

**OPTIMASI RENDERING WEB 3D MENGGUNAKAN
ANIMATION DATA SEPARATION DAN ON-DEMAND DENGAN
GLTF**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai derajat Sarjana
Program Studi Sistem Informasi



disusun oleh

DANDA ADITIA NUGRAHA

22.62.0191

Kepada

**FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS AMIKOM YOGYAKARTA
YOGYAKARTA**

2026

**OPTIMASI RENDERING WEB 3D MENGGUNAKAN
ANIMATION DATA SEPARATION DAN ON-DEMAND DENGAN
GLTF**

SKRIPSI

untuk memenuhi salah satu syarat mencapai derajat Sarjana
Program Studi Sistem Informasi



disusun oleh

DANDA ADITIA NUGRAHA

22.62.0191

Kepada

**FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS AMIKOM YOGYAKARTA
YOGYAKARTA**

2026

HALAMAN PERSETUJUAN

SKRIPSI

**OPTIMASI RENDERING WEB 3D MENGGUNAKAN ANIMATION
DATA SEPARATION DAN ON-DEMAND DENGAN GLTF**

yang disusun dan diajukan oleh

Danda Aditia Nugraha

22.62.0191

telah disetujui oleh Dosen Pembimbing Skripsi
pada tanggal 18 Februari 2026

Dosen Pembimbing,



Buyut Khoirul Umri, M.Kom
NIK. 190302652

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

**OPTIMASI RENDERING WEB 3D MENGGUNAKAN ANIMATION
DATA SEPARATION DAN ON-DEMAND DENGAN GLTF**

yang disusun dan diajukan oleh

Danda Aditia Nugraha

22.62.0191

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal 18 Februari 2026

Susunan Dewan Penguji

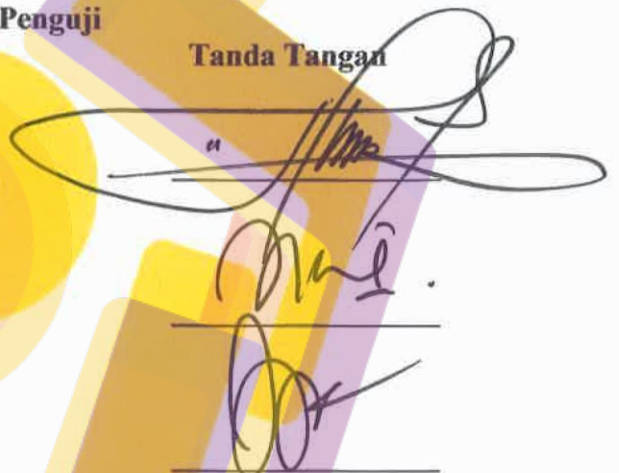
Nama Penguji

Haryoko, S.Kom., M.Cs.
NIK. 190302286

Afifah Nur Aini, M.Kom
NIK. 190302631

Buyut Khoirul Umri, M.Kom
NIK. 190302652

Tanda Tangan



Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer
Tanggal 19 Februari 2026

DEKAN FAKULTAS ILMU KOMPUTER



Prof. Dr. Kusrini, S.Kom., M.Kom.
NIK. 190302106

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan di bawah ini,

Nama mahasiswa : Danda Aditia Nugraha
NIM : 22.62.0191

Menyatakan bahwa Skripsi dengan judul berikut:

Optimasi Rendering Web 3D Menggunakan Animation Data Separation dan On-Demand dengan GLTF

Dosen Pembimbing : Buyut Khoirul Umri, M.Kom

1. Karya tulis ini adalah benar-benar ASLI dan BELUM PERNAH diajukan untuk mendapatkan gelar akademik, baik di Universitas AMIKOM Yogyakarta maupun di Perguruan Tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini merupakan gagasan, rumusan dan penelitian SAYA sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dari Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan disebutkan dalam Daftar Pustaka pada karya tulis ini.
4. Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab SAYA, bukan tanggung jawab Universitas AMIKOM Yogyakarta.
5. Pernyataan ini SAYA buat dengan sesungguhnya, apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka SAYA bersedia menerima SANKSI AKADEMIK dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Perguruan Tinggi.

Yogyakarta, 19 Februari 2026

Yang Menyatakan,



Danda Aditia Nugraha

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, serta karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan lancar. Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Program Sarjana pada Fakultas Ilmu Komputer Universitas Amikom Yogyakarta.

Selain itu penulis dengan segala kerendahan hati ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada semua pihak yang telah berjasa memberikan dukungan dan bantuan untuk menyelesaikan laporan tugas akhir ini. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. M. Suyanto, M.M selaku Rektor Universitas Amikom Yogyakarta
2. Ibu Prof. Dr. Kusriani, S.Kom., M.Kom. selaku Dekan Program Fakultas Ilmu Komputer
3. Bapak Anggit Dwi Hartanto, M.Kom selaku Ketua Program Studi Sistem Informasi
4. Bapak Buyut Khoirul Umri, M.Kom selaku dosen pembimbing yang memberikan arahan, saran, dan motivasi terhadap penulis
5. Kedua orang tua, keluarga besar, dan teman-teman tercinta yang memberikan semangat dan doa kepada penulis.

Yogyakarta, 9 Februari 2026

Penulis

DAFTAR ISI

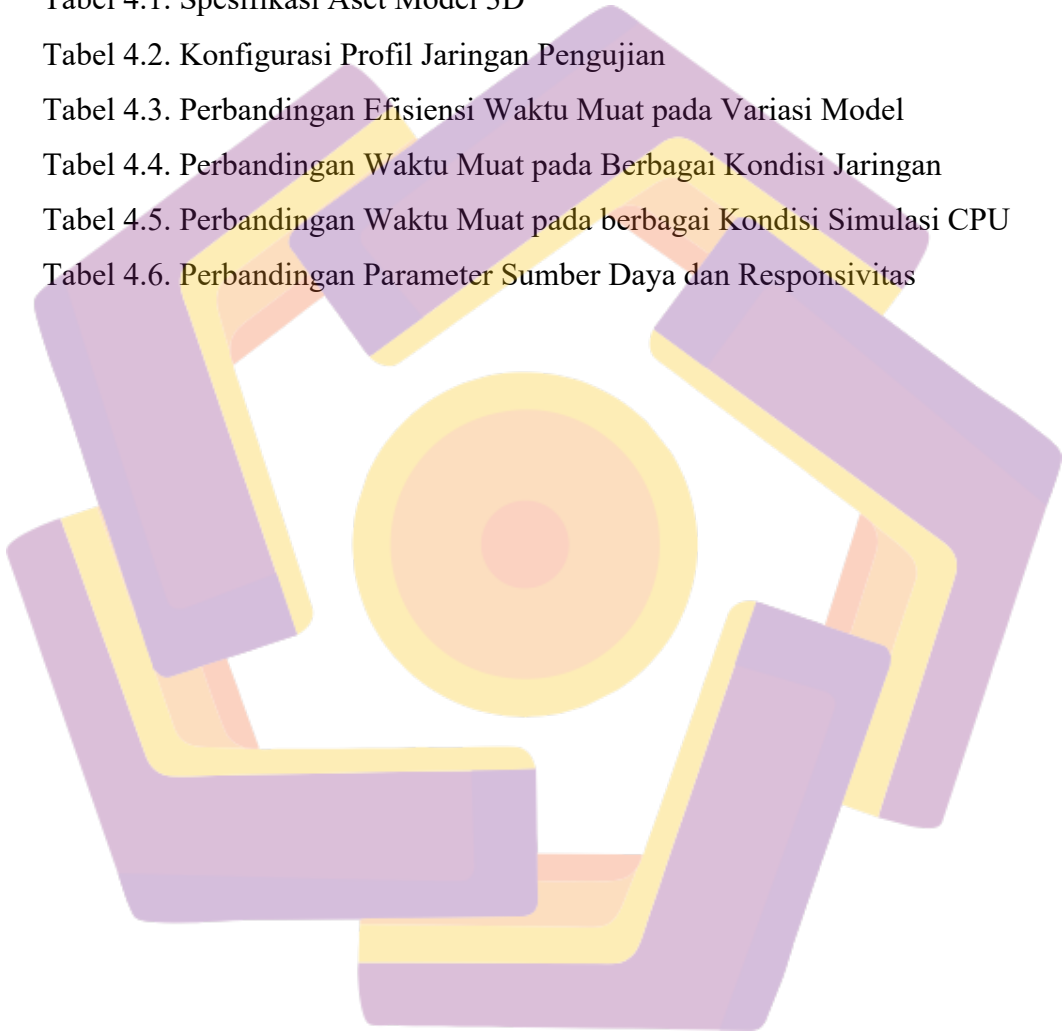
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	v
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN	xii
DAFTAR ISTILAH	xiv
INTISARI	xvii
ABSTRACT.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Studi Literatur	5
2.2 Dasar Teori	9
2.2.1 Grafika Komputer Berbasis Web.....	9
2.2.1.1 Konsep Dasar Komputer Grafik	9
2.2.1.2 WebGL.....	9
2.2.1.3 Tantangan pada Perangkat Seluler	10
2.2.2 Pustaka Three.js	10

2.2.2	Node.js	11
2.2.3	Format Transmisi glTF	11
2.2.3.1	Definisi dan Karakteristik glTF	11
2.2.3.2	Keunggulan Dibandingkan Format Lain	12
2.2.3.3	Isu Monolitik pada Data Animasi	12
2.2.4	Metode Optimasi Rendering	13
2.2.4.1	Pemisahan Data Animasi	13
2.2.4.2	Pemuatan Sesuai Permintaan	13
2.2.5	Parameter Pengukuran Kinerja	13
2.2.6	Matematis Analisis Data	14
2.2.7	Metodologi Penelitian	15
2.2.7.1	Penelitian Eksperimen	15
2.2.7.2	Metode Pra-Eksperimental	15
2.2.7.3	Intact-Group Comparison	16
2.2.8	Analisis Kebutuhan Sistem	16
BAB III METODE PENELITIAN		17
3.1	Jenis Penelitian	17
3.2	Objek Penelitian	17
3.3	Alur Penelitian	18
3.3.1	Studi Literatur dan Analisis Masalah	20
3.3.2	Analisis Kebutuhan Sistem	20
3.3.3	Perancangan Sistem dan Lingkungan Pengembangan	22
3.3.4	Implementasi Sistem	24
3.3.5	Simulasi dan Pengumpulan Data Pengujian	25
3.3.6	Teknik Analisis Data	27
3.4	Indikator Keberhasilan	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		29
4.1	Jenis Penelitian	29
4.1.1	Implementasi Pemodelan 3D	29
4.1.2	Implementasi Lingkungan Server dan Klien	30
4.1.3	Antarmuka Pengujian dan Konfigurasi Lingkungan Pengujian	32

4.2 Hasil Pengujian	35
4.2.1 Hasil Pengujian Berdasarkan Variasi Model	35
4.2.2 Hasil Pengujian Berdasarkan Kondisi Jaringan	35
4.2.3 Hasil Pengujian Berdasarkan Simulasi Perangkat (CPU).....	36
4.2.4 Hasil Perbandingan Sumber Daya	37
4.3 Pembahasan	37
4.3.1 Analisis Pengaruh Kompleksitas Geometri	37
4.3.2 Analisis Efektivitas pada Jaringan Terbatas	38
4.3.3 Validasi Kinerja CPU pada Perangkat Low-End.....	38
4.3.4 Analisis Kompromi Kinerja	38
BAB V PENUTUP	40
5.1 Kesimpulan	40
5.2 Saran	41
REFERENSI	42
LAMPIRAN.....	44

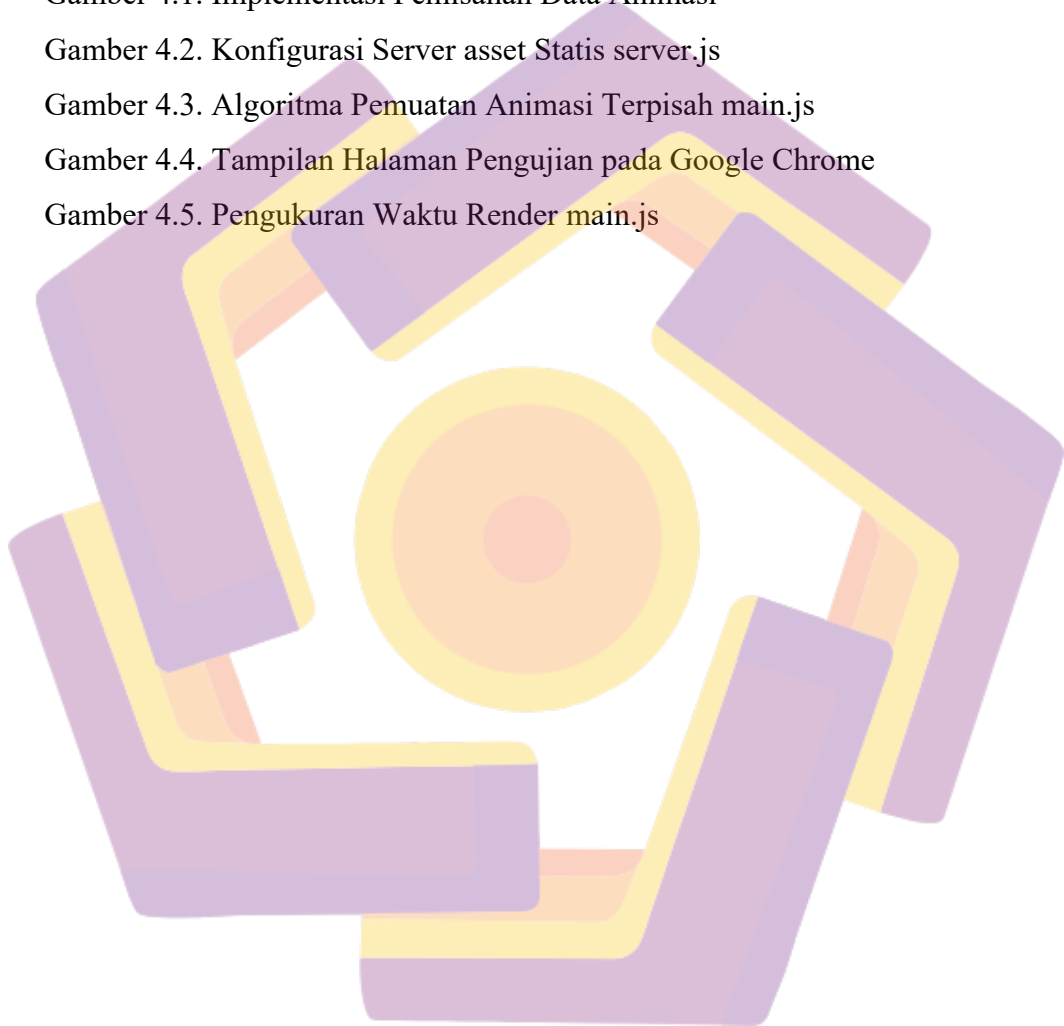
DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Keaslian Penelitian	7
Tabel 3.1. Spesifikasi Komputer	21
Tabel 3.2. Perangkat Lunak	22
Tabel 4.1. Spesifikasi Aset Model 3D	30
Tabel 4.2. Konfigurasi Profil Jaringan Pengujian	34
Tabel 4.3. Perbandingan Efisiensi Waktu Muat pada Variasi Model	35
Tabel 4.4. Perbandingan Waktu Muat pada Berbagai Kondisi Jaringan	36
Tabel 4.5. Perbandingan Waktu Muat pada berbagai Kondisi Simulasi CPU	36
Tabel 4.6. Perbandingan Parameter Sumber Daya dan Responsivitas	37



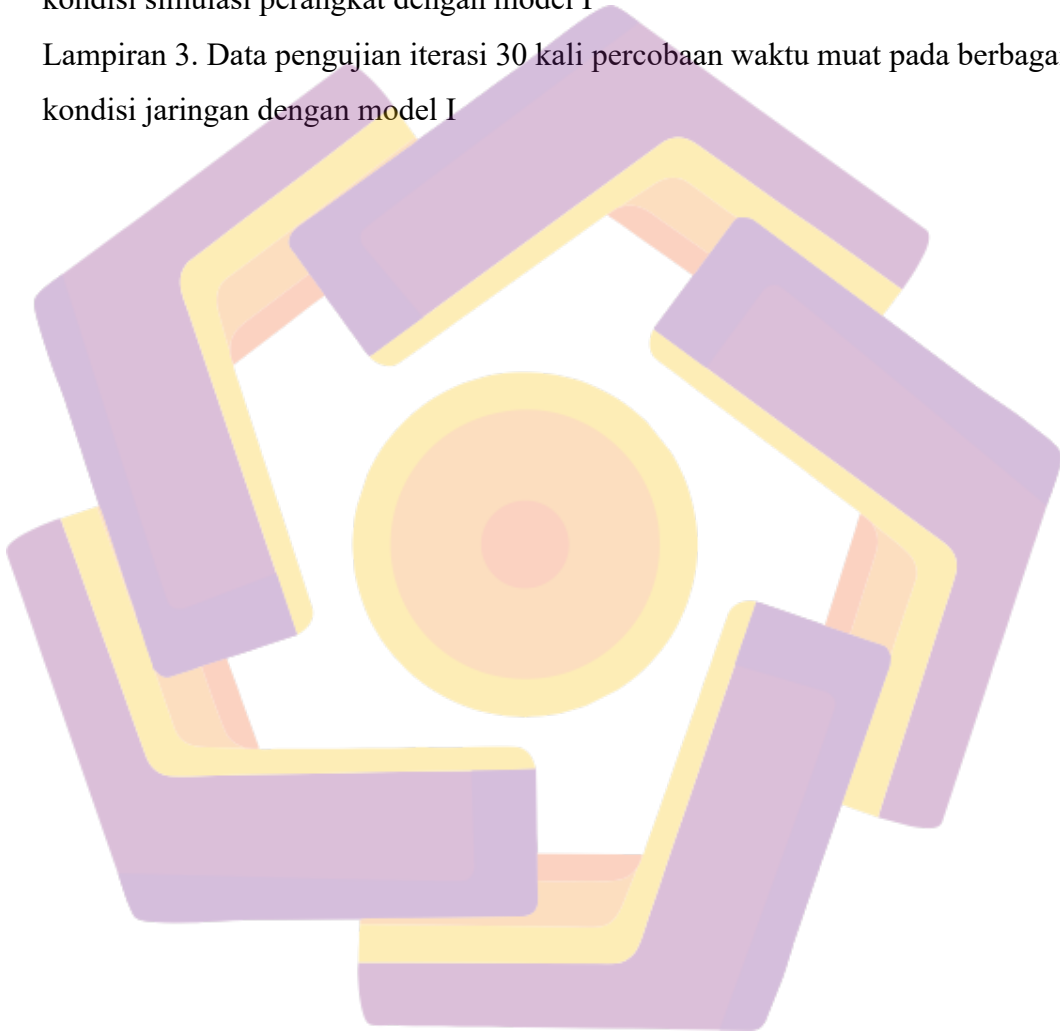
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Tata Letak glTF Biner	12
Gambar 3.1. Alur Penelitian	18
Gambar 3.2. Variasi Model	22
Gambar 4.1. Implementasi Pemisahan Data Animasi	29
Gambar 4.2. Konfigurasi Server asset Statis server.js	31
Gambar 4.3. Algoritma Pemuatan Animasi Terpisah main.js	32
Gambar 4.4. Tampilan Halaman Pengujian pada Google Chrome	33
Gambar 4.5. Pengukuran Waktu Render main.js	34



DAFTAR LAMPIRAN

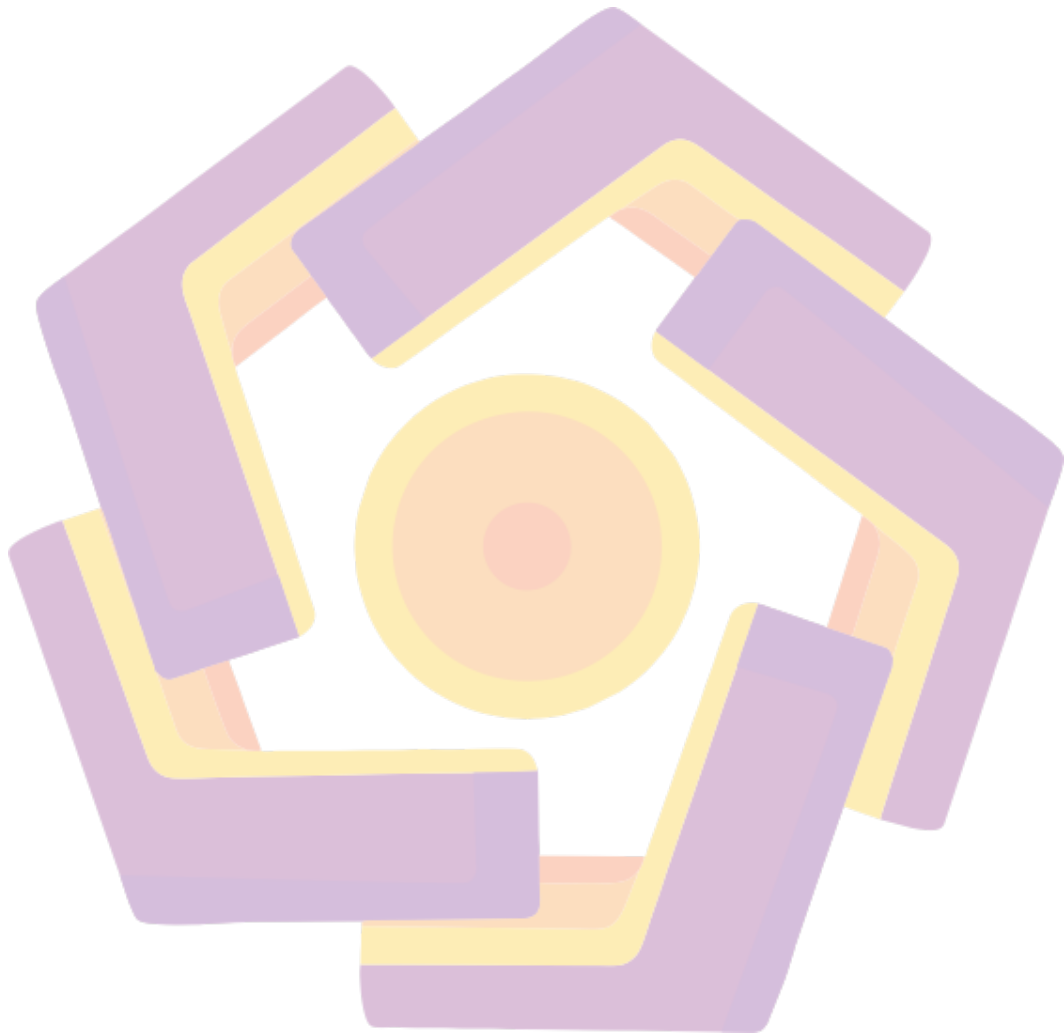
Lampiran 1. Data pengujian iterasi 30 kali perbandingan efisinesi waktu muat pada variasi model kondisi jaringan 4G	44
Lampiran 2. Data pengujian iterasi 30 kali percobaan waktu muat pada berbagai kondisi simulasi perangkat dengan model I	46
Lampiran 3. Data pengujian iterasi 30 kali percobaan waktu muat pada berbagai kondisi jaringan dengan model I	49



DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN

$\bar{x}$	Nilai rata-rata hitung (<i>Mean</i>)
x	Nilai data pengukuran
n	Jumlah total data atau iterasi pengujian
Σ	Notasi Sigma (operasi penjumlahan)
δ_{op}	Persentase efisiensi optimasi
τ_{or}	Waktu rata-rata metode <i>Baseline</i>
τ_{op}	Waktu rata-rata metode <i>On-Demand</i>
Δ_{op}	Selisih penghematan waktu
ms	Milidetik
s	Detik
KB	Kilobyte
MB	Megabyte
Mbps	Megabit per second
API	<i>Aplication Programing Interface</i>
CDN	Content Delivery Network
CROS	Cross-Origin Resource Sharing
CPU	Central Processing Unit
DOM	Document Object Model
GLB	GL Transmission Format Binary
glTF	GL Transmission Format
GPU	Graphics Processing Unit
HTML	HyperText Markup Language
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
JSON	JavaScript Object Notation
LOD	Level of Detail
RAM	Random Access Memory
SSD	Solid State Drive
TTI	Time-To-Interactive

URL	Uniform Resource Locator
WebGL	Web Graphics Library

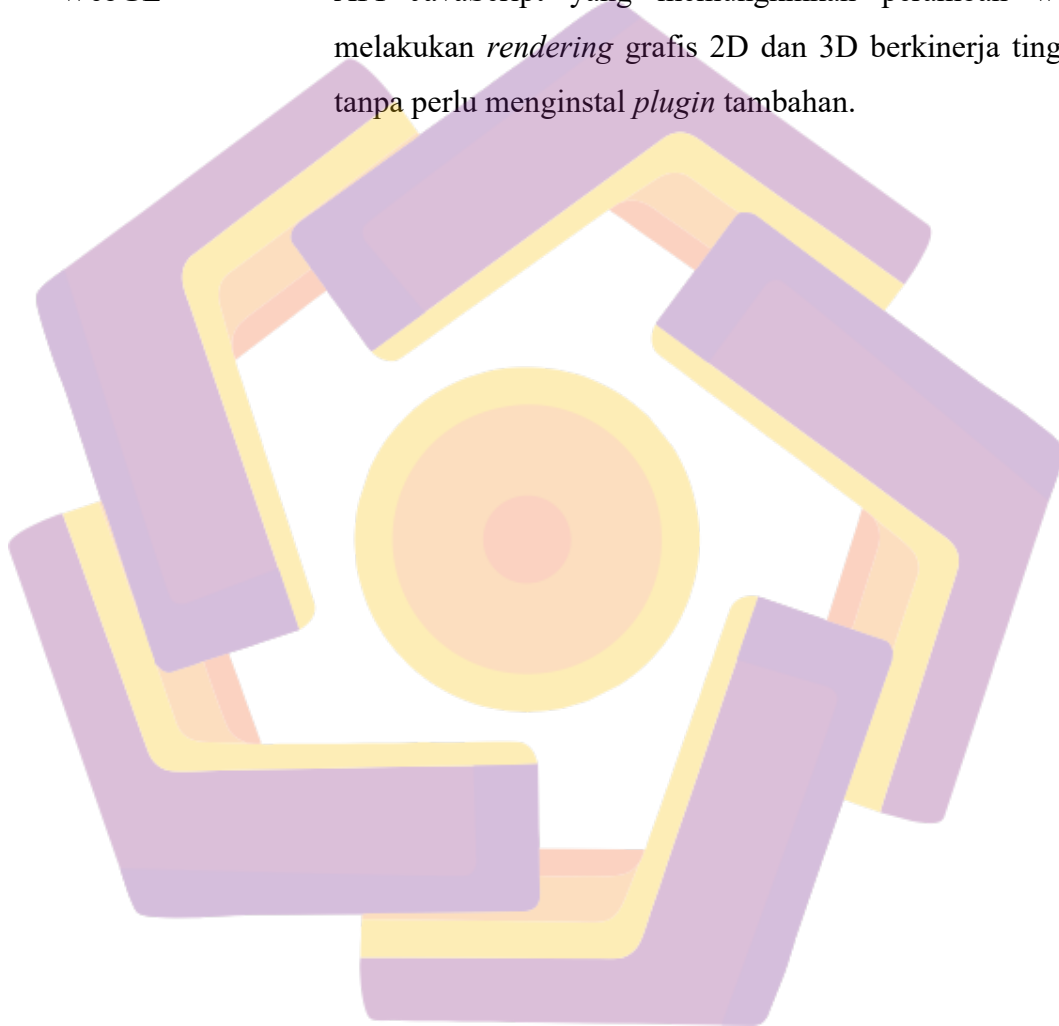


DAFTAR ISTILAH

Animation Mixer	Komponen dalam pustaka Three.js yang berfungsi untuk mengelola, mencampur, dan memutar data animasi pada sebuah objek 3D.
Aset	Sumber daya digital yang digunakan dalam aplikasi, seperti model 3D, tekstur, suara, dan data animasi.
Bandwidth	Lebar pita jaringan yang menunjukkan kapasitas maksimum transfer data dalam satu waktu.
Baseline	Metode pemuatan konvensional yang digunakan sebagai kelompok kontrol dalam penelitian ini, di mana seluruh data aset (geometri dan animasi) dimuat sekaligus pada saat inisialisasi.
Binary glTF/GLB	Varian format glTF dalam bentuk biner yang menggabungkan data JSON dan data geometri/tekstur ke dalam satu berkas tunggal untuk efisiensi pemuatan.
CORS	Mekanisme keamanan pada peramban web yang membatasi permintaan sumber daya HTTP dari domain yang berbeda dengan domain aplikasi yang sedang berjalan.
CPU Throttling	Simulasi pembatasan kecepatan prosesor (<i>Central Processing Unit</i>) untuk meniru kinerja perangkat dengan spesifikasi rendah. Simulasi pembatasan kecepatan prosesor (<i>Central Processing Unit</i>) untuk meniru kinerja perangkat dengan spesifikasi rendah.
glTF	Format berkas standar terbuka untuk transmisi aset 3D yang efisien, sering disebut sebagai "JPEG untuk 3D".
Geometry/mesh	Struktur dasar objek 3D yang terdiri dari kumpulan titik sudut (<i>vertices</i>), garis (<i>edges</i>), dan wajah (<i>faces</i>) yang membentuk bentuk visual.

HTTP Request	Permintaan yang dikirim oleh klien (peramban) ke server untuk mengambil data atau berkas tertentu.
Initial Load Time	Durasi waktu yang dibutuhkan aplikasi untuk memuat seluruh sumber daya awal hingga aplikasi siap digunakan atau objek muncul secara visual.
Intact-Group Comparison	Desain penelitian eksperimen di mana subjek dibagi menjadi dua kelompok (eksperimen dan kontrol) yang sudah terbentuk sebelumnya, bukan dipilih secara acak.
JS Heap	Bagian dari memori yang dialokasikan oleh peramban untuk menyimpan objek, variabel, dan fungsi JavaScript yang sedang aktif.
Lazy Loading	Pola desain optimasi di mana pemuatan objek atau data ditunda hingga objek tersebut benar-benar dibutuhkan oleh pengguna.
Latency	Waktu tunda atau keterlambatan dalam pengiriman data dari sumber ke tujuan.
Network Throttling	Simulasi pembatasan kecepatan jaringan internet (misalnya kondisi 3G atau 4G) pada peramban untuk menguji kinerja aplikasi di lingkungan sinyal buruk.
Node.js	Lingkungan <i>runtime</i> JavaScript yang digunakan dalam penelitian ini untuk menjalankan server lokal.
On-Demand Loading	Metode pemuatan aset yang diusulkan dalam penelitian ini, di mana data (khususnya animasi) hanya diunduh dari server ketika dipicu oleh interaksi pengguna.
Parsing	Proses analisis data mentah oleh peramban untuk diterjemahkan menjadi struktur objek yang dapat dirender ke layar.
Pre-Experimental Design	Rancangan penelitian awal yang belum memenuhi standar eksperimen murni karena minimnya kontrol terhadap variabel luar.

Rendering	Proses komputasi untuk menghasilkan gambar 2D atau 3D dari model matematis ke layar perangkat.
Three.js	Pustaka JavaScript populer yang digunakan untuk membuat dan menampilkan grafik komputer 3D animasi di peramban web menggunakan WebGL.
WebGL	API JavaScript yang memungkinkan peramban web melakukan <i>rendering</i> grafis 2D dan 3D berkinerja tinggi tanpa perlu instal <i>plugin</i> tambahan.



INTISARI

Penerapan teknologi WebGL pada perangkat seluler seringkali menghadapi kendala kinerja akibat keterbatasan sumber daya komputasi dan *bandwidth*. Masalah utama terletak pada mekanisme format standar glTF biner (GLB) yang bersifat monolitik, di mana data geometri dan animasi digabungkan dalam satu berkas, menyebabkan waktu muat awal (*initial load time*) yang lama dan pemblokiran proses utama (*main thread*) saat inisialisasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan kinerja aplikasi web 3D menggunakan metode *Animation Data Separation* dan *On-Demand Loading*. Penelitian dilakukan menggunakan metode kuantitatif *Pre-Eksperimental* dengan desain *Static Group Comparison*. Peneliti membandingkan kinerja metode konvensional (*Baseline*) dengan metode optimasi yang diusulkan pada berbagai simulasi kondisi jaringan dan spesifikasi perangkat keras menggunakan pustaka Three.js. Hasil pengujian menunjukkan bahwa metode *On-Demand* mampu meningkatkan efisiensi waktu muat awal secara signifikan, terutama pada kondisi jaringan *Slow 3G* dengan tingkat efisiensi mencapai 9,61% (penghematan waktu ~2,3 detik). Pada simulasi perangkat kelas bawah (*Low-End*), metode ini juga berhasil mengurangi beban pemrosesan awal CPU dengan efisiensi sebesar 7,26%. Meskipun terdapat kompromi berupa peningkatan waktu respon animasi menjadi 26,03 ms akibat proses pengambilan data asinkron, latensi tersebut masih berada di bawah ambang batas persepsi visual manusia (100 ms). Dapat disimpulkan bahwa strategi pemisahan data animasi efektif untuk menyeimbangkan kecepatan akses awal dan stabilitas sistem tanpa mengorbankan pengalaman pengguna secara signifikan.

Kata kunci: WebGL, glTF, *On-Demand Loading*, Optimasi Web 3D, Three.js, kinerja Web.

ABSTRACT

The implementation of WebGL technology on mobile devices often faces performance constraints due to limited computational resources and bandwidth. The primary issue lies in the mechanism of the standard binary glTF (GLB) format, which is monolithic—combining geometry and animation data into a single file—causing slow initial load times and main thread blocking during initialization. This research aims to optimize 3D web application performance using Animation Data Separation and On-Demand Loading methods. The study was conducted using a Quantitative Pre-Experimental method with a Static Group Comparison design. The researcher compared the performance of the conventional method (Baseline) with the proposed optimization method under various network simulations and hardware specifications using the Three.js library. The results indicated that the On-Demand method significantly improved initial load time efficiency, particularly under Slow 3G network conditions, achieving an efficiency of 9.61% (saving approximately 2.3 seconds). In Low-End device simulations, the method also successfully reduced the initial CPU processing load with an efficiency of 7.26%. Although there was a trade-off in the form of increased animation response time to 26.03 ms due to asynchronous data fetching, this latency remained well below the human visual perception threshold (100 ms). It can be concluded that the animation data separation strategy is effective in balancing initial access speed and system stability without significantly compromising the user experience.

Keyword: WebGL, glTF, On-Demand Loading, Web 3D Optimazation, Three.js, Web Perfomance.