



© 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



**PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI
MEKANISME SIMULASI INTERAKTIF BERBASIS
MULTI-LAYER SYSTEM PADA WEB 3D UNTUK
PELATIHAN PENGAWAS KONSTRUKSI PT BUMI
MADANI**

SKRIPSI

RADIFAN AL FATH ISNANDAR

2207431025

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

**PROGRAM STUDI 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 mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



**PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI
MEKANISME SIMULASI INTERAKTIF BERBASIS
MULTI-LAYER SYSTEM PADA WEB 3D UNTUK
PELATIHAN PENGAWAS KONSTRUKSI PT BUMI
MADANI**

SKRIPSI

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

RADIFAN AL FATH ISNANDAR

2207431025



**PROGRAM STUDI 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 mengumpulkan 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 : Radifan Al Fath Isnandar
NIM : 2207431025
Jurusan/Program Studi : Teknik Informatika dan Komputer / Teknik Multimedia Digital
Judul Skripsi : Perancangan dan Implementasi Mekanisme Simulasi Interaktif Berbasis Multi-Layer System pada Web 3D untuk Pelatihan Pengawas Konstruksi PT Bumi Madani

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

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

Depok, 09 Juli 2026

Yang membuat pernyataan



Radifan Al Fath Isnandar

2207431025



© 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

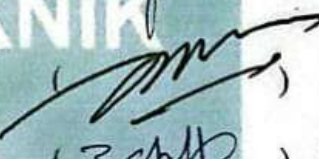
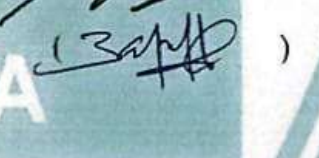
LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi diajukan oleh:

Nama : Radifan Al Fath Isnandar
NIM : 2207431025
Program Studi : Teknik Multimedia Digital
Judul Skripsi : Perancangan dan Implementasi Mekanisme Simulasi Interaktif Berbasis Multi-Layer System pada Web 3D untuk Pelatihan Pengawas Konstruksi PT Bumi Madani

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Skripsi pada hari ..., Tanggal ..., Bulan ..., Tahun 2026 dan dinyatakan **LULUS**.

Disahkan oleh

Pembimbing I : Hata Maulana, S.Si., M.T.I. ()
Penguji I : Asep Taufik Muharram, S.Kom., ()
M.Kom.
Penguji II : Iwan Sonjaya, S.T., M.T. ()
Penguji III : Bambang Warsuta, S.Kom., M.T.I. ()

Mengetahui :

Jurusan Teknik Informatika dan Komputer

Ketua



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

NIP. 197903082003122003



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 mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Perancangan dan Implementasi Mekanisme Simulasi Interaktif Berbasis *Multi-Layer System* pada Web 3D untuk Pelatihan Pengawas Konstruksi PT Bumi Madani”**.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Teknik Multimedia Digital, Jurusan Teknik Informatika dan Komputer, Politeknik Negeri Jakarta.

Penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Anita Hidayati, S.Kom., M.Kom., selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika dan Komputer.
2. Hata Maulana, S.Si., M.T.I., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan masukan.
3. Seluruh dosen dan tenaga kependidikan Jurusan Teknik Informatika dan Komputer.
4. Pihak PT Bumi Madani yang telah membantu proses pengumpulan data penelitian.
5. Orang tua, keluarga, rekan satu tim, dan teman-teman yang telah memberikan doa, dukungan, serta bantuan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

Depok, 07 Juni 2026

Radifan Al Fath Isnandar

NIM. 2207431025



© 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

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Politeknik Negeri Jakarta, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Radifan Al Fath Isnandar
NIM : 2207431025
Jurusan/Program Studi : Teknik Informatika dan Komputer / Teknik Multimedia Digital

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

Perancangan dan Implementasi Mekanisme Simulasi Interaktif Berbasis *Multi-Layer System* pada *Web 3D* untuk Pelatihan Pengawas Konstruksi PT Bumi Madani

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

Depok, 09 Juli 2026
Yang menyatakan


10000
METERAI TEMPEL
31F04AOX077314708

Radifan Al Fath Isnandar
NIM. 2207431025



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

ABSTRAK

Pembentukan kompetensi pengawas pelaksana baru di PT Bumi Madani dilakukan melalui *on-the-job training (OJT)* berbasis lapangan, namun belum didukung instrumen pelatihan terstruktur sehingga bergantung pada arahan verbal yang situasional dan tidak terukur. Penelitian ini bertujuan merancang, mengimplementasikan, dan mengevaluasi mekanisme simulasi interaktif berbasis *multi-layer system* pada *web 3D* sebagai media pelatihan terstruktur dalam mekanisme *OJT* pengawas pelaksana baru. Penelitian menggunakan metode *Research and Development (R&D)* dengan pendekatan *mixed methods* yang didominasi deskriptif kualitatif, di mana data kebutuhan diperoleh melalui wawancara, observasi, dan studi dokumentasi, kemudian dirancang menjadi tiga skenario simulasi (*K3*, material, dan audit lapangan) yang merepresentasikan lima aspek pengawasan konstruksi. Simulator dibangun dengan arsitektur *multi-layer system*, *environment* tiga dimensi di-render oleh *Unity WebGL* sementara antarmuka interaktif dibangun sebagai lapisan *HTML overlay*. Pengujian fungsional melalui *alpha testing* menunjukkan seluruh mekanisme berfungsi sesuai rancangan, dengan 18 dari 22 aspek sesuai sejak awal dan empat aspek sisanya telah diperbaiki. Pengujian *usability* melalui *beta testing* kepada tiga perwakilan pengguna memperoleh *task completion rate* sebesar 81,25%, melampaui ambang 78%. Dengan demikian, mekanisme yang dikembangkan terbukti layak secara fungsional dan dapat digunakan sebagai media pelatihan terstruktur untuk mendukung *OJT* pengawas pelaksana baru di PT Bumi Madani.

Kata kunci: *multi-layer system*, pengawasan konstruksi, *Research and Development*, simulasi interaktif, *web 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 mengemukakan 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	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan dan Manfaat	5
1.4.1 Tujuan Penelitian	5
1.4.2 Manfaat Penelitian	5
1.5 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Simulasi Interaktif.....	7
2.2 Web 3D	8
2.3 Unity WebGL.....	9
2.4 Multi-Layer System Architecture	10
2.5 Web Overlay Layer.....	12
2.6 On-the-Job Training pada Konstruksi.....	14
2.7 Kurva S	15
2.8 Alpha Beta Testing	16
2.9 Usability Testing.....	16
2.10 Research & Development	18
2.11 Penelitian Terdahulu	20
BAB III METODE PENELITIAN	24
3.1 Rancangan Penelitian.....	24
3.2 Tahapan Penelitian.....	25



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

3.3 Objek Penelitian.....	28
3.4 Teknik Pengumpulan dan Analisis Data.....	28
3.4.1 Teknik Pengumpulan Data.....	28
3.4.2 Teknik Analisis Data.....	29
BAB IV PEMBAHASAN	31
4.1 Analisis Kebutuhan.....	31
4.2 Perancangan Produk.....	32
4.2.1 Perancangan Awal Simulasi	32
4.2.2 Validasi Desain Oleh Ahli	33
4.2.3 Rancangan Skenario Simulasi.....	35
4.2.3.1 Skenario Simulasi K3	36
4.2.3.2 Skenario Simulasi Material.....	42
4.2.3.3 Skenario Simulasi Audit Lapangan	46
4.2.4 Perancangan Mekanisme Simulasi	55
4.2.5 Perancangan Arsitektur Sistem	60
4.2.6 Perancangan Arsitektur Overlay	62
4.3 Implementasi Produk	64
4.3.1 Implementasi Layer Unity WebGL.....	65
4.3.1.1 Manajemen Sesi	65
4.3.1.2 Kontrol dan Pergerakan Pemain	70
4.3.1.3 Sistem Marker Interaktif	72
4.3.1.4 Manajemen Popup	74
4.3.1.5 Actual Case System	76
4.3.1.6 Peta Navigasi	80
4.3.2 Implementasi Layer HTML Overlay	81
4.3.2.1 Implementasi Kerangka dan Komunikasi Overlay	81
4.3.2.2 Rendering Form Inspeksi	83
4.3.2.3 Full Page Inspection 360°	85
4.3.2.4 Tools Inspeksi Interaktif	87
4.3.2.5 Komponen Pendukung Alur Simulasi.....	95
4.3.2.6 Antarmuka HUD	97
4.3.3 Implementasi Bridge dan Integrasi Validator	99
4.4 Pengujian.....	102
4.4.1 Deskripsi Pengujian	102



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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

4.4.2 Prosedur Pengujian	102
4.4.2.1 Alpha Testing	102
4.4.2.2 Beta Testing	105
4.4.3 Data Hasil Pengujian.....	109
4.4.3.1 Data Hasil Alpha Testing	109
4.4.3.2 Data Hasil Beta Testing	113
4.4.4 Analisis Data/Evaluasi Pengujian	116
4.4.4.1 Analisis Data Alpha Testing	116
4.4.4.2 Analisis Data <i>Beta Testing</i>	116
BAB V PENUTUP.....	121
5.1 Kesimpulan	121
5.2 Saran	122
DAFTAR PUSTAKA.....	123
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	127
LAMPIRAN.....	128

**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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Interpretasi Nilai <i>Task Completion Rate</i>	17
Tabel 2.2 Penelitian terdahulu	20
Tabel 4.1 Analisis Kebutuhan Simulator	31
Tabel 4.2 Rangkuman Hasil Validasi Desain oleh Ahli	34
Tabel 4.3 Pemetaan Area, Zona, dan Tugas Pengguna pada Skenario K3	36
Tabel 4.4 Storyboard Skenario K3.....	37
Tabel 4.5 Pemetaan Material dan Objek Inspeksi pada Skenario Material	42
Tabel 4.6 Storyboard Skenario Material	42
Tabel 4.7 Pemetaan Tahap Pekerjaan dan Tugas Pengguna Per Minggu	46
Tabel 4.8 Storyboard Skenario Audit Lapangan.....	47
Tabel 4.9 Metadata Sesi pada SessionManager	66
Tabel 4.10 Lapisan Persistensi Data Sesi.....	68
Tabel 4.11 Mode kontrol pada FirstPersonController	71
Tabel 4.12 Tipe <i>Marker</i> dan Kegunaannya	72
Tabel 4.13 Field Utama pada PopupData	74
Tabel 4.14 Field actualCase per Tipe Marker.....	76
Tabel 4.15 Field Kondisi Aktual per Kategori Material	78
Tabel 4.16 Field Kondisi Aktual per Tipe Pekerjaan.....	79
Tabel 4.17 Pemetaan <i>Tools</i> Inspeksi per Kategori Material	87
Tabel 4.18 Pemetaan <i>Tools</i> Inspeksi Per Tipe Pekerjaan	91
Tabel 4.19 Prosedur Pengujian Fungsional Simulator	103
Tabel 4.20 Prosedur Pengujian Integrasi Simulator–Rule Validator	105
Tabel 4.21 Skenario Tugas UT Skenario K3	106
Tabel 4.22 Skenario Tugas UT Skenario Material	107
Tabel 4.23 Skenario Tugas UT Skenario Audit Lapangan	108
Tabel 4.24 Kategori Observasi UT	109
Tabel 4.25 Hasil Uji Fungsional Skenario K3	110
Tabel 4.26 Hasil Uji Fungsional Skenario Material	111



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 4.27 Hasil Uji Fungsional Skenario Audit Lapangan	112
Tabel 4.28 Hasil Uji Integrasi Simulator–Rule Validator.....	113
Tabel 4.29 Data Responden Beta Testing.....	114
Tabel 4.30 Rekapitulasi Hasil Penyelesaian Tugas per Responden	114
Tabel 4.31 Rekapitulasi Task Completion Rate Usability Testing.....	115
Tabel 4.32 Catatan Observasi Usability Testing.....	116



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



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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Konsep <i>open layer</i> dan alur <i>request</i>	11
Gambar 2.2 Grafik Kurva S	15
Gambar 2.3 Model Tahapan R&D Borg & Gall.....	18
Gambar 3.1 Alur Penelitian	25
Gambar 4.1 Flowchart Alur Simulasi Keseluruhan	57
Gambar 4.2 Flowchart Siklus Interaksi Marker	59
Gambar 4.3 Diagram Arsitektur.....	60
Gambar 4.4 Flowchart Alur Komunikasi Antar-Layer.....	62
Gambar 4.5 Arsitektur Penumpukan <i>Layer Overlay</i>	63
Gambar 4.6 <i>Letterbox Scaling</i>	64
Gambar 4.7 Tampilan Scene Masuk dan Pemilihan Skenario	66
Gambar 4.8 Popup Pemulihan Sesi dan Mode Pemulihan pada Scene Masuk	69
Gambar 4.9 Tampilan Tangan Pemain dalam Simulasi.....	71
Gambar 4.10 Tampilan Marker pada Tiga State	73
Gambar 4.11 Payload PopupData saat Membuka Formulir	75
Gambar 4.12 Contoh actualCase pada Marker Material.....	78
Gambar 4.13 Peta Navigasi Skenario K3 dan Audit Lapangan.....	81
Gambar 4.14 Fungsi <i>Letterbox Scaling</i>	82
Gambar 4.15 <i>Routing</i> Formulir Berdasarkan markerType	83
Gambar 4.16 Form Inspeksi NPC dan Zona K3	84
Gambar 4.17 Popup Inspeksi Material.....	85
Gambar 4.18 Full Page Inspection 360°	86
Gambar 4.19 Tampilan <i>Planned Brief</i>	96
Gambar 4.20 Tampilan <i>Dashboard</i> Kurva S	97
Gambar 4.21 Tampilan Task Panel.....	98
Gambar 4.22 Tampilan Keybind HUD	98
Gambar 4.23 Payload Per Jawaban ke Validator	100
Gambar 4.24 Payload Akhir Sesi ke Validator	101



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 4.25 Fallback Klasifikasi UNKNOWN.....101



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



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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Transkrip Wawancara.....	128
Lampiran 2 Catatan Observasi Lapangan	131
Lampiran 3 Berita Acara Penyerahan Dokumen dan Formulir Ekstraksi Data ...	132
Lampiran 4 Rancangan serta Konsep Awal Simulasi dan Validasi Ahli.....	133
Lampiran 5 Rancangan Awal Dan Validasi Ahli Skenario Audit Lapangan	134
Lampiran 6 Hasil Pengujian & Observasi UT	135
Lampiran 7 Dokumentasi Pengujian.....	139





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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Teknologi web 3D memungkinkan konten tiga dimensi interaktif ditampilkan langsung di *browser* tanpa instalasi perangkat lunak tambahan (Popovici, Ratoiu and Anghelut, 2023). Web 3D merupakan istilah umum yang mencakup berbagai teknologi *rendering* berbasis web, dengan WebGL, Three.js, dan Babylon.js sebagai teknologi utama yang menyediakan cara berbeda untuk merender grafis 3D secara *real-time* di lingkungan *browser*. Teknologi ini telah dimanfaatkan di berbagai sektor industri sebagai platform simulasi pelatihan, seperti di bidang kesehatan untuk *onboarding* staf medis di lingkungan rumah sakit (Gobron *et al.*, 2025). Di sektor konstruksi, pemanfaatan simulasi untuk pelatihan juga telah dilakukan, seperti penggunaan *game engine* sebagai wadah simulasi operasi konstruksi (Osorio-Sandoval *et al.*, 2022) dan *serious game* sebagai media pelatihan perencanaan proyek (Martinez *et al.*, 2023), namun pendekatan tersebut belum memanfaatkan keunggulan web 3D yang dapat diakses langsung melalui *browser* tanpa instalasi. Alzarrad *et al.* (2024) menunjukkan bahwa simulasi interaktif dalam lingkungan virtual terbukti meningkatkan pemahaman peserta pelatihan terhadap kondisi dan risiko di lapangan dibandingkan metode konvensional. Potensi ini menjadikan web 3D sebagai platform yang relevan untuk menyampaikan simulasi pelatihan berbasis skenario di bidang yang memerlukan pengambilan keputusan kontekstual, termasuk pengawasan konstruksi.

Pengawas pelaksana merupakan personel dari perusahaan konsultan pengawas yang bertugas memastikan pekerjaan fisik kontraktor sesuai dengan dokumen kontrak, mencakup gambar kerja, RAB, RKS, serta ketentuan mutu dan waktu. Pembentukan kompetensi pengawas baru umumnya dilakukan melalui *on-the-job training* (OJT) berbasis lapangan, namun minimnya umpan balik terstruktur menjadi hambatan utama efektivitasnya (Razak dan Zahidi, 2024). Kondisi ini ditemukan di PT Bumi Madani, sebuah perusahaan konsultan pengawas konstruksi.

**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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Berdasarkan wawancara dengan pengawas pelaksana, pendampingan pengawas baru tidak didukung oleh mekanisme formal seperti *form* penilaian, *checklist* kompetensi, maupun *milestone* terstruktur. Koreksi terhadap kesalahan dilakukan secara verbal langsung di lapangan tanpa dokumentasi yang memungkinkan pelacakan kelemahan. Kesalahan utama yang teridentifikasi adalah ketidakakuratan pengawas baru dalam menilai kondisi realisasi pekerjaan di lapangan. Narasumber menyampaikan bahwa sekitar 30% pengawas baru membutuhkan waktu adaptasi yang lebih lama. Observasi lapangan memvalidasi temuan ini: tidak teramati adanya *checklist* evaluasi, lembar penilaian, maupun media dokumentasi perkembangan selama proses pendampingan. Kondisi ini diperparah oleh beban kerja pengawas senior yang harus membagi waktu antara mengawasi proyeknya sendiri dan mendampingi pengawas baru, sehingga proses adaptasi menjadi kurang efisien. Jadallah *et al.* (2021) menemukan bahwa industri konstruksi secara umum masih kekurangan metode *assessment* terstruktur untuk mengukur efektivitas pelatihan tenaga kerjanya. Intinya, PT Bumi Madani belum memiliki instrumen pelatihan terstruktur dalam mekanisme OJT-nya, sehingga seluruh proses pembentukan kompetensi pengawas baru bergantung pada arahan verbal yang bersifat situasional dan tidak terukur.

Berdasarkan kajian penelitian terdahulu, belum ditemukan penelitian yang mengembangkan simulator pelatihan pengawas konstruksi berbasis web 3D yang menerapkan arsitektur *multi-layer system* untuk mendukung mekanisme *on-the-job training* secara terstruktur. Sebagian besar penelitian sebelumnya berfokus pada visualisasi operasi konstruksi, *serious game*, maupun simulasi berbasis *virtual reality* (Osorio-Sandoval *et al.*, 2022; Martinez *et al.*, 2023; Alzarrad *et al.*, 2024), tetapi belum mengintegrasikan mekanisme evaluasi keputusan dan umpan balik edukatif dalam konteks pelatihan pengawas pelaksana. Dari kajian tersebut teridentifikasi tiga celah penelitian: pertama, belum tersedia simulator pelatihan pengawas konstruksi yang berjalan langsung di *browser* tanpa instalasi; kedua, belum adanya mekanisme *on-the-job training* pengawas konstruksi yang terstruktur dan terukur; dan ketiga, belum diterapkannya arsitektur *multi-layer system* pada simulator pengawasan konstruksi. Ketiga celah inilah yang menjadi dasar posisi penelitian ini.



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

Kebutuhan lapangan sekaligus celah penelitian tersebut menunjukkan perlunya media simulasi yang dapat merepresentasikan situasi lapangan secara visual untuk latihan pengawas baru sebelum penugasan. Penelitian ini mengusulkan simulator interaktif berbasis web 3D sebagai media pelatihan terstruktur yang diintegrasikan ke dalam mekanisme OJT pengawas pelaksana baru di PT Bumi Madani. Simulator dirancang agar pengawas baru dapat menjalani skenario inspeksi lapangan dalam lingkungan virtual. Setiap keputusan yang diambil pengguna kemudian dievaluasi oleh sistem dan ditindaklanjuti dengan umpan balik edukatif. Simulator dibangun menggunakan Unity dengan WebGL *build*, salah satu *output* teknologi web 3D yang memungkinkan konten 3D interaktif diakses melalui *browser* (Popovici, Ratoiu and Anghelut, 2023). Namun, konten Unity WebGL berjalan sepenuhnya di dalam *browser* dengan memori yang terbatas, sehingga kemampuan *me-render* antarmuka interaktif yang kompleks secara native juga terbatas (Boutsi, Ioannidis and Verykokou, 2023; Unity Documentation, 2023). Untuk mengatasi keterbatasan ini, simulator menerapkan arsitektur *multi-layer system: environment* 3D di-*render* oleh Unity, sementara komponen antarmuka interaktif dibangun sebagai lapisan HTML *overlay* yang ditumpuk di atas *canvas* Unity. Pendekatan arsitektur berlapis ini mendistribusikan beban *rendering* dan meningkatkan modularitas sistem (Rivas *et al.*, 2025).

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini bertujuan merancang, mengimplementasikan, dan mengevaluasi mekanisme simulasi interaktif berbasis *multi-layer system* pada web 3D sebagai media pelatihan terstruktur dalam mekanisme OJT pengawas pelaksana baru di PT Bumi Madani. Dengan media ini, proses OJT yang sebelumnya bergantung pada arahan verbal tanpa evaluasi terukur dilengkapi dengan skenario inspeksi, umpan balik terstruktur, dan rekap evaluasi, sehingga pengawas baru memiliki kerangka prosedural dan pengalaman pengambilan keputusan awal sebelum ditugaskan ke proyek aktif.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini ditetapkan sebagai berikut:



1. Bagaimana merancang mekanisme simulasi interaktif berbasis *multi-layer system* pada web 3D untuk pelatihan pengawas pelaksana baru di PT Bumi Madani?
2. Bagaimana mengimplementasikan mekanisme simulasi tersebut ke dalam simulator berbasis web?
3. Bagaimana tingkat kelayakan simulator berdasarkan pengujian fungsional dan *usability*?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini ditetapkan sebagai berikut:

1. Penelitian ini berfokus pada perancangan dan implementasi mekanisme simulasi interaktif, dan belum mencakup evaluasi dampak pelatihan atau pengukuran peningkatan kompetensi secara empiris.
2. Simulator tidak menampilkan konsekuensi keputusan pengguna secara visual di dalam environment 3D. Umpan balik disajikan melalui mekanisme terstruktur berupa klasifikasi hasil, penjelasan, serta deskripsi dampak dari setiap keputusan yang diambil.
3. Simulator dikembangkan khusus untuk pengawas pelaksana, sehingga belum mencakup kebutuhan peran lain seperti manajer proyek atau *quantity surveyor*.
4. Studi kasus dibatasi pada lingkup kerja dan standar pengawasan PT Bumi Madani, sehingga hasilnya belum dapat digeneralisasikan ke perusahaan konsultan lainnya.
5. Simulator diposisikan sebagai media pelatihan terstruktur yang diintegrasikan ke dalam mekanisme OJT untuk memberikan paparan prosedural dan umpan balik evaluatif sebelum penugasan lapangan, bukan sebagai pengganti pengalaman kerja langsung di proyek aktif, serta belum dirancang untuk menilai kesiapan kerja secara formal
6. Simulator dibangun menggunakan arsitektur *multi-layer system*, di mana environment 3D dijalankan pada Unity WebGL sementara komponen antarmuka interaktif dibangun sebagai HTML *overlay* yang ditumpuk di atas canvas Unity. Platform diakses melalui browser desktop, sehingga belum dioptimalkan untuk perangkat mobile.

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 mengemukakan 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 mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

7. Pengembangan aset 3D disajikan di dalam simulator ini, namun proses pembuatannya dibahas pada penelitian lain yang dikerjakan oleh tim.
8. Validasi jawaban dilakukan melalui *rule engine* berbasis *forward chaining* pada server Node.js yang dikembangkan oleh penelitian tim lain. Fokus penelitian ini terbatas pada integrasi validator dengan alur simulasi.

1.4 Tujuan dan Manfaat

1.4.1 Tujuan Penelitian

Merancang, mengimplementasikan, dan mengevaluasi mekanisme simulasi interaktif berbasis *multi-layer system* pada web 3D sebagai media pelatihan terstruktur untuk pengawas pelaksana baru di PT Bumi Madani.

1.4.2 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menyediakan media pelatihan terstruktur berbasis simulasi yang terintegrasi dalam mekanisme OJT, sehingga pengawas pelaksana baru memperoleh paparan prosedural dan umpan balik evaluatif sebelum penugasan lapangan pertama.
2. Menghasilkan artefak simulator interaktif berbasis *multi-layer system* pada web 3D yang merepresentasikan lima aspek pengawasan proyek konstruksi (K3, material, metode pelaksanaan, kualitas pekerjaan, dan progres) dalam tiga skenario simulasi.
3. Memperkaya referensi perancangan sistem simulasi pelatihan berbasis web 3D untuk konteks pengawasan konstruksi, khususnya di perusahaan konsultan pengawas di Indonesia.
4. Melengkapi mekanisme OJT PT Bumi Madani yang sebelumnya tidak memiliki media pelatihan formal, dengan menyediakan media latihan dan evaluasi terstruktur yang dapat diakses kapan pun sebelum penugasan lapangan, sehingga mempercepat proses adaptasi pengawas baru.

1.5 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan proposal skripsi ini adalah sebagai berikut:



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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

1. Bab I Pendahuluan memuat latar belakang penelitian mengenai kebutuhan media simulasi sebagai pendukung mekanisme OJT pengawas pelaksana pada proyek pembangunan, rumusan dan batasan masalah, tujuan serta manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.
2. Bab II Tinjauan Pustaka membahas teori dan penelitian terdahulu yang relevan dengan topik penelitian, meliputi simulasi interaktif, Unity WebGL, arsitektur *multi-layer system*, *web overlay layer*, *On-the-Job Training* pada konstruksi, *alpha beta testing*, *usability testing*, *Research & Development*, serta penelitian terdahulu.
3. Bab III Metode Penelitian menjelaskan rancangan dan tahapan penelitian, objek penelitian berupa studi kasus di PT Bumi Madani, serta teknik pengumpulan dan analisis data yang digunakan dalam penelitian.
4. Bab IV Pembahasan mencakup analisis kebutuhan, perancangan produk meliputi perancangan awal simulasi, validasi desain oleh ahli, desain final skenario, perancangan mekanisme simulasi dan arsitektur sistem, implementasi produk pada *layer* Unity WebGL, *layer* HTML *overlay*, serta *bridge* dan integrasi *rule engine*, dan pengujian sistem.
5. Bab V Penutup memuat kesimpulan dari hasil penelitian serta saran untuk pengembangan selanjutnya.

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian perancangan, implementasi, dan evaluasi mekanisme simulasi interaktif berbasis *multi-layer system* pada web 3D untuk pelatihan pengawas konstruksi PT Bumi Madani, dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Mekanisme simulasi interaktif berhasil dirancang berbasis *multi-layer system* yang membagi peran ke dalam tiga lapisan, yaitu Unity WebGL sebagai lapisan simulasi 3D, HTML/JS *overlay* sebagai lapisan antarmuka, dan Node.js *validator* sebagai lapisan pemroses jawaban. Rancangan mekanisme dituangkan ke dalam alur simulasi keseluruhan dan siklus interaksi *marker* yang berlaku konsisten pada tiga skenario, yaitu K3, Material, dan Audit Lapangan, yang secara bersama merepresentasikan lima aspek pengawasan konstruksi.
2. Mekanisme simulasi tersebut berhasil diimplementasikan menjadi simulator berbasis web yang dijalankan melalui browser desktop tanpa instalasi tambahan. Simulator menempatkan pengguna sebagai pengawas pelaksana dalam perspektif orang pertama, dengan fitur utama meliputi navigasi *environment*, *marker* inspeksi interaktif, *tools* inspeksi kontekstual, formulir evaluasi dengan klasifikasi hasil dan umpan balik edukatif, inspeksi 360 derajat berupa *popup* pada skenario Material dan *full page* pada skenario Audit Lapangan, serta *dashboard* Kurva S untuk evaluasi progres. Integrasi dengan *rule validator* direalisasikan melalui HTTP untuk pengiriman jawaban dan penerimaan klasifikasi, serta WebSocket untuk penyajian umpan balik.
3. Tingkat kelayakan simulator diperoleh melalui pengujian fungsional dan *usability*. *Alpha testing* menunjukkan seluruh mekanisme berfungsi sesuai rancangan, dengan 18 dari 22 aspek fungsional sesuai sejak awal dan empat sisanya telah diperbaiki serta diverifikasi ulang, sementara pengujian integrasi dengan *rule validator* berstatus sesuai pada seluruh skenario. *Beta testing* melalui *usability testing* kepada tiga perwakilan pengguna memperoleh *task completion rate* keseluruhan 81,25%, melampaui ambang 78% (Sauro, 2011), dengan mayoritas kegagalan tugas tergolong *assists* berupa kebutuhan arahan

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 mengumukkan 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 mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

singkat pada interaksi pertama, bukan kesalahan penggunaan. Dengan demikian, simulator dinyatakan layak digunakan sebagai media pelatihan terstruktur berdasarkan evaluasi fungsional dan kegunaan, bukan berdasarkan efektivitas pelatihan atau peningkatan kompetensi yang berada di luar cakupan penelitian.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat dijadikan pertimbangan untuk pengembangan selanjutnya.

1. Pengembangan selanjutnya disarankan menambahkan panduan atau *onboarding* singkat di awal simulasi untuk memperkenalkan fungsi *tools* inspeksi, cara berinteraksi dengan *marker*, serta mekanisme perpindahan antar-soal pada *popup* material. Hal ini ditujukan untuk menekan kebutuhan arahan pada interaksi pertama yang teridentifikasi pada *beta testing*, sehingga pengguna dapat memulai dan menyelesaikan seluruh skenario secara mandiri tanpa arahan dari pengamat.
2. Petunjuk penggunaan *tools* inspeksi disarankan ditampilkan secara lebih eksplisit pada saat *tools* pertama kali muncul, khususnya pada skenario material yang memperoleh *task completion rate* terendah. Petunjuk yang lebih jelas akan memudahkan pengguna memahami fungsi dan cara penggunaan *tools* sejak awal.
3. Cakupan simulator disarankan diperluas pada pengembangan selanjutnya, baik ke peran lain seperti manajer proyek atau *quantity surveyor*, optimasi akses melalui perangkat *mobile*, maupun pengukuran dampak pelatihan terhadap peningkatan kompetensi pengawas secara empiris. Perluasan ini mempertimbangkan bahwa penelitian saat ini berfokus pada perancangan dan implementasi mekanisme simulasi serta dibatasi pada lingkup PT Bumi Madani.



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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- Alzarrad, A. *et al.* (2024) 'Revolutionizing construction safety: introducing a cutting-edge virtual reality interactive system for training US construction workers to mitigate fall hazards', *Frontiers in Built Environment*, 10. Available at: <https://doi.org/10.3389/fbuil.2024.1320175>.
- Amini, R.P., Pradnyana, I.M.A. and Wirawan, I.M.A. (2019) 'Evaluasi Usability pada Sistem Informasi Permohonan Kendaraan Dinas (SIMONAS) PT. PLN (Persero) Unit Induk Distribusi Bali UP3 Bali Utara Sesuai ISO 9241-11 dan Eight Golden Rules', *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, 16(1), pp. 128–139. Available at: <https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/JPTK/article/view/17062>.
- Boutsi, A.-M., Ioannidis, C. and Verykokou, S. (2023) 'Multi-Resolution 3D Rendering for High-Performance Web AR', *Sensors*, 23(15), p. 6885. Available at: <https://doi.org/10.3390/s23156885>.
- Carranza, M.A. (2025) 'Strengthening Employability Through On-the-Job Training: A Study of BSBA Students at BulSU College of Business Education and Accountancy', *Journal of Interdisciplinary Perspectives*, 3(11), pp. 6–13. Available at: <https://doi.org/10.69569/jip.2025.664>.
- Elendu, C. *et al.* (2024) 'The impact of simulation-based training in medical education: A review', *Medicine (United States)*. Lippincott Williams and Wilkins, p. e38813. Available at: <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000038813>.
- Fransson, E., Hermansson, J. and Hu, Y. (2024) 'A Comparison of Performance on WebGPU and WebGL in the Godot Game Engine', in *2024 IEEE Gaming, Entertainment, and Media Conference (GEM)*. IEEE, pp. 1–6. Available at: <https://doi.org/10.1109/GEM61861.2024.10585437>.
- Gobron, S. *et al.* (2025) 'Gamified Simulation for Onboarding Health Care Teams in Emergency Care: Development and Preliminary Feasibility Study', *JMIR Formative Research*, 9, pp. e72202–e72202. Available at: <https://doi.org/10.2196/72202>.
- Irawan, J.D. *et al.* (2023) 'Construction project management monitoring system using s-curve', *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 17(2), pp. 296–305. Available at: <https://doi.org/10.30574/wjarr.2023.17.2.0231>.
- Jadallah, H. *et al.* (2021) 'Construction Industry Training Assessment Framework', *Frontiers in Built Environment*, 7. Available at: <https://doi.org/10.3389/fbuil.2021.678366>.
- Järvilä, M. (2021) *Recreating a Unity game project in a 3D HTML5 WebGL*
- Jurusan Teknik Informatika dan Komputer – 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

environment: Research and comparison of 3D capable HTML5 WebGL game engines. JAMK University of Applied Sciences.

Keil, J. et al. (2021) 'Creating Immersive Virtual Environments Based on Open Geospatial Data and Game Engines', *KN - Journal of Cartography and Geographic Information*, 71(1), pp. 53–65. Available at: <https://doi.org/10.1007/s42489-020-00069-6>.

Manoharan, K. et al. (2024) 'Investigating and determining the crucial construction site supervisory competencies influencing the effectiveness of building construction project activities', *International Journal of Industrial Engineering and Operations Management*, 6(1), pp. 43–63. Available at: <https://doi.org/10.1108/IJIEOM-02-2023-0015>.

Martinez, J.G. et al. (2023) 'Situational Awareness in Construction Using a Serious Game', *Journal of Construction Engineering and Management*, 149(3). Available at: <https://doi.org/10.1061/jcemd4.coeng-12521>.

MDN (2025) 'WebGL: 2D and 3D graphics for the web', *developer.mozilla.org* [Preprint]. Available at: https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/WebGL_API.

Mühling, T. et al. (2023) 'Virtual reality in medical emergencies training: benefits, perceived stress, and learning success', *Multimedia Systems*, 29(4), pp. 2239–2252. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00530-023-01102-0>.

Osorio-Sandoval, C.A. et al. (2022) 'Framework for BIM-Based Simulation of Construction Operations Implemented in a Game Engine', *Buildings*, 12(8). Available at: <https://doi.org/10.3390/buildings12081199>.

Popovici, A.I., Ratoiu, L.C. and Anghelut, M. (2023) 'A Web-Based Platform for 3D Visualization of Multimodal Imaging Data in Cultural Heritage Asset Documentation', *Heritage*, pp. 7381–7399. Available at: <https://www.mdpi.com/2571-9408/6/12/387>.

Razak, S.R.A. and Zahidi, M.H. (2024) 'Transfer of training on Employee Job Performance: A Literature Review', *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 14(2). Available at: <https://doi.org/10.6007/IJARBS/v14-i2/20763>.

Richards, M. (2015) *Software Architecture Patterns: Understanding Common Architecture Patterns and When to Use Them*. O'Reilly Media.

Rivas, L.Y.C. et al. (2025) 'A Layered Software Architecture for the Development of Smart Mobile Distributed Systems Oriented to the Management of Emergency Cases', *Applied Sciences*, 15(7), p. 3664. Available at: <https://doi.org/10.3390/app15073664>.



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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

- Sardar, A. *et al.* (2022) ‘Comparison between simulation and conventional training: Expanding the concept of social fidelity’, *Process Safety Progress*, 41(S1), pp. S27–S38. Available at: <https://doi.org/10.1002/prs.12361>.
- Sauro, J. (2011) ‘What Is A Good Task-Completion Rate?’ Available at: <https://measuringu.com/task-completion/>.
- Sauro, J. and Lewis, J.R. (2012) *Quantifying the User Experience: Practical Statistics for User Research*. Waltham, MA: Morgan Kaufmann.
- Seboka, D.A. and Gidebo, F.A. (2025) ‘Investigating the effectiveness of contract administration at construction stage to averting substandard construction performance: in Shagar city public building projects’, *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, pp. 1–19. Available at: <https://doi.org/10.1080/13467581.2025.2467249>.
- Sperandeo, M. *et al.* (2023) ‘Novel, Synchronous, First-person Perspective Virtual Simulations for Medical Students in Emergency Medicine’, *Western Journal of Emergency Medicine*, 24(1), pp. 68–70. Available at: <https://doi.org/10.5811/westjem.2022.11.57764>.
- Technologies, U. (2023a) ‘Unity - Manual: Technical limitations’, *Unity Documentation* [Preprint]. Available at: <https://docs.unity3d.com/2023.2/Documentation/Manual/webgl-technical-overview.html>.
- Technologies, U. (2023b) ‘Unity - Manual: WebGL browser compatibility’, *Unity Documentation* [Preprint]. Available at: <https://docs.unity3d.com/2023.1/Documentation/Manual/webgl-browsercompatibility.html>.
- Technologies, U. (2024) ‘Unity - Manual: Memory in Unity Web’, *Unity Documentation* [Preprint]. Available at: <https://docs.unity3d.com/2023.2/Documentation/Manual/webgl-memory.html>.
- Technologies, U. (2026) ‘Unity - Manual: Interaction with browser scripting’, *Unity Documentation* [Preprint]. Available at: <https://docs.unity3d.com/Manual/webgl-interactingwithbrowserscripting.html>.
- Thakare, S. and Kiwelekar, A.W. (2021) ‘Redefining measures of Layered Architecture’. Available at: <http://arxiv.org/abs/2106.03079>.
- Wang, J., Xu, Z. and Li, Y. (2025) ‘A WebGL-Based Interactive Visualization Framework for Large-Scale Urban Seismic Simulations with a Dual Multi-LOD Strategy’, *Buildings*, 15(16), p. 2916. Available at:



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

<https://doi.org/10.3390/buildings15162916>.

Zheng, Y. *et al.* (2023) 'COMPARISON OF CHARACTERISTICS OF BIM VISUALIZATION AND INTERACTIVE APPLICATION BASED ON WEBGL AND GAME ENGINE', *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLVIII-M-2(M-2-2023), pp. 1671–1677. Available at: <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-M-2-2023-1671-2023>.





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

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Radifan Al Fath Isnandar

Lahir di Jakarta, 04 April 2004. Lulus dari SDN WARAKAS 07 PAGI pada tahun 2016, SMPN 95 JAKARTA pada tahun 2019, dan SMAN 80 JAKARTA pada tahun 2022. Saat ini sedang menempuh pendidikan pada Program Studi Diploma Empat Teknik Multimedia Digital di Politeknik Negeri Jakarta. Memiliki ketertarikan pada bidang UI/UX Design dan Konten Digital.



LAMPIRAN

Lampiran 1 Transkrip Wawancara

1. Wawancara Dengan Pihak PT.Bumi Madani Terkait Analisis Kebutuhan dan Identifikasi Permasalahan

Hari, Tanggal : Kamis, 22 Januari 2026

Narasumber : Moch. Ikhsanul Muhadi Sebagai Pengawas Pelaksana PT.Bumi Madani

Transkrip wawancara:

<https://drive.google.com/file/d/1OX63xOrIGVsCuyTOwOSqyJ3TxNytkmrP/view?usp=sharing>

Lembar Responden:

<https://drive.google.com/file/d/1PX9in21xVESYSu13wWECxBkdH89kW-/lp/view?usp=sharing>

Form Wawancara

The form is titled 'FORM WAWANCARA' and includes sections for 'IDENTIFIKASI', 'TUJUAN WAWANCARA', and a list of 'PERTANYAAN' (questions) related to the analysis of needs and problem identification at PT. Bumi Madani.

Lembar Responden

The document is titled 'LEMBAR RESPONDEN' and contains a table for recording responses to the interview questions. It includes fields for the respondent's name, position, and a section for their answers.



(lanjutan)

2. Wawancara Lanjutan dengan Pihak PT Bumi Madani Terkait Alur Pengawasan, Pendampingan Pengawas Baru, dan Kebutuhan Sistem

Hari, Tanggal : Jumat, 6 Februari 2026

Narasumber : Moch. Ikhsanul Muhadi Sebagai Pengawas Pelaksana PT.Bumi Madani

Transkrip wawancara:

https://drive.google.com/file/d/1ZKl4YNik2sUZor5BC0fjqI6zp68_2pjj/view?usp=sharing

Lembar Responden:

https://drive.google.com/file/d/1f4ji8rUnFh7l_GZvYRTDQtLOJ1xmdttc/view?usp=sharing

Form Wawancara

FORM WAWANCARA PENELITIAN

BUNYI BANGUNAN WILAYAH PERKOTAAN KEMAYORAN
KABUPATEN BOGOR, JAWA BARAT

REKAMERSI PENELITIAN FAKULTAS TEKNIK
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

1. Nama Responden : Moch. Ikhsanul Muhadi
2. Alamat : Jl. Raya Bogor No. 100, Bogor, Jawa Barat
3. Pekerjaan : Pengawas Pelaksana PT. Bumi Madani
4. No. Telp. : 081-23456789
5. Email : ikhsanul.muhammad@gmail.com
6. Tanggal Wawancara : 6 Februari 2026
7. Waktu Wawancara : 10.00 - 12.00 WIB
8. Lokasi Wawancara : PT. Bumi Madani, Bogor, Jawa Barat
9. Nama Peneliti : [Nama Peneliti]
10. NPM : [NPM Peneliti]

11. Tujuan Penelitian : Untuk mengetahui alur pengawasan, pendampingan pengawas baru, dan kebutuhan sistem di PT. Bumi Madani.
12. Manfaat Penelitian : Untuk mengetahui alur pengawasan, pendampingan pengawas baru, dan kebutuhan sistem di PT. Bumi Madani.
13. Ruang Lingkup Penelitian : Penelitian ini akan membahas tentang alur pengawasan, pendampingan pengawas baru, dan kebutuhan sistem di PT. Bumi Madani.
14. Metode Penelitian : Penelitian ini menggunakan metode wawancara.
15. Teknik Pengumpulan Data : Teknik pengumpulan data dilakukan dengan wawancara.
16. Teknik Analisis Data : Teknik analisis data dilakukan dengan analisis isi.
17. Etika Penelitian : Penelitian ini telah mendapat persetujuan dari Komisi Etik Penelitian.
18. Keterangan Lain : [Keterangan lain]



Lembar Responden

LEMBAR RESPONDEN

1. Nama Responden : Moch. Ikhsanul Muhadi
2. Alamat : Jl. Raya Bogor No. 100, Bogor, Jawa Barat
3. Pekerjaan : Pengawas Pelaksana PT. Bumi Madani
4. No. Telp. : 081-23456789
5. Email : ikhsanul.muhammad@gmail.com
6. Tanggal Wawancara : 6 Februari 2026
7. Waktu Wawancara : 10.00 - 12.00 WIB
8. Lokasi Wawancara : PT. Bumi Madani, Bogor, Jawa Barat
9. Nama Peneliti : [Nama Peneliti]
10. NPM : [NPM Peneliti]

11. Tujuan Penelitian : Untuk mengetahui alur pengawasan, pendampingan pengawas baru, dan kebutuhan sistem di PT. Bumi Madani.
12. Manfaat Penelitian : Untuk mengetahui alur pengawasan, pendampingan pengawas baru, dan kebutuhan sistem di PT. Bumi Madani.
13. Ruang Lingkup Penelitian : Penelitian ini akan membahas tentang alur pengawasan, pendampingan pengawas baru, dan kebutuhan sistem di PT. Bumi Madani.
14. Metode Penelitian : Penelitian ini menggunakan metode wawancara.
15. Teknik Pengumpulan Data : Teknik pengumpulan data dilakukan dengan wawancara.
16. Teknik Analisis Data : Teknik analisis data dilakukan dengan analisis isi.
17. Etika Penelitian : Penelitian ini telah mendapat persetujuan dari Komisi Etik Penelitian.
18. Keterangan Lain : [Keterangan lain]



3. Wawancara Lanjutan dengan Pihak PT Bumi Madani Terkait Pendalaman Kebutuhan Pelatihan dan Relevansi Simulator Web 3D

Narasumber : Moch. Ikhsanul Muhadi dan Chelmi Ahmad Sebagai Pengawas Pelaksana PT.Bumi Madani

https://drive.google.com/file/d/114t5KgZ2L2Li3ODCbvOTArB-x_sqSCLm/view?usp=sharing

https://drive.google.com/file/d/1kiRmz04JwEVO_EDRlO9sT3v3-ICJfP1X/view?usp=sharing

Jurusan Teknik Informatika dan Komputer – Politeknik Negeri Jakarta



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

Catatan Observasi Lapangan

Waktu Pelaksanaan : 13.00 sampai selesai

Pendamping : Pengawas Konsultan PT Bumi Madani

Observer : Tim Peneliti

Dokumen catatan observasi lapangan dapat dilihat pada uraian berikut.

Berita Acara

<https://drive.google.com/file/d/1xwXgnmrWAnYC3M-7Irxj5k5BJJqRi40a/view?usp=sharing>

[illegible]



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 mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 3 Berita Acara Penyerahan Dokumen dan Formulir Ekstraksi Data

1. Berita Acara Penyerahan Dokumen Pendukung Penelitian

Berita acara penyerahan dokumen pendukung penelitian dapat diakses melalui tautan berikut:

https://drive.google.com/file/d/1ncEIZQ2_fiYFWyCtF80hw5D61ZRFvVQt/vi ew?usp=sharing

2. Formulir Ekstraksi Data Dokumen Proyek Perusahaan

Formulir ekstraksi data digunakan untuk mencatat informasi penting dari dokumen proyek perusahaan yang relevan dengan kebutuhan penelitian. Formulir ekstraksi data secara lengkap dapat diakses melalui tautan berikut:

<https://drive.google.com/file/d/1-qXuWRQJ- eXLR0dh26tgBxWnybNExwQ1/view?usp=sharing>

Cuplikan isi formulir ekstraksi data:

Ekstraksi Dokumen	Berita Acara



Lampiran 4 Rancangan serta Konsep Awal Simulasi dan Validasi Ahli

Link Rancangan dan Konsep Awal Simulasi :

https://drive.google.com/file/d/1WgfDiIB48CzkPat_eIgauIArNBLPDVEo/view?usp=sharing

RANCANGAN AWAL DAN KONSEP SKENARIO SIMULASI TERINTEGRASI RULE ENGINE
Simulator Pelatihan Pengawas Pelaksana Konstruksi - Studi Kasus Proyek SDN Duren Seribu 4
Lampiran ini memuat rancangan awal empat skenario simulasi (K3, Material, Metode dan Mutu Pekerjaan, serta Progres dan Deviasi) beserta konsep awal pengguna, aturan bisnis, dan soal yang telah terintegrasi dengan aturan klasifikasi keputusan inspeksi. Rancangan awal ini menjadi objek validasi ahli yang instrumennya disajikan pada bagian akhir lampiran.

A. Klasifikasi dan Prinsip Universal Penilaian Keputusan

Tabel L1.1 Definisi Klasifikasi Keputusan Inspeksi

Kode	Label	Definisi
CA	Correct Action	Deteksi benar dan tindakan proporsional sesuai tingkat risiko. Centang tambahan di luar masalah utama tidak mengugurkan CA.
OR	Oversaction	Tindakan selektif keras dibanding tingkat risiko, atau benevol terhadap masalah yang tidak ada. Tidak semua soal memiliki OR.
UR	Underaction	Badar ada masalah (deteksi benar), tetapi tindakan terlalu lemah atau tidak bertindak.
MD	Missed Detection	Gagal mendeteksi pelanggaran nyata, termasuk mengorbankan item salah/tidak relevan sehingga pelanggaran nyata tidak tertangkap.

Tabel L1.2 Prinsip Universal Klasifikasi Berdasarkan Kondisi Aktual

Kondisi Aktual	Respons Pengguna	Klasifikasi
Sesuai (tidak ada pelanggaran)	Status benar + tidak bertindak	CA
	Mencentang atau menetapkan masalah apa pun	OR
	UR dan MD tidak berlaku -- tidak ada pelanggaran untuk ditekankan atau direpons lemah	--
Tidak Sesuai (ada pelanggaran nyata)	Masalah utama ditemukan + tindakan proporsional (boleh disertai centang tambahan)	CA
	Masalah utama ditemukan + tindakan terlalu keras	OR
	Masalah utama ditemukan + tindakan terlalu lemah / tidak bertindak	UR
	Masalah utama tidak ditemukan (kecurangan atau hanya item salah)	MD
	Deteksi positif + tindakan kurang lengkap	UR

F. Instrumen Validasi Ahli terhadap Rancangan Awal

Tabel L1.10 Lembar Penilaian Aspek Rancangan Awal Simulator

No.	Aspek Penilaian	K3	Material	Metode & Mutu	Progres & Deviasi
A. Aspek Rancangan Skenario Simulasi					
1	Kelengkapan aspek pengawasan yang direpresentasikan	Layak	Layak	Layak	Layak
2	Kesesuaian skenario dengan praktik pengawasan di lapangan	Layak	Layak	Layak dengan Revisi	Layak dengan Revisi
3	Kesesuaian alur interaksi dari stake pengguna	Layak	Layak	Layak	Layak
4	Kesesuaian parameter dan objek evaluasi dengan kondisi lapangan	Layak	Layak	Layak	Layak
5	Kelengkapan mekanisme umpan balik edukatif	Layak	Layak	Layak	Layak
B. Aspek Basis Aturan dan Validasi Keputusan (Rule Engine)					
6	Kelengkapan definisi dan klasifikasi keputusan (CA/OR/UR/MD)	Layak	Layak	Layak	Layak
7	Kesesuaian aturan (IF-THEN) logis soal dengan kondisi aktual	Layak	Layak	Layak	Layak
8	Konsistensi klasifikasi antar soal sejenis	Layak	Layak	Layak	Layak
9	Kelengkapan dasar regulasi sebagai sumber aturan	Layak	Layak	Layak	Layak
10	Kesesuaian umpan balik dan justifikasi dengan hasil klasifikasi	Layak	Layak	Layak	Layak

Catatan: status "Layak dengan Revisi" pada aspek kesesuaian skenario untuk skenario Metode dan Mutu Pekerjaan serta Progres dan Deviasi muncul pada keputusan penggabungan ke-4 skenario. Rincian masukan dan hasil dapat dilihat pada Tabel L1.19.

Tabel L1.19 Rekapitulasi Masukan Validator dan Tindak Lanjut per Skenario

Skenario	Masukan Validator	Revisi / Tindak Lanjut
K3	--	Tidak ada perubahan. Konsep dianggap telah layak persesuaian desain final.
Material	--	Tidak ada perubahan. Konsep dianggap telah layak persesuaian desain final.
Metode dan Mutu Pekerjaan	Perlu digabung dengan skenario Progres dan Deviasi. Validator menegaskan bahwa orientasi utama pengawas di lapangan adalah hasil pekerjaan yang tidak di setiap tahapan, bukan metode pelaksanaan. Metode merupakan ranah kontraktor dan baru dilakukan apabila hasil pekerjaan ditemukan tidak sesuai. Selain itu, pemetaan kedua skenario menuntut nilai kerja pengawas yang di lapangan bersifat satu kesatuan, yaitu dari inspeksi kualitas per tahapan, akumulasi ke-4 aspek K3, Material, Progres, dan Deviasi dengan kurva 5. Hingga pengendalian inspeksi berdasarkan deviasi.	Digabung menjadi satu skenario baru (Skenario Simulasi Gabungan) yang mengintegrasikan pengendalian kualitas hasil pekerjaan per tahapan dengan evaluasi progres terhadap kurva 5 dalam satu alur simulasi yang utuh. Rancangan hasil penggabungan disajikan pada Lampiran 2.
Progres dan Deviasi	Pengguna diminta mengobservasi bentuk progres berdasarkan kondisi visual bangunan, namun input kondisi fisik yang menjadi dasar penilaian terhadap patita berada di skenario Metode dan Mutu yang terpisah, sehingga pengguna mengobservasi progres tanpa terbalut data-data inspeksi fisik sendiri.	Digabung ke dalam Skenario Simulasi Gabungan bersama skenario Metode dan Mutu Pekerjaan. Rancangan hasil penggabungan disajikan pada Lampiran 2.

Validator,

(Moch. Ikhsanul Muhad)
Tanggal : 20 Maret 2020



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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 5 Rancangan Awal Dan Validasi Ahli Skenario Audit Lapangan

Link Rancangan Awal Dan Validasi Ahli Skenario Audit Lapangan:

https://drive.google.com/file/d/1WgfDiIB48CzkPat_eIgauIaRNBLPDVEo/view?usp=sharing

Catatan : terdapat perubahan nama dari skenario gabungan menjadi skenario audit lapangan setelah proses validasi ahli. Perubahan tersebut tidak mempengaruhi rancangan konsep awal dan juga soal yang tertuang pada simulator serta tidak mempengaruhi indikator penilaian yang dinilai oleh validator

RANCANGAN AWAL DAN KONSEP SKENARIO SIMULASI GABUNGAN TERINTEGRASI RULE ENGINE
Simulator Pelatihan Pengawas Pelaksanaan Konstruksi - Studi Kasus Proyek SDN Duren Seribu 4

Skenario Gabungan merupakan hasil penggabungan skenario Metode dan Mula Pelaksanaan dengan skenario Program dan Desain berdasarkan masukan validator tahap awal (Lampiran 1). Skenario ini mengintegrasikan penggabungan kualitas hasil pekerjaan per tahapan dengan evaluasi progres terhadap kurva S dalam satu skenario yang dibuat per minggu. Lampiran ini memuat rancangan awal pengguna, asumsi basis, soal terintegrasi, dan instrumen penilaian awal untuk skenario gabungan.

A. Klasifikasi Keputusan Inspeksi

Tabel L2.1 Definis Klasifikasi Keputusan Inspeksi

Rank	Label	Definisi
GA	Correct Action	Tindakan benar dan tindakan proporsional sesuai tingkat risiko. Cenderung memberikan di luar masalah karena tidak mengganggu GA.
GR	Overreaction	Tindakan keliru karena dianggap tingkat risiko, atau karena terdapat masalah yang tidak ada. Tidak sesuai soal memiliki GR.
IR	Underreaction	Risiko ada masalah (ditindak benar), tetapi tindakan keliru karena tidak ada tindakan.
MD	Mixed Decision	Salah mendeteksi pelanggaran nyata, termasuk melanggar, tapi saat/sed sedang sehingga pelanggaran nyata tidak terungkap.

C. Instrumen Validasi Ahli terhadap Skenario Gabungan

Instrumen ini digunakan untuk memvalidasi rancangan skenario gabungan sebagai dasar untuk alat keputusan penggabungan pada validator tahap awal. Aspek penilaian memuat rancangan skenario simulasi serta dasar asumsi dan validasi instrumen rule engine. Penilaian: Layak = dapat diterapkan tanpa perubahan; Layak dengan Revisi = perlu perubahan sebelum diterapkan; Tidak Layak = perlu diabaikan ulang.

Tabel L2.11 Lembar Penilaian Aspek Rancangan Skenario Gabungan

No	Aspek Penilaian	Penilaian	Catatan Validator
A. Aspek Rancangan Skenario Simulasi			
1	Rancangan aspek pengawasan yang direpresentasikan	Layak	Skenario dirancang aspek metode pelaksanaan, mutu hasil pekerjaan, dan progres secara terintegrasi dalam satu alat.
2	Ketersediaan skenario dengan grafik pengawasan di lapangan	Layak	Pengawasan menggunakan cara kerja pengawasan, validasi pada hasil pekerjaan yang dibuat per tahapan validasi sesuai grafik lapangan.
3	Ketersediaan alat monitor dan data pengguna	Layak	Alat monitor validasi: inspeksi kualitas per tahapan → skenario simulasi kontrol risk → evaluasi kurva S → tindakan berdasarkan desain, dasar satu soal per minggu.
4	Ketersediaan parameter dan objek evaluasi dengan kondisi lapangan	Layak	Terintegrasi tindakan mutu dan pengawasan desain kurva S mengacu pada RKS dan kurva S adjusted project.
5	Persiapan mekanisme umpan balik ke audit	Layak	---
B. Aspek Basis Asumsi dan Validasi Keputusan (Rule Engine)			
6	Ketersediaan definisi dan kualifikasi keputusan (CATP/PM/MD)	Layak	---
7	Ketersediaan aturan (IF-THEN) logis sesuai dengan kondisi aktual	Layak	Asumsi logis koneksi dengan forecast mutu dan adanya desain kurva S.
8	Ketersediaan klasifikasi antar soal seperti (pengawasan & evaluasi kurva S)	Layak	---
9	Ketersediaan dasar regulasi sebagai sumber aturan	Layak	---
10	Ketersediaan umpan balik dan justifikasi dengan hasil klasifikasi	Layak	---

Tabel L2.12 Rekapitulasi Masukan Validator dan Tindak Lanjut

Skenario	Masukan Validator	Kepuasan / Tindak Lanjut
Skenario Gabungan	Skenario merupakan hasil penggabungan skenario Metode dan Mula Pelaksanaan dengan skenario Program dan Desain sesuai masukan validator tahap awal (Lampiran 1).	Penggabungan memuat keterbacaan alat yang sebelumnya terpecah, validasi kontrol risk hasil inspeksi kualitas dan metode dasar evaluasi progres terhadap kurva S dalam satu alat yang satu. Skenario dirancang Layak dan diterapkan ke tahap penyusunan desain final.

Validator:

(Moch. Ihsanul Muhadi)
Tanggal : 27 Maret 2026



Keterangan Pengisian:

Kode	Keterangan
B	Berhasil, responden menyelesaikan tugas dan mencapai tujuan tugas secara mandiri.
TB	Tidak Berhasil, responden tidak menyelesaikan tugas secara mandiri sesuai kriteria keberhasilan skenario uji.
-	Tidak ada catatan atau tidak terdapat temuan pada aspek tersebut.

A. Catatan Observasi Responden R1

Responden: Farhan

Jabatan: Peserta OJT / Pengawas Pelaksana Baru

Waktu dan Tempat: Rumah Responden, 07 Juni 2026

Skenario K3

No.	Tugas Pengguna	Keberhasilan	Hambatan Pengguna	Kesalahan Interaksi	Kebutuhan Bantuan
1	Membaca instruksi awal skenario K3.	B	-	-	-
2	Menavigasi area proyek dan menemukan <i>marker</i> lewat <i>map</i> untuk melakukan inspeksi K3.	B	-	-	-
3	Melakukan inspeksi APD pekerja.	B	-	-	-
4	Melakukan inspeksi fasilitas atau zona K3.	B	-	-	-

Skenario Material

No.	Tugas Pengguna	Keberhasilan	Hambatan Pengguna	Kesalahan Interaksi	Kebutuhan Bantuan
1	Membaca instruksi awal skenario Material.	B	-	-	-
2	Menemukan objek material dan membuka mode inspeksi.	B	-	-	-
3	Menggunakan tampilan inspeksi 360 derajat pada objek material.	B	-	-	-
4	Menggunakan <i>tools</i> inspeksi material sesuai kategori material yang diperiksa.	TB	-	-	Responden memerlukan arahan awal untuk mengenali fungsi <i>tools</i> inspeksi sebelum mulai menggunakannya.
5	Mengisi <i>form</i> inspeksi material berdasarkan kondisi objek dan hasil pengamatan melalui <i>tools</i> .	B	-	-	-



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

Skenario Audit Lapangan

No.	Tugas Pengguna	Keberhasilan	Hambatan Penggunaan	Kesalahan Interaksi	Kebutuhan Bantuan
1	Membaca <i>planned brief</i> pada minggu simulasi yang aktif.	B	-	-	-
2	Menavigasi area proyek dan menemukan <i>marker</i> pengecekan pekerjaan.	B	-	-	-
3	Membuka tampilan inspeksi 360 derajat pada objek pekerjaan.	B	-	-	-
4	Menggunakan <i>tools</i> inspeksi pengecekan sesuai jenis pekerjaan.	TB	-	-	Responden memerlukan arahan singkat untuk mulai menggunakan <i>tools</i> pengecekan pada penggunaan pertama.
5	Melakukan pengecekan kualitas pekerjaan berdasarkan hasil pengamatan.	B	-	-	-
6	Membuka <i>dashboard</i> Kurva S dan mengisi evaluasi progres.	B	-	-	-
7	Melanjutkan alur simulasi sampai rekap akhir.	B	-	-	-

B. Catatan Observasi Responden R2

Responden: Rina

Jabatan: Peserta OJT / Pengawas Pelaksana Baru

Waktu dan Tempat: Rumah Responden, 07 Juni 2026

Skenario K3

No.	Tugas Pengguna	Keberhasilan	Hambatan Penggunaan	Kesalahan Interaksi	Kebutuhan Bantuan
1	Membaca instruksi awal skenario K3.	B	-	-	-
2	Menavigasi area proyek dan menemukan <i>marker</i> lewat <i>map</i> untuk melakukan inspeksi K3.	B	-	-	-
3	Melakukan inspeksi APD pekerja.	B	-	-	-
4	Melakukan inspeksi fasilitas atau zona K3.	B	-	-	-

Skenario Material



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

No.	Tugas Pengguna	Keberhasilan	Hambatan Penggunaan	Kesalahan Interaksi	Kebutuhan Bantuan
1	Membaca instruksi awal skenario Material.	B	-	-	-
2	Menemukan objek material dan membuka mode inspeksi.	B	-	-	-
3	Menggunakan tampilan inspeksi 360 derajat pada objek material.	TB	-	-	Responden memerlukan arahan bahwa slide button perlu ditekan terlebih dahulu untuk mengganti soal material pada jenis yang sama
4	Menggunakan <i>tools</i> inspeksi material sesuai kategori material yang diperiksa.	TB	-	-	Peruh arahan diawal
5	Mengisi <i>form</i> inspeksi material berdasarkan kondisi objek dan hasil pengamatan melalui <i>tools</i> .	B	-	-	-

Skenario Audit Lapangan

No.	Tugas Pengguna	Keberhasilan	Hambatan Penggunaan	Kesalahan Interaksi	Kebutuhan Bantuan
1	Membaca <i>planned brief</i> pada minggu simulasi yang aktif.	B	-	-	-
2	Menavigasi area proyek dan menemukan <i>marker</i> pengecekan pekerjaan.	B	-	-	-
3	Membuka tampilan inspeksi 360 derajat pada objek pekerjaan.	B	-	-	-
4	Menggunakan <i>tools</i> inspeksi pengecekan sesuai jenis pekerjaan.	TB	-	-	Perlu diberi arahan singkat untuk mulai menggunakan <i>tools</i> pengecekan pada penggunaan pertama.
5	Melakukan pengecekan kualitas pekerjaan berdasarkan hasil pengamatan.	B	-	-	-
6	Membuka <i>dashboard</i> Kurva S dan mengisi evaluasi progres.	B	-	-	-
7	Melanjutkan alur simulasi sampai rekap akhir.	B	-	-	-

C. Catatan Observasi Responden R3

Responden: Dwi Azizah

Jabatan: Pengawas Pelaksana Senior

Waktu dan Tempat: Kantor PT Bumi Madani, 08 Juni 2026

Skenario K3

No.	Tugas Pengguna	Keberhasilan	Hambatan Penggunaan	Kesalahan Interaksi	Kebutuhan Bantuan
1	Membaca instruksi awal skenario K3.	B	-	-	-
2	Menavigasi area proyek dan menemukan <i>marker</i> lewat <i>map</i> untuk melakukan inspeksi K3.	TB	-	Responden sempat melewati <i>marker</i> Zona tanpa membukanya.	-



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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

3	Melakukan inspeksi APD pekerja.	B	-	-	-
4	Melakukan inspeksi fasilitas atau zona K3.	B	-	-	-

Skenario Material

No.	Tugas Pengguna	Keberhasilan	Hambatan Penggunaan	Kesalahan Interaksi	Kebutuhan Bantuan
1	Membaca instruksi awal skenario Material.	B	-	-	-
2	Menemukan objek material dan membuka mode inspeksi.	B	-	-	-
3	Menggunakan tampilan inspeksi 360 derajat pada objek material.	TB	-	-	Perlu arahan bahwa terdapat 2 soal untuk pengecekan sampel material pada jenis yang sama
4	Menggunakan <i>tools</i> inspeksi material sesuai kategori material yang diperiksa.	TB	-	-	Pengamat memberi arahan singkat untuk mencoba <i>tools</i> sebelum menilai material.
5	Mengisi <i>form</i> inspeksi material berdasarkan kondisi objek dan hasil pengamatan melalui <i>tools</i> .	B	-	-	-

Skenario Audit Lapangan

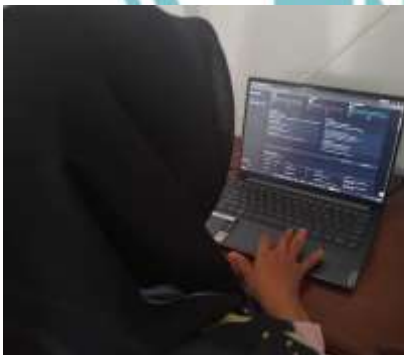
No.	Tugas Pengguna	Keberhasilan	Hambatan Penggunaan	Kesalahan Interaksi	Kebutuhan Bantuan
1	Membaca <i>planned brief</i> pada minggu simulasi yang aktif.	B	-	-	-
2	Menavigasi area proyek dan menemukan <i>marker</i> pengecekan pekerjaan.	B	-	-	-
3	Membuka tampilan inspeksi 360 derajat pada objek pekerjaan.	B	-	-	-
4	Menggunakan <i>tools</i> inspeksi pengecekan sesuai jenis pekerjaan.	TB	-	-	Perlu diberi arahan singkat untuk mulai menggunakan <i>tools</i> pengecekan pada penggunaan pertama.
5	Melakukan pengecekan kualitas pekerjaan berdasarkan hasil pengamatan.	B	-	-	-
6	Membuka <i>dashboard</i> Kurva S dan mengisi evaluasi progres.	B	-	-	-
7	Melanjutkan alur simulasi sampai rekap akhir.	B	-	-	-



Testing Report Tim :

<https://drive.google.com/file/d/1n3SR0RH76s36sxHGEyBoadgvd4B5GdXZ/view?usp=sharing>

Dokumentasi Responden



Berita Acara

H. Berita Acara Pengujian

Pada hari ini, Selasa, 09 Juni 2020, telah dilakukan konfirmasi terhadap data hasil pengujian pada penelitian skripsi kelompok dengan judul:

Rancang Bangun Simulator Interaktif Berbasis Web 3D sebagai Media Pelatihan Terstruktur Pegawai Pelaksana pada Proyek Pembangunan Studi Kasus: PT Bumi Madani

Berita acara ini dibuat untuk memastikan bahwa data hasil pengujian yang tercantum dalam laporan telah sesuai dengan proses pengujian yang dilakukan oleh masing-masing responden. Pengujian dilakukan pada waktu dan tempat yang berbeda sesuai jadwal pelaksanaan masing-masing responden. Data yang dikonfirmasi meliputi status hasil pengujian, catatan selama pengujian, hambatan yang dijumpai, serta kesesuaian hasil pengujian dengan pengalaman responden saat menggunakan sistem.

Adapun daftar responden yang melakukan konfirmasi hasil pengujian adalah sebagai berikut.

Kode Responden	Nama Responden	Jabatan	Tanda Tangan
R1	Furhan	Peserta OJT / Pegawai Pelaksana Baru	
R2	Abifah	Peserta OJT / Pegawai Pelaksana Baru	
R3	Dwi Azizah	Pegawai Pelaksana Senior	

Dengan berita acara ini dibuat dengan sebenar-benarnya untuk digunakan sebagai bukti pendukung dalam penyusunan laporan skripsi.

Depok, [tanggal berita acara] [bulan] 2020.

Tim Peneliti,

No.	Nama	NIM	Tanda Tangan
1	Rahfar Al Fath Ismail	2207431025	
2	Muhammad Alfi Nabil	2207431016	
3	Nidrina Khotumina	2207412010	
4	Shofiyah Sububita	2207412008	

Mengetahui,

Direktor Utama PT Bumi Madani



(Ir. Ekwon Budi S)