaskan bahwa *PBR* menjadi pendekatan penting dalam *rendering* modern karena menggabungkan teori pencahayaan fotorealistik dengan implementasi teknis yang dapat digunakan dalam sistem grafis.



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 2.3 Tampilan Shader Editor dan integrasi Material

2.5 Texture Baking Untuk Optimasi Model 3D

Texture baking merupakan proses memindahkan informasi visual dari model berdetail tinggi ke *image texture* yang diterapkan pada model *low-poly*. Proses ini membantu model tetap ringan tanpa menghilangkan detail visual utama, karena informasi permukaan dapat disimpan dalam bentuk *texture map* seperti *normal map*, *ambient occlusion*, dan *base color map*. (Knodt et al. 2023) membahas hubungan antara *UV optimization* dan *texture baking* dalam *pipeline* industri 3D, terutama untuk mempertahankan tampilan visual model berkualitas tinggi pada versi *low-poly*. Dengan demikian, *texture baking* menjadi teknik penting dalam penelitian ini karena aset senjata tradisional membutuhkan detail bentuk, ukiran, dan *material*, tetapi tetap harus siap digunakan dalam aplikasi *AR mobile*.



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

2.6 Optimasi Aset 3D Dan Pipeline Integrasi Dengan Unity Untuk Platform Mobile

aset *3D* untuk *platform mobile* dilakukan agar model, tekstur, *material*, dan animasi dapat digunakan secara layak dalam aplikasi berbasis *AR*. Optimasi dapat dilakukan melalui penyederhanaan *mesh*, pengurangan jumlah poligon, pembersihan topologi, pengaturan ukuran tekstur, serta penyesuaian format *file*. (Riwinoto dan Nugroho 2024) menunjukkan bahwa integrasi aset *3D* ke *Unity* dapat menghadapi kendala teknis, sehingga proses optimasi melalui *Blender* diperlukan untuk membantu pengembang ketika menghubungkan aset *3D* dengan aplikasi *AR*. Dalam penelitian ini, proses optimasi tidak diarahkan untuk menguji *FPS* atau penggunaan memori secara mendalam, tetapi diarahkan untuk memastikan aset dapat diimpor, dibaca, dan digunakan di *Unity* sebelum diserahkan kepada mitra pengembang aplikasi.

Integrasi aset ke *Unity* mencakup proses *import model*, pengaturan skala, konfigurasi *mesh*, pengecekan *material*, pengecekan tekstur, dan pengaturan animasi. Dokumentasi *Unity* menjelaskan bahwa *file model* dapat memuat *mesh*, *animation rig*, *animation clips*, *material*, dan *texture*, serta proses *import* dilakukan melalui *Import Settings*. *Unity* juga menyediakan pengaturan seperti *Scale Factor*, *Mesh Compression*, *Optimize Mesh*, *Normals*, *Tangents*, *Rig*, *Animation*, *Materials*, dan *Textures*. Oleh karena itu, integrasi aset dalam penelitian ini difokuskan pada keberhasilan *import FBX*, keterbacaan *texture*, keterbacaan *material*, keterbacaan animasi, kesesuaian skala objek, pengaturan *Origin Object*, dan kesiapan *file akhir* untuk digunakan oleh mitra penelitian.

Pada aplikasi *AR mobile*, aset *3D* yang telah dioptimalkan tidak hanya harus ringan secara geometri, tetapi juga harus siap ditempatkan pada ruang nyata melalui perangkat *mobile*. Kesiapan tersebut berkaitan dengan kesesuaian skala objek, posisi *origin*, orientasi model, keterbacaan *material* dan tekstur, serta kemampuan animasi untuk dijalankan setelah aset diimpor ke *Unity*.



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Apabila aspek tersebut tidak disiapkan sejak tahap produksi aset, model 3D dapat mengalami kendala ketika digunakan dalam aplikasi AR, misalnya ukuran objek tidak proporsional, posisi objek tidak tepat di atas permukaan bidang, tekstur tidak terbaca, *material* berubah, atau animasi tidak berjalan sesuai rancangan.

Dengan demikian, optimasi aset dalam penelitian ini tidak hanya dipahami sebagai proses pengurangan jumlah poligon, tetapi juga sebagai proses penyiapan aset agar kompatibel dengan kebutuhan integrasi di *Unity*. *Unity* menjadi tahap penghubung antara aset yang dibuat di *Blender* dengan aplikasi *Markerless Augmented Reality* yang dikembangkan oleh mitra. Oleh karena itu, proses integrasi perlu memastikan bahwa *file FBX*, tekstur, *material*, skala, *Origin Object*, dan animasi dapat terbaca dengan baik sebelum aset diserahkan untuk digunakan pada aplikasi PUSAKAR

Berdasarkan kebutuhan tersebut, proses optimasi dan integrasi aset dalam penelitian ini meliputi beberapa tahap berikut:

1. Optimasi Geometri: penyederhanaan mesh dan pembersihan topologi agar aset lebih ringan.
2. Pengaturan UV dan Tekstur: penataan UV serta penerapan *texture map* agar detail visual tetap terbaca.
3. Export FBX: ekspor aset dari Blender ke format FBX agar kompatibel dengan Unity.
4. Import Settings: penyesuaian skala, orientasi, mesh, material, *texture*, dan animasi di Unity.
5. Material Configuration: penerapan shader yang sesuai dengan render pipeline yang digunakan.
6. Animation Setup: pengaturan animasi melalui Animator Controller agar animasi dapat dijalankan.
7. Pengujian Integrasi: pengecekan import FBX, *texture*, material, animasi, skala objek, origin object, dan kesiapan file akhir.



Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

2.7 Teknik Animasi 3D Untuk Objek Non-Karakter

Animasi 3D pada objek non-karakter, seperti senjata tradisional, memiliki pendekatan yang berbeda dibandingkan animasi karakter. Animasi pada objek non-karakter tidak selalu membutuhkan ekspresi wajah, gerak tubuh kompleks, atau deformasi organik. Fokus utamanya adalah menampilkan gerakan objek, hubungan antarbagian, arah gerak, dan fungsi visual dari komponen tertentu. Dalam penelitian ini, animasi digunakan untuk memperjelas bentuk, bagian, dan karakteristik senjata tradisional agar objek tidak hanya tampil sebagai model statis, tetapi juga memiliki nilai edukatif ketika digunakan dalam media pembelajaran berbasis AR.

Teknik animasi yang digunakan dapat berupa transformasi hierarkis, *keyframe animation*, *rigging* sederhana, *constraint*, dan *animation baking*. Transformasi hierarkis digunakan untuk mengatur hubungan antarbagian objek, misalnya antara senjata dan sarungnya. *Keyframe animation* digunakan untuk menentukan posisi, rotasi, atau skala objek pada waktu tertentu agar gerakan dapat berjalan secara berurutan. *Constraint* digunakan untuk membatasi arah gerak objek agar tetap sesuai dengan rancangan animasi. Setelah animasi selesai dibuat, *animation baking* dapat dilakukan agar gerakan lebih mudah dibaca ketika aset diekspor ke *Unity*.

(*Unity Technologies* 2026) menjelaskan bahwa *file model* yang diimpor ke *Unity* dapat memuat *mesh*, *rig*, *animation clips*, *material*, dan *texture*, serta dapat dikonfigurasi melalui *import settings*. Hal ini menunjukkan bahwa animasi 3D perlu disiapkan sejak tahap produksi aset agar dapat terbaca dengan baik saat diintegrasikan ke *Unity*. Dalam konteks objek budaya, (Spallone *et al.* 2022) menunjukkan bahwa visualisasi digital 3D dapat digunakan untuk memperkuat penyajian warisan budaya melalui media AR dan VR. Oleh karena itu, animasi pada aset senjata tradisional dalam penelitian ini tidak hanya berfungsi sebagai elemen visual, tetapi juga sebagai pendukung pemahaman pengguna terhadap bentuk, bagian, dan karakteristik objek budaya



Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

2.8 Skala Likert

Skala *Likert* merupakan skala penilaian yang digunakan untuk mengukur tingkat persetujuan atau penilaian responden terhadap suatu pernyataan. Setiap pilihan jawaban diberikan nilai numerik sehingga hasil penilaian dapat diolah menjadi skor dan persentase. Dalam penelitian ini, skala *Likert* digunakan untuk memperoleh penilaian dari Ahli Pemodelan 3D dan Animasi 3D, guru, serta siswa terhadap aset 3D, animasi 3D, dan aplikasi PUSAKAR.

Penelitian ini menggunakan skala *Likert* empat poin, yaitu Sangat Tidak Setuju, Tidak Setuju, Setuju, dan Sangat Setuju. Skala empat poin digunakan agar responden memberikan kecenderungan penilaian yang jelas terhadap setiap indikator tanpa memilih kategori netral. Penggunaan skala ini sesuai untuk mengukur tanggapan terhadap aspek visual, teknis, edukatif, dan kemudahan penggunaan media pembelajaran berbasis *Augmented Reality*. (*Likert* 1932; Adelson and McCoach 2010)

Tabel 2.1 Kategori Skala Likert 4 poin

No	Kategori Respons	Skor
1	Sangat Tidak Setuju	1
2	Tidak Setuju	2
3	Setuju	3
4	Sangat Setuju	4

Skor yang diperoleh dari setiap responden dijumlahkan untuk mendapatkan total skor penilaian. Selanjutnya, total skor tersebut dibandingkan dengan skor maksimum untuk memperoleh persentase kelayakan atau persentase respons. Hasil persentase digunakan untuk menentukan kategori kelayakan aset dan penerimaan pengguna terhadap aplikasi PUSAKAR.



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

2.9 Learning Object Review Instrument (LORI)

Learning Object Review Instrument atau *LORI* merupakan instrumen evaluasi yang digunakan untuk menilai kualitas sumber belajar digital atau *multimedia learning resources*. *LORI* dikembangkan untuk membantu penilai meninjau kualitas suatu media pembelajaran secara sistematis melalui aspek pedagogis, visual, teknis, dan kemudahan penggunaan. Instrumen ini relevan dalam evaluasi media pembelajaran digital karena tidak hanya menilai ketepatan isi materi, tetapi juga memperhatikan keterkaitan media dengan tujuan pembelajaran, desain penyajian, interaksi pengguna, dan kesiapan teknis media.

LORI versi 1.5 memiliki sembilan aspek utama, yaitu kualitas konten, kesesuaian tujuan pembelajaran, umpan balik dan adaptasi, motivasi, desain penyajian, kemudahan interaksi, aksesibilitas, penggunaan ulang, dan kepatuhan terhadap standar teknis. Kualitas konten menilai ketepatan, kelengkapan, keseimbangan, dan kesesuaian tingkat detail materi. Kesesuaian tujuan pembelajaran menilai hubungan antara tujuan pembelajaran, isi media, aktivitas, dan evaluasi. Desain penyajian menilai kejelasan visual, tata letak, penggunaan teks, gambar, *audio*, serta elemen multimedia lainnya. Kemudahan interaksi menilai kemudahan navigasi, konsistensi antarmuka, dan kejelasan cara penggunaan media.

Dalam penelitian ini, *LORI* digunakan sebagai landasan konseptual untuk memahami aspek kualitas media pembelajaran digital. Namun, penelitian tidak menerapkan seluruh indikator *LORI* secara penuh karena fokus penelitian berada pada pembuatan aset *3D* dan animasi *3D* senjata tradisional untuk kebutuhan aplikasi *Markerless Augmented Reality*. Oleh karena itu, aspek *LORI* yang relevan diadaptasi sesuai ruang lingkup penelitian, terutama kualitas konten, kesesuaian tujuan pembelajaran, motivasi, desain penyajian, kemudahan interaksi, dan kesiapan teknis aset.



Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 2.2 Kriteria Kelayakan Persentase

No	Persentase Pencapaian	Kategori Kelayakan
1	76% – 100%	Sangat Layak
2	51% – 75%	Layak
3	26% – 50%	Kurang Layak
4	0% – 25%	Tidak Layak

2.10 Studi Terdahulu (State Of The Art)

Tinjauan terhadap penelitian terdahulu dilakukan untuk memetakan posisi penelitian ini serta mengidentifikasi celah (*gap*) yang belum terakomodasi oleh karya ilmiah sebelumnya. Berdasarkan penelusuran literatur, terdapat beberapa penelitian yang mengembangkan visualisasi 3D untuk objek budaya dalam konteks digital. Beberapa fokus pada metode akuisisi data seperti fotogrametri, sementara yang lain berfokus pada optimalisasi aset 3D untuk aplikasi *real-time* seperti *Augmented Reality* (AR) atau museum virtual.

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa *Augmented Reality* telah banyak digunakan sebagai media pembelajaran interaktif pada konteks pendidikan dan pengenalan budaya. (Ahranie, 2024) mengembangkan media pembelajaran interaktif peristiwa Sumpah Pemuda untuk kelas 5 berbasis *Markerless Augmented Reality* dengan metode *MDLC*. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa AR dapat membantu siswa memahami materi sejarah secara lebih menarik dan tidak monoton. Penelitian (Ramli, 2022) mengembangkan aplikasi *Virtual Reality* untuk *3D Museum Digital Budaya Keris* dengan *Unity* dan *Blender* sebagai media pelestarian budaya, sehingga relevan dengan penggunaan objek budaya berbentuk senjata tradisional dalam ruang digital. Selain itu, (Firdaus, 2025) membuat aset visual dan animasi pada aplikasi multimedia interaktif dengan fitur AR sebagai alat bantu pembelajaran. Penelitian tersebut relevan karena menempatkan aset visual dan animasi sebagai komponen utama yang harus diuji dari aspek visual, animasi, dan



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

kesesuaian kebutuhan pengguna. Penelitian (Solikha, 2025) juga mengembangkan multimedia interaktif berbasis *AR* untuk pengenalan rempah-rempah dengan fitur visualisasi *3D*, panel informasi, dan kuis, sehingga memperkuat posisi *AR* sebagai media edukasi berbasis objek visual. Berdasarkan studi-studi tersebut, penelitian ini memiliki posisi yang lebih spesifik karena berfokus pada pembuatan aset *3D* dan animasi *3D* senjata tradisional Indonesia yang disiapkan untuk media pembelajaran berbasis *Markerless Augmented Reality*. Fokus penelitian ini bukan pada pengembangan aplikasi secara penuh, melainkan pada perancangan, pembuatan, integrasi, dan pengujian kelayakan aset agar dapat digunakan oleh mitra pengembang aplikasi Metodologi Pengembangan dan Pengujian Sistem





© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 2.3 Perbandingan Studi Terdahulu

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Batas Masalah	Perbedaan dengan Penelitian Ini
1	Ahranie (2024)	Rancang Bangun Media Pembelajaran Interaktif Peristiwa Sumpah Pemuda untuk Kelas 5 MI Taufiqurrahman 2 Berbasis Markerless Augmented Reality	Penelitian berfokus pada media pembelajaran interaktif peristiwa Sumpah Pemuda untuk siswa kelas 5 dengan teknologi <i>Markerless Augmented Reality</i> .	Penelitian ini berfokus pada pembuatan aset 3D dan animasi 3D senjata tradisional Indonesia, bukan pada pengembangan aplikasi pembelajaran sejarah secara penuh Kelebihan: Menggunakan <i>Markerless Augmented Reality</i> dan metode MDLC, sehingga relevan dengan pengembangan media pembelajaran interaktif untuk siswa kelas 5. Kekurangan: Objek penelitian hanya terbatas pada materi sejarah Sumpah Pemuda dan tidak membahas pembuatan aset 3D senjata tradisional secara khusus.



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

2

Ramli (2022)	Pembuatan Aplikasi Berbasis Virtual Reality pada 3D Museum Digital Budaya Keris	Penelitian berfokus pada pembuatan aplikasi VR museum digital budaya keris dengan Unity dan Blender pada perangkat Android.	Penelitian ini tidak membangun museum VR, tetapi membuat aset 3D dan animasi 3D beberapa senjata tradisional Indonesia untuk aplikasi Markerless AR pembelajaran. Kelebihan : Relevan dengan digitalisasi objek budaya berbentuk senjata tradisional dan penggunaan Blender serta Unity dalam pengembangan media digital budaya. Kekurangan : Platform yang digunakan adalah <i>Virtual Reality</i> , bukan <i>Markerless Augmented Reality</i> . Objek budaya juga terbatas pada keris rumpun Jawa.
-----------------	---	---	--

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

3	Farros (2023)	Rancang Bangun Media Edukasi Interaktif Pengenalan Rambu Lalu Lintas Berbasis <i>Markerless Augmented Reality</i>	Penelitian berfokus pada media edukasi interaktif pengenalan rambu lalu lintas berbasis <i>Markerless AR</i> untuk peserta kursus mengemudi.	Penelitian ini menggunakan AR untuk objek budaya dan berfokus pada pembuatan aset 3D serta animasi, bukan pada sistem edukasi rambu lalu lintas. Kelebihan : Menggunakan <i>Markerless Augmented Reality</i> dan metode MDLC, sehingga relevan sebagai acuan pengembangan media edukasi AR yang interaktif. Kekurangan : Materi yang dikembangkan bukan materi budaya dan tidak membahas aset 3D senjata tradisional.
4	Penelitian Yang akan dilakukan (Geovano, 2026)	Pembuatan Aset 3D Senjata Tradisional untuk Media Pembelajaran <i>Markerless AR</i>	Fokus pada aset 3D, bukan aplikasi lengkap; terbatas pada beberapa contoh senjata;	Penelitian ini mengembangkan aset 3D senjata tradisional nasional yang dioptimalkan khusus untuk performa <i>Markerless AR</i> dengan <i>Ground Plane Detection</i> di perangkat mobile. Kelebihan : Menggunakan <i>Markerless Augmented Reality</i>



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

			butuh perangkat dengan sensor memadai.	dan metode MDLC, sehingga relevan sebagai acuan pengembangan media edukasi AR yang interaktif. Kekurangan :Materi yang dikembangkan bukan materi budaya dan tidak membahas aset 3D senjata tradisional.
--	--	--	---	---





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan multimedia yang berfokus pada pembuatan aset 3D dan animasi 3D senjata tradisional Indonesia untuk media pembelajaran interaktif berbasis *Markerless Augmented Reality*. Produk utama yang dikembangkan dalam penelitian ini bukan aplikasi AR secara keseluruhan, melainkan aset visual berupa *model* 3D, tekstur, *material*, dan animasi edukatif yang disiapkan untuk diintegrasikan ke dalam aplikasi AR oleh mitra penelitian.

Metode pengembangan yang digunakan adalah *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC). Metode ini dipilih karena sesuai dengan karakteristik pengembangan produk multimedia yang melibatkan proses perancangan visual, pengumpulan bahan, pembuatan aset, pengujian, dan distribusi hasil akhir.

Pendekatan penelitian yang digunakan adalah pendekatan deskriptif dengan data kualitatif dan kuantitatif. Data kualitatif diperoleh melalui observasi, wawancara, dokumentasi proses pengembangan, serta catatan dan saran dari *validator*. Data kuantitatif diperoleh melalui angket kebutuhan pengguna, validasi ahli, validasi guru, respons siswa, serta data teknis aset seperti jumlah *face*, jumlah *vertex*, ukuran *file*, *format file*, dan hasil pengujian integrasi aset ke Unity.

Penelitian ini tidak diarahkan untuk menguji efektivitas pembelajaran secara eksperimen, tetapi untuk menghasilkan dan menguji kelayakan aset 3D serta animasi 3D dari aspek visual, teknis, animasi, dan kesesuaian edukatif.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

3.1.1 Sumber Data

Data penelitian diperoleh dari subjek dan instrumen berikut:

1. Populasi:

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas 5 Sekolah Dasar yang sedang mempelajari materi Kebudayaan Indonesia pada mata pelajaran Pendidikan Pancasila, sesuai dengan kurikulum yang berlaku di SDN Tanah Baru 1. Hal ini berdasarkan hasil wawancara dengan guru yang menyatakan bahwa materi senjata tradisional diajarkan pada kelas 5 semester 2.

2. Sampel:

Pengambilan sampel dilakukan dengan teknik *purposive sampling*, yaitu memilih siswa kelas V SD Negeri Tanah Baru 1 yang sesuai dengan kebutuhan penelitian karena sedang mempelajari materi pengenalan budaya dan senjata tradisional. Responden pada tahap analisis kebutuhan awal berjumlah 27 siswa kelas V yang mengikuti proses pengisian angket kebutuhan awal melalui *Google Form*. Selain itu, penelitian juga melibatkan satu guru kelas sebagai sumber data kebutuhan pembelajaran. Data yang diperoleh dari angket tersebut digunakan sebagai dasar untuk mengidentifikasi kebutuhan pengguna terhadap media pembelajaran visual berbasis objek 3D dan *Markerless Augmented Reality*.

3. Guru Kelas:

Sumber data berikutnya adalah 1 guru kelas V SD Negeri Tanah Baru 1, yaitu Siska Wulandari, S.Pd. Guru berperan sebagai informan dalam pengumpulan data kebutuhan awal pembelajaran, terutama terkait materi yang sulit divisualisasikan, hambatan belajar



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

siswa, media pembelajaran yang pernah digunakan, serta fitur yang dibutuhkan dalam aplikasi pembelajaran berbasis *mobile*.

4. Validator Ahli

Selain siswa dan guru, penelitian ini juga melibatkan *validator* ahli untuk menilai kelayakan aset 3D dan animasi 3D yang dikembangkan. Validasi dilakukan oleh ahli pemodelan 3D dan animasi 3D untuk menilai kualitas visual, teknis, tekstur, *material*, animasi, serta kesiapan aset untuk diintegrasikan ke dalam Unity.

Selain siswa, penelitian ini juga melibatkan satu guru wali kelas sebagai responden pendukung. Data guru digunakan untuk memvalidasi kebutuhan pembelajaran, kesesuaian materi dengan kurikulum, kendala media pembelajaran, serta kebutuhan fitur visual dalam media pembelajaran berbasis *mobile*.

Penelitian ini juga melibatkan dua Ahli Pemodelan 3D dan Animasi 3D sebagai *validator* kualitas aset 3D dan animasi 3D. *Validator* pertama adalah Adam Handrian dari Manimonki Studio dengan bidang keahlian *3D Modeller Env & Props*. *Validator* kedua adalah Adhicipta Raharja Wirawan dari Mechanimotion Entertainment dengan jabatan *Director*. Data dari kedua *validator* digunakan untuk menilai kualitas visual dan teknis aset 3D serta animasi 3D senjata tradisional. Aspek yang divalidasi meliputi kejelasan bentuk aset, kesesuaian proporsi, detail visual, tekstur dan warna, daya tarik tampilan, kemampuan animasi dalam memperjelas bagian atau fungsi senjata, kehalusan gerakan, durasi animasi, urutan gerakan, serta konsistensi animasi dengan karakter objek.

Komponen dalam penelitian kolaboratif ini terdiri dari aset 3D dan animasi senjata tradisional, aplikasi *AR mobile*, dan konten edukatif. Fokus penelitian penulis berada pada pembuatan aset 3D dan animasinya, sedangkan aplikasi *AR mobile*, UI, fitur aplikasi, *coding*, sistem navigasi, dan *database* dikembangkan oleh mitra penelitian.



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Fungsi Aset 3D dan Animasi dalam Sistem:

- 1) Menampilkan visualisasi 3D dan animasi senjata tradisional dalam lingkungan AR.
- 2) Menampilkan detail tekstur, warna, dan proporsi senjata dalam bentuk 3D.
- 3) Menyediakan animasi yang bersifat edukatif untuk menunjukan fitur serta cara pemakaian senjata.
- 4) Mengintegrasikan Objek 3D ke Aplikasi AR melalui Unity agar Objek dapat ditampilkan dengan jelas di Unity.

Pengguna Sistem: Siswa sekolah dasar (kelas 5) dan pengguna umum yang tertarik dengan budaya Indonesia.

Teknologi Inti:

1) Pemodelan 3D dengan Blender

Digunakan untuk proses *modelling*, *retopology*, *UV editing*, *rigging*, *constraint*, dan *animation baking* pada aset senjata tradisional.

2) Texturing PBR dan Texture Baking

Digunakan untuk menghasilkan *material* visual yang lebih realistis melalui penerapan *texture map* seperti *base color*, *normal map*, *roughness*, dan *metallic*.

3) Integrasi Aset ke Unity Engine

Digunakan untuk menguji tampilan aset 3D, penerapan *material*, *texture*, dan animasi sebelum *file* diserahkan kepada pengembang aplikasi AR.

4) Platform Target Android Smartphone

Digunakan sebagai acuan optimasi aset agar model 3D dan animasi tetap ringan, stabil, dan sesuai untuk kebutuhan media pembelajaran berbasis *mobile AR*.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

3.1.2 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

Observasi Lapangan : Observasi lapangan dilakukan untuk mengetahui kondisi pembelajaran di SD Negeri Tanah Baru 1, media pembelajaran yang digunakan guru, serta kebutuhan visual dalam pembelajaran materi senjata tradisional Indonesia. Observasi ini juga digunakan untuk melihat kesesuaian penggunaan media pembelajaran berbasis objek *3D* dan *Augmented Reality* dalam lingkungan kelas.

Wawancara semi-terstruktur: Wawancara semi-terstruktur dilakukan kepada guru wali kelas dan siswa kelas 5 SD Negeri Tanah Baru 1. Wawancara kepada guru digunakan untuk memvalidasi materi pembelajaran, kendala penyampaian materi senjata tradisional, penggunaan media pembelajaran, kebijakan penggunaan *smartphone*, serta peluang penggunaan media pembelajaran berbasis *Augmented Reality*. Wawancara kepada siswa digunakan untuk mengetahui pengalaman siswa dalam melihat bentuk senjata tradisional, ketertarikan terhadap media visual, serta respons awal terhadap penggunaan objek *3D* dan animasi dalam pembelajaran.

Kuesioner/Angket kebutuhan pengguna : Angket kebutuhan pengguna disebarakan melalui *Google Form* kepada siswa kelas 5 dan guru. Angket siswa digunakan untuk mengetahui mata pelajaran yang sulit dipahami, faktor yang menyebabkan siswa kurang semangat belajar, media pembelajaran yang pernah digunakan, preferensi cara belajar, pengalaman menggunakan *game* atau objek *3D*, serta ketertarikan terhadap aplikasi pembelajaran berbasis objek *3D*. Angket guru digunakan untuk mengetahui materi yang sulit divisualisasikan, faktor yang memengaruhi fokus siswa, media



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

pembelajaran yang pernah digunakan, serta fitur yang dinilai penting dalam aplikasi pembelajaran *mobile*.

Validasi Ahli Pemodelan 3D dan Animasi 3D: Validasi Ahli Pemodelan 3D dan Animasi 3D dilakukan untuk menilai kelayakan visual dan teknis aset 3D serta animasi 3D senjata tradisional. Instrumen validasi menggunakan skala penilaian 1 sampai 4. Aspek yang dinilai meliputi kejelasan bentuk aset 3D, kesesuaian proporsi dengan karakteristik senjata tradisional, detail visual seperti bilah, gagang, sarung, ornamen, dan bagian utama senjata, kesesuaian tekstur dan warna dengan karakter *material*, daya tarik tampilan aset untuk siswa sekolah dasar, kemampuan animasi dalam memperjelas bagian atau fungsi senjata, kehalusan gerakan, kecukupan durasi animasi, urutan gerakan, dan konsistensi animasi dengan karakter objek. Selain skor penilaian, Ahli Pemodelan 3D dan Animasi 3D juga memberikan kritik, saran perbaikan, dan rekomendasi kelayakan.

Studi Literatur : Studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan referensi visual dan tekstual dari jurnal, buku, dokumentasi budaya, serta sumber pendukung lain yang relevan. Referensi ini digunakan sebagai dasar dalam pengembangan aset 3D dan animasi senjata tradisional Indonesia, terutama pada aspek bentuk, tekstur, *material*, fungsi, dan nilai edukatif senjata.

3.1.3 Teknik Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan analisis deskriptif kualitatif, analisis deskriptif kuantitatif, dan analisis hasil integrasi aset. Analisis deskriptif kualitatif digunakan untuk mengolah data hasil observasi, wawancara, dokumentasi proses pengembangan, serta saran dari ahli dan guru. Analisis deskriptif kuantitatif digunakan untuk mengolah data angket kebutuhan pengguna, data validasi ahli, validasi guru, serta respons



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

siswa setelah *testing* lapangan. Sementara itu, analisis hasil integrasi aset digunakan untuk mengevaluasi kesiapan teknis aset 3D dan animasi 3D ketika diintegrasikan ke Unity.

3.1.3.1 Analisis Deskriptif Kualitatif

Analisis deskriptif kualitatif digunakan untuk menganalisis data berbentuk narasi yang diperoleh dari hasil observasi, wawancara dengan guru dan siswa, dokumentasi proses pengembangan aset, serta saran dari *validator*. Analisis dilakukan melalui tahap pengumpulan data, pengelompokan data berdasarkan tema, penyajian data dalam bentuk uraian, dan penarikan kesimpulan.

Tema yang dianalisis meliputi kendala pembelajaran, keterbatasan media visual, pengalaman siswa terhadap materi senjata tradisional, kebutuhan visual aset 3D, kebutuhan animasi edukatif, serta catatan teknis dari Ahli Pemodelan 3D dan Animasi 3D. Hasil analisis kualitatif digunakan sebagai dasar dalam menentukan kebutuhan perancangan aset, penyempurnaan rancangan animasi, serta perbaikan produk sebelum dilakukan pengujian akhir.

3.1.3.2 Analisis Deskriptif Kuantitatif

Analisis deskriptif kuantitatif digunakan untuk mengolah data angket kebutuhan pengguna dari siswa dan guru, data validasi Ahli Pemodelan 3D dan Animasi 3D, validasi guru, serta respons siswa setelah *testing* lapangan. Data angket kebutuhan pengguna dianalisis berdasarkan frekuensi jawaban dan persentase untuk mengetahui kecenderungan kebutuhan pengguna. Sementara itu, data validasi ahli, validasi guru, dan respons siswa dianalisis berdasarkan jumlah skor dan persentase skor untuk mengetahui tingkat



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

kelayakan aset 3D dan animasi 3D yang dikembangkan. Analisis persentase digunakan untuk menyajikan data kuantitatif dalam bentuk perbandingan antara frekuensi atau skor yang diperoleh dengan jumlah keseluruhan data, sehingga hasil penilaian dapat diinterpretasikan secara deskriptif (Sudijono, 2011; Sugiyono, 2015).

Persentase jawaban digunakan untuk menghitung proporsi respons pada setiap pilihan jawaban dalam angket kebutuhan pengguna. Rumus persentase jawaban dapat dilihat dibawah ini

$$P = \left(\frac{F}{n} \right) \times 100\%$$

Keterangan:

P = persentase jawaban

f = jumlah respons pada setiap pilihan jawaban

n = jumlah seluruh respons

Rumus tersebut digunakan untuk mengetahui persentase masing-masing pilihan jawaban pada angket kebutuhan siswa dan guru. Hasil persentase kemudian diinterpretasikan secara deskriptif untuk menjelaskan kecenderungan kebutuhan pengguna terhadap media pembelajaran yang dikembangkan.

Rumus tersebut digunakan untuk menghitung persentase masing-masing pilihan jawaban pada angket kebutuhan siswa dan guru. Hasil persentase kemudian diinterpretasikan secara deskriptif untuk menjelaskan kecenderungan kebutuhan pengguna terhadap media pembelajaran berbasis aset 3D dan animasi 3D.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Data validasi Ahli Pemodelan 3D dan Animasi 3D, validasi guru, serta respons siswa setelah *testing* lapangan dianalisis menggunakan persentase skor. Persentase skor digunakan karena data yang diperoleh berbentuk skor penilaian dari setiap butir instrumen. Skor yang diperoleh dibandingkan dengan skor maksimum agar tingkat kelayakan aset 3D dan animasi 3D dapat ditentukan secara kuantitatif (Sugiyono, 2015). Rumus persentase skor dapat dilihat di bawah ini.

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

Keterangan:

$\sum$ skor diperoleh = total skor hasil penilaian

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

3.1.3.3

Analisis Hasil Integrasi Aset

Analisis hasil integrasi aset digunakan untuk mengevaluasi kesiapan teknis aset 3D dan animasi 3D ketika diintegrasikan ke *Unity*. Aspek yang dianalisis meliputi keterbacaan *file FBX*, keterbacaan tekstur, keterbacaan *material*, keterbacaan animasi, kesesuaian skala objek, pengaturan *Origin Object*, serta kesiapan *file* akhir untuk diserahkan kepada mitra pengembang aplikasi.

Aset dinyatakan layak secara teknis apabila dapat diimpor, ditampilkan, diberi *material*, dianimasikan, dan digunakan dengan baik pada lingkungan pengujian *Unity*.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

3.2 Tahapan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *Multimedia Development Life Cycle* atau *MDLC* sebagai acuan pengembangan aset 3D dan animasi 3D senjata tradisional Indonesia. Metode *MDLC* digunakan karena penelitian menghasilkan produk multimedia berupa aset visual tiga dimensi, *texture*, *material*, *rigging*, dan animasi yang memerlukan tahapan pengembangan secara terstruktur. *MDLC* terdiri atas enam tahap, yaitu *concept*, *design*, *material collecting*, *assembly*, *testing*, dan *distribution*.

Dalam penelitian ini, *MDLC* tidak digunakan untuk mengembangkan aplikasi *Augmented Reality* secara menyeluruh. Metode tersebut digunakan sebagai acuan dalam proses perancangan, produksi, optimasi, pengujian, serta distribusi aset 3D dan animasi yang digunakan pada aplikasi PUSAKAR. Pengembangan antarmuka, navigasi, basis data, dan fitur aplikasi di luar kebutuhan integrasi aset 3D berada dalam ruang kerja mitra pengembang aplikasi. Penjelasan rinci mengenai penerapan setiap tahap *MDLC*, mulai dari identifikasi kebutuhan, perancangan aset, pengumpulan bahan, pembuatan aset, pengujian, hingga distribusi hasil akhir, disajikan pada Bab IV sebagai bagian dari hasil dan pembahasan penelitian.

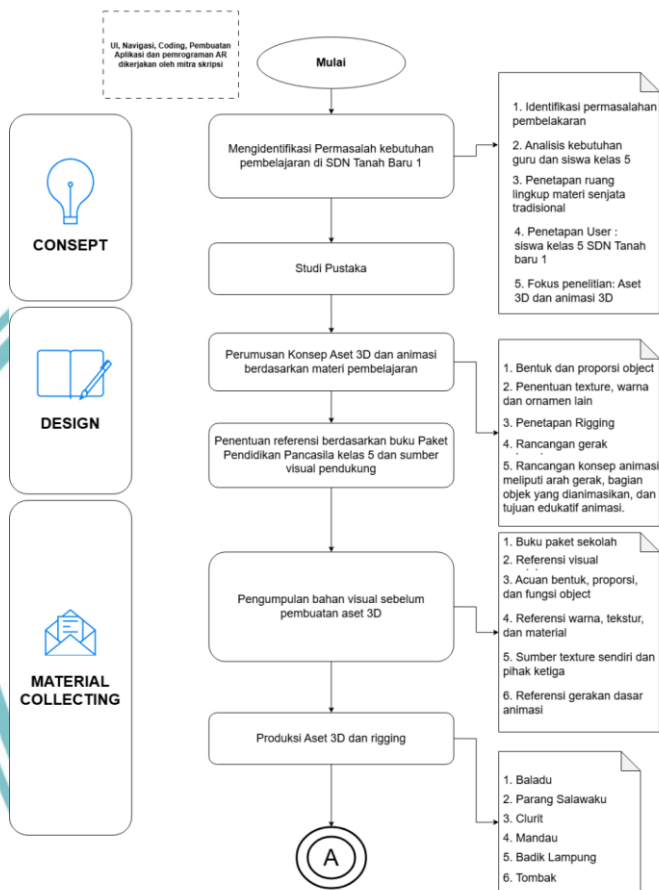
Metode pengembangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Multimedia Development Life Cycle (MDLC)*. Metode ini digunakan karena penelitian berfokus pada pengembangan produk multimedia berupa aset 3D dan animasi 3D senjata tradisional yang akan diintegrasikan ke dalam media pembelajaran interaktif berbasis *markerless augmented reality*. Secara umum, *MDLC* terdiri atas enam tahap, yaitu *concept*, *design*, *material collecting*, *assembly*, *testing*, dan *distribution*. Keenam tahap tersebut digunakan sebagai dasar dalam menyusun alur penelitian agar proses pengembangan aset berjalan sistematis, terarah, dan sesuai dengan tujuan penelitian.

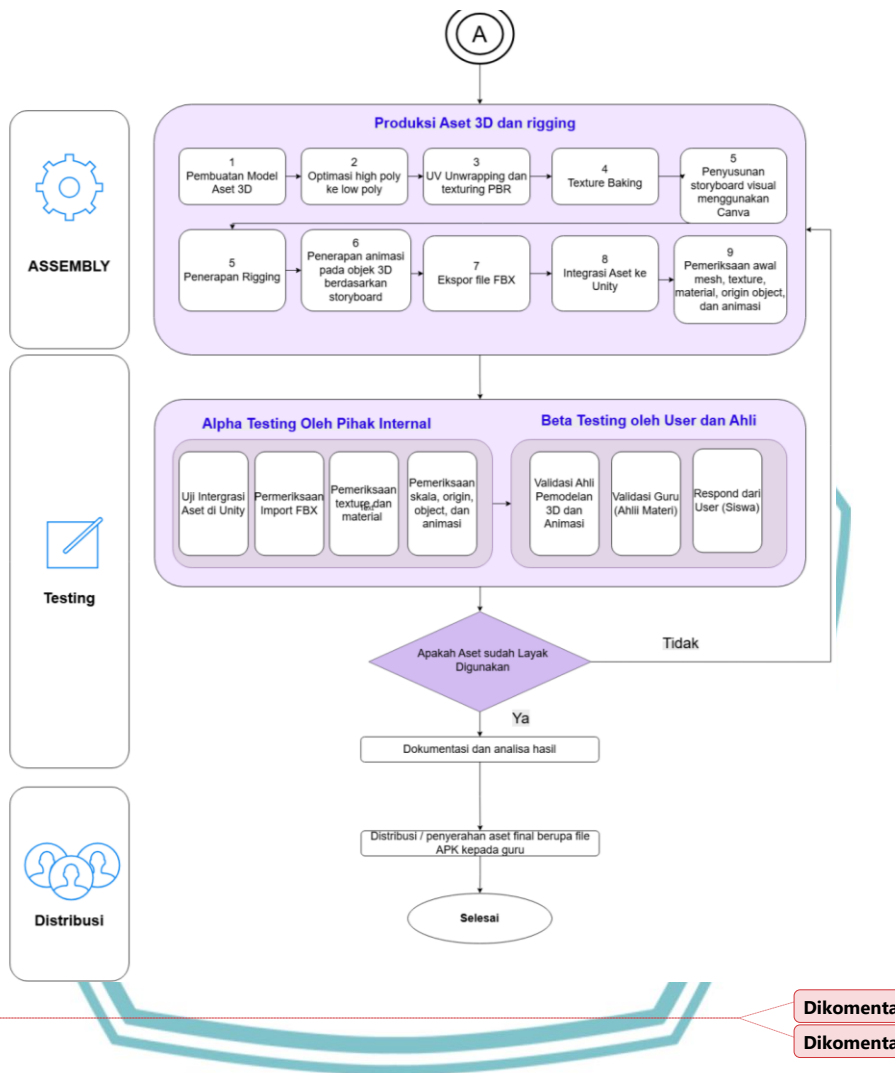


© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta





Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian MDLC

1. Dianggap mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Penjelasan umum tahapan MDLC dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Concept

Tahap ini dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan pembelajaran, pengguna utama, ruang lingkup materi, serta kebutuhan visual aset 3D dan animasi. Identifikasi dilakukan melalui observasi, wawancara guru, wawancara siswa, dan angket kebutuhan awal siswa kelas V SD Negeri Tanah Baru 1. Pada tahap ini ditetapkan bahwa aset yang dikembangkan berupa enam senjata tradisional Indonesia, yaitu Baladu, Parang Salawaku, Clurit, Mandau, Badik Lampung, dan Tombak.

2. Design

Tahap ini dilakukan untuk merancang kebutuhan visual dan teknis aset sebelum proses produksi. Perancangan meliputi bentuk dan proporsi objek, ornamen, warna, karakter *material*, kebutuhan *texture*, topologi *low poly*, *UV layout*, struktur *rigging*, serta rancangan animasi edukatif. Pada tahap ini juga dibuat *storyboard* animasi menggunakan Canva dengan memanfaatkan *screenshot* aset 3D yang telah dibuat. Lalu dikonversikan menjadi aset gambar hitam putih, yang lalu dimodifikasi sendiri untuk membuat animasi. *Storyboard* digunakan sebagai acuan untuk menentukan bagian objek yang digerakkan, arah gerak, urutan gerak, durasi, serta tujuan edukatif animasi.

3. Material Collecting

Tahap ini dilakukan dengan mengumpulkan bahan visual dan materi pendukung yang diperlukan dalam pembuatan aset. Bahan tersebut meliputi buku paket Pendidikan Pancasila kelas V, referensi visual senjata tradisional, acuan bentuk, proporsi, fungsi objek, warna, ornamen, karakter *material*, *texture*, serta referensi gerakan dasar. Bahan yang dikumpulkan digunakan untuk menjaga kesesuaian aset dengan materi pembelajaran dan karakter visual setiap senjata tradisional.



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

4. Assembly

Tahap ini merupakan proses tahap produksi aset 3D dan animasi menggunakan Blender. Proses yang dilakukan mencakup pemodelan objek, pembentukan *high poly*, optimasi *high poly* ke *low poly*, *UV editing*, penerapan *material* dan *texture* PBR, *texture baking*, *rigging* sederhana, *keyframe animation*, *animation baking*, serta ekspor aset ke *format* FBX. Aset hasil ekspor selanjutnya diintegrasikan ke Unity untuk memastikan *model*, *texture*, *material*, skala, *Origin Object*, dan animasi dapat terbaca dengan baik.

5. Testing

Tahap ini dilakukan melalui alpha testing dan beta testing. Alpha testing dilakukan oleh pihak internal untuk memeriksa kesiapan teknis aset di Unity, meliputi keberhasilan impor file FBX, keterbacaan *texture* dan *material*, pengaturan skala, *Origin Object*, serta *animation clip*. Beta testing dilakukan oleh ahli pemodelan dan animasi 3D, guru kelas V, dan siswa setelah penggunaan aplikasi PUSAKAR. Pengujian tersebut digunakan untuk menilai kualitas visual, kualitas teknis, kesesuaian edukatif aset, serta respons pengguna terhadap media pembelajaran.

6. Distribution

Tahap ini merupakan tahap akhir penelitian. Pada tahap ini, aplikasi PUSAKAR yang telah memuat aset 3D dan animasi senjata tradisional dikemas dalam format *Android Package Kit* atau *APK*. *File APK* kemudian diserahkan kepada guru kelas V SD Negeri Tanah Baru 1 sebagai media pendukung pembelajaran budaya. Tahap distribusi dalam penelitian ini tidak mencakup publikasi aplikasi pada *marketplace* atau distribusi secara luas.

Tahapan penelitian menggunakan *Multimedia Development Life Cycle* terdiri atas enam tahap, yaitu *concept*, *design*, *material collecting*, *assembly*, *testing*, dan *distribution*. Keenam tahap tersebut digunakan sebagai kerangka umum dalam proses perancangan, pembuatan, pengujian, dan distribusi aset 3D serta

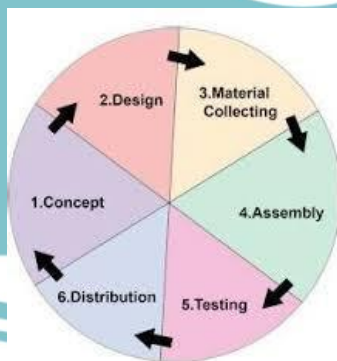


© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

animasi 3D senjata tradisional. Siklus *Multimedia Development Life Cycle* yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.2, yang di mana gambar ini menunjukkan bahwa diagram alur penelitian berbasis MDLC yang telah disesuaikan dengan kebutuhan penelitian. Alur penelitian dimulai dari tahap *concept*, yaitu identifikasi permasalahan pembelajaran di SD Negeri Tanah Baru 1, studi pustaka, dan perumusan konsep aset 3D serta animasi berdasarkan materi pembelajaran. Tahap berikutnya adalah *design*, yaitu perancangan bentuk, proporsi, ornamen, warna, kebutuhan *rigging*, dan rancangan gerak animasi. Tahap *material collecting* dilakukan dengan mengumpulkan buku paket sekolah, referensi visual, tekstur, serta acuan fungsi dan gerakan senjata tradisional. Tahap *assembly* dilakukan melalui proses pembuatan *model* 3D, konversi *high-poly* ke *low-poly*, *texturing*, *rigging*, animasi, dan finalisasi aset. Tahap *testing* dilakukan untuk memeriksa keterbacaan *file* FBX, tekstur, *material*, skala, *origin object*, dan animasi di Unity. Apabila hasil pengujian belum sesuai, aset diperbaiki kembali pada tahap *assembly*. Apabila hasil pengujian telah sesuai, proses dilanjutkan ke dokumentasi, analisis hasil, dan distribusi aset akhir kepada mitra pengembang aplikasi.



Gambar 3. 2 Multimedia Development Life Cycle



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

3.3 Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah aset 3D dan animasi 3D senjata tradisional Indonesia yang dikembangkan sebagai komponen visual pada media pembelajaran interaktif berbasis *Markerless Augmented Reality*. Aset yang dikembangkan terdiri atas enam senjata tradisional, yaitu Baladu, Parang Salawaku, Badik Lampung, Mandau, Clurit, dan Tombak.

Objek penelitian mencakup bentuk visual aset, proporsi model, ornamen, tekstur, *material*, animasi edukatif, jumlah *face*, jumlah *vertex*, ukuran *file*, *format file*, serta keterbacaan aset saat diintegrasikan ke *Unity*.

Penelitian ini juga melibatkan beberapa pihak sebagai partisipan, responden, dan *validator* penelitian. Pada tahap analisis kebutuhan awal, penelitian melibatkan 27 siswa kelas V SD Negeri Tanah Baru 1 dan satu guru kelas. Pada tahap evaluasi setelah penggunaan aplikasi PUSAKAR, respons pengguna diperoleh dari 27 siswa kelas V. Selain itu, validasi kelayakan aset dilakukan oleh dua ahli pemodelan 3D dan animasi 3D untuk menilai kualitas visual serta teknis aset, sedangkan satu guru kelas berperan sebagai *validator* kesesuaian media dengan kebutuhan pembelajaran.

Ruang lingkup penelitian dibatasi pada pembuatan, integrasi awal, dan pengujian kelayakan aset 3D serta animasi 3D. Penelitian ini tidak mencakup pengembangan aplikasi AR secara penuh, karena pengembangan UI/UX, sistem navigasi, fitur aplikasi, *database*, dan pemrograman aplikasi dilakukan oleh mitra penelitian.



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Aplikasi PUSAKAR digunakan sebagai konteks integrasi aset dalam penelitian ini. Aplikasi tersebut memuat beberapa kategori konten budaya, seperti senjata tradisional, tarian daerah, rumah adat, alat musik tradisional, lagu tradisional yang dilengkapi dengan tampilan lirik, makanan khas, dan minuman tradisional. Namun, penelitian ini hanya mengambil fokus pada aset 3D dan animasi 3D senjata tradisional. Konten budaya lain, termasuk fitur lagu tradisional dan tampilan lirik lagu, dicantumkan sebagai bagian dari cakupan aplikasi PUSAKAR, tetapi pengembangan dan pembahasannya berada di luar ruang lingkup penelitian karena dikerjakan oleh mitra penelitian.





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Kebutuhan Pengguna

kebutuhan dilakukan untuk mengetahui permasalahan pembelajaran, kebutuhan pengguna, serta kebutuhan teknis dalam pengembangan aset 3D dan animasi 3D senjata tradisional Indonesia. Analisis ini merupakan penerapan tahap *concept* dalam metode *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC). Pada tahap ini, penulis mengidentifikasi kebutuhan pembelajaran di SD Negeri Tanah Baru 1, menentukan pengguna utama, menetapkan ruang lingkup materi yang digunakan, serta membatasi peran penelitian pada pembuatan aset 3D dan animasi 3D. Pembatasan tersebut dilakukan karena pengembangan aplikasi PUSAKAR secara penuh, seperti antarmuka, sistem navigasi, basis data, fitur aplikasi, dan pemrograman, dikerjakan oleh mitra penelitian.

Berdasarkan hasil observasi, wawancara, dan angket kebutuhan pengguna, ditemukan bahwa siswa kelas V membutuhkan media visual yang lebih konkret untuk memahami materi senjata tradisional Indonesia. Materi senjata tradisional yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari buku paket Pendidikan Pancasila kelas V yang digunakan di SD Negeri Tanah Baru 1. Materi tersebut sulit dipahami apabila hanya disampaikan melalui teks, gambar dua dimensi, atau penjelasan lisan, karena siswa masih perlu membayangkan bentuk, proporsi, tekstur, ornamen, serta karakteristik senjata secara utuh. Oleh karena itu, kebutuhan tersebut dijawab melalui pengembangan aset 3D dan animasi 3D yang dapat menampilkan bentuk senjata tradisional secara lebih jelas, visual, dan mudah diamati sebagai komponen dalam aplikasi pembelajaran berbasis *Markerless Augmented Reality*.



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Guru juga membutuhkan media pendukung yang mampu memperjelas objek budaya dalam pembelajaran Pendidikan Pancasila. Oleh karena itu, aset 3D dan animasi 3D dikembangkan sebagai komponen visual untuk aplikasi pembelajaran interaktif berbasis *Markerless Augmented Reality*.

Penelitian ini berfokus pada pembuatan aset 3D dan animasi 3D. Pengembangan aplikasi AR utama, seperti *UI/UX*, sistem navigasi, *database*, fitur aplikasi, dan pemrograman, dilakukan oleh mitra penelitian. Dengan demikian, hasil utama penelitian ini berupa *model* 3D, *tekstur*, *material*, animasi, dan *file* aset yang siap diintegrasikan ke Unity

Tabel 4. 1 Rekapitulasi Angket Kebutuhan Awal Siswa

No.	Temuan Kebutuhan Awal	Frekuensi	Persentase	Implikasi terhadap Penelitian
1	Pendidikan Pancasila menjadi mata pelajaran yang paling sulit dipahami atau paling sulit dibayangkan bentuk aslinya	19 siswa	70,4 persen	Aset 3D difokuskan pada materi budaya dalam pembelajaran Pendidikan Pancasila kelas V.
2	Teks pada buku dinilai terlalu panjang	11 siswa	40,7 persen	Informasi pada aset perlu disajikan secara lebih ringkas melalui visual, label objek, audio, atau penjelasan singkat.
3	Gambar pada buku kurang jelas atau kurang menarik	8 siswa	29,6 persen	Aset 3D perlu menampilkan bentuk, bahan, tekstur, dan



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

				ornamen senjata tradisional secara lebih jelas.
4	Siswa sulit membayangkan bentuk atau proses dari materi yang dipelajari	6 siswa	22,2 persen	Objek perlu dapat diamati dari berbagai sisi melalui visualisasi 3D agar bentuknya lebih mudah dipahami.
5	Pembelajaran kurang menarik apabila tidak disertai aktivitas atau kuis	6 siswa	22,2 persen	Aplikasi perlu mendukung aktivitas interaktif, seperti kuis, sebagai pelengkap pembelajaran.
6	Siswa sangat tertarik atau cukup tertarik menggunakan objek 3D interaktif	26 siswa	96,3 persen	Aset 3D dirancang dengan bentuk, detail visual, dan orientasi yang jelas agar siswa dapat mengamati objek dari berbagai sisi sebagai media pembelajaran.
7	Siswa ingin atau mungkin ingin menggunakan video pembelajaran dan kuis interaktif	26 siswa	96,3 persen	Media pendukung berupa video, audio, dan kuis dapat digunakan sebagai pelengkap aset 3D dalam aplikasi pembelajaran.

Catatan : Persentase pada butir pilihan ganda tidak dijumlahkan karena siswa dapat memilih lebih dari satu jawaban.

Selain angket siswa, angket kebutuhan guru dilakukan kepada satu guru kelas V SD Negeri Tanah Baru 1. Guru menyampaikan bahwa materi Pendidikan



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Pancasila dan Seni Musik termasuk materi yang membutuhkan bantuan visual lebih konkret. Guru juga mengidentifikasi bahwa siswa dapat kurang fokus ketika metode ceramah lebih dominan, ketika bentuk atau proses materi sulit dibayangkan, serta ketika media visual digital belum digunakan secara optimal. Guru merekomendasikan penggunaan teknologi 3D atau Augmented Reality sebagai media pendukung visualisasi objek budaya. Karena data guru berasal dari satu responden, hasil tersebut digunakan sebagai perspektif kebutuhan pembelajaran di kelas penelitian dan tidak digeneralisasikan untuk seluruh guru sekolah dasar.

4.2. Perancangan Aset 3D dan Animasi

Perancangan aset 3D dan animasi merupakan penerapan tahap *design* dan *material collecting* dalam metode *Multimedia Development Life Cycle*. Tahap ini dilakukan untuk menyusun kebutuhan visual, kebutuhan teknis, serta bahan referensi sebelum proses produksi dilakukan. Perancangan aset mencakup bentuk *model* 3D, proporsi objek, ornamen, warna, kebutuhan tekstur, *material*, topologi *low-poly*, *UV layout*, serta rancangan animasi edukatif. Perancangan dilakukan agar aset yang dibuat tetap sesuai dengan karakter senjata tradisional, tetapi tetap ringan dan siap digunakan dalam aplikasi *Augmented Reality* berbasis *mobile*.

Pada tahap ini juga disusun rancangan animasi untuk menentukan alur gerakan, bagian objek yang dianimasikan, serta urutan gerakan setiap senjata tradisional. Animasi tidak dirancang sebagai animasi naratif kompleks, tetapi sebagai animasi edukatif yang memperlihatkan bentuk, bagian, dan gerakan dasar senjata tradisional. Perancangan antarmuka, sistem navigasi, basis data, kuis, audio, serta konten budaya selain senjata tradisional tidak dibahas secara mendalam karena bagian tersebut menjadi tanggung jawab mitra penelitian.



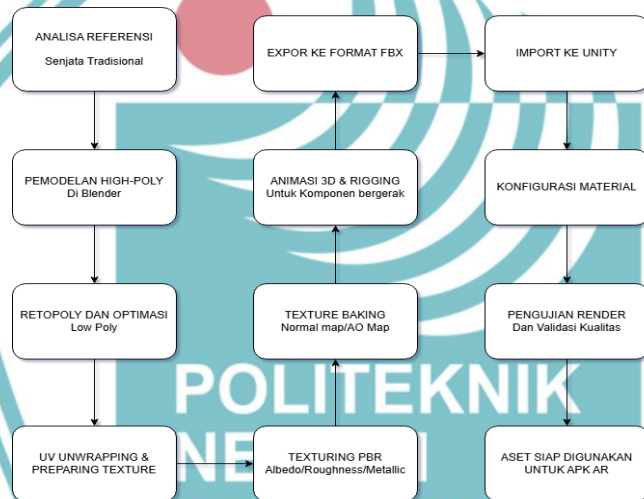
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

4.2.1.

Workflow Pembuatan Objek 3D

Workflow pembuatan objek 3D dimulai dari analisis referensi senjata tradisional, pemodelan *high-poly* di Blender, *retopology* dan optimasi *low-poly*, *UV unwrapping*, *texturing* PBR, *texture baking*, *rigging* dan animasi, *export* ke format FBX, *import* ke Unity, konfigurasi *material*, pengujian *render*, dan validasi kualitas hingga aset siap digunakan untuk aplikasi AR.



Gambar 4.1 Workflow Pembuatan Objek 3D

Gambar 4.1 menunjukkan alur pembuatan objek 3D yang digunakan dalam penelitian ini. Alur tersebut digunakan sebagai pedoman teknis agar proses produksi aset berjalan sistematis, mulai dari analisis referensi hingga aset siap digunakan di Unity.

4.2.2.

Rancangan Animasi Objek

Rancangan animasi objek disusun untuk menentukan gerakan yang akan diterapkan pada setiap aset 3D senjata tradisional. Tahap ini dilakukan sebelum proses animasi diterapkan di Blender agar setiap



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

objek memiliki arah gerakan, bagian yang dianimasi, dan urutan gerakan yang jelas. Rancangan animasi dibuat berdasarkan karakteristik bentuk setiap senjata, seperti bilah, gagang, sarung, pelindung, atau bagian panjang objek. Rancangan ini menjadi acuan dalam proses *rigging*, *keyframe animation*, dan penerapan animasi pada objek 3D.

Tabel 4. 1 Rancangan Konsep Gerakan Animasi

No	Objek Senjata Tradisional	Bagian yang Dianimasi	Jenis Gerakan	Arah atau Alur Gerakan
1	Baladu	senjata dan sarung	Ayunan sederhana	Objek bergerak mengayun sebanyak 4 kali, lalu sarung senjata muncul dan senjata masuk ke sarung
2	Parang Salawaku	Parang dan salawaku	Rotasi dan tampilan objek	Parang membenturkan gagang ke salawaku dan membenturkan bilahnya ke salawaku lalu maju dan mengayun ke depan
3	Clurit	Senjata	Ayunan mengikuti bentuk lengkung	Objek mengayun kedepan sebanyak 3 kali sebelum ease out dan berhenti
4	Mandau	Senjata dan sarung	Gerakan mengayun dan masuk ke sarung	Senjata mengayun kedepan dan masuk ke sarung dengan motion antispasi



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

5	Badik Lampung	Bilah gagang dan	Menusuk, Tarikan dan rotasi ringan	Objek ditampilkan dari posisi awal, kemudian menusuk kedepan, berubah arah dan mengayun kedepan juga, dan terakhir masuk ke dalam sarung senjata
6	Tombak	tombak	Gerakan menusuk dan melempar	Objek menusuk 3 kali kedepan, kemudian persiapan melempar dan objek terlempar kedepan

Setelah rancangan konsep gerakan animasi ditentukan, *storyboard* visual disusun untuk memperjelas urutan gerakan, arah pergerakan objek, dan bagian senjata yang dianimasikan. Rancangan konsep gerakan pada Tabel 4.2 digunakan sebagai dasar dalam menyusun *storyboard* visual. Dengan demikian, *storyboard* tidak dibuat tanpa dasar, tetapi mengacu pada rancangan animasi yang telah ditentukan sebelumnya.

Pembuatan *storyboard* visual dilakukan setelah objek 3D senjata tradisional memiliki bentuk yang representatif di Blender. Penulis mengambil gambar dari objek 3D yang telah dibuat, kemudian memasukkan gambar tersebut ke Canva untuk disusun menjadi tampilan *storyboard*. Pada tahap ini, gambar objek dibuat lebih sederhana dan jelas dengan menerapkan *filter* hitam putih agar bentuk utama objek, arah gerak, serta bagian yang dianimasikan lebih mudah dikenali. Setelah gambar objek siap, penulis menyusun urutan adegan sesuai rancangan gerakan yang telah ditentukan.

Elemen pendukung seperti arah panah, efek gerak, garis arah, efek angin, dan penanda visual lainnya ditambahkan melalui elemen yang tersedia di Canva. Elemen tersebut digunakan untuk memperjelas arah pergerakan objek dalam *storyboard*, bukan

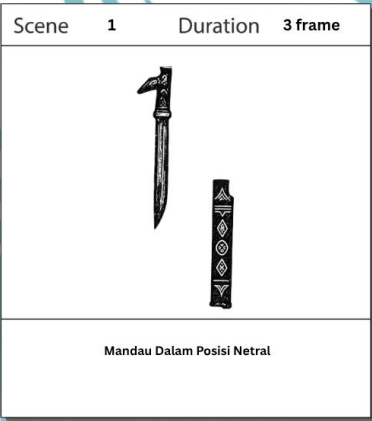
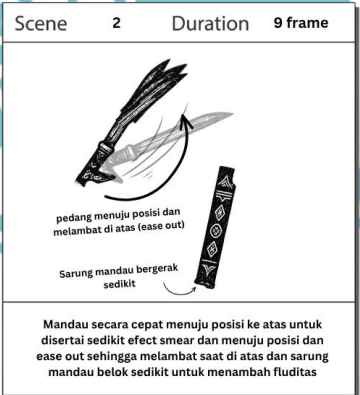


Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

sebagai bagian utama dari aset 3D. Efek bayangan dibuat dengan menduplikasi gambar objek, menurunkan tingkat *opacity*, kemudian memotong atau menyesuaikan bentuknya agar menyerupai bayangan gerak. Teknik ini digunakan agar *storyboard* dapat menampilkan kesan perpindahan posisi, ayunan, putaran, atau gerakan objek secara lebih jelas.

Tabel 4. 3 Storyboard Animasi Objek

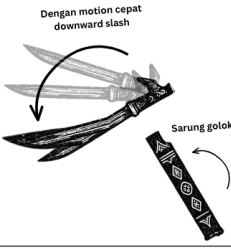
Mandau	
	



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

		Scene 3 Duration 9 frame  Mandau berhenti sejenak di atas dan bersiap-siap untuk melakukan motion menyerang kebawah (downward strike). sarung pedang tetap berada di tempat dan tidak bergerak
		Scene 4 Duration 7 frame  Dengan motion cepat downward slash Sarung golok mengikuti Mandau melakukan motion slash kebawah disertai smear (stretch) untuk memberikan effect selayaknya animasi, sarung golok juga ikut bergerak dikarenakan effect dari senjatanya juga mendorong sarung untuk bergerak
		Scene 5 Duration 4 Frame  Mandau kembali ke posisi netral setelah melakukan motion slashing kebawah untuk sementara



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

		Scene 6 Duration 25 frame senjata mandau mengantisipasi untuk kembali dimasukkan ke dalam sarung senjata dengan cara sedikit menarik ke atas sedangkan sarung mandau menyesuaikan posisi untuk senjata masuk
		Scene 7 Duration 45 frame Mandau masuk ke dalam sarungnya dengan kecepatan normal, jadi tidak perlu smear ataupun effect lainnya
2	Clurit	Scene 1 Duration 24 frame Clurit melakukan persiapan untuk menyerang Clurit mundur sedikit Clurit Mengambil posisi persiapan dan sedikit dan berantisipasi untuk menyerang



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

		Scene 2 Duration 33 frame Clurit melakukan motion slash ke depan Clurit maju sedikit Clurit mengayun dan menyerang dengan dari arah atas ke bawah sambil maju dan berhenti sejenak di bawah dengan sedikit motion smear
		Scene 3 Duration 13 frame Clurit melakukan motion slash ke depan Clurit maju lagi sedikit Clurit melakukan follow-up attack ke atas dan smear
		Scene 4 Duration 50 frame Clurit melakukan motion slash ke depan Clurit maju lagi dan mundur setelah motion clurit melakukan motion swing ke bawah jadi lagi dan follow up dari swing ke atas dan juga sedikit efek emar



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Tombak	Scene 1 Duration 12 Frame Tusuk Maju  Tombak Menusuk maju dengan cepat Disertai dengan effect Smear
	Scene 2 Duration 38 Frame Mundur perlahan (easing) lalu menusuk lagi  Tombak Mundur perlahan dan lanjut menusuk lagi
	Scene 3 Duration 34 Frame Tombak menuju posisi membidik  Tombak berputar sedikit dan menuju posisi membidik



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

		Scene 4 Duration 10Frame  Tombak berantisipasi untuk dilempar dan mundur sedikit sebelum di lempar
		Scene 5 Duration 45 Frame  Tombak dilempar dengan cepat dengan jarak yang ditentukan
4	Baladu	Scene 1 Duration 1 frame  Baladu pada posisi netral (sarung belum muncul)



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

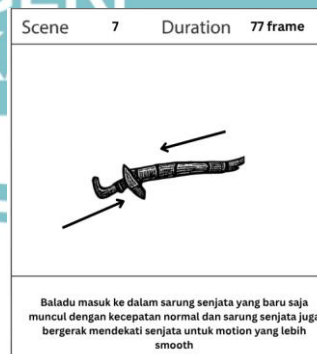
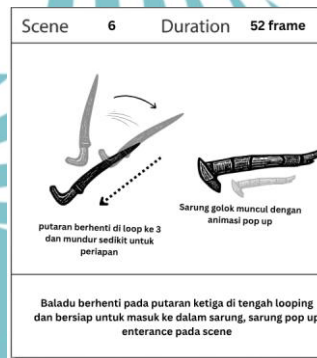
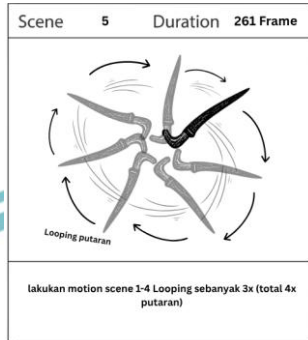
		Scene 2 Duration 25 frame  Baladu melakukan twirling motion dengan effect smear Baladu melakukan swing kebawah dan akan melakukan sword twirling motion dengan effect smear (stretch)
		Scene 3 Duration 12 frame  Bertukar melakukan putaran pada sumbu x dan kembali baladu berputar dan berganti arah di tengah perputaran, perputaran pada sumbu x dikarenakan berganti tangan agar posisi object lebih smooth saat tangkap tangan lain dan berputar ke sumbu x semula lagi dengan cepat dan melanjutkan motion berputar
		Scene 4 Duration 40 frame  Baladu menyelesaikan putaran baladu berputar dan berganti arah di tengah perputaran, perputaran pada sumbu x dikarenakan berganti tangan agar posisi object lebih smooth saat tangkap tangan lain dan berputar ke sumbu x semula lagi dengan cepat dan melanjutkan motion berputar



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta





© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

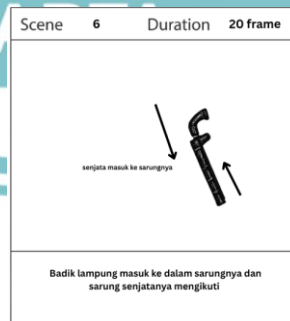
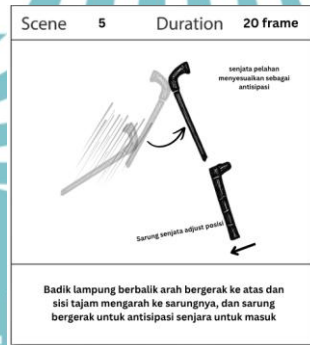
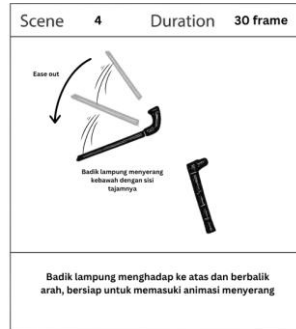
Badik Lampung	Scene 1 Duration 60 frame  Badik lampung maju sedikit Badik lampung berada di state normal dan senjata mengarah ke depan bersiap untuk motion menusuk
	Scene 2 Duration 25 frame  Badik lampung menusuk kedepan badik lampung melakukan motion serangan menusuk lalu dengan cepat mundur untuk membuat gerakan lebih smooth
	Scene 3 Duration 25 frame  Menghadap ke atas dan berbalik arah ke sisi lainnya Badik lampung menghadap ke atas dan berbalik arah, bersiap untuk memasuki animasi menyerang



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



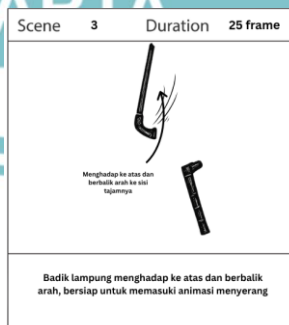
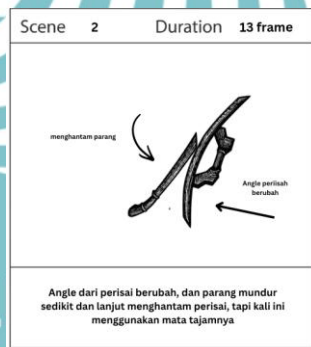
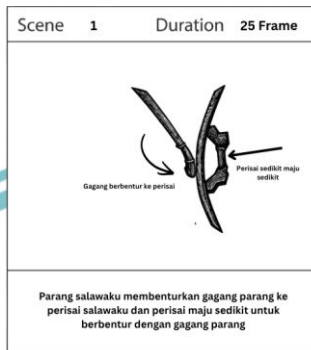


© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Parang Salawaku

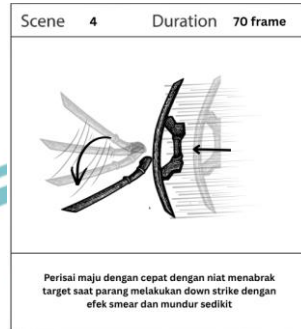




© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



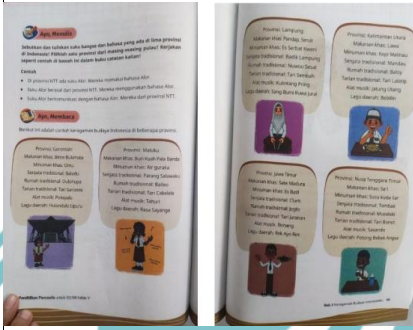
Storyboard visual pada Tabel 4.3 digunakan sebagai pedoman dalam menerapkan animasi pada objek 3D di Blender. Gambar utama dalam *storyboard* berasal dari objek 3D yang dibuat sendiri oleh penulis, sehingga tetap merepresentasikan hasil karya yang dikembangkan dalam penelitian. Adapun elemen tambahan dari Canva hanya digunakan sebagai alat bantu visual untuk memperjelas rancangan gerak, seperti panah, efek angin, garis arah, dan penanda bayangan. Penggunaan elemen tersebut dilakukan sesuai ketentuan lisensi Canva dan tidak digunakan sebagai aset utama dalam *model* 3D maupun animasi akhir.

Dengan demikian, *storyboard* visual berfungsi sebagai dokumen pendukung perancangan animasi. Produksi animasi tetap dilakukan di Blender melalui proses *rigging*, *keyframe animation*, *constraint*, dan *animation baking*. Hasil animasi selanjutnya diekspor bersama aset 3D dalam format FBX agar dapat diintegrasikan dan diuji pada Unity.

4.2.3. Pengumpulan Bahan

Pengumpulan bahan dilakukan untuk menyiapkan referensi visual dan teknis yang diperlukan dalam proses pembuatan aset. Bahan yang dikumpulkan meliputi referensi bentuk senjata tradisional, warna, ornamen, karakter *material*, tekstur, serta referensi gerakan dasar. Referensi tersebut digunakan sebagai dasar dalam proses *modelling*, *UV editing*, *texturing*, *rigging*, dan animasi.

Tabel 4.4 Pengumpulan Bahan Visual dan Teknis

Jenis Bahan	Sumber Bahan	Deskripsi dan Kegunaan
Referensi Materi dan acuan		Buku paket Pendidikan Pancasila kelas 5 dan gambar referensi pendukung Digunakan Sebagai acuan materi dan Objek 3D yang akan dibuat
Referensi Objek		Badik Lampung adalah senjata tradisional khas Lampung berbentuk pisau panjang dengan bilah runcing dan sedikit melengkung. Digunakan sebagai referensi pembuatan objek Sumber gambar : genpi.id Author : Tomi Nurrohman
		Baladu adalah senjata tradisional Gorontalo berbentuk pisau melengkung dengan gagang khas, Digunakan sebagai referensi pembuatan objek Sumber gambar : https://id.pinterest.com/ Author: S Suryawan



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

		Mandau adalah senjata tradisional Kalimantan Utara berbentuk parang panjang dengan bilah tajam, gagang khas, dan sarung berhias motif Dayak Digunakan sebagai referensi pembuatan objek Sumber gambar : www.lazada.co.id Author : gelangtasbthkayukaukah
		Clurit adalah senjata tradisional Jawa Timur, khususnya Madura, yang memiliki bilah melengkung seperti sabit dan gagang pendek. Digunakan sebagai referensi pembuatan objek Sumber gambar : https://www.magnific.com/ Author : Virdauso Design
		Tombak NTT adalah senjata tradisional berbentuk gagang panjang dengan mata runcing di ujungnya Digunakan sebagai referensi pembuatan objek Sumber Gambar : https://id.pinterest.com/ author : Dagaz Kurgansson



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

		Parang Salawaku adalah senjata tradisional Maluku yang terdiri dari parang dan perisai. Digunakan sebagai referensi pembuatan objek Sumber gambar : https://www.kompas.com/ Author : Vanya Karunia Mulia Putri , Serafica Gischa Tim Redaksi
Referensi material		Gambar pelindung Parang Salawaku digunakan sebagai referensi visual dalam proses UV Editing untuk menyesuaikan bentuk, warna, dan motif pada model 3D. Gambar ini diperoleh dari https://id.wikipedia.org/wiki/ Author : KITbot (pengupload gambar)
		Gambar yang saya buat sendiri dan digunakan untuk di UV Editing ke mandau dan gagang pedangnya



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



Berikut adalah texture pattern yang saya Buat dengan inspirasi texture dari

<https://www.shutterstock.com>

Author :

[DavidPinoPhotography](https://www.shutterstock.com)

sebagai referensi visual, Referensi tersebut tidak digunakan secara langsung sebagai texture akhir, tetapi hanya dijadikan acuan untuk memahami bentuk motif, susunan pola, dan karakter visual yang mendekati sarung Mandau.

Selanjutnya, penulis melakukan modifikasi dan penyusunan ulang pola melalui Canva agar texture yang dihasilkan lebih sesuai dengan kebutuhan model 3D, ukuran UV map.

Dengan demikian, texture akhir merupakan hasil olahan penulis yang telah disesuaikan sendiri, bukan salinan langsung dari gambar referensi.



Berikut adalah texture pattern yang saya Dapatkan di

<https://polyhaven.com>

Texture ini bernama Fine Grained Wood, dan texture ini saya gunakan untuk texture kayu gelap

Credit untuk author pembuat texture :
Rob Tuytel

Texture ini memiliki Lisence CC0 yakni : aset boleh digunakan untuk tujuan apa pun, termasuk kebutuhan komersial. Pengguna dapat memakai, mengubah, dan membagikan aset tersebut tanpa perlu meminta izin



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

		khusus. Atribusi biasanya tidak wajib, tetapi tetap baik jika mencantumkan sumber sebagai bentuk etika penggunaan.
		Berikut adalah texture pattern yang saya Dapatkan di https://polyhaven.com Texture ini bernama Prywood, dan texture ini saya gunakan untuk texture kayu gelap Credit untuk author pembuat texture : Rob Tuytel Texture ini memiliki Lisence CC0 yakni : aset boleh digunakan untuk tujuan apa pun, termasuk kebutuhan komersial. Pengguna dapat memakai, mengubah, dan membagikan aset tersebut tanpa perlu meminta izin khusus. Atribusi biasanya tidak wajib, tetapi tetap baik jika mencantumkan sumber sebagai bentuk etika penggunaan.
		Berikut adalah texture pattern yang saya Dapatkan di https://polyhaven.com Texture ini bernama Velour Velvet, dan texture ini saya gunakan untuk texture kain merah pada tombak Credit untuk author pembuat texture : Rico Cilliers & colormass Texture ini memiliki Lisence CC0 yakni : aset boleh digunakan untuk tujuan apa pun, termasuk kebutuhan komersial. Pengguna dapat memakai, mengubah, dan membagikan aset tersebut tanpa perlu meminta izin



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

husus. Atribusi biasanya tidak wajib, tetapi tetap baik jika mencantumkan sumber sebagai bentuk etika penggunaan.

4.3. Implementasi Pembuatan Aset 3D dan Animasi di Blender

Pada bagian ini, tahap *assembly* dalam metode *Multimedia Development Life Cycle* diterapkan melalui proses produksi aset 3D dan animasi 3D menggunakan Blender. Proses ini dilakukan untuk menghasilkan aset senjata tradisional yang sesuai dengan referensi visual, memiliki bentuk yang proporsional, memiliki tekstur yang jelas, dan siap diintegrasikan ke dalam Unity untuk kebutuhan aplikasi pembelajaran berbasis *Markerless Augmented Reality*. Tahapan implementasi meliputi referensi visual, *modelling* dasar, *high-poly modelling*, *high-to-low poly conversion*, *UV editing*, *texturing*, *texture baking*, *rigging* dan *constraint*, *animating*, *animation baking*, serta *export FBX*.

4.3.1 Referensi Visual

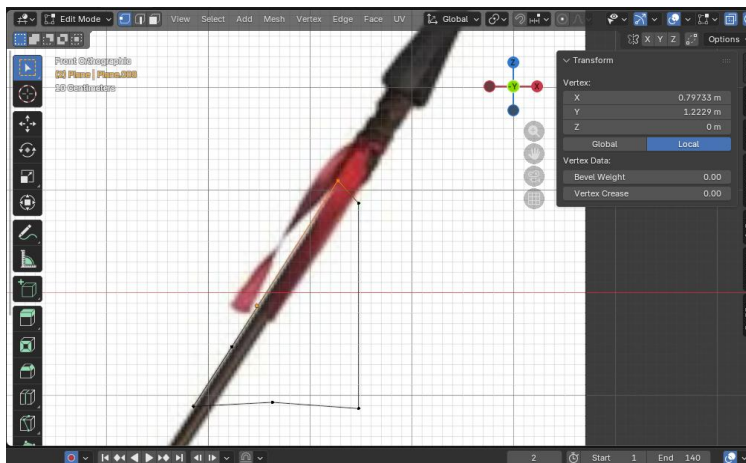
Tahap pertama dalam pembuatan aset 3D adalah mencari referensi visual senjata tradisional yang sesuai dengan objek yang akan dibuat. Referensi visual digunakan sebagai dasar dalam menentukan bentuk, proporsi, bagian utama, ornamen, dan karakter *material* dari setiap senjata. Referensi yang digunakan mencakup gambar senjata tradisional dari internet, buku paket Pendidikan Pancasila kelas V, serta gambar pendukung lain yang relevan dengan objek penelitian. Setelah referensi diperoleh, penulis membuka Blender dan mengatur tampilan kerja agar lebih mudah mengikuti bentuk objek. Tampilan perspektif dapat diatur dengan menekan tombol 1 pada *numpad* untuk melihat objek dari sisi depan. Pengaturan ini membantu proses *modelling* agar bentuk dasar senjata dapat dibuat secara lebih terarah.



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4.2 Referensi Visual senjata tradisional

4.3.2 Modelling Dasar

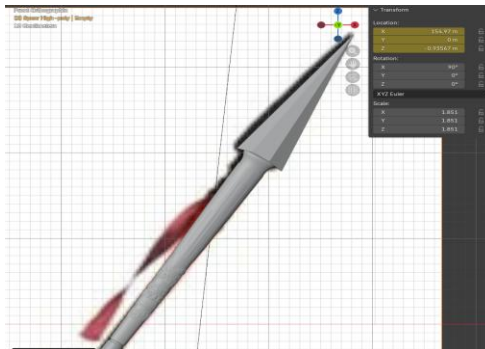
Setelah referensi visual ditentukan, penulis membuat *modelling* dasar untuk membentuk struktur awal objek 3D. Proses ini dilakukan dengan menyesuaikan bentuk *mesh* terhadap gambar referensi. Pada tahap ini, penulis menggunakan *edit mode* untuk mengatur titik, garis, dan bidang pada objek, lalu *Alt + D* di *vertex*-nya hingga bentuk *vertex* pada *mesh* disesuaikan secara bertahap hingga bentuk objek mendekati bentuk senjata yang dijadikan acuan. Teknik duplikasi dan pengaturan *vertex* dilakukan sesuai kebutuhan agar bilah, gagang, sarung, atau bagian pendukung lain dapat terbentuk dengan proporsi awal yang tepat. Tahap *modelling* dasar ini menjadi fondasi sebelum detail objek dikembangkan pada tahap *high-poly modelling*.



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4.3 Proses modelling dasar aset 3D

4.3.3 High-Poly Modelling

Tahap *high-poly modelling* dilakukan untuk menambahkan detail visual pada objek yang telah dibuat pada tahap *modelling* dasar. Pada tahap ini, penulis menyesuaikan kembali bentuk *model* agar detail senjata terlihat lebih jelas, seperti lekukan bilah, bentuk gagang, ornamen, sarung, dan bagian khas pada masing-masing senjata tradisional. Objek juga diperbesar atau diperkecil menggunakan perintah *scale* dengan tombol S, kemudian disesuaikan pada sumbu tertentu seperti sumbu X, Y, atau Z sesuai kebutuhan bentuk. Jika *model* membutuhkan permukaan yang lebih halus, penulis menambahkan *subdivision* atau penyesuaian *mesh* agar objek terlihat lebih detail. Tahap ini bertujuan menghasilkan *model* berdetail tinggi sebagai dasar visual sebelum *model* dioptimasi menjadi *low-poly*.



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4.4 Proses high-poly modelling

4.3.4 High-to-Low Poly Conversion

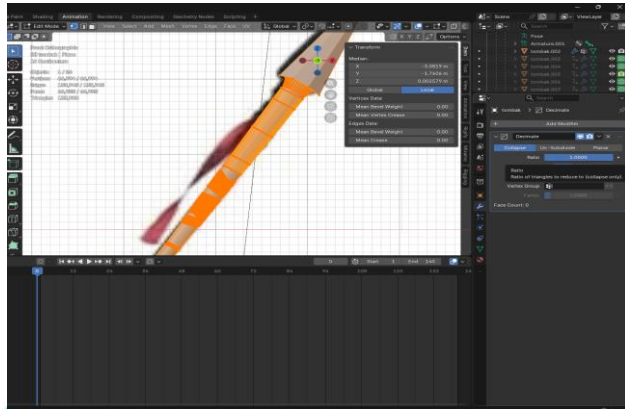
Setelah *model high-poly* selesai dibuat, penulis melakukan proses *high-to-low poly conversion* untuk mengurangi jumlah geometri pada objek. Proses ini penting karena aset akan digunakan pada aplikasi *AR mobile* yang membutuhkan *model* ringan dan mudah diproses. Penulis menggunakan beberapa metode untuk mengurangi jumlah poligon, yaitu *modifier Decimate*, perintah *Del* dengan opsi *Limited Dissolve*, lalu bisa juga dengan menekan tombol *M* dengan opsi *Merge by Distance*. *Modifier Decimate* digunakan untuk mengurangi kepadatan *mesh* secara otomatis. *Limited Dissolve* digunakan untuk menghapus *edge* atau *vertex* yang tidak terlalu berpengaruh pada bentuk utama objek. *Merge by Distance* digunakan untuk menggabungkan *vertex* yang terlalu berdekatan. Proses ini menjaga agar objek tetap memiliki bentuk yang jelas, tetapi tidak memiliki jumlah poligon yang berlebihan.



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4.5 Hasil konversi model high-poly ke low-poly

Catatan : Penting untuk melakukan *high-poly* ke *low-poly* sebelum *texturing* atau *UV editing* karena *texture* bisa menjadi tidak sesuai.

Metode *decimate* termasuk salah satu yang paling efektif, yang dimana metode ini mengurangi *face* dan *vertex* dari objek dengan hanya memanipulasi *value ratio modifier*. *Value* yang digunakan adalah sebagai berikut

Tabel 4.5 Tabel Value Ratio Decimate untuk setiap objek

No	Nama Aset	Value Ratio Decimate
1	Tombak	0,0143
2	Clurit	0,1476
3	Parang Salawaku (Senjata)	0,1414
	Parang Salawaku (Pelindung)	0,1412



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

4	Mandau (Senjata)	0,0604
	Mandau (Sarung)	0,1678
5	Badik Lampung (Senjata)	0,0267
	Badik Lampung (Sarung)	0,2278
6	Baladu (Senjata)	0,2960
	Baladu (Sarung)	0,2508

4.3.5 UV Editing

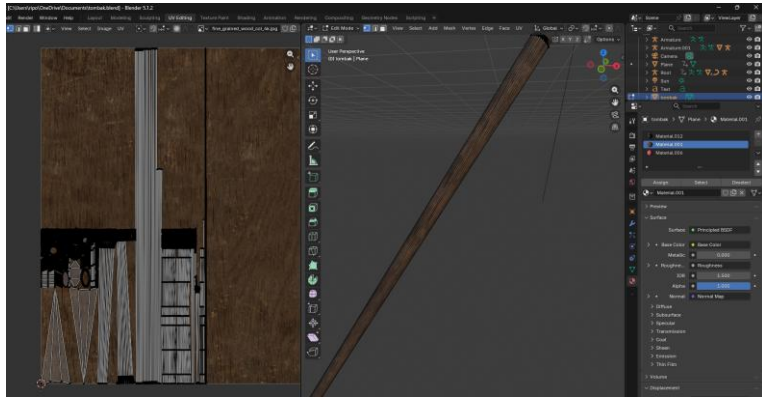
Tahap *UV editing* dilakukan untuk mengatur koordinat permukaan objek 3D agar tekstur dapat ditempatkan dengan tepat. Pada tahap ini penulis membuka objek pada *UV Editing workspace*, kemudian memilih bagian *mesh* yang akan diberi tekstur. Proses UV dilakukan dengan menekan tombol U, lalu memilih *Smart UV Project* agar permukaan objek dapat dibuka menjadi *layout* dua dimensi. *Layout UV* ini digunakan untuk menempatkan *material* dan gambar tekstur pada bagian objek, seperti gagang kayu, bilah besi, sarung senjata, dan ornamen. Pada beberapa bagian, penulis menggunakan *material* atau gambar referensi tertentu sebagai *texture* agar karakter visual senjata dapat terlihat lebih sesuai.



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

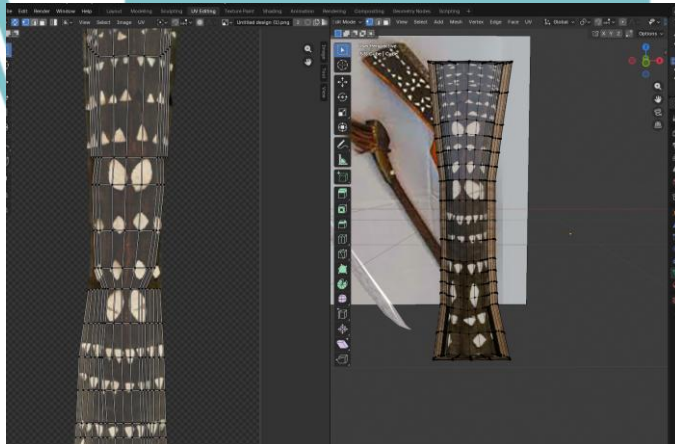
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4.6 Proses UV Editing texture kayu

Salah satu objek yang memanfaatkan *texture* gambar adalah tameng Parang Salawaku dan Mandau. Jadi, di sini penulis cukup melakukan *adjust mapping* secara manual agar sesuai dengan gambar. Tahap *UV editing* membantu tekstur menempel pada objek secara rapi dan tidak berubah posisi saat *model* diekspor.



Gambar 4.7 Proses UV Editing Pada *texture* gambar

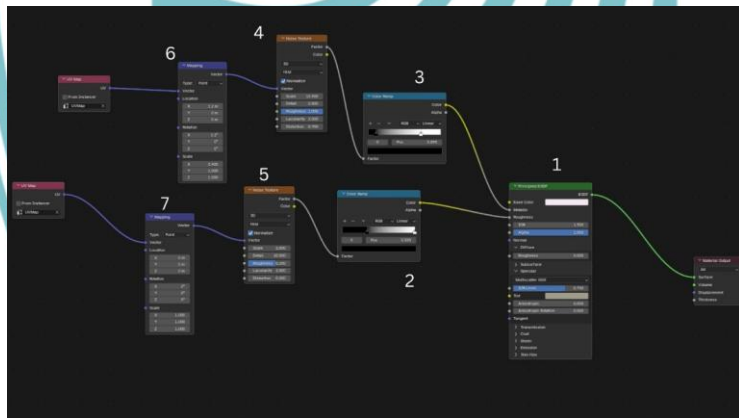


Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

4.3.6 Texturing

Setelah UV selesai diatur, penulis melakukan *texturing* untuk memberikan warna, corak, dan karakter *material* pada objek. *Texture* digunakan untuk memperjelas perbedaan *material* pada setiap bagian senjata, seperti logam pada bilah, kayu pada gagang, dan motif pada sarung atau pelindung. Pada tahap ini, penulis mengatur *texture* melalui *material node* di Blender. Beberapa variabel *material* dapat diubah untuk menghasilkan tampilan yang lebih sesuai, seperti warna kayu, kekasaran permukaan, kilap logam, serta detail motif. Berikut adalah *value* dari beberapa *node texture* yang digunakan untuk *texturing*.



Gambar 4.8 Value yang digunakan untuk pembuatan logam putih

Pada tahap *texturing material* logam putih, penulis menggunakan *node Principled BSDF* sebagai *shader* utama dengan pengaturan *Multiscatter GGX* dan nilai *IOR Level* 0,7 agar permukaan logam terlihat terang, reflektif, tetapi tidak terlalu mengkilap. *Material* ini dibuat dengan kombinasi *UV Map*, *Mapping*, *Noise Texture*, dan *ColorRamp* untuk mengatur variasi *roughness* dan *metallic* pada permukaan objek. Pada bagian *roughness*, *Noise Texture* menggunakan nilai *Roughness* 0,650 dan *ColorRamp* dengan



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

posisi 0,333 untuk menghasilkan variasi permukaan kasar dan halus. Pada bagian *metallic*, *Noise Texture* menggunakan nilai *Roughness* 1,000 dan *ColorRamp* dengan posisi 0,095 untuk memperkuat kesan logam. *Mapping roughness* menggunakan nilai *default*, sedangkan *mapping metallic* diatur dengan *Location X* 1,2, *Rotation X* 1,1, dan *Scale X* 3,400 agar pola logam terlihat lebih natural. Kombinasi *node* tersebut menghasilkan tekstur logam putih yang tidak datar, memiliki variasi pantulan, dan sesuai untuk visual aset senjata tradisional.

Tabel 4.6 Tabel Value dari Logam Putih

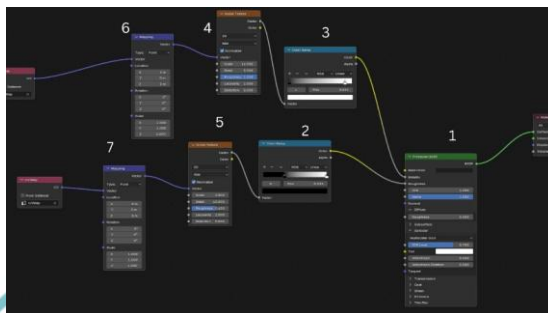
No.	Nama Node	Pengaturan Utama	Deskripsi
1	Principled BSDF	Warna dasar putih, <i>Metallic</i> dari <i>ColorRamp</i> , <i>Roughness</i> dari <i>ColorRamp</i> , <i>Multiscatter GGX</i> , <i>IOR Level</i> 0,7	<i>Node shader</i> utama untuk membentuk material logam putih dengan sifat reflektif dan variasi pantulan.
2	ColorRamp Roughness	Gradasi hitam-putih, posisi 0,353	Mengatur tingkat kasar dan halus permukaan logam putih agar pantulan tidak terlihat terlalu rata.
3	ColorRamp Metallic	Gradasi hitam-putih, posisi 0,095	Mengatur variasi nilai <i>metallic</i> pada permukaan logam putih.
4	Noise Texture Metallic	<i>Scale</i> 13,9, <i>Detail</i> 2,8, <i>Roughness</i> 1,0, <i>Distortion</i> 0,7	Membentuk pola variasi <i>metallic</i> agar permukaan logam putih tidak terlihat polos.
5	Noise Texture Roughness	<i>Scale</i> 2,0, <i>Detail</i> 10,0, <i>Roughness</i> 0,650, <i>Distortion</i> 0,0	Membentuk pola variasi <i>roughness</i> untuk menghasilkan perbedaan pantulan pada permukaan material.
6	Mapping Metallic	<i>Location X</i> 1,2, <i>Rotation X</i> 1,1°, <i>Scale X</i> 3,4	Mengatur koordinat tekstur pada jalur <i>metallic</i> sebelum masuk ke <i>Noise Texture</i> .



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4.9 Value yang digunakan untuk pembuatan logam Hitam

Pada tahap *texturing material* logam hitam, penulis menggunakan *node Principled BSDF* sebagai *shader* utama dengan warna dasar gelap, pengaturan *Multiscatter GGX*, serta nilai *IOR Level* 0,700 agar permukaan logam tetap terlihat reflektif, tetapi tidak terlalu mengkilap. *Material* ini dibuat dengan kombinasi *UV Map*, *Mapping*, *Noise Texture*, dan *ColorRamp* untuk membentuk variasi nilai *metallic* dan *roughness* pada permukaan objek.

Pada jalur *metallic*, *Noise Texture* menggunakan nilai *Scale* 10,000, *Detail* 5,000, *Roughness* 1,000, *Lacunarity* 2,000, dan *Distortion* 0,000, kemudian diatur melalui *ColorRamp* dengan posisi 0,891. Jalur ini dihubungkan ke *input Metallic* pada *Principled BSDF* untuk memberikan variasi sifat logam pada permukaan *material*. Pada jalur *roughness*, *Noise Texture* menggunakan nilai *Scale* 2,000, *Detail* 10,000, *Roughness* 0,650, *Lacunarity* 2,000, dan *Distortion* 0,000, kemudian dihubungkan ke *ColorRamp* dengan posisi 0,333 untuk mengatur perbedaan permukaan kasar dan halus. *Mapping* pada kedua jalur menggunakan nilai *default* sehingga pola tekstur mengikuti koordinat UV objek secara langsung. Kombinasi *node* tersebut menghasilkan *material* logam hitam yang memiliki warna dasar gelap, variasi sifat *metallic*, serta tingkat pantulan yang tidak monoton



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 4.7 Tabel Value dari Logam Hitam

No.	Nama Node	Pengaturan Utama	Deskripsi
1	Principled BSDF	Warna dasar gelap, <i>Metallic</i> dari <i>ColorRamp</i> , <i>Roughness</i> dari <i>ColorRamp</i> , <i>Multiscatter GGX</i> , <i>IOR Level 0,7</i>	<i>Node shader</i> utama untuk membentuk material logam hitam yang reflektif, tetapi tidak terlalu mengkilap.
2	ColorRamp Roughness	Gradasi hitam-putih, posisi 0,333	Mengatur variasi tingkat kasar dan halus pada permukaan logam hitam.
3	ColorRamp Metallic	Gradasi hitam-putih, posisi 0,891	Mengatur intensitas <i>metallic</i> pada permukaan logam hitam agar sifat logam tidak terlalu seragam.
4	Noise Texture Metallic	<i>Scale 10,0</i> , <i>Detail 5,0</i> , <i>Roughness 1,0</i> , <i>Distortion 0,0</i>	Membentuk pola variasi <i>metallic</i> pada material logam hitam.
5	Noise Texture Roughness	<i>Scale 2,0</i> , <i>Detail 10,0</i> , <i>Roughness 0,650</i> , <i>Distortion 0,0</i>	Membentuk pola variasi <i>roughness</i> untuk menghasilkan perbedaan permukaan kasar dan halus.
6	Mapping Metallic	Nilai <i>default</i>	Mengatur koordinat tekstur pada jalur <i>metallic</i> agar mengikuti koordinat <i>UV</i> objek.
7	Mapping Roughness	Nilai <i>default</i>	Mengatur koordinat tekstur pada jalur <i>roughness</i> agar mengikuti koordinat <i>UV</i> objek.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

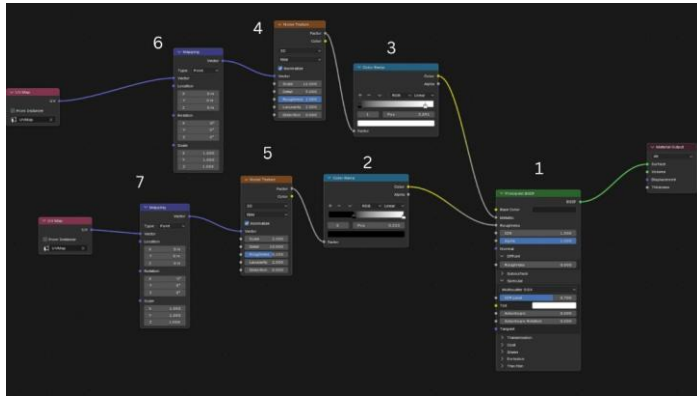
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4.10 Value yang digunakan untuk pembuatan logam Coklat

Pada tahap *texturing material* logam coklat, penulis menggunakan *node Principled BSDF* sebagai *shader* utama dengan pengaturan *Multiscatter GGX* dan nilai *IOR Level* 0,7 agar permukaan *material* tetap memiliki kesan reflektif seperti logam. *Material* ini dibuat dengan kombinasi *UV Map*, *Mapping*, *Noise Texture*, dan *ColorRamp*. Jalur pertama menggunakan *Noise Texture* dengan nilai *Scale* 10, *Detail* 5, dan *Roughness* 1,000, lalu dihubungkan ke *ColorRamp* dengan posisi 0,891 untuk menghasilkan variasi warna dasar yang tidak terlalu polos. Jalur kedua menggunakan *Noise Texture* dengan nilai *Scale* 2, *Detail* 10, dan *Roughness* 0,050, lalu dihubungkan ke *ColorRamp* dengan posisi 0,333 untuk mengatur variasi sifat *metallic* atau kekasaran permukaan. *Mapping* pada kedua jalur menggunakan nilai *default* sehingga pola tekstur mengikuti koordinat *UV Map* secara langsung. Kombinasi *node* tersebut menghasilkan *material* logam gelap kehijauan yang memiliki variasi warna, permukaan, dan pantulan agar tampilan objek 3D terlihat lebih natural.



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 4.8 Tabel Value dari Logam coklat

No.	Nama Node	Pengaturan Utama	Deskripsi
1	Principled BSDF	Warna dasar coklat gelap, <i>Metallic</i> dari <i>ColorRamp</i> , <i>Roughness</i> dari <i>ColorRamp</i> , <i>Multiscatter GGX</i> , <i>IOR Level</i> 0,7	<i>Node shader</i> utama untuk membentuk material logam coklat yang memiliki karakter reflektif, tetapi tidak terlalu mengkilap.
2	ColorRamp Roughness	Gradasi hitam-putih, posisi 0,333	Mengatur variasi tingkat kasar dan halus pada permukaan logam coklat agar pantulan tidak terlihat terlalu rata.
3	ColorRamp Metallic	Gradasi hitam-putih, posisi 0,891	Mengatur intensitas <i>metallic</i> pada permukaan logam coklat agar sifat logam tidak terlalu seragam.
4	Noise Texture Metallic	<i>Scale</i> 14,0, <i>Detail</i> 5,0, <i>Roughness</i> 1,0, <i>Distortion</i> 0,0	Membentuk pola variasi <i>metallic</i> pada material logam coklat sehingga permukaan tidak terlihat polos.
5	Noise Texture Roughness	<i>Scale</i> 2,0, <i>Detail</i> 10,0, <i>Roughness</i> 0,650, <i>Distortion</i> 0,0	Membentuk pola variasi <i>roughness</i> untuk menghasilkan perbedaan permukaan kasar dan halus.
6	Mapping Metallic	Nilai <i>default</i>	Mengatur koordinat tekstur pada jalur <i>metallic</i> sebelum masuk ke <i>Noise Texture</i> .
7	Mapping Roughness	Nilai <i>default</i>	Mengatur koordinat tekstur pada jalur <i>roughness</i> agar pola tekstur mengikuti koordinat <i>UV</i> objek.



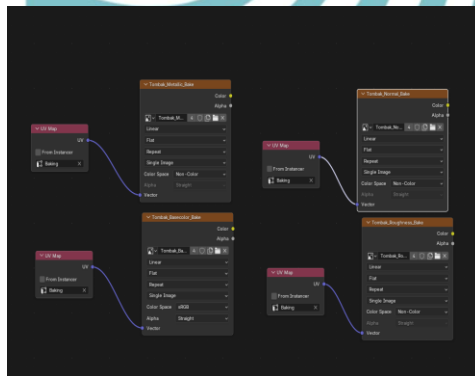
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Namun, perubahan pada *node material* belum tentu terbaca dengan baik ketika *file* dipindahkan ke Unity. Oleh karena itu, *texture* perlu melalui proses *baking* agar hasil visual yang telah diatur di Blender dapat disimpan menjadi *file texture* yang dapat digunakan pada *engine*.

4.3.8 Texture Baking

Texture *baking* dilakukan untuk menyimpan informasi visual dari *material* Blender menjadi *image texture* yang dapat dibaca pada Unity. Pada tahap ini, penulis membuat *image texture* kosong dan memberi nama sesuai jenis *map* yang dibutuhkan, yaitu *Base_color*, *Roughness*, *Metallic*, dan *Normal*. Setiap *image texture* tersebut digunakan untuk menyimpan informasi warna dasar, tingkat kekasaran, sifat logam, dan detail permukaan objek.



Gambar 4.11 Pembuatan Image Texture kosong lalu diberikan nama

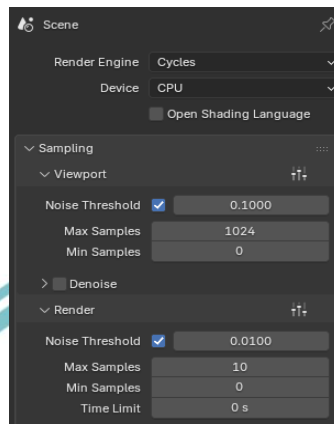
Setelah *image texture* dibuat, penulis membuka panel *Render*, mengubah *Render Engine* menjadi *Cycles*, lalu mengatur *Render Max Samples* menjadi 10 agar proses *baking* berjalan lebih ringan. Selanjutnya, penulis membuka bagian *Bake* dan melakukan *baking* pada setiap *image texture* sesuai urutan *map* yang dibutuhkan.



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

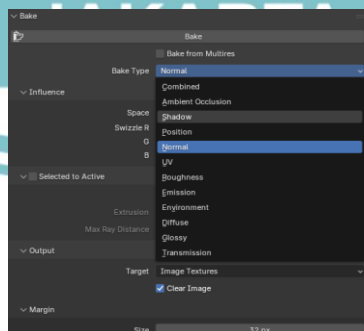
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4.12 Pengaturan pada Scene di Navigation sebelum Texture Baking

Pada proses *baking*, *Base Color* menggunakan tipe *bake Diffuse*, *Roughness* menggunakan tipe *bake Roughness*, *Metallic* menggunakan tipe *bake Emission*, dan *Normal* menggunakan tipe *bake Normal*. Setelah proses *baking* selesai, setiap *image texture* disimpan sebagai *file texture*. *File* tersebut kemudian digunakan kembali pada *material* objek agar tampilan visual tetap konsisten saat aset dipindahkan ke Unity. Dengan proses ini, detail visual dari *material* dapat dipertahankan tanpa membawa pengaturan *node* yang terlalu kompleks ke dalam aplikasi AR.



Gambar 4.13 Pengaturan Texture baking Pada bagian Bake

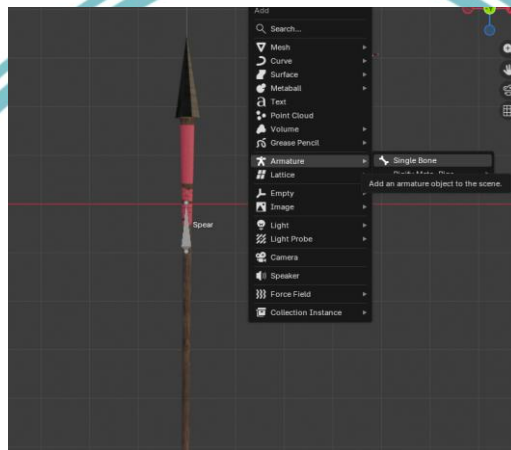


Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

4.3.9 Rigging dan Constraint

Rigging dilakukan untuk membuat struktur tulang atau *armature* yang berfungsi sebagai pengendali gerakan objek. Pada tahap ini, penulis membuat *armature* dan memberi nama sesuai kebutuhan objek.



Gambar 4.14 Pengaplikasian Armature terhadap objek 3D

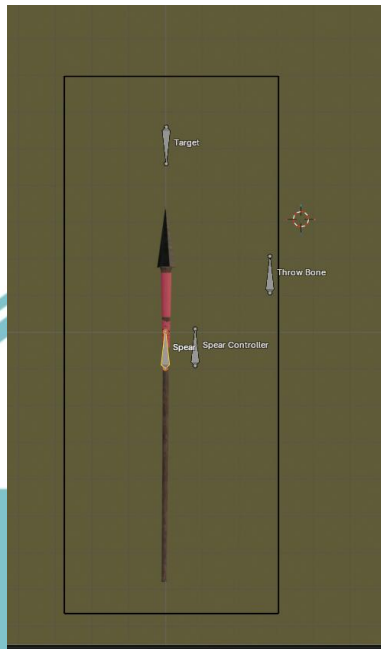
Ukuran *bone* kemudian disesuaikan dengan ukuran dan bagian objek yang akan digerakkan. Setelah *armature* utama dibuat, penulis menambahkan *armature* atau *bone* lain dengan menekan *Shift + A* pada *edit mode*, lalu menyesuaikan posisinya berdasarkan bagian objek yang membutuhkan kontrol gerakan. Setelah struktur *bone* terbentuk, penulis masuk ke *pose mode* untuk mengatur hubungan antar-*bone*. *Target bone* dipilih terlebih dahulu, kemudian *bone* utama dipilih, lalu *constraint* diterapkan melalui perintah *Ctrl + Shift + C* dan memilih *Damped Track*.



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4.15 Contoh Struktur Rigging

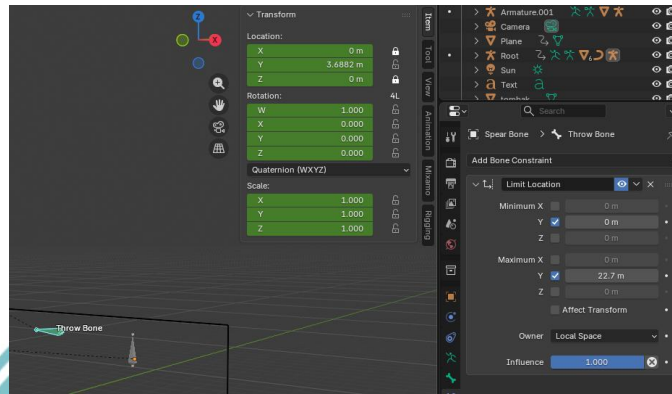
Constraint digunakan agar arah gerak *bone* dapat mengikuti *target* tertentu dan tetap sesuai dengan rancangan animasi. Selanjutnya, objek di-*parent* ke *armature* dengan memilih opsi *Empty Object*. Setelah itu, penulis melakukan *weight paint* pada *mesh* ke masing-masing *bone* agar bagian objek dapat digerakkan melalui *pose mode*. Penulis juga menyesuaikan *rigging* berdasarkan kebutuhan animasi.



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

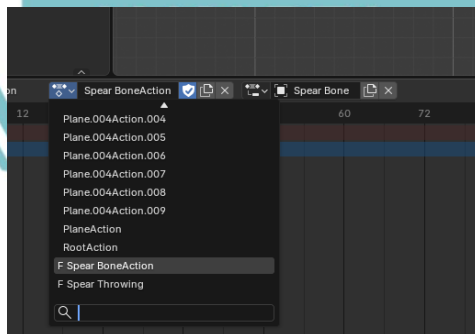
Hak Cipta :

1. Diarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4.16 Constraint pada Throw Bone

Curve diatur sebagai arah objek akan menuju pada saat penulis menggerakkan *Throw Bone*. Langkah utama di sini adalah menggunakan *constraint follow path* pada *Spear Location* agar animasi tombak terlempar dapat direkam dalam *action*. *Action* ini kemudian akan diintegrasikan ke *Spear Location* yang telah di-parent ke *Throw Bone* dengan cara mengaktifkan menu *Fake User* dan menyimpan *Action* untuk digunakan, tetapi dengan *value* yang bisa diubah.



Gambar 4.17 Menyimpan Action Melempar yang sudah dijalankan

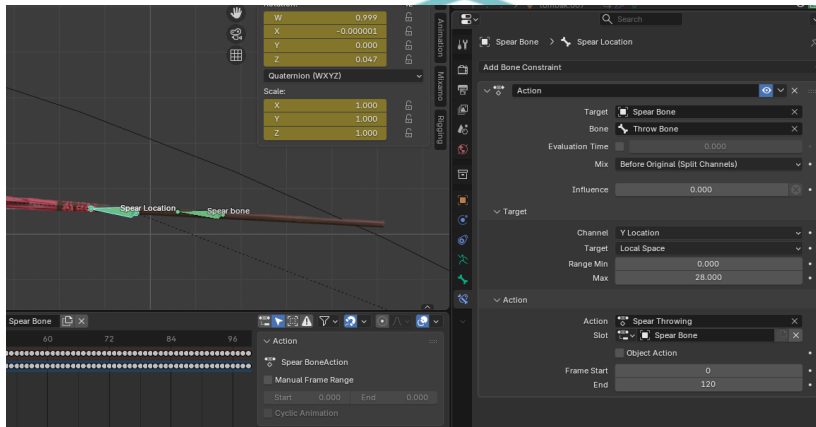


© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Setelah *Action* disimpan dan di-*remove* untuk mengikuti *Curve Path*, penulis memasukkan *constraint Action* pada *Spear Location Bone* dan juga memasukkan *Action* yang baru direkam dengan *Fake User* ke *Constraint Action* pada bagian *Action*.



Gambar 4.18 Memberikan Action Constraint pada Spear Location

Metode *rigging* ini adalah metode yang digunakan penulis untuk objek-objek yang dibuat, tetapi tidak semua objek memiliki struktur *rigging* yang sama. Hal ini terjadi karena beberapa objek memiliki bentuk dan atribut berbeda dalam gerakan animasinya. Meski demikian, cara kerja *rigging* pada objek lain tetap sama dengan penjelasan ini, hanya saja terdapat beberapa struktur *rigging* yang tidak diperlukan untuk objek tertentu, tetapi diperlukan untuk objek lainnya.

Struktur *rigging* pada setiap objek disesuaikan dengan karakter bentuk dan kebutuhan animasi masing-masing senjata. Objek yang hanya membutuhkan gerakan sederhana menggunakan jumlah *bone* yang lebih sedikit, sedangkan objek yang memiliki sarung atau komponen tambahan menggunakan struktur *bone* yang lebih kompleks. Penjelasan struktur *rigging* setiap objek dijabarkan sebagai berikut.

Dikomentari

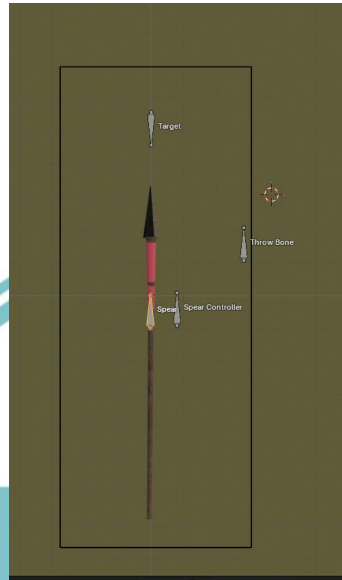
Dikomentari



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4.19 Armature Pada Objek 3D Tombak

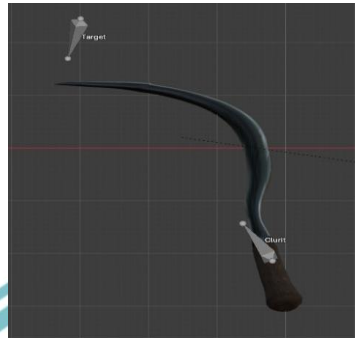
Pada objek Tombak, struktur *rigging* dibuat menggunakan lima *bone* utama, yaitu *Root Bone*, *Spear Bone*, *Spear Controller*, *Throw Bone*, dan *Target Bone*. *Root Bone* digunakan sebagai pengendali utama untuk menggerakkan seluruh objek dan struktur *bone* yang ada pada tombak. *Spear Bone* berfungsi sebagai penghubung antara *rig* dan *mesh*, sehingga pergerakan objek dapat dikendalikan melalui *bone* tanpa harus mengubah *mesh* secara langsung. *Spear Controller* digunakan untuk mengatur arah, posisi, dan lokasi tombak ketika dianimasikan. *Target Bone* berfungsi sebagai acuan arah pada ujung tombak, sehingga orientasi gerakan tombak tetap sesuai dengan rancangan animasi. Sementara itu, *Throw Bone* digunakan sebagai pengendali tambahan untuk menghasilkan gerakan melempar tombak pada animasi.



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

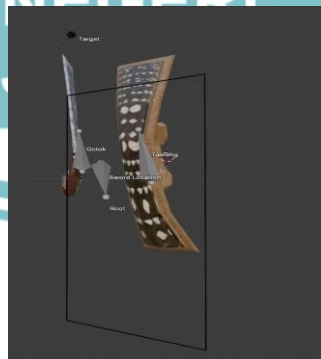
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4.20 Armature Pada Objek 3D Clurit

Pada objek Clurit, struktur *rigging* dibuat lebih sederhana karena objek hanya membutuhkan gerakan ayunan. *Rigging* pada Clurit terdiri atas dua *bone* utama, yaitu *Clurit Bone* dan *Target Bone*. *Clurit Bone* berfungsi sebagai pengendali utama yang menghubungkan gerakan *rig* dengan *mesh* clurit, sehingga objek dapat digerakkan tanpa mengubah bentuk *mesh* secara langsung. *Target Bone* digunakan sebagai acuan arah gerakan clurit ketika objek mengayun. Dengan struktur ini, animasi clurit dapat menampilkan gerakan ayunan yang mengikuti karakter bentuk bilah clurit yang melengkung.



Gambar 4.21 Armature Pada Objek 3D Parang Salawaku

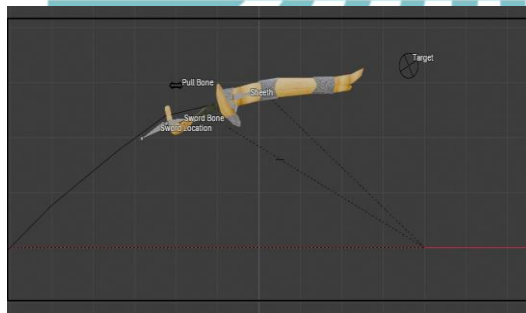


© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Pada objek Parang Salawaku, struktur *rigging* terdiri atas lima *bone* utama, yaitu *Root Bone*, *Parang Bone*, *Sword Controller*, *Target Bone*, dan *Tameng Bone*. *Root Bone* digunakan untuk menggerakkan seluruh objek dan struktur *bone* secara keseluruhan. *Parang Bone* berfungsi sebagai penghubung antara *rig* dengan *mesh* parang agar gerakan objek dapat dikendalikan melalui *bone*. *Sword Controller* digunakan untuk mengatur arah dan posisi parang ketika dianimasikan. *Target Bone* berfungsi sebagai acuan arah pada ujung parang agar orientasi gerakan tetap terkontrol. Selain itu, *Tameng Bone* digunakan sebagai pengendali bagian salawaku atau pelindung, sehingga bagian parang dan salawaku dapat dianimasikan sesuai kebutuhan gerakan pada *storyboard*.



Gambar 4.22 Armature Pada Objek 3D Baladu

Pada objek Baladu, struktur *rigging* terdiri atas enam *bone* utama, yaitu *Root Bone*, *Sword Bone*, *Sword Location*, *Pull Bone*, *Target Bone*, dan *Sheath Bone*. *Root Bone* digunakan sebagai pengendali utama untuk menggerakkan seluruh objek dan *bone*. *Sword Bone* berfungsi sebagai penghubung antara *rig* dan *mesh* senjata agar objek dapat digerakkan melalui *pose bone* tanpa mengubah *mesh* secara langsung. *Sword Location* digunakan untuk mengatur arah dan posisi senjata ketika bergerak. *Pull Bone* digunakan untuk mengatur gerakan senjata ketika masuk ke dalam sarung dengan cara menggeser *bone* sampai batas gerakan yang telah ditentukan melalui *limit location*. *Target Bone* berfungsi sebagai acuan arah ujung senjata, sedangkan *Sheath Bone* digunakan sebagai pengendali bagian sarung senjata. Struktur ini dibuat agar

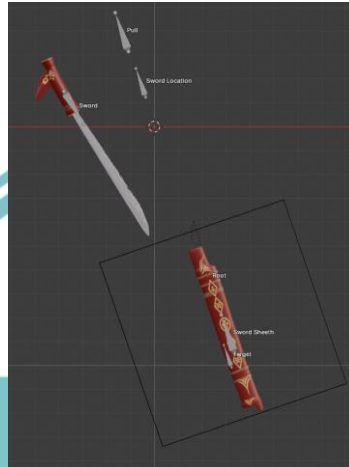


© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

animasi Baladu dapat menampilkan gerakan ayunan serta proses masuknya senjata ke dalam sarung.



Gambar 4.23 Armature Pada Objek 3D Mandau

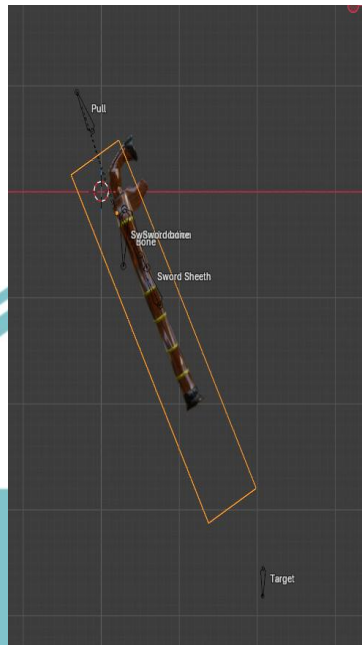
Pada objek Mandau, struktur *rigging* juga terdiri atas enam *bone* utama, yaitu *Root Bone*, *Sword Bone*, *Sword Location*, *Pull Bone*, *Target Bone*, dan *Sheath Bone*. *Root Bone* digunakan untuk mengontrol keseluruhan objek dan *bone*. *Sword Bone* berfungsi sebagai penghubung antara *rig* dengan *mesh* Mandau, sehingga objek dapat dianimasikan melalui *bone* tanpa mengubah bentuk *mesh* asli. *Sword Location* digunakan untuk mengatur arah dan posisi senjata selama animasi berlangsung. *Pull Bone* berfungsi untuk menggerakkan senjata ke dalam sarung dengan batas gerakan tertentu melalui pengaturan *limit location*. *Target Bone* digunakan sebagai acuan arah pada ujung senjata, sedangkan *Sheath Bone* berfungsi sebagai pengendali bagian sarung. Struktur *rigging* ini digunakan agar Mandau dapat menampilkan gerakan mengayun dan gerakan masuk ke sarung secara lebih terkontrol.



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4.24 Armature Pada Objek 3D Badik Lampung

objek Badik Lampung, struktur *rigging* terdiri atas enam *bone* utama, yaitu *Root Bone*, *Sword Bone*, *Sword Location*, *Pull Bone*, *Target Bone*, dan *Sheath Bone*. *Root Bone* berfungsi sebagai pengendali utama untuk menggerakkan seluruh objek dan struktur *bone*. *Sword Bone* digunakan sebagai penghubung antara *rig* dan *mesh* senjata, sehingga animasi dapat dilakukan melalui *bone* tanpa memodifikasi *mesh* secara langsung. *Sword Location* berfungsi untuk mengatur arah dan posisi Badik Lampung ketika bergerak. *Pull Bone* digunakan untuk menggerakkan senjata ke dalam sarung dengan cara menggeser posisi *bone* sampai batas yang telah ditentukan. *Target Bone* digunakan sebagai acuan arah pada ujung senjata, sedangkan *Sheath Bone* digunakan untuk mengontrol bagian sarung. Struktur ini mendukung animasi Badik Lampung yang menampilkan gerakan menusuk, perubahan arah, ayunan, dan gerakan masuk ke dalam sarung senjata.



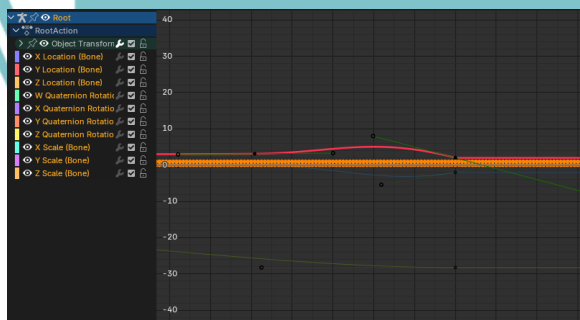
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

4.3.10 Animating

Animating adalah proses menganimasikan objek 3D dengan cara menggerakkan *rigging* yang telah dibuat. Pada tahap ini, penulis mengatur gerakan objek melalui *pose mode* dengan memindahkan, memutar, atau mengubah posisi *bone* pada *frame* tertentu. Gerakan tersebut kemudian disimpan menggunakan *keyframe* agar Blender dapat membaca perubahan posisi objek dari awal sampai akhir animasi.

Selain pengaturan *keyframe* pada *timeline*, penulis juga menggunakan *Graph Editor* untuk mengatur kecepatan dan kelancaran gerakan animasi. *Graph Editor* berfungsi menampilkan kurva perubahan nilai transformasi objek atau *bone* terhadap *frame* animasi, seperti *location*, *rotation*, dan *scale*. Melalui tampilan kurva tersebut, penulis dapat mengamati perubahan gerakan secara lebih detail dan menyesuaikan interpolasi antar-*keyframe* agar animasi tidak terlihat kaku. Kurva yang lebih landai menunjukkan gerakan yang berlangsung lebih lambat, sedangkan kurva yang lebih curam menunjukkan perubahan gerakan yang lebih cepat. Pengaturan ini digunakan untuk menyesuaikan *timing* gerakan senjata, seperti gerakan menarik, memutar, mengarahkan, atau melempar, sehingga animasi terlihat lebih halus, proporsional, dan sesuai dengan karakter objek.



Gambar 4.25 Tampilan Graph Editor



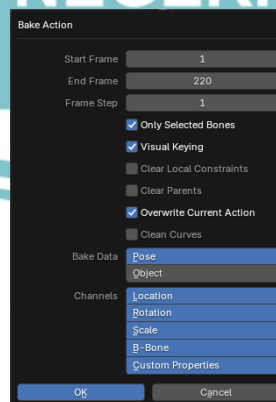
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Animasi yang dibuat bersifat edukatif dan disesuaikan dengan karakter senjata. Misalnya, animasi dapat memperlihatkan gerakan dasar senjata, arah penggunaan, pelepasan bagian tertentu, atau pergerakan objek agar siswa dapat memahami bentuk dan fungsi senjata secara lebih jelas. Tahap *animating* tidak diarahkan untuk membuat animasi naratif yang kompleks, tetapi untuk memperjelas bagian, fungsi, dan karakter visual objek dalam media pembelajaran.

4.3.11 Animation Baking

Setelah animasi selesai dibuat, penulis melakukan *animation baking* agar gerakan yang menggunakan *constraint* dapat tersimpan menjadi *keyframe* yang dapat dibaca secara konsisten saat diekspor. Proses ini dilakukan dengan memilih *armature* yang telah diberi *constraint*, kemudian masuk ke *pose mode*. Setelah itu, penulis membuka menu *Animation* dan memilih *Bake Action*. *Animation baking* membantu mengubah hasil gerakan *rigging* dan *constraint* menjadi data animasi yang lebih stabil. Tahap ini penting karena *constraint* yang bekerja di Blender belum tentu terbaca sama ketika *file* dipindahkan ke Unity. Dengan melakukan *baking*, gerakan objek dapat tersimpan sebagai *animation clip* yang lebih siap digunakan pada aplikasi AR.



Gambar 4.26 Pengaturan Pada Bake Action

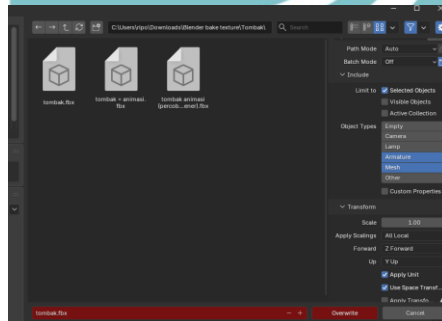


Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

4.3.12 Export FBX

Tahap terakhir adalah *export* aset ke format FBX. Format FBX dipilih karena dapat menyimpan *mesh*, *armature*, *material*, dan animasi sehingga sesuai untuk proses integrasi ke Unity. Sebelum proses *export* dilakukan, penulis memilih objek dan *armature* yang akan diekspor. Pada pengaturan *export*, penulis mengaktifkan opsi *Selected Object* agar hanya objek yang dipilih yang masuk ke dalam *file* akhir. Selanjutnya, bagian *armature* dan *mesh* dipastikan ikut diekspor. Pengaturan orientasi juga disesuaikan dengan kebutuhan Unity, yaitu *Forward* diatur menjadi *Z Forward* dan *Up* diatur menjadi *Y Up*. Setelah pengaturan selesai, aset diekspor dalam format FBX dan siap diuji pada Unity untuk memastikan *model*, *texture*, *material*, skala, *Origin Object*, dan animasi dapat terbaca dengan baik.



Gambar 4.27 Tampilan Pengaturan Export sebelum masuk ke Unity

4.4. Integrasi Aset ke Unity

Aset 3D dan animasi yang telah selesai dibuat di Blender diekspor ke format FBX, kemudian diintegrasikan ke Unity. Unity yang digunakan adalah versi 2022.3.62f3, menyesuaikan dengan versi *project* mitra penelitian. *Render pipeline* yang digunakan adalah *3D Built-In Render Pipeline*. *Shader* yang digunakan pada seluruh aset adalah *Standard Shader*.



Tabel 4.9 Data Integrasi Aset ke Unity

No	Aspek Integrasi	Data atau Hasil
	Versi Unity	2022.3.62f3
	Render Pipeline	3D Built-In Render Pipeline
	Format Import	FBX
	Shader	Standard
	Status Animasi	Terbaca di Unity, perlu penyesuaian <i>layer animation</i> pada <i>Animator Controller</i>
	Status Texture	Terbaca di Unity dan tidak mengalami isu
	Status Scale Objek	Perlu penyesuaian skala dan <i>origin object</i> di Unity
8	Kendala Integrasi	<i>Origin object</i> perlu diperbaiki dan disesuaikan
9	Output Akhir	File .zip
10	Penerima Output	Mitra penelitian untuk integrasi ke aplikasi utama

Hasil integrasi menunjukkan bahwa aset dapat dibaca oleh Unity dalam format FBX. *Texture* dan *material* dapat tampil menggunakan *Standard Shader*. Animasi juga terbaca, tetapi masih membutuhkan pengaturan *layer animation* pada *Animator Controller*. Penyesuaian skala objek dan *origin object* menjadi bagian penting karena posisi *origin* berpengaruh terhadap ketepatan rotasi, perpindahan, dan kesesuaian gerak animasi di dalam *scene* Unity.

Pengujian produk dilakukan untuk mengetahui kelayakan aset 3D dan animasi 3D senjata tradisional yang telah dikembangkan. Pengujian ini dilakukan dalam

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

dua tahap, yaitu *alpha testing* dan *beta testing*. *Alpha testing* dilakukan oleh pihak internal untuk memastikan aset 3D dan animasi dapat berjalan secara teknis sebelum diuji kepada pengguna. *Beta testing* dilakukan oleh pihak eksternal, yaitu ahli media, guru, dan siswa, untuk menilai kelayakan visual, teknis, edukatif, serta respons pengguna terhadap aplikasi PUSAKAR.

Pengujian ini penting karena penelitian berfokus pada pembuatan aset 3D dan animasi 3D sebagai komponen visual dalam media pembelajaran interaktif berbasis *Markerless Augmented Reality*. Oleh karena itu, produk tidak hanya diuji dari sisi teknis, tetapi juga diuji dari sisi kesesuaian pembelajaran dan penerimaan pengguna.

4.5. Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kelayakan aset 3D dan animasi 3D dari aspek teknis, visual, animasi, dan kesesuaian edukatif. Pengujian pada penelitian ini mencakup pengujian internal di Unity, validasi ahli pemodelan 3D dan animasi 3D, validasi guru, serta respons siswa sebagai pengguna pendukung.

Data siswa, guru, dan ahli tidak dijabarkan secara terlalu rinci pada bagian ini. Data tersebut digunakan sebagai dasar utama untuk menyimpulkan apakah aset yang dikembangkan layak digunakan sebagai komponen visual dalam media pembelajaran berbasis *Markerless Augmented Reality*.

4.5.1 Alpha Testing Oleh Pihak Internal

Alpha testing dilakukan oleh pihak internal, yaitu peneliti dan mitra pengembang aplikasi. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa aset 3D dan animasi 3D yang dibuat di Blender dapat diintegrasikan ke Unity dengan baik. Pengujian dilakukan sebelum produk digunakan dalam kegiatan *testing* lapangan bersama guru dan siswa.



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Aspek yang diuji pada *alpha testing* meliputi keberhasilan *import file* FBX, keterbacaan *texture*, keterbacaan *material*, keterbacaan animasi, kesesuaian skala objek, pengaturan *origin object*, dan kesiapan *file* akhir untuk diserahkan kepada mitra pengembang aplikasi.

Berdasarkan hasil integrasi, aset 3D dan animasi berhasil diekspor dari Blender ke format FBX dan dapat diintegrasikan ke Unity versi 2022.3.62f3. *Texture* dan *material* dapat terbaca menggunakan *Standard Shader*. Animasi juga dapat terbaca di Unity, tetapi masih membutuhkan penyesuaian pada *layer animation* di *Animator Controller*. Selain itu, skala dan *origin object* masih perlu disesuaikan agar aset tampil lebih tepat ketika digunakan dalam aplikasi utama.

Hasil *alpha testing* menunjukkan bahwa aset 3D dan animasi 3D sudah layak secara teknis untuk masuk ke tahap pengujian berikutnya. Namun, terdapat beberapa catatan teknis yang perlu diperbaiki, terutama pada pengaturan skala, *origin object*, dan *layer animation*. Perbaikan ini dilakukan agar aset lebih siap digunakan dalam aplikasi PUSAKAR.

Tabel 4.10 Data Teknis Low-Poly Aset 3D

No	Nama Aset	Komponen	Face High Poly	Vertex High Poly*	Face Low Poly	Vertex Low Poly	Format
1	Tombak	Senjata	66.955	33.480	1.889	1.060	FBX
2	Clurit	Senjata	4.848	2.426	1.378	1.410	FBX
3	Parang Salawaku	Senjata	3.050	1.527	732	856	FBX



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

		Pelindung	3.293	1.649	807	906	FBX
4	Mandau	Senjata	21.769	10.887	1.799	1.342	FBX
		Sarung	5.368	2.686	1.451	941	FBX
5	Badik Lampung	Senjata	21.344	10.674	1.102	569	FBX
	Badik Lampung	Sarung	3.932	1.968	1.331	910	FBX
6	Baladu	Senjata	2.813	1.409	654	712	FBX
		Sarung	3.270	1.637	1.288	1.324	FBX

Berdasarkan Tabel 4.10, seluruh aset mengalami pengurangan kompleksitas geometri dari *model high-poly* menjadi *model low-poly*. Pengurangan jumlah *face* berada pada rentang 60,61% sampai 97,18%. Pengurangan terbesar terdapat pada aset Tombak, yaitu dari 66.955 *face* menjadi 1.889 *face* dengan persentase pengurangan sebesar 97,18%. Sementara itu, pengurangan paling rendah terdapat pada sarung Baladu, yaitu dari 3.270 *face* menjadi 1.288 *face* atau sebesar 60,61%.



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 4.11 Hasil Pengujian Integrasi Aset

No	Aspek Pengujian	Hasil	Keterangan
1	Import FBX ke Unity	Berhasil	Seluruh aset dapat diimpor ke Unity
2	Texture	Berhasil	<i>Texture</i> terbaca dan tidak mengalami isu
3	Material	Berhasil	Material menggunakan <i>Standard Shader</i>
4	Animasi	Berhasil dengan penyesuaian	Animasi terbaca, tetapi perlu pengaturan <i>layer animation</i> pada <i>Animator Controller</i>
5	Scale Object	Perlu penyesuaian	Skala objek perlu disesuaikan agar proporsional di Unity
6	Origin Object	Perlu perbaikan	<i>Origin object</i> diperbaiki agar posisi dan gerakan animasi sesuai
7	Output Akhir	Berhasil	File akhir diserahkan dalam bentuk .zip kepada mitra penelitian



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hasil pengujian menunjukkan bahwa aset 3D dan animasi memenuhi kebutuhan dasar integrasi ke Unity. Keberhasilan *import* FBX, keterbacaan *texture*, keterbacaan *material*, dan keterbacaan animasi menunjukkan bahwa *pipeline* dari Blender ke Unity dapat berjalan. Namun, penyesuaian skala dan *origin object* tetap perlu dilakukan agar objek tampil proporsional dan animasi bergerak sesuai rancangan.

Tabel 4.12 Spesifikasi Perangkat pada Alpha Testing

No	Perangkat atau Software	Spesifikasi
1	Laptop	MSI, AMD Ryzen 5 7535HS, RAM 16 GB
2	Blender	Versi 5.1.2.0
3	Unity	Versi 2022.3.62f3
4	Format Output Model	FBX
5	Format Penyerahan	.zip

Spesifikasi perangkat menunjukkan bahwa proses pengembangan aset dilakukan dengan perangkat yang memadai untuk *modelling*, *texturing*, *animation baking*, dan integrasi awal ke Unity. Format FBX dipilih karena mendukung kebutuhan pemindahan *mesh*, *material*, *texture*, dan animasi dari Blender ke Unity. *File* akhir diserahkan dalam format .zip agar mitra penelitian dapat melakukan integrasi ke aplikasi utama secara lebih terstruktur.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

4.5.2 Beta Testing oleh User dan Ahli

Beta testing dilakukan setelah produk melewati *alpha testing*. Tahap ini melibatkan pihak eksternal yang terdiri dari ahli media, guru, dan siswa. Tujuan *beta testing* adalah memperoleh penilaian terhadap kualitas produk dari sudut pandang pengguna dan pihak yang memiliki kompetensi sesuai bidangnya.

Dalam penelitian ini, *beta testing* dibagi menjadi tiga bagian. Pertama, validasi oleh ahli media yang menilai kualitas aset 3D dan animasi dari sisi visual dan teknis. Kedua, validasi oleh guru yang menilai kesesuaian media dengan kebutuhan pembelajaran. Ketiga, respons siswa yang digunakan untuk mengetahui penerimaan siswa setelah menggunakan aplikasi PUSAKAR.

4.5.2.1 Beta Testing oleh Ahli Pemodelan dan Animasi 3D

Validasi Ahli Pemodelan dan Animasi 3D dilakukan untuk menilai kelayakan visual dan teknis aset 3D serta animasi 3D senjata tradisional yang dikembangkan. Validasi ini diperlukan karena penelitian berfokus pada pembuatan aset 3D dan animasi 3D sebagai komponen visual dalam media pembelajaran interaktif berbasis *Markerless Augmented Reality*. Aspek yang dinilai meliputi kejelasan bentuk aset, kesesuaian proporsi, detail visual, tekstur dan warna, daya tarik tampilan, kemampuan animasi dalam memperjelas bagian atau fungsi senjata, kehalusan gerakan, durasi animasi, urutan gerakan, serta konsistensi animasi dengan karakter objek.

Validasi dilakukan oleh dua Ahli Pemodelan 3D dan Animasi 3D. *Validator* pertama adalah Adam Handrian dari Manimonki Studio dengan bidang keahlian *3D Modeller Env & Props*. *Validator* kedua adalah Adhicipta Raharja Wirawan dari Mechanimation



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Entertainment dengan jabatan *Director*. Instrumen validasi menggunakan skala penilaian 1 sampai 4. Skor 4 menunjukkan penilaian sangat baik, sedangkan skor 1 menunjukkan penilaian sangat kurang. Hasil validasi disajikan pada tabel berikut.

Tabel 4.13 Hasil Validasi Ahli Pemodelan 3D dan Animasi 3D

No	Indikator Validasi	Skor Ahli 1	Skor Ahli 2	Total Skor	Persentase	Interpretasi
1	Bentuk aset 3D senjata tradisional terlihat jelas dan mudah dikenali	4	3	7/8	87,5%	Sangat layak
2	Proporsi aset 3D sesuai dengan karakteristik senjata tradisional yang ditampilkan	4	4	8/8	100%	Sangat layak
3	Detail visual pada aset 3D, seperti bentuk bilah, gagang, sarung, ornamen, dan bagian utama senjata, terlihat dengan baik	3	3	6/8	75%	Layak
4	Tekstur dan warna pada aset 3D sesuai dengan karakter material senjata tradisional, seperti logam, kayu, dan elemen dekoratif	3	3	6/8	75%	Layak
5	Tampilan aset 3D menarik untuk digunakan dalam media pembelajaran siswa sekolah dasar	3	3	6/8	75%	Layak
6	Animasi yang ditampilkan mampu memperjelas bagian atau fungsi senjata tradisional	4	3	7/8	87,5%	Sangat layak

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

7	Gerakan animasi terlihat halus dan layak	4	4	8/8	100%	Sangat layak
8	Durasi animasi cukup untuk membantu pengguna memahami objek	4	4	8/8	100%	Sangat layak
9	Urutan gerakan animasi membantu pengguna memahami bagian, fungsi, atau karakteristik senjata tradisional	4	4	8/8	100%	Sangat layak
10	Gerakan animasi terlihat konsisten dengan bentuk dan karakter objek senjata tradisional yang ditampilkan	4	3	7/8	87,5%	Sangat layak
	Total	37	34	71/80	88,75%	Sangat layak

Berdasarkan tabel di atas, hasil validasi dari dua Ahli Pemodelan 3D dan Animasi 3D memperoleh skor total 71 dari skor maksimal 80. Persentase kelayakan yang diperoleh adalah 88,75%, sehingga aset 3D dan animasi 3D termasuk dalam kategori sangat layak.

Adam Handrian memberikan skor 37 dari skor maksimal 40 dengan persentase 92,5%. Adhicipta Raharja Wirawan memberikan skor 34 dari skor maksimal 40 dengan persentase 85%. Kedua hasil tersebut menunjukkan bahwa aset 3D dan animasi yang dikembangkan telah memenuhi aspek visual, teknis, dan animasi untuk digunakan sebagai komponen media pembelajaran.

Indikator dengan hasil tertinggi terdapat pada proporsi aset, kehalusan gerakan animasi, kecukupan durasi animasi, dan urutan gerakan animasi. Keempat indikator tersebut memperoleh persentase 100%. Hal ini menunjukkan bahwa dari sisi bentuk umum



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

dan rancangan gerak, aset telah dapat digunakan untuk mendukung pemahaman pengguna terhadap objek senjata tradisional.

Meskipun hasil validasi berada pada kategori sangat layak, kedua ahli tetap memberikan catatan perbaikan. Adam Handrian menyampaikan bahwa terdapat satu *model* yang memiliki *normal mesh* terbalik sehingga berpotensi terlihat transparan pada tampilan 3D. Adhicipta Raharja Wirawan memberikan masukan agar tekstur corak pada aset dibuat lebih jernih atau HD supaya tampilan aset terlihat lebih menarik. Masukan tersebut digunakan sebagai dasar perbaikan pada tahap revisi, khususnya pada pengecekan *normal mesh*, perbaikan *material*, dan peningkatan kualitas *texture*.

Berdasarkan hasil tersebut, aset 3D dan animasi 3D senjata tradisional yang dikembangkan dinyatakan sangat layak untuk digunakan dengan catatan perbaikan minor pada aspek teknis *mesh* dan kualitas tekstur.

4.5.2.2 Beta Testing oleh Guru

Validasi guru dilakukan setelah *testing* lapangan aplikasi PUSAKAR. Validasi ini bertujuan untuk mengetahui penilaian guru terhadap kelayakan media, kesesuaian materi, kemudahan penggunaan, dan potensi pemanfaatan aplikasi sebagai media pembelajaran Pendidikan Pancasila kelas V.

Tabel 4.14 Hasil Validasi Guru Setelah Testing Lapangan

No	Indikator Validasi Guru	Skor	Persentase	Interpretasi
1	Fitur materi visual dan pemutar audio lagu daerah mempermudah penyampaian materi Keragaman Budaya	4	100%	Sangat layak



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

2	Fitur AR 3D Senjata Tradisional efektif menggantikan alat peraga fisik atau kunjungan museum yang terkendala	4	100%	Sangat layak
3	Materi pada media AR PUSAKAR sesuai dengan Tujuan Pembelajaran Pendidikan Pancasila	4	100%	Sangat layak
4	Evaluasi 10 soal kuis <i>offline</i> relevan dan mampu mengukur Capaian Pembelajaran yang dirancang di RPP	4	100%	Sangat layak
5	Operasional aplikasi <i>offline</i> 100% dan tanpa registrasi atau <i>login</i> memperlancar manajemen waktu belajar di kelas	4	100%	Sangat layak
6	Aplikasi PUSAKAR layak dan efektif digunakan sebagai media pembelajaran substitusi pada Pendidikan Pancasila kelas V	4	100%	Sangat layak
	Total	24/24	100%	Sangat layak

Hasil validasi guru memperoleh skor 24 dari skor maksimal 24 atau 100%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa guru menilai aplikasi PUSAKAR sangat layak digunakan sebagai media pembelajaran substitusi pada materi Keragaman Budaya, khususnya pada pengenalan senjata tradisional. Guru memberikan skor maksimal pada aspek materi visual, fitur AR 3D, kesesuaian materi dengan tujuan pembelajaran, relevansi kuis, operasional aplikasi *offline*, dan kelayakan penggunaan secara keseluruhan.

Masukan kualitatif dari guru menyebutkan bahwa penyaji perlu belajar kembali untuk presentasi materi di depan siswa sekolah dasar. Masukan ini tidak menunjukkan kelemahan utama pada aset



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

3D atau aplikasi, tetapi menunjukkan bahwa keberhasilan implementasi media juga dipengaruhi oleh kemampuan penyaji dalam mengarahkan perhatian siswa, menjelaskan fitur, dan mengelola alur penggunaan di kelas.

4.5.2.3 Beta Testing oleh Siswa

Angket respons siswa setelah *testing* lapangan memperoleh 25 respons. Seluruh nama pada data akhir bersifat unik, sehingga semua respons digunakan dalam analisis. Instrumen memuat lima indikator yang berhubungan dengan kesenangan belajar budaya daerah, kemudahan membayangkan bentuk senjata melalui objek 3D, respons terhadap kuis, kemudahan penggunaan tombol menu, dan keinginan menggunakan aplikasi kembali. Skala penilaian yang digunakan adalah Sangat Setuju dengan skor 4 dan Setuju dengan skor 3.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 4.15 Hasil Respon Siswa Setelah Testing Lapangan

No	Indikator Respon Siswa	Sangat Setuju	Setuju	Rata-rata	Persentase	Kategori
1	Aku merasa senang belajar budaya daerah menggunakan aplikasi PUSAKAR	15 (60,0%)	10 (40,0%)	3,60	90,0%	Sangat baik
2	Tampilan senjata tradisional 3D yang dapat di-zoom dan diputar membantu membayangkan bentuk asli	16 (64,0%)	9 (36,0%)	3,64	91,0%	Sangat baik
3	Soal kuis di aplikasi PUSAKAR seru dan mudah dipahami	15 (60,0%)	10 (40,0%)	3,60	90,0%	Sangat baik
4	Tombol menu aplikasi mudah ditekan dan tidak membingungkan	18 (72,0%)	7 (28,0%)	3,72	93,0%	Sangat baik
5	Siswa ingin belajar menggunakan aplikasi PUSAKAR lagi	14 (56,0%)	11 (44,0%)	3,56	89,0%	Sangat baik



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 4.16 Rekapitulasi Respon Siswa Setelah Testing Lapangan

Aspek Rekapitulasi	Nilai
Jumlah responden	25 siswa
Jumlah indikator	4 indikator
Total butir jawaban	125 jawaban
Jumlah jawaban Sangat Setuju	78 jawaban atau 62,4%
Jumlah jawaban Setuju	47 jawaban atau 37,6%
Skor diperoleh	453
Skor maksimal	500
Rata-rata skor	3,62 dari 4
Persentase kelayakan/respons	90,6%
Kategori	Sangat baik

Hasil ngket menunjukkan bahwa respons siswa terhadap aplikasi PUSAKAR berada pada kategori sangat baik dengan persentase 90,6%. Tidak terdapat jawaban Tidak Setuju maupun Sangat Tidak Setuju pada lima indikator yang diberikan. Sebanyak 78 dari 125 jawaban atau 62,4% berada pada kategori Sangat Setuju, sedangkan 47 jawaban atau 37,6% berada pada kategori Setuju.

Indikator dengan persentase tertinggi adalah kemudahan tombol menu, yaitu 93,0%. Hasil ini menunjukkan bahwa siswa dapat menggunakan navigasi aplikasi tanpa kebingungan berarti. Indikator



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

tampilan 3D senjata tradisional yang dapat di-*zoom* dan diputar memperoleh persentase 91,0%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa fitur visual 3D membantu siswa membayangkan bentuk asli senjata tradisional secara lebih konkret.

Indikator kesenangan belajar budaya daerah dan indikator kuis memperoleh persentase masing-masing 90,0%. Hasil ini menunjukkan bahwa aplikasi mampu menghadirkan pengalaman belajar yang menyenangkan serta kuis yang dapat dipahami siswa. Indikator keinginan menggunakan aplikasi kembali memperoleh persentase 89,0%, yang tetap berada pada kategori sangat baik. Data tersebut menunjukkan bahwa penggunaan aplikasi PUSAKAR memiliki daya tarik untuk digunakan kembali pada pertemuan pembelajaran berikutnya.

4.6. Pembahasan Hasil Pengujian

Pembahasan hasil pengujian dilakukan untuk menafsirkan hasil *alpha testing* dan *beta testing* yang telah dilaksanakan pada aset 3D dan animasi 3D senjata tradisional dalam aplikasi PUSAKAR. *Alpha testing* dilakukan oleh pihak internal untuk memastikan kesiapan teknis aset sebelum digunakan pada tahap pengujian lapangan. Pengujian ini mencakup keberhasilan *import file* FBX ke Unity, keterbacaan *texture*, keterbacaan *material*, keterbacaan animasi, kesesuaian skala objek, pengaturan *origin object*, dan kesiapan *file* akhir.

Beta testing dilakukan kepada pihak eksternal yang terdiri dari Ahli Pemodelan 3D dan Animasi 3D, guru, dan siswa. Ahli Pemodelan 3D dan Animasi 3D menilai kualitas visual dan teknis aset. Guru menilai kesesuaian media dengan kebutuhan pembelajaran. Siswa memberikan respons terhadap penggunaan aplikasi setelah *testing* lapangan. Hasil dari ketiga sumber tersebut digunakan untuk melihat kelayakan produk dari aspek teknis, visual, edukatif, dan penerimaan pengguna.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Pembahasan pada bagian ini disusun ke dalam empat fokus utama. Fokus pertama membahas kesesuaian pengembangan aset dengan kebutuhan pembelajaran. Fokus kedua membahas kelayakan teknis aset 3D dan animasi. Fokus ketiga membahas penerimaan pengguna pada *testing* lapangan. Fokus keempat membahas keterbatasan hasil pengujian. Pembagian ini bertujuan agar hasil pengujian tidak hanya disajikan sebagai data angka, tetapi juga dianalisis berdasarkan makna, temuan, dan batasan penelitian.

4.6.1 Kesesuaian Pengembangan Aset dengan Kebutuhan Pembelajaran

Hasil analisis kebutuhan menunjukkan bahwa pembelajaran senjata tradisional memerlukan media yang mampu menampilkan bentuk objek secara lebih konkret. Buku dan gambar dua dimensi dapat membantu pengenalan awal, tetapi belum cukup untuk memperlihatkan proporsi, tekstur, ornamen, dan komponen senjata secara menyeluruh. Aset 3D dan animasi yang dikembangkan dalam penelitian ini menjawab kebutuhan tersebut melalui visualisasi objek yang dapat ditampilkan dalam aplikasi AR.

Enam aset senjata tradisional yang dikembangkan, yaitu Baladu, Parang Salawaku, Badik Lampung, Mandau, Clurit, dan Tombak, telah disesuaikan dengan materi pembelajaran kelas 5 dan kebutuhan integrasi aplikasi. Setiap aset memiliki satu animasi edukatif agar objek tidak hanya tampil statis. Animasi tersebut mendukung pemahaman terhadap bentuk, bagian, atau karakteristik senjata.

Kesesuaian aset dengan kebutuhan pembelajaran juga diperkuat oleh hasil validasi guru dan respons siswa. Guru menilai fitur AR 3D senjata tradisional efektif untuk menggantikan keterbatasan alat peraga fisik atau kunjungan museum. Siswa juga memberikan respons sangat baik terhadap tampilan 3D yang dapat di-*zoom* dan diputar. Hal ini menunjukkan bahwa aset yang dikembangkan relevan dengan kebutuhan pembelajaran budaya yang lebih konkret dan interaktif.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

4.6.2 Kelayakan Teknis Aset 3D dan Animasi

Dari sisi teknis, aset 3D telah melalui proses *modelling*, *high-to-low poly conversion*, *UV editing*, *texturing*, *texture baking*, *rigging* dan *constraint*, *animation baking*, serta *export FBX*. Data *low-poly* menunjukkan bahwa aset memiliki jumlah *face* dan *vertex* yang dapat dikelola untuk integrasi awal ke Unity. *Texture* dan *material* juga terbaca dengan baik saat diintegrasikan menggunakan *Standard Shader*.

Pengujian integrasi menunjukkan bahwa seluruh aset dapat diimpor ke Unity. *Texture*, *material*, dan animasi dapat terbaca. Kendala utama terdapat pada penyesuaian skala dan *origin object*. Kendala ini bersifat teknis dan dapat diperbaiki melalui pengaturan *transform*, *pivot*, dan *Animator Controller* di Unity. Dengan demikian, aset yang dikembangkan telah memenuhi kelayakan dasar untuk diserahkan kepada mitra penelitian.

Hasil validasi Ahli Pemodelan 3D dan Animasi 3D memperkuat hasil pengujian teknis tersebut. Ahli Pemodelan 3D dan Animasi 3D memberikan skor 37 dari skor maksimal 40 dengan persentase 92,5%. Hasil ini menunjukkan bahwa aset 3D dan animasi 3D berada pada kategori sangat layak secara kuantitatif. Penilaian tertinggi terdapat pada aspek kejelasan bentuk, proporsi, kemampuan animasi memperjelas fungsi objek, kehalusan gerakan, durasi, urutan gerakan, dan konsistensi animasi.

Namun, Ahli Pemodelan 3D dan Animasi 3D juga memberikan catatan perbaikan. Salah satu *model* masih memiliki masalah pada *normal mesh* yang terbalik sehingga berpotensi terlihat transparan. Selain itu, tekstur corak pada aset perlu dibuat lebih jernih atau HD agar tampilan aset lebih menarik. Catatan tersebut menjadi dasar revisi minor pada tahap akhir, terutama melalui pengecekan ulang *normal mesh*, perbaikan *material*, peningkatan kualitas tekstur, dan pengujian ulang tampilan aset di Unity.



Hak Cipta :

1. Diarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

4.6.3 Penerimaan Pengguna pada Testing Lapangan

Hasil validasi guru dan respons siswa menunjukkan penerimaan yang positif terhadap penggunaan aplikasi PUSAKAR. Guru memberikan skor maksimal pada seluruh indikator validasi, sedangkan siswa memberikan respons sangat baik dengan persentase 90,6%. Hasil tersebut mendukung bahwa media berbasis AR dan objek 3D sesuai dengan kebutuhan pembelajaran budaya di kelas 5.

Respons siswa paling kuat muncul pada aspek kemudahan penggunaan tombol menu dan kemampuan objek 3D membantu siswa membayangkan bentuk senjata. Temuan ini relevan dengan tujuan pengembangan aset karena penelitian ini tidak hanya menghasilkan objek visual, tetapi juga memastikan objek tersebut dapat digunakan dalam konteks aplikasi pembelajaran yang mudah dipahami siswa.

4.6.4 Keterbatasan Hasil Pengujian

Hasil pengujian pada penelitian ini perlu dibaca sesuai batasan penelitian. Pertama, data respons siswa setelah *testing* lapangan berjumlah 25 respons, sehingga hasilnya menggambarkan respons pengguna pada konteks kelas yang diuji, bukan generalisasi statistik untuk semua siswa sekolah dasar. Kedua, validasi guru hanya berasal dari satu guru wali kelas, sehingga hasil validasi memberikan penilaian kontekstual dari pengguna ahli di lokasi penelitian.

Ketiga, pengujian belum menggunakan desain *pretest* dan *posttest*, sehingga penelitian ini belum dapat menyimpulkan peningkatan hasil belajar siswa secara kuantitatif. Keempat, pengujian teknis belum mengukur FPS, penggunaan memori, suhu perangkat, atau performa lintas perangkat secara mendalam. Oleh karena itu, hasil penelitian lebih tepat disebut sebagai



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

kelayakan teknis aset, kelayakan integrasi, dan respons pengguna setelah *testing* lapangan.

4.7. Distribusi

Tahap distribusi merupakan tahap akhir dalam metode *Multimedia Development Life Cycle* setelah proses pembuatan aset, integrasi awal, *alpha testing*, dan *beta testing* selesai dilakukan. Pada penelitian ini, distribusi difokuskan pada penyerahan *file* aset 3D dan animasi 3D senjata tradisional kepada mitra skripsi sebagai pengembang aplikasi PUSAKAR. Hal ini sesuai dengan ruang lingkup penelitian yang berfokus pada pembuatan aset 3D, optimasi *model*, pembuatan *texture* dan *material*, *rigging*, animasi, serta kesiapan aset untuk diintegrasikan ke dalam Unity.

File yang didistribusikan kepada mitra berupa aset 3D *low-poly* dalam format FBX. Setiap aset telah melalui proses optimasi dari *high-poly* menjadi *low-poly* agar lebih sesuai digunakan pada aplikasi pembelajaran berbasis *mobile AR*. Selain *file* FBX, aset juga dilengkapi dengan *material*, *texture*, dan animasi yang telah diuji pada Unity. Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa *file* FBX dapat diimpor, *texture* dan *material* dapat terbaca, animasi dapat dijalankan, serta objek dapat digunakan sebagai komponen visual dalam aplikasi PUSAKAR.

Tahap distribusi ini tidak mencakup publikasi aplikasi ke *marketplace* atau distribusi aplikasi secara luas. Penyerahan *file* kepada mitra dilakukan agar aset 3D dan animasi yang telah dibuat dapat digunakan pada tahap pengembangan aplikasi, khususnya untuk menampilkan senjata tradisional Indonesia dalam media pembelajaran interaktif berbasis *Markerless Augmented Reality*.

Tabel 4.17 Penyerahan Aset 3D Low-Poly Kepada Mitra Skripsi

No	Nama Aset	Komponen Objek	Face Low-Poly Final	Vertex Low-Poly Final	Format File	Kelengkapan yang Diserahkan



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

1	Tombak	Senjata	1.889	1.060	FBX	Model 3D, material, texture, animasi
2	Clurit	Senjata	1.378	1.410	FBX	Model 3D, material, texture, animasi
3	Parang Salawaku	Senjata dan pelindung	1.539	1.762	FBX	Model 3D, material, texture, animasi
4	Mandau	Senjata dan sarung	3.250	2.283	FBX	Model 3D, material, texture, animasi
5	Badik Lampung	Senjata dan sarung	2.433	1.479	FBX	Model 3D, material, texture, animasi
6	Baladu	Senjata dan sarung	1.942	2.036	FBX	Model 3D, material, texture, animasi

File APK PUSAKAR kemudian diserahkan kepada guru kelas V SD Negeri Tanah Baru 1. Penyerahan dilakukan agar guru memiliki media pembelajaran digital yang dapat digunakan sebagai pendukung pengenalan budaya, khususnya materi senjata tradisional Indonesia. Tahap distribusi dalam penelitian ini tidak mencakup publikasi aplikasi pada *marketplace* atau distribusi secara luas kepada siswa-siswi.

Dikomenta
tuliskan form

4.8. Ringkasan Hasil Bab IV

hasil dan pembahasan, penelitian ini menghasilkan enam aset 3D dan animasi senjata tradisional Indonesia yang dikembangkan menggunakan Blender dan diintegrasikan ke Unity. Seluruh aset dapat diimpor ke Unity, *texture* dan *material* dapat terbaca, serta animasi dapat dijalankan dengan penyesuaian pada *Animator Controller*. Pengujian menunjukkan bahwa aset masih memerlukan penyesuaian skala dan *origin object*, tetapi secara umum telah siap diserahkan kepada mitra penelitian dalam format .zip.



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hasil validasi guru memperoleh skor 100% dengan kategori sangat layak. Hasil respons siswa memperoleh persentase 90,6% dengan kategori sangat baik. Temuan tersebut menunjukkan bahwa aset 3D dan animasi yang diintegrasikan dalam aplikasi PUSAKAR dapat mendukung pembelajaran budaya yang lebih visual, interaktif, dan sesuai dengan kebutuhan siswa kelas 5 SD Negeri Tanah Baru 1. Namun, penelitian ini tidak mengklaim peningkatan hasil belajar karena pengujian difokuskan pada kelayakan teknis, validasi pengguna, dan respons siswa setelah *testing* lapangan.





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pembuatan aset 3D dan animasi 3D senjata tradisional Indonesia dilakukan menggunakan metode MDLC melalui tahap *concept, design, material collecting, assembly, testing, dan distribution*. Aset yang dikembangkan meliputi Baladu, Parang Salawaku, Badik Lampung, Mandau, Clurit, dan Tombak. Proses pembuatan dilakukan di Blender melalui pemodelan, optimasi objek, *UV editing, texturing, rigging* sederhana, animasi, serta *export* ke format FBX. Hasil akhir menunjukkan bahwa aset 3D dan animasi yang dibuat telah sesuai dengan kebutuhan media pembelajaran berbasis *Markerless Augmented Reality*.
2. Kelayakan aset 3D dan animasi 3D diuji melalui integrasi ke Unity, validasi Ahli Pemodelan 3D dan Animasi 3D, validasi guru, serta respons siswa setelah *testing* lapangan. Hasil validasi Ahli Pemodelan 3D dan Animasi 3D memperoleh skor 71 dari skor maksimal 80 dengan persentase kelayakan 88,75% dan termasuk kategori sangat layak. Validasi guru memperoleh skor 24 dari skor maksimal 24 dengan persentase 100% dan termasuk kategori sangat layak. Respons siswa memperoleh skor 453 dari skor maksimal 500 dengan persentase 90,6% dan termasuk kategori sangat baik. Berdasarkan hasil tersebut, aset 3D dan animasi 3D dinyatakan layak digunakan sebagai komponen visual dalam media pembelajaran interaktif berbasis *Markerless Augmented Reality*.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang meminumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat diberikan sebagai berikut:

1. Pengembangan aset 3D selanjutnya perlu memperhatikan pengecekan *normal mesh* pada setiap model agar tidak terjadi tampilan transparan ketika aset diintegrasikan ke Unity. Selain itu, kualitas tekstur corak perlu ditingkatkan agar detail visual senjata tradisional terlihat lebih jelas, tajam, dan menarik.
2. Pengujian aset 3D dan animasi 3D pada penelitian berikutnya sebaiknya melibatkan lebih banyak *validator* ahli agar penilaian kualitas visual, teknis, animasi, dan kesesuaian edukatif menjadi lebih kuat. Selain itu, pengujian teknis dapat ditambahkan pada aspek performa aplikasi, seperti FPS, ukuran *file*, penggunaan memori, dan kestabilan pada beberapa jenis perangkat *mobile*.
3. Guru dapat memanfaatkan aplikasi PUSAKAR sebagai media pendukung dalam pembelajaran budaya, khususnya materi senjata tradisional Indonesia. Namun, guru tetap perlu memberikan penjelasan dan pengarahan agar siswa tidak hanya melihat objek 3D, tetapi juga memahami nilai budaya, asal daerah, fungsi, dan makna dari setiap senjata tradisional.
4. Penelitian selanjutnya dapat menambahkan lebih banyak jenis senjata tradisional, informasi sejarah, audio narasi, fitur interaktif, dan evaluasi pembelajaran. Selain itu, penelitian berikutnya dapat menggunakan desain *pretest* dan *posttest* agar pengaruh media terhadap peningkatan pemahaman siswa dapat diukur secara lebih jelas.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang mempublikasikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Daftar pustaka

- Adelson, J.L. dan McCoach, D.B. (2010) "Measuring the Mathematical Attitudes of Elementary Students: The Effects of a 4 Point or 5 Point Likert Type Scale," *Educational and Psychological Measurement*, 70(5), hlm. 796–807.
- Ahranie, I.S.A. (2024) Rancang Bangun Media Pembelajaran Interaktif Peristiwa Sumpah Pemuda untuk Kelas 5 MI Taufiqurrahman 2 Berbasis Markerless Augmented Reality. Skripsi D4, Politeknik Negeri Jakarta.
- Bekele, M.K. dkk. (2018) "A Survey of Augmented, Virtual, and Mixed Reality for Cultural Heritage," *Journal on Computing and Cultural Heritage*, 11(2), hlm. 1–36.
- Blender Foundation (2026) Blender Manual.
- Boboc, R.G. dkk. (2022) "Augmented Reality in Cultural Heritage: An Overview of the Last Decade of Applications," *Applied Sciences*, 12(19), hlm. 9859.
- Farros, Z. (2023) Rancang Bangun Media Edukasi Interaktif Pengenalan Rambu Lalu Lintas Berbasis Markerless Augmented Reality. Skripsi D4, Politeknik Negeri Jakarta.
- Firdaus, F. (2025) Pembuatan Aset Visual dan Animasi Aplikasi Multimedia Interaktif dengan Fitur Augmented Reality sebagai Alat Bantu Pembelajaran Logika Matematika. Skripsi D4, Politeknik Negeri Jakarta.
- Garzón, J., Pavón, J. dan Baldiris, S. (2019) "Systematic Review and Meta Analysis of Augmented Reality in Educational Settings," *Virtual Reality*, 23(4), hlm. 447–459.
- Google Developers (2024) "Fundamental Concepts: ARCore."
- Knodt, J., Pan, Z., Wu, K. dan Gao, X. (2023) "Joint UV Optimization and Texture Baking," *ACM Transactions on Graphics*.



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Likert, R. (1932) A Technique for the Measurement of Attitudes. Archives of Psychology, 22(140), hlm. 1–55.

Nasbit, J.C., Belfer, K. dan Leacock, T.L. (2004) Learning Object Review Instrument Version 1.5.

Parr, M., Jakob, W. dan Humphreys, G. (2023) Physically Based Rendering: From Theory to Implementation. Edisi ke 4.

Ranli, E.E. (2022) Pembuatan Aplikasi Berbasis Virtual Reality pada 3D Museum Digital Budaya Keris. Skripsi D4, Politeknik Negeri Jakarta.

Republik Indonesia (2017) Undang Undang Nomor 5 Tahun 2017 tentang Pemajuan Kebudayaan.

Rwinoto, R. dan Nugroho, A.B. (2024) “3D Optimization Analysis in Augmented Reality Application,” dalam Proceedings of the 6th International Conference on Applied Engineering, ICAE 2023.

Solikhha, S.F. (2025) Pembuatan Multimedia Interaktif Berbasis Augmented Reality untuk Pengenalan Rempah Rempah. Skripsi D4, Politeknik Negeri Jakarta.

Spallone, R., Lamberti, F., Olivieri, L.M., Ronco, F. dan Castagna, L. (2022) “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, XLVI 2/W1, hlm. 473–480.

Sukaridhoto, S., Haz, A.L., Fajrianti, E.D. dan Budiarti, R.P.N. (2023) “Comparative Study of 3D Assets Optimization of Virtual Reality Application on VR Standalone Device,” International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology, 13(3), hlm. 999–1008.

Unity Technologies (2026) “Model Import Settings Reference,” Unity Manual, Version 2022.3.



DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS



Geovanrivo Wibi Morisko Baay

Lahir Di Jakarta pada tanggal 3 Juli 2004. Lulus dari MIT Nurul Iman pada tahun 2016, SMPN 13 Depok Pada tahun 2019, SMA Sejahtera 01 Depok pada 2022. Menjadi Mahasiswa Sarjana Terapan di Politeknik Negeri Jakarta, Jurusan Teknik Informatika dan Komputer, Program Studi D4 Teknik Multimedia Digital pada tahun 2022

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN

Lampiran 1. Pedoman Wawancara

A. Identitas Wawancara

- Topik: Analisis Kebutuhan Pengembangan Media Pembelajaran AR Senjata Tradisional
- Target Narasumber: Guru Pendidikan Pancasila dan Siswa Kelas 5
- Tujuan: Mengidentifikasi kendala pembelajaran materi budaya saat ini dan memvalidasi kebutuhan akan media pembelajaran interaktif.

B. Daftar Pertanyaan Guru

- 1) Validasi Kurikulum:
 - Apakah materi pengenalan budaya (khususnya senjata tradisional) diajarkan di kelas ini?
 - Pada semester berapa materi ini disampaikan?
- 2) Metode Pembelajaran Saat Ini:
 - Media apa yang biasa Ibu/Bapak gunakan untuk menjelaskan materi tersebut (Buku/LKS/Poster)?
 - Apakah ada kegiatan kunjungan lapangan (outing) ke museum?
- 3) Kendala Pembelajaran:
 - Apakah siswa mengalami kesulitan memvisualisasikan bentuk asli senjata jika hanya melihat dari buku?
 - Bagaimana antusiasme siswa terhadap metode pembelajaran konvensional?
- 4) Kesiapan Teknis (Feasibility):
 - Apakah sekolah mengizinkan siswa membawa smartphone untuk kegiatan belajar tertentu?
 - Bagaimana kondisi koneksi internet di sekolah?



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

C. Daftar Pertanyaan Siswa

1) Pengetahuan Dasar:

- Apakah kalian mengetahui bentuk fisik senjata tradisional seperti Keris atau Rencong?
- Apakah gambar di buku paket sudah cukup jelas untuk dibayangkan

2) Minat Belajar:

- Apakah kalian lebih suka membaca teks atau melihat gambar/video?
- Apakah kalian tertarik jika materi pelajaran dibuat seperti game di HP?

3) Pengalaman Teknologi:

- Apakah kalian terbiasa menggunakan smartphone?
- Apakah kalian bersedia mencoba aplikasi baru untuk belajar di kelas



**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Topik : Analisis Kebutuhan Media Pembelajaran & Validasi
Materi Narasumber: Ibu Siska (Wali Kelas 5 SD Negeri Tanah Baru 1)

Pewawancara : Dimas Muhammad Rizki & Geovanrivo
Hari/Tanggal : Rabu, 21 Januari 2026

Waktu : 12.00 – 12.30 WIB

Keterangan Kode:

- **P:** Peneliti (Dimas/Geovanrivo)
- **G:** Guru (Ibu Siska)

Baris	Kode	Uraian Percakapan
1	P	Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh. Perkenalkan, saya Geovanrivo dan saya Dimas Muhammad Rizki dari Politeknik Negeri Jakarta, Jurusan Teknik Multimedia Digital. Kami memohon izin untuk melakukan observasi awal guna kebutuhan data skripsi kami mengenai materi pembelajaran di sekolah dasar.
2	G	Waalaikumsalam warahmatullahi wabarakatuh. Iya, silakan.
3	P	Kami memiliki beberapa pertanyaan untuk validasi materi. Di mata pelajaran Pendidikan Pancasila atau PKn, apakah benar terdapat materi tentang pengenalan identitas budaya atau senjata tradisional?

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

4	G	Iya, ada. Kebetulan saya mengajar di Kelas 5. Di Kelas 5 Semester 2 ini baru masuk materi Kebudayaan Indonesia. Di dalamnya tercakup materi rumah adat dan senjata tradisional. Materi ini kemungkinan akan dipelajari di minggu ke-3 atau ke-4.
5	P	Berarti materi ini spesifik ada di Kelas 5 Semester 2 ya, Bu? Bagaimana dengan kelas lain?
6	G	Di Kelas 5 ada. Karena sekarang menggunakan Kurikulum Merdeka yang berbasis fase, materi di Kelas 5 (Fase C) berkesinambungan dengan Kelas 6. Jadi materi yang diajarkan di Kelas 5 adalah dasar yang nanti akan diperdalam lagi di kelas selanjutnya. Untuk Kelas 4 sepertinya belum sampai ke detail senjata tradisional.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Baris	Kode	Uraian Percakapan
7	P	Baik, Bu. Selanjutnya mengenai metode mengajar. Selama ini media apa yang Ibu gunakan untuk menjelaskan bentuk senjata tradisional?
8	G	Karena di Kelas 5 ada pelajaran <i>coding</i> , anak-anak terkadang membawa <i>handphone</i> ke sekolah pada waktu tertentu. Biasanya saya menugaskan mereka mencari materi per pulau melalui Google atau membuat tugas di Canva. Namun, jika hanya mengandalkan buku paket, anak-anak memang cenderung bosan.
9	P	Apakah siswa kesulitan membayangkan bentuk aslinya jika hanya melihat buku atau gambar 2D?
10	G	Sangat kesulitan. Banyak senjata yang bentuknya mirip tapi fungsinya berbeda, misalnya perbedaan Keris Jawa Tengah dan Jawa Barat. Kalau hanya melihat gambar kartun di Canva atau foto di buku yang kadang tidak jelas, mereka bingung. Dulu kami sempat ada <i>outing</i> ke Taman Mini, tapi sekarang kegiatan itu ditiadakan, jadi sumber visual mereka terbatas dari internet saja.
11	P	Bagaimana respon siswa terhadap metode visualisasi saat ini?



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

12	G	Anak-anak sangat senang jika pembelajarannya visual, apalagi yang bergerak. Mereka mudah terdistraksi jika hanya membaca teks. Minat belajar mereka meningkat jika medianya interaktif.
13	P	Terkait solusi aplikasi yang kami tawarkan, apakah sekolah mengizinkan penggunaan HP di kelas?
14	G	Diizinkan, namun ada aturannya. Tidak setiap hari dibawa. Biasanya dibawa saat ada mata pelajaran yang membutuhkan akses teknologi seperti <i>Coding</i> , Bahasa Indonesia, atau IPAS/PPKn untuk mencari materi budaya. Asal ada instruksi guru, diperbolehkan.
15	P	Bagaimana dengan fasilitas internet di sekolah?

Baris	Kode	Uraian Percakapan
16	G	Internet sekolah digunakan prioritas untuk ANBK (Asesmen Nasional). Untuk pembelajaran sehari-hari, siswa biasanya menggunakan kuota internet pribadi masing-masing. Ada jaringan Wi-Fi di sekitar sekolah tapi tidak stabil untuk digunakan satu kelas.



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

17	P	Baik, Bu. Kami berencana membuat aplikasi AR yang bisa dijalankan secara <i>offline</i> . Siswa bisa melihat model 3D senjata, memutarnya, dan ada kuis interaktifnya.
18	G	Itu ide yang bagus. Seperti museum virtual ya? Anak-anak pasti akan antusias karena ada interaksinya. Silakan jika nanti aplikasinya sudah jadi bisa dicoba di sini.
19	P	Terima kasih banyak, Bu Siska, atas waktu dan informasinya.
20	G	Sama-sama. Semoga sukses skripsinya.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 3. Transkrip Wawancara Siswa

Topik : Minat dan Pengetahuan Siswa

Narasumber : Gina & Nadin (Siswa Kelas 5 SD Negeri Tanah Baru 1)

Pewawancara : Dimas Muhammad Rizki & Geovanrivo

Hari/Tanggal : Kamis, 21 Januari 2026

Waktu : 12.30 – 12.45 WIB

Keterangan Kode:

- **P:** Peneliti (Dimas/Geovanrivo)
- **S1:** Siswa 1 (Gina)
- **S2:** Siswa 2 (Nadin)

Baris	Kode	Uraian Percakapan
1	P	Halo Dik, boleh kenalan sebentar? Kami Kakak mahasiswa dari Politeknik Negeri Jakarta. Siapa nama adik berdua?
2	S1	Nama saya Gina.
3	S2	Nama saya Nadin.



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

4	P	Kakak mau tanya sedikit. Kalian tahu tidak bentuk senjata Keris atau Rencong itu seperti apa?
5	S2	Kalau Rencong saya tidak tahu. Kalau Keris tahu namanya, tapi belum pernah lihat bentuk aslinya.
6	P	Pernah lihat gambarnya di buku pelajaran? Gambarnya jelas atau tidak?
7	S1	Pernah lihat di buku, tapi gambarnya kadang hitam putih jadi kurang jelas detailnya.
8	P	Kalian suka bermain HP?
9	S1/S2	Suka dua-duanya.
10	P	Kalau nanti belajarnya menggunakan HP, lalu ada gambar senjatanya yang bisa gerak-gerak seperti <i>game</i> 3D, kalian suka tidak?



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Baris	Kode	Uraian Percakapan
11	S1	Suka, Kak. Lebih seru kalau ada gambarnya yang bisa gerak daripada cuma membaca tulisan saja.
12	P	Jadi lebih mudah paham kalau ada visual gambarnya ya?
13	S2	Iya, lebih enak dilihat gambarnya.
14	P	Kakak berencana membuat aplikasi edukasi. Nanti di kamera HP kalian bisa muncul objek 3D senjata yang bisa diputar dan dilihat isinya. Ada kuisnya juga. Apakah kalian mau mencobanya nanti?
15	S1	Mau, Kak. Seperti <i>game</i> ya?
16	P	Iya, betul. Nanti kalau aplikasinya sudah selesai, Kakak akan ke sini lagi untuk demonstrasi. Terima kasih ya Gina dan Nadin sudah membantu menjawab.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 4. Bukti Hasil Angket Validasi Respon Guru

Bagian 1:

Nama Lengkap:
1 response

Siska Wulandari

Bagian 2:

Dari seluruh mata pelajaran di kelas 5, materi apa yang menurut Bapak/Ibu paling sulit dijelaskan secara konkret atau divisualisasikan kepada siswa?
1 response

Pendidikan Pancasila, Seni Musik

Gambar L.google form validas Respon Guru



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

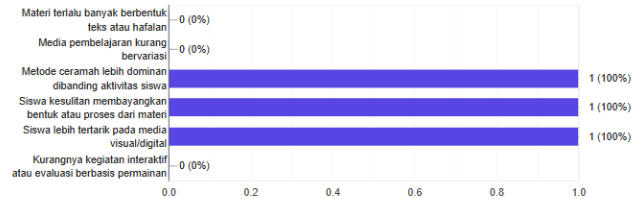
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Menurut pengamatan Bapak/Ibu, faktor apa yang paling sering menyebabkan siswa kurang fokus atau kurang aktif saat pembelajaran? (Pilih maksimal 3)

[Copy chart](#)

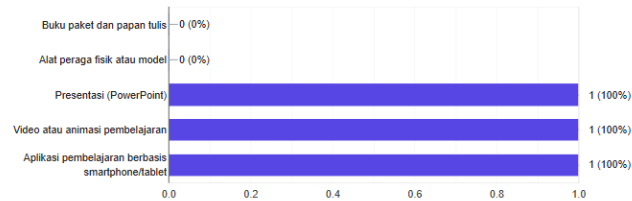
1 response



Media atau alat bantu apa saja yang pernah digunakan dalam pembelajaran? (Boleh pilih lebih dari satu)

[Copy chart](#)

1 response



Gambar L.google form validasi Respon Guru 2

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

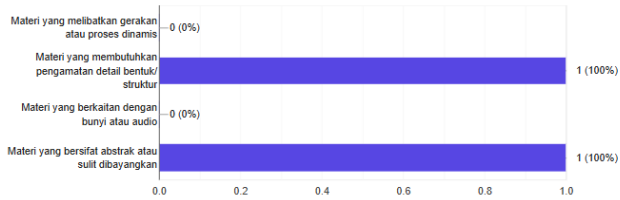
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Bagian 3:

Jika pembelajaran hanya menggunakan gambar atau ilustrasi di buku, materi seperti apa yang pemahamannya menjadi kurang optimal? (Boleh pilih lebih dari satu)

[Copy chart](#)

1 response

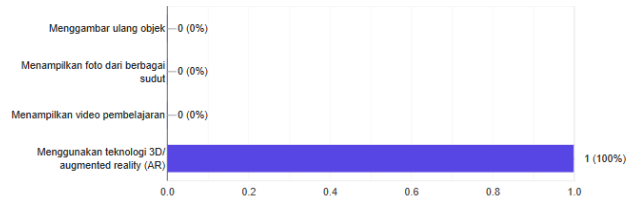


Bagian 4:

Menurut Bapak/Ibu, solusi visual apa yang paling efektif untuk membantu siswa memahami objek atau konsep yang tidak dapat dihadirkan langsung di kelas?

[Copy chart](#)

1 response

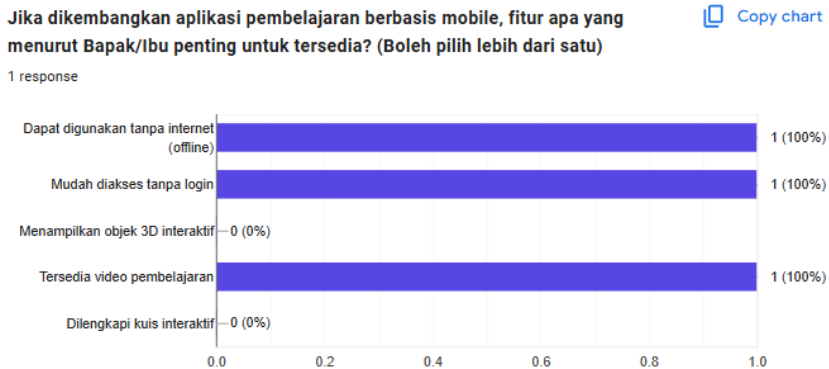


Gambar L.google form validasi Respon Guru 3



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



Gambar L.google form validas Respon Guru 4

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

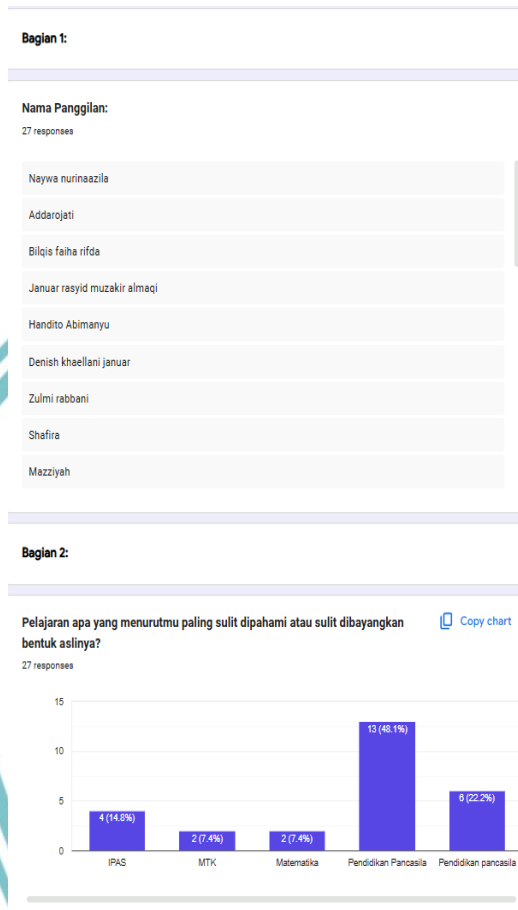


© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 5. Bukti Hasil Validasi Respond siswa



Gambar L.google form validas Respon Siswa

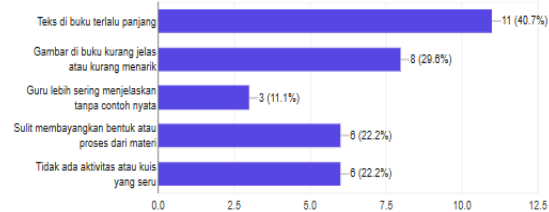
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Apa yang biasanya membuat kamu merasa bosan atau kurang semangat saat belajar? (Boleh pilih lebih dari satu)

[Copy chart](#)

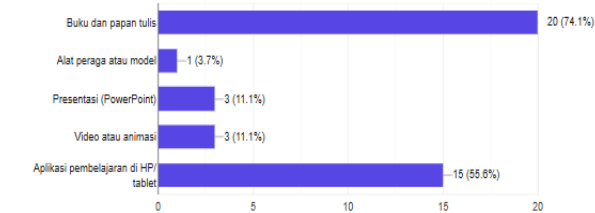
27 responses



Media apa saja yang pernah digunakan saat belajar di kelas? (Boleh pilih lebih dari satu)

[Copy chart](#)

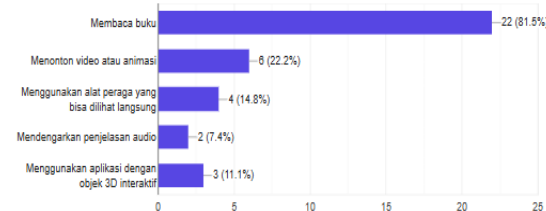
27 responses



Kamu lebih mudah memahami pelajaran jika belajar dengan cara apa? (Boleh pilih lebih dari satu)

[Copy chart](#)

27 responses



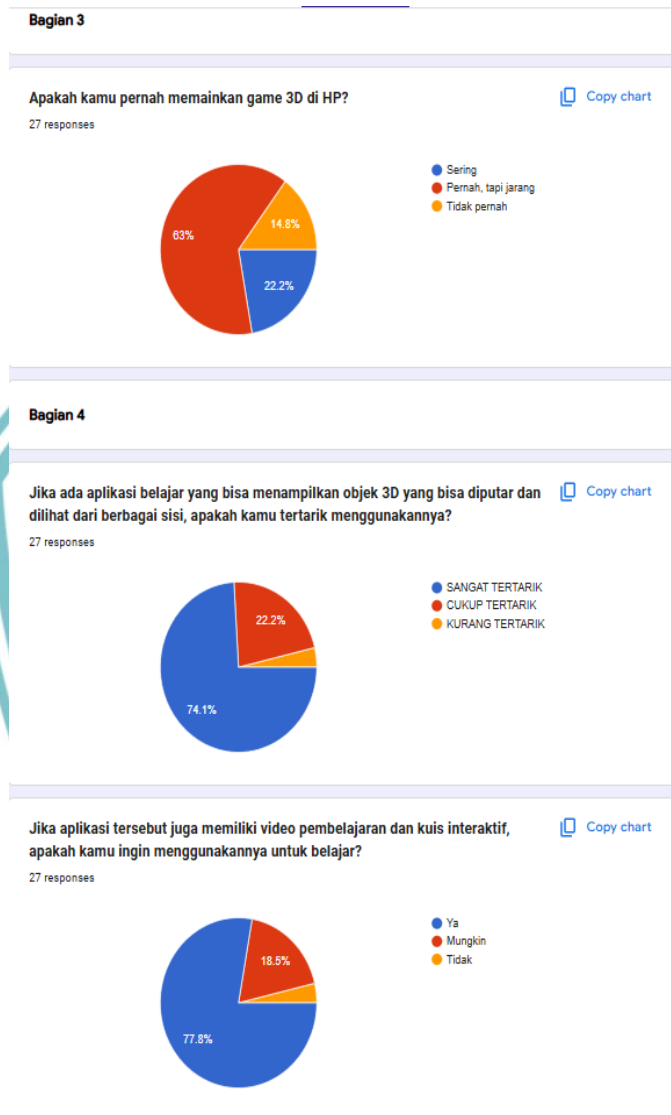
Gambar L.google form validasi Respon Siswa 2



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



Gambar L.google form validasi Respon Siswa 3



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 6. Bukti Hasil Angket Respon Ahli pemodelan dan animasi 3D

A. Identitas Ahli Media	
Alamat Email:	
2 responses	
adhicipta.playground@gmail.com	
handrianadam@gmail.com	
Nama lengkap	
2 responses	
Adhicipta Raharja Wirawan	
Adam Handrian	
Instansi	
2 responses	
Mechanimotion Entertainment	
Manimonki Studio	
Jabatan atau bidang keahlian	
2 responses	
Director	
3D Modeller Ebvi&Props	

Gambar L.google form Diagram Respon Ahli pemodelan dan animasi 3D

Hak Cipta :

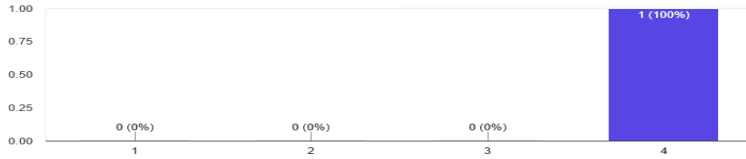
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

B. Aspek Tampilan Visual Aset 3D

Bentuk aset 3D senjata tradisional terlihat jelas dan mudah dikenali.

[Copy chart](#)

1 response



Proporsi aset 3D sudah sesuai dengan karakteristik senjata tradisional yang ditampilkan

[Copy chart](#)

1 response



Gambar L.google form Diagram Respon Ahli pemodelan dan animasi 3D 2



Hak Cipta :

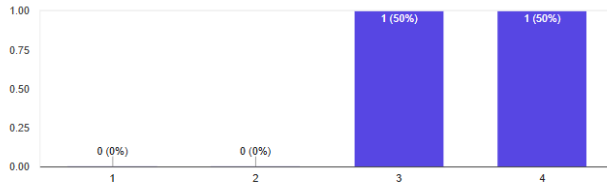
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Penutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

B. Aspek Tampilan Visual Aset 3D

Bentuk aset 3D senjata tradisional terlihat jelas dan mudah dikenali.

[Copy chart](#)

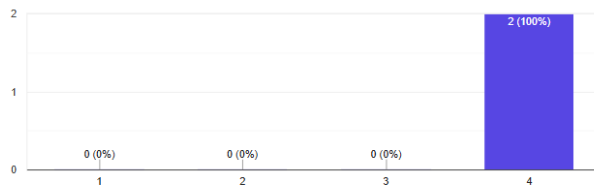
2 responses



Proporsi aset 3D sudah sesuai dengan karakteristik senjata tradisional yang ditampilkan

[Copy chart](#)

2 responses



Gambar L.google form Diagram Respon Ahli pemodelan dan animasi 3D 3

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

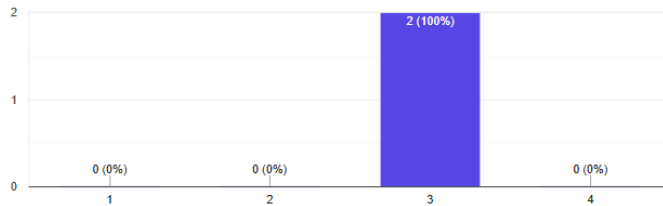
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Detail visual pada aset 3D, seperti bentuk bilah, gagang, sarung, ornamen, dan bagian utama senjata, sudah terlihat dengan baik.

[Copy chart](#)

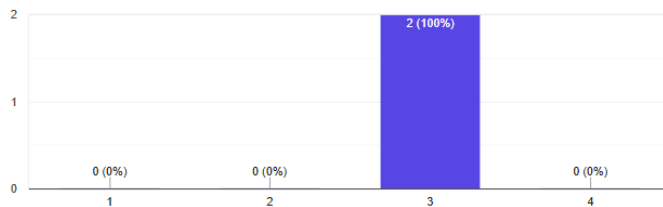
2 responses



Tekstur dan warna pada aset 3D terlihat sesuai dengan karakter material senjata tradisional, seperti logam, kayu, dan elemen dekoratif.

[Copy chart](#)

2 responses



Gambar L.google form Diagram Respon Ahli pemodelan dan animasi 3D 4



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

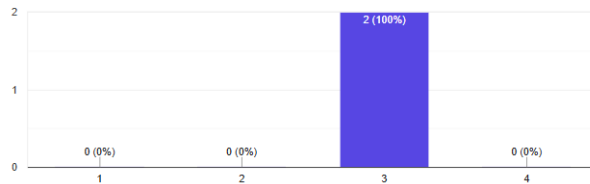
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Tampilan aset 3D cukup menarik untuk digunakan dalam media pembelajaran siswa sekolah dasar.

[Copy chart](#)

2 responses

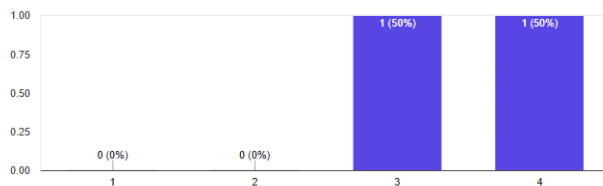


C. Aspek Animasi 3D

Animasi yang ditampilkan mampu memperjelas bagian atau fungsi senjata tradisional.

[Copy chart](#)

2 responses



Gambar L.google form Diagram Respon Ahli pemodelan dan animasi 3D 5

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



Gambar L.google form Diagram Respon Ahli pemodelan dan animasi 3D 6

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Kritik dan Saran Perbaikan: Mohon memberikan catatan korektif atau masukan spesifik demi penyempurnaan kualitas

2 responses

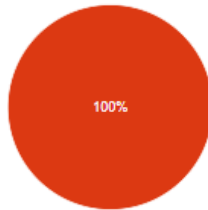
Sudah cukup baik, interaksi ke alat-alat saat digunakan ke "manekin kartun style" bagaimana fatality ke korbannya mungkin tetap dijelaskan ke anak-anak dengan cara yang baik. Saya pribadi lebih menyarankan gaya visual serius seperti "National Geographic" yang secara visual dan narasi bikin rasa ingin tahu user lebih besar.

Dari yang saya lihat ada satu model yang masih terbalik secara normal mesh nya, mungkin bisa di betulkan lagi agar tidak transparan, texture corak dari asset 3D mungkin bisa di buat lebih jernih atau HD lagi agar lebih menarik lagi

Rekomendasi Kesimpulan Kelayakan: Berdasarkan evaluasi teknis dan visual yang telah dilakukan, apakah media

 Copy chart

2 responses



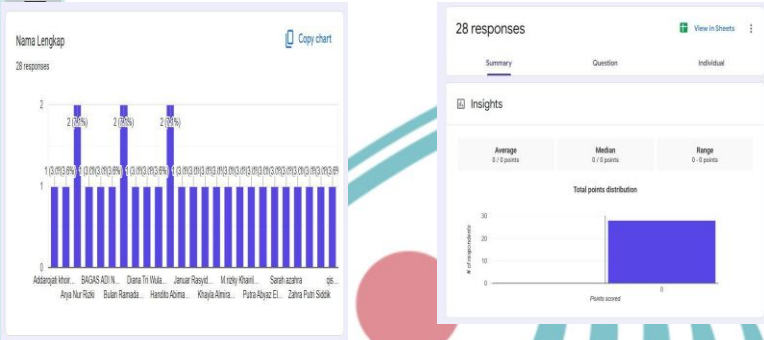
- Layak untuk diujicobakan tanpa memerlukan revisi
- Layak dengan Catatan untuk diujicobakan setelah melakukan perbaikan minor sesuai saran.
- Tidak Layak untuk diujicobakan dan memerlukan perombakan teknis mendasar.

Gambar L.google form Diagram Respon Ahli pemodelan dan animasi 3D 7

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 7. Bukti Hasil Angket Respons Siswa



Gambar L.google form 1 Tampilan Jumlah Respons Google Form



Gambar L.google form 2 Diagram Respons Siswa terhadap Tampilan 3D Senjata Tradisional

Hak Cipta :

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



Gambar L.google form 3 Diagram Respons Siswa terhadap Kesenangan Belajar Menggunakan PUSAKAR



Gambar L.google form 4 Diagram Respons Siswa terhadap Kemudahan Tombol Menu

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



Gambar L.google form 5 Diagram Respons Siswa terhadap Kuis pada Aplikasi PUSAKAR



Gambar L.google form 6 Diagram Respons Siswa terhadap Keinginan Menggunakan PUSAKAR Kembali



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 8. Rekapitulasi Hasil Skor Kuis Siswa pada Aplikasi PUSAKAR

LEMBAR REKAPITULASI DATA HASIL SKOR KUIS (ASESMEN SUMATIF)

- Mata Pelajaran: Pendidikan Pancasila
- Kelas / Semester: V (Lima) / Ganjil
- Media Interaktif: Film "KUBIS" Aplikasi PUSAKAR
- Hari / Tanggal Pelaksanaan: Jumat, 5 Juni 2020

Indikator Kelulusan Kognitif:

- WIN (Luar Biasa) = Jika siswa mampu menjawab Benar ≥ 6 dari total 10 soal acak.
- LOSE (Jangan Menyerah) = Jika siswa menjawab Benar < 6 dari total 10 soal acak.

No	Nama Siswa	Jumlah Jawaban Benar (Skor Asli)	Nilai Akhir (Skor x 10)	Kategori Hasil Sistem (WIN / LOSE)	Ketercapaian Target Belajar (Tuntas / Tidak)
1	FAWUZZ AL GHAFY	10/10	100	(1) WIN / (1) LOSE	lunas
2	BODOS ADI N	10/10	100	(1) WIN / (1) LOSE	lunas
3	QISTHA ARINDA K.	10/10	100	(1) WIN / (1) LOSE	lunas
4	PREF ABOYAZ ESHAD	10/10	100	(1) WIN / (1) LOSE	lunas

Gambar L.Rekapulasi hasil score Quiz 1

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

No	Nama Siswa	Jumlah Jawaban Benar (Skor Asli)	Nilai Akhir (Skor x 10)	Kategori Hasil Sistem (WIN / LOSE)	Ketercapaian Target Belajar (Tuntas / Tidak)
5	Bahy Dzatadi MZ	10/10	100	WIN / WIN	Tuntas
6	M Azzahra Purnama	10/10	100	WIN / WIN	Tuntas
7	Zahra Diah Siliwer	10/10	100	WIN / WIN	Tuntas
8	Ayumi Abdullah Wicaksono	10/10	100	WIN / WIN	Tuntas
9	Diana Tri Wicaksono	10/10	100	WIN / WIN	Tuntas
10	Sulmi Azahra	10/10	100	WIN / WIN	Tuntas
11	Hani Dwi Alimawati	10/10	100	WIN / WIN	Tuntas
12	Juwita Rosyda Mubandari	10/10	100	WIN / WIN	Tuntas
13	Bilal Falaq	10/10	100	WIN / WIN	Tuntas
14	Muzliha Kharisya Alim	10/10	100	WIN / WIN	Tuntas

Gambar L.Rekapulasi hasil score Quiz 2

No	Nama Siswa	Jumlah Jawaban Benar (Skor Asli)	Nilai Akhir (Skor x 10)	Kategori Hasil Sistem (WIN / LOSE)	Ketercapaian Target Belajar (Tuntas / Tidak)
15	Ayza Nur Rizki	10/10	100	WIN / WIN	Tuntas
16	Clara Alvin Hana	10/10	100	WIN / WIN	Tuntas
17	M. Rostid Zulfikar	10/10	100	WIN / WIN	Tuntas
18	Khoirul Widad Rana Cipto	10/10	100	WIN / WIN	Tuntas
19	Khalifa Alvin Rafiq	10/10	100	WIN / WIN	Tuntas
20	Safira Nur Hafidza	10/10	100	WIN / WIN	Tuntas
21	Ashifa Qailan Syahputra	10/10	100	WIN / WIN	Tuntas
22	Abdulhadi Kurniawan	10/10	100	WIN / WIN	Tuntas
23	Dafin Alvin R	10/10	100	WIN / WIN	Tuntas
24	Rizka Nisa S	10/10	100	WIN / WIN	Tuntas



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Gambar L.Rekapulasi hasil score Quiz 3

No	Nama Siswa	Jumlah Jawaban Benar (Skor Asli)	Nilai Akhir (Skor x 10)	Kategori Hasil Sistem (WIN / LOSE)	Ketercapaian Target Belajar (Tuntas / Tidak)
25	Zulrij . R	10/10	100	☒ WIN / ☐ LOSE	tertuntas
26		/ 10		☐ WIN / ☐ LOSE	
27		/ 10		☐ WIN / ☐ LOSE	
28		/ 10		☐ WIN / ☐ LOSE	
29		/ 10		☐ WIN / ☐ LOSE	
30		/ 10		☐ WIN / ☐ LOSE	

Gambar L.Rekapulasi hasil score Quiz 4



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 9. Lembar Observasi Asesmen Diagnostik Siswa

LEMBAR OBSERVASI ASESMEN DIAGNOSTIK

- Mata Pelajaran: Pendidikan Pancasila
- Kelas / Semester: V (Lima) / Ganjil
- Materi Pokok: Keragaman Budaya Indonesia (Bab 3)
- Hari / Tanggal Pelaksanaan: Jumat, 5 Juni 2020
- Validator / Pengamat: Siska Wulandari / Dimas Muhammad Rizki

Petunjuk Pengisian:
Berikan tanda ceklis pada kolom "Ya" atau "Tidak" berdasarkan hasil pengamatan langsung terhadap kesiapan awal siswa di 10 menit pertama pembelajaran.

No	Nama Siswa	Kesiapan Menerima Pembelajaran (Fokus)	Mampu Menjawab Pertanyaan Pemantik Guru	Antusiasme Awal Terhadap Media PUSAKAR
1	FAWAZ ALGHAFALY	✓ Ya / () Tidak	✓ Ya / () Tidak	✓ Ya / () Tidak
2	BAGAS ADI.N	✓ Ya / () Tidak	✓ Ya / () Tidak	✓ Ya / () Tidak
3	QISYA ANINDYA K.	✓ Ya / () Tidak	✓ Ya / () Tidak	✓ Ya / () Tidak
4	PURNABABAR ESKHARANI	✓ Ya / () Tidak	✓ Ya / () Tidak	✓ Ya / () Tidak

Gambar L. Observasi Asesmen Diagnostik 1

No	Nama Siswa	Kesiapan Menerima Pembelajaran (Fokus)	Mampu Menjawab Pertanyaan Pemantik Guru	Antusiasme Awal Terhadap Media PUSAKAR
14	M. Rizki Khairi Azzam	✓ Ya / () Tidak	✓ Ya / () Tidak	✓ Ya / () Tidak
15	Arya Nur Rizki	✓ Ya / () Tidak	✓ Ya / () Tidak	✓ Ya / () Tidak
16	Ichigo Amad Homizon	✓ Ya / () Tidak	✓ Ya / () Tidak	✓ Ya / () Tidak
17	M. Nafis Zulfikar	✓ Ya / () Tidak	✓ Ya / () Tidak	✓ Ya / () Tidak
18	Khoirul Wiliyan Putra Cipta	✓ Ya / () Tidak	✓ Ya / () Tidak	✓ Ya / () Tidak
19	Khadia Amira Morlan	✓ Ya / () Tidak	✓ Ya / () Tidak	✓ Ya / () Tidak
20	Sheila Nur Hafidzah	✓ Ya / () Tidak	✓ Ya / () Tidak	✓ Ya / () Tidak
21	Akhra Aqien Syaquito	✓ Ya / () Tidak	✓ Ya / () Tidak	✓ Ya / () Tidak
22	addarozaki khoirifah	✓ Ya / () Tidak	✓ Ya / () Tidak	✓ Ya / () Tidak

Gambar L. Observasi Asesmen Diagnostik 2

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

No	Nama Siswa	Kesiapan Menerima Pembelajaran (Fokus)	Mampu Menjawab Pertanyaan Pemantik Guru	Antusiasme Awal Terhadap Media PUSAKAR
5	Bulan Ramadani MZ	☒ Ya / ☐ Tidak	☒ Ya / ☐ Tidak	☒ Ya / ☐ Tidak
6	MAZZIYAH PUTRI RM	☒ Ya / ☐ Tidak	☒ Ya / ☐ Tidak	☒ Ya / ☐ Tidak
7	Zahra putri siddik	☒ Ya / ☐ Tidak	☒ Ya / ☐ Tidak	☒ Ya / ☐ Tidak
8	Agam abdillah Rosama	☒ Ya / ☐ Tidak	☒ Ya / ☐ Tidak	☒ Ya / ☐ Tidak
9	Diana Tri Wulandari	☒ Ya / ☐ Tidak	☒ Ya / ☐ Tidak	☒ Ya / ☐ Tidak
10	Sarah azahra	☒ Ya / ☐ Tidak	☒ Ya / ☐ Tidak	☒ Ya / ☐ Tidak
11	Hendito a bin masduki	☒ Ya / ☐ Tidak	☒ Ya / ☐ Tidak	☒ Ya / ☐ Tidak
12	Januar Rasjid M.A	☒ Ya / ☐ Tidak	☒ Ya / ☐ Tidak	☒ Ya / ☐ Tidak
13	BILALIS FAHRA RIFDA	☒ Ya / ☐ Tidak	☒ Ya / ☐ Tidak	☒ Ya / ☐ Tidak

Gambar L. Observasi Asesmen Diagnostik 3

No	Nama Siswa	Kesiapan Menerima Pembelajaran (Fokus)	Mampu Menjawab Pertanyaan Pemantik Guru	Antusiasme Awal Terhadap Media PUSAKAR
23	DAFFA ADITYA R	☐ Ya / ☒ Tidak	☒ Ya / ☐ Tidak	☒ Ya / ☐ Tidak
24	Raihan Ilyas S	☐ Ya / ☒ Tidak	☒ Ya / ☐ Tidak	☒ Ya / ☐ Tidak
25	ZULMI R	☐ Ya / ☒ Tidak	☒ Ya / ☐ Tidak	☒ Ya / ☐ Tidak
26		☐ Ya / ☐ Tidak	☐ Ya / ☐ Tidak	☐ Ya / ☐ Tidak
27		☐ Ya / ☐ Tidak	☐ Ya / ☐ Tidak	☐ Ya / ☐ Tidak
28		☐ Ya / ☐ Tidak	☐ Ya / ☐ Tidak	☐ Ya / ☐ Tidak
29		☐ Ya / ☐ Tidak	☐ Ya / ☐ Tidak	☐ Ya / ☐ Tidak
30		☐ Ya / ☐ Tidak	☐ Ya / ☐ Tidak	☐ Ya / ☐ Tidak

Gambar L. Observasi Asesmen Diagnostik 4

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 10. Lembar Observasi Asesmen Diagnostik Siswa

LEMBAR OBSERVASI ASESMEN DIAGNOSTIK

- Mata Pelajaran: Pendidikan Pancasila
- Kelas / Semester: V (Lima) / Ganjil
- Materi Pokok: Keragaman Budaya Indonesia (Bab 3)
- Hari / Tanggal Pelaksanaan: Jumat, 5 Juni 2024
- Validator / Pengamat: Siska Wulandari / Dimas Muhammad Riski

Petunjuk Pengisian:
Berikan tanda centang pada kolom "Ya" atau "Tidak" berdasarkan hasil pengamatan langsung terhadap kesiapan awal siswa di 10 menit pertama pembelajaran.

No	Nama Siswa	Kesiapan Menerima Pembelajaran (Fokus)	Mampu Menjawab Pertanyaan Pemantik Guru	Antusiasme Awal Terhadap Media PUSAKAR
1	Fauzaz Alghaaly	✓ Ya / [] Tidak	✓ Ya / [] Tidak	✓ Ya / [] Tidak
2	BAGAS ADI.N	✓ Ya / [] Tidak	✓ Ya / [] Tidak	✓ Ya / [] Tidak
3	Qisya Aninda K.	✓ Ya / [] Tidak	✓ Ya / [] Tidak	✓ Ya / [] Tidak
4	Purnama Esharagi	✓ Ya / [] Tidak	✓ Ya / [] Tidak	✓ Ya / [] Tidak

Gambar L.2 Lembar Observasi Asesmen Diagnostik Halaman 1

No	Nama Siswa	Kesiapan Menerima Pembelajaran (Fokus)	Mampu Menjawab Pertanyaan Pemantik Guru	Antusiasme Awal Terhadap Media PUSAKAR
14	M. Rizki Khairi A2223M	✓ Ya / [] Tidak	✓ Ya / [] Tidak	✓ Ya / [] Tidak
15	Arya Nur Rizki	✓ Ya / [] Tidak	✓ Ya / [] Tidak	✓ Ya / [] Tidak
16	Ichigo Amos hamizon	✓ Ya / [] Tidak	✓ Ya / [] Tidak	✓ Ya / [] Tidak
17	M. Rafiq Zul Fikar	✓ Ya / [] Tidak	✓ Ya / [] Tidak	✓ Ya / [] Tidak
18	Khoirul Wulqan Putra Cipta	✓ Ya / [] Tidak	✓ Ya / [] Tidak	✓ Ya / [] Tidak
19	Khadia Alimiro Morlan	✓ Ya / [] Tidak	✓ Ya / [] Tidak	✓ Ya / [] Tidak
20	Sheila Nur Hafidzah	✓ Ya / [] Tidak	✓ Ya / [] Tidak	✓ Ya / [] Tidak
21	Akhra Aileen Syaquitia	✓ Ya / [] Tidak	✓ Ya / [] Tidak	✓ Ya / [] Tidak
22	adda rosal: Khairi Sah	✓ Ya / [] Tidak	✓ Ya / [] Tidak	✓ Ya / [] Tidak

Gambar L.2 Lembar Observasi Asesmen Diagnostik Halaman 2

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

No	Nama Siswa	Kesiapan Menerima Pembelajaran (Fokus)	Mampu Menjawab Pertanyaan Pemantik Guru	Antusiasme Awal Terhadap Media PUSAKAR
5	Bulan Ramadani MZ	✓/Ya / [] Tidak	✓/Ya / [] Tidak	✓/Ya / [] Tidak
6	MAZZIJAH PUTRI RM	✓/Ya / [] Tidak	✓/Ya / [] Tidak	✓/Ya / [] Tidak
7	Zahra Putri Siddik	✓/Ya / [] Tidak	✓/Ya / [] Tidak	✓/Ya / [] Tidak
8	Agam Abdiillah Rojama	✓/Ya / [] Tidak	✓/Ya / [] Tidak	✓/Ya / [] Tidak
9	Diana Tri Wulandari	✓/Ya / [] Tidak	✓/Ya / [] Tidak	✓/Ya / [] Tidak
10	Safrah azahra	✓/Ya / [] Tidak	✓/Ya / [] Tidak	✓/Ya / [] Tidak
11	Ha Adite a bi mae Yu	✓/Ya / [] Tidak	✓/Ya / [] Tidak	✓/Ya / [] Tidak
12	Sanjwal Rasdyid M.A	✓/Ya / [] Tidak	✓/Ya / [] Tidak	✓/Ya / [] Tidak
13	BILGIS FAHQA RIFA	✓/Ya / [] Tidak	✓/Ya / [] Tidak	✓/Ya / [] Tidak

Gambar L.2 Lembar Observasi Asesmen Diagnostik Halaman 3

No	Nama Siswa	Kesiapan Menerima Pembelajaran (Fokus)	Mampu Menjawab Pertanyaan Pemantik Guru	Antusiasme Awal Terhadap Media PUSAKAR
23	AFFA ADITYA R	[] Ya / ✓ Tidak	✓/Ya / [] Tidak	✓/Ya / [] Tidak
24	Raihan Ilyas S	[] Ya / ✓ Tidak	✓/Ya / [] Tidak	✓/Ya / [] Tidak
25	ZULMI R	[] Ya / ✓ Tidak	✓/Ya / [] Tidak	✓/Ya / [] Tidak
26		[] Ya / [] Tidak	[] Ya / [] Tidak	[] Ya / [] Tidak
27		[] Ya / [] Tidak	[] Ya / [] Tidak	[] Ya / [] Tidak
28		[] Ya / [] Tidak	[] Ya / [] Tidak	[] Ya / [] Tidak
29		[] Ya / [] Tidak	[] Ya / [] Tidak	[] Ya / [] Tidak
30		[] Ya / [] Tidak	[] Ya / [] Tidak	[] Ya / [] Tidak

Gambar L.20 Lembar Observasi Asesmen Diagnostik Halaman 4



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



CONTACT ME AT

-  J. Angling damo I no.9 RT 3 RW 3, Perumpong, Kec. LAWEYAN, Surakarta, Jawa Tengah 57141
-  adamhandrian4@gmail.com
-  0857-2508-7765
-  @the_kingslaye20

SOFTWARE

- Autodesk Maya
- Blender 3D
- Substance Painter
- Zbrush
- Marmoset Toolbag
- Adobe Photoshop
- Adobe Premiere

ABILITY

- 3D Modelling
- 3D Texturing
- 3D Shader
- 3D Render

PERSONAL SKILL

- To be responsible
- Discipline
- Can work in team
- Hard worker

Lampiran 11. CV dan Portofolio Ahli Pemodelan 3D dan Animasi

ADAM HANDRIAN

3D ASSET MODELLER

PERSONAL PROFILE

- NAME : ADAM ABIYU HANDRIAN
- GENDER : MALE
- BIRTH : SUKOHARJO, 30 DESEMBER 2002
- RELIGION : ISLAM

WORK EXPERIENCE

RUS ANIMATION STUDIO

JL. SUKUN RAYA NO.90 BESITO KULON, BESITO, KEC. GEBOG, KABUPATEN KUDUS
Internship at RUS Animation Studio for 1 year

Manimond Studio

JLS. #10 Wibawa NO.39A PURWOSARI KEC. LAWEYAN, KOTA SURABAYA, JAWA TENGAH
3D ASSET PROPS ENVI MODELLER

EDUCATIONAL HISTORY

- 2018 - 2021
SMK RADEN UMAR SAID KUDUS
Jl. Sukun Raya No.09, Besito Kulon, Besito, Kec. Gebog, Kabupaten Kudus,
Jawa Tengah 59333
- 2015 - 2018
SMP Batik Program Khusus Surakarta
Jl. Slamet Riyadi No.447, Pajang, Kec. Laweyan, Kota Surakarta, Jawa Tengah 57146
- 2009 - 2015
SD Al-Azhar Syifa Budi Solo
Jl. Haryo Panular No.64, Panularan, Kec. Laweyan, Kota Surakarta,
Jawa Tengah 57149
- 2007 - 2009
TK PRIMAGAMA
Jl. Samratulangi No.37, Manahan, Kec. Banjarsari, Kota Surakarta,
Jawa Tengah 57139

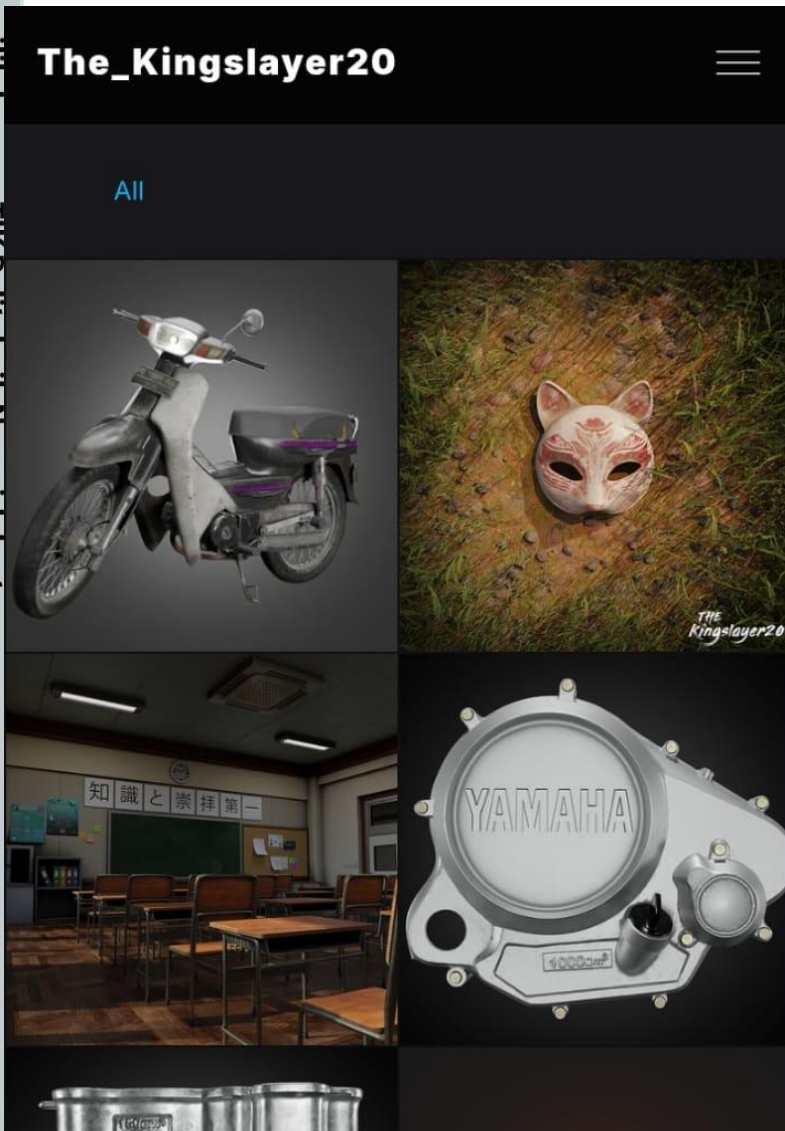
PROJECT

- PETUALANGAN DIDI & HATSU : 3D ASSET
- MOLAT TV : SOFA KUNING : 3D ASSET
- THE VIRUS : 3D ASSET
- KIMBO : The Jungle Boy : 3D ASSET
- BALPIL : 3D ASSET
- My Stupid Boss Animated Series : 3D ASSET
- Perkasa : 3D ASSET
- Ragarasa : 3D ASSET
- Cangkir Profesor : 3D ASSET
- Malam Jumat Satu Suro : 3D ASSET

Gambar L. CV Ahli Pemodelan dan Animasi 3D 1

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



Gambar L. Portofolio Ahli Pemodelan dan Animasi 3D



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Contact

adhicipta.playground@gmail.com

www.linkedin.com/in/adhicipta
(LinkedIn)
www.mechanimation.com
(Company)

Top Skills

Game Design
System Design
Conceptual Art

Languages

English

Honors-Awards

TELKOM Indigo Fellowship 2010
TELKOM Indigo Fellowship 2011

Wisudawan Terbaik Fakultas
Ekonomi & Bisnis UNIVERSITAS
AIRLANGGA 2011

Juara 3 Lomba Penulisan Naskah
Animasi - EDUNIMASI 2012

The Winner Digital Media Interactive
- GARUDA RIDERS

Publications

Membangun Webstore dengan
Joomla!

Mastering Chibi Character

Masa Depan Pasar Turi Ada di
Dunia Maya?

11 Aplikasi Portable Dahsyat untuk
USB Flash Disk

Membuat Karakter 3D Blender Boy

Adhicipta Raharja Wirawan

Game Designer: Cashflowpoly, Waroong Wars, Linimasa Sejarah,
Mengenai Emosi, Lindungi Tubuhku dll.
Surabaya, East Java, Indonesia

Summary

Saya seorang profesional freelance game designer sejak tahun 2012 hingga saat ini.

Selain itu berpengalaman dalam pengembangan produk kreatif berbasis Intellectual Property (IP) sejak 2010 hingga saat ini dalam bentuk komik, animasi, video game dan board game.

Proyek produk kreatif yang pernah dikembangkan diantaranya adalah The Adventures of Wanara: Garuda Riders, Orbiz, Detektif Djamal, Waroong Wars, Linimasa Sejarah Card Game, dan Financial Planner 101.

Latar belakang pendidikan S1/S2 Akuntansi serta kreatifitas sangat menunjang dalam memimpin tim kreatif dalam menyelesaikan setiap proyek produk berbasis IP mulai dari perencanaan manajemen proyek, riset, penganggaran & pendanaan, pengerjaan produk, pemasaran, penjualan, hingga evaluasi kinerja.

Selain kemampuan komunikasi yang terasah karena lebih dari 17 tahun sebagai seorang pengajar dan pembicara, kemampuan penguasaan software di bidang desain juga dikuasai seperti gimp, inkscape, blender 3d, dan kdenlive. Software untuk melakukan data analitik dan data intelligent yang dikuasai adalah Rapidminer yang berguna untuk melakukan proses monitoring serta data mining.

Experience

Universitas Kristen Petra

Guest Lecturer

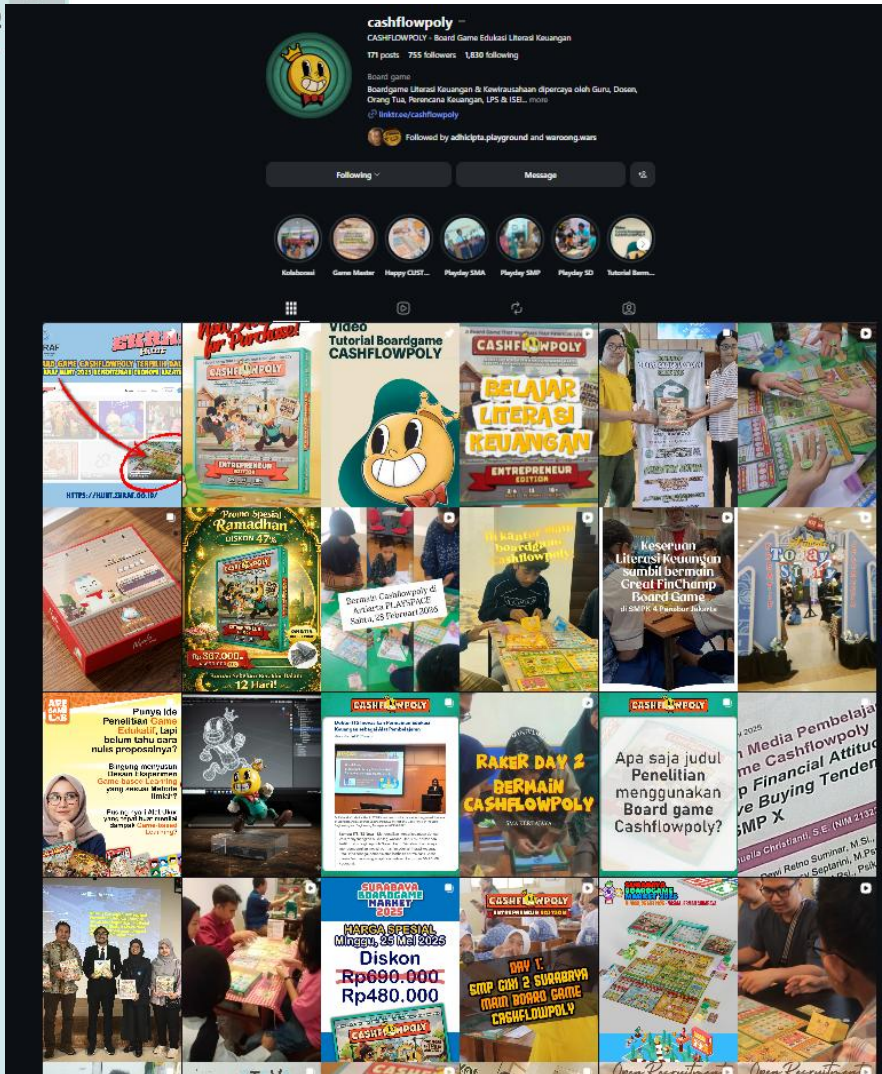
January 2021 - Present (4 years 2 months)

Surabaya, East Java, Indonesia

Gambar L. CV Ahli Pemodelan dan Animasi 3D 2

Hak Cipta :

1. Diarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



Gambar L. Portofolio Ahli Pemodelan dan Animasi 3D 2

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 12. Pelaksanaan Observasi lapangan



Gambar L. 1 Foto Dokumentasi wawancara guru



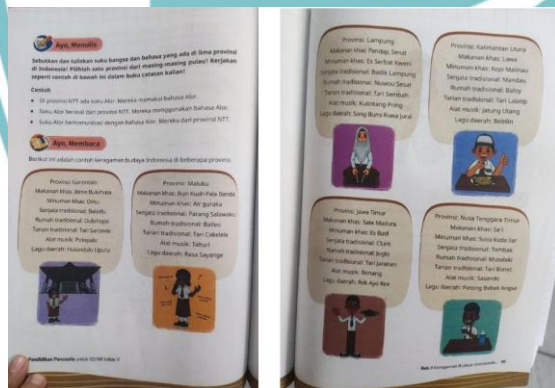
Gambar L. 2 Foto Setelah Wawancara Siswi klas 5

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



Gambar L. 3 Buku Paket pendidikan Pancasila



Gambar L. 4 Isi Dari Buku Paket kelas 5 sebagai acuan pembuatan aplikasi



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



Gambar L . 1 Tim Peneliti (Dimas & Geovanrivo) Melakukan Observasi di Ruang Kelas

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

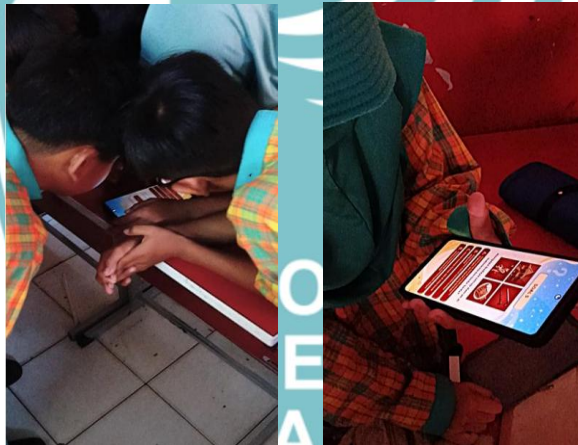
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 13. Pelaksanaan Uji Coba Media Pusakar



Gambar L . 2 Pelaksanaan Uji Coba di kelas 5 SD



Gambar L . 3 Anak-anak Mencoba Aplikasi PUSAKAR



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



Gambar L . 4 Dokumentasi Akhir Bersama dengan Bu Siska

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



QR Code ini Mengarah pada Link Video Demonstrasi PUSAKAR dan juga dapat di Akses dengan link Google Drive berikut :

<https://drive.google.com/drive/folders/1SCbgm9Q5w4b2A3OI0-WVF5oB4V6ppC2E>

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**