© 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

RANCANG BANGUN SIMULATOR INTERAKTIF BERBASIS WEB 3D SEBAGAI MEDIA PELATIHAN TERSTRUKTUR PENGAWAS PELAKSANA PADA PROYEK PEMBANGUNAN (STUDI KASUS: PT BUMI MADANI)

SUBJUDUL:

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI FUZZY INFERENCE SYSTEM MAMDANI UNTUK EVALUASI KESIAPAN PESERTA OJT

SKRIPSI

Shofiyah Salsabila 2207412008

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA

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

RANCANG BANGUN SIMULATOR INTERAKTIF BERBASIS WEB 3D SEBAGAI MEDIA PELATIHAN TERSTRUKTUR PENGAWAS PELAKSANA PADA PROYEK PEMBANGUNAN (STUDI KASUS: PT BUMI MADANI)

SUBJUDUL:

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI FUZZY INFERENCE SYSTEM MAMDANI UNTUK EVALUASI KESIAPAN PESERTA OJT

SKRIPSI

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

Shofiyah Salsabila 2207412008

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
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

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama	: Shofiyah Salsabila
NIM	: 2207412008
Jurusan/Program Studi	: Teknik Informatika dan Komputer / Teknik Informatika
Judul Skripsi	: RANCANG BANGUN SIMULATOR INTERAKTIF BERBASIS WEB 3D SEBAGAI MEDIA PELATIHAN TERSTRUKTUR PENGAWAS PELAKSANA PADA PROYEK PEMBANGUNAN
Sub Judul	: PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI FUZZY INFERENCE SYSTEM MAMDANI UNTUK EVALUASI KESIAPAN PESERTA OJT

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bebas dari peniruan terhadap karya dari orang lain. Kutipan pendapat dan tulisan orang lain ditunjuk sesuai dengan cara-cara 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, Juli 2026

Yang Membuat Pernyataan

(Shofiyah Salsabila)

NIM 2207412008

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

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

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi diajukan oleh :

Nama : Shofiyah Salsabila

NIM : 2207412008

Program Studi : Teknik Informatika

Judul Skripsi : PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI FUZZY INFERENCE SYSTEM MAMDANI UNTUK EVALUASI KESIAPAN PESERTA OJT

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Skripsi pada hari Jum'at, Tanggal 3, Bulan Juni, Tahun 2026 dan dinyatakan **LULUS**

Disahkan oleh

Pembimbing I : Risna Sari, S.Kom., 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 197908032003122003

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

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

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 Fuzzy Inference System Mamdani Untuk Evaluasi Kesiapan Peserta OJT"**. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Teknik Informatika, Jurusan Teknik Informatika dan Komputer, Politeknik Negeri Jakarta.

Dalam penulisan skripsi ini, banyak pihak yang telah memberikan bantuan, dukungan, serta motivasi kepada penulis. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Dr. Anita Hidayati, S.Kom., M.Kom., selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika dan Komputer.
2. Ibu Risna Sari, S.Si., M.T.I., selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk memberikan arahan, masukan, serta ilmu yang senantiasa menuntun penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Seluruh dosen dan tenaga kependidikan Jurusan Teknik Informatika dan Komputer.
4. Pihak PT Bumi Madani yang telah memberikan izin penelitian serta membantu kelancaran proses pengumpulan data yang penulis perlukan.
5. Kedua orang tua tercinta, Mama dan Ayah, yang senantiasa menjadi sumber kekuatan, kasih sayang, dan doa yang tiada pernah terputus. Terima kasih atas pengorbanan tanpa henti, ketulusan doa yang selalu dipanjatkan, serta limpahan kasih sayang yang terus diberikan. Tiada kata yang cukup untuk membalas semua itu, yang kini menjadi alasan terbesar bagi penulis untuk terus melangkah dan bertumbuh.
6. Kakak-kakak tersayang, Rima Zakiah dan Afifah Nares, terima kasih telah memberi dukungan, bantuan, solusi serta segala ocehan dan teguran yang senantiasa menjaga penulis agar tetap fokus dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Rekan satu tim, yang telah bekerja sama, saling mendukung, serta berjuang bersama di sepanjang proses penyusunan hingga penyelesaian skripsi ini.
8. Teruntuk sahabat 'Cetekin', Nina, Alya, Laika, dan Tiara, yang telah hadir

© 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

dalam perjalanan ini serta senantiasa menemani penulis melewati suka maupun duka dari masa perkuliahan hingga akhir penyusunan skripsi ini.

9. Para sahabat, Rania, Olivia, Jemima, Desbrana, Laras dan Hilda, yang senantiasa menghadirkan tawa dan canda di setiap perjumpaan, serta ketulusan dalam memberikan ruang cerita, dukungan, dan semangat sepanjang penyusunan skripsi ini.
10. Seluruh teman-teman lainnya, terima kasih atas segala kebaikan, bantuan, serta dukungan yang telah kalian berikan kepada penulis selama ini.

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, 17 Juli 2026

Shofiyah Salsabila
NIM 2207412008

© 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 bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Shofiyah Salsabila
NIM : 2207412008
Jurusan/Program Studi : Teknik Informatika dan Komputer / Teknik Informatika

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 *Fuzzy Inference System* Mamdani Untuk Evaluasi Kesiapan Peserta Ojt

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

Demikian pernyatan ini saya buat dengan sebenarnya.

Depok, Juli 2026

Yang Menyatakan

Shofiyah Salsabila

NIM 2207412008

© 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 Fuzzy Inference System Mamdani Untuk Evaluasi Kesiapan Peserta OJT

Abstrak

PT Bumi Madani merupakan konsultan pengawas yang menerapkan On the Job Training (OJT) bagi pengawas pelaksana baru, namun evaluasi kesiapannya masih dilakukan secara lisan tanpa instrumen formal sehingga bersifat subjektif, tidak konsisten, dan tidak terdokumentasi. Penelitian ini bertujuan mengimplementasikan Fuzzy Inference System (FIS) Mamdani untuk mengolah data aktivitas simulasi menjadi evaluasi kesiapan peserta OJT. Sistem dibangun berbasis web dengan arsitektur berlapis menggunakan frontend React dan backend FastAPI bermesin scikit-fuzzy, serta basis data Google Cloud Firestore. Mesin evaluasi terdiri atas dua tahap, yaitu Tahap 1 yang menilai tiga domain kompetensi yakni K3, Material, dan Audit Lapangan secara paralel, serta Tahap 2 yang mengintegrasikan ketiganya melalui 27 aturan keputusan menjadi klasifikasi kesiapan Kritis, Pendampingan Terfokus, atau Mandiri. Basis aturan disusun melalui rekayasa pengetahuan yang divalidasi pakar. Hasil pengujian black box dan User Acceptance Testing menunjukkan seluruh skenario sesuai, sedangkan validasi pakar mencapai kesesuaian 91,67% pada Tahap 1 dan 88,89% pada Tahap 2. Dengan demikian, sistem mampu menghasilkan evaluasi kesiapan pengawas pelaksana yang objektif, konsisten, dan terdokumentasi.

Kata kunci: Evaluasi kesiapan, Fuzzy Inference System Mamdani, rekayasa pengetahuan.

© 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

DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME ..... **iii**

LEMBAR PENGESAHAN ..... **iv**

KATA PENGANTAR ..... **v**

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

Abstrak ..... **viii**

DAFTAR ISI ..... **ix**

DAFTAR GAMBAR ..... **xi**

DAFTAR TABEL ..... **xii**

BAB I PENDAHULUAN **1**

1.1 Latar Belakang Masalah 1

1.2 Perumusan Masalah 3

1.3 Batasan Masalah 3

1.4 Tujuan dan Manfaat 4

1.5 Sistematika Penulisan 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA **6**

2.1 *On the Job Training* (OJT) 6

2.2 *Fuzzy Inference System* (FIS) Mamdani 6

2.3 Rekayasa Pengetahuan (Knowledge Engineering) 13

2.4 Kuantifikasi Pengetahuan Pakar dan Normalisasi Data Ordinal 14

2.5 Sistem Evaluasi 16

2.6 Metode Pengujian 16

2.7 Penelitian Terdahulu 18

BAB III METODE PENELITIAN **24**

© 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

3.1 Rancangan Penelitian 24
3.2 Tahapan Penelitian 25
3.3 Objek Penelitian 27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 28
4.1 Analisis Kebutuhan 28
4.2 Rekayasa Pengetahuan (*Knowledge Engineering*) 30
4.3 Perancangan Sistem 46
4.4 Implementasi Sistem 63
4.5 Pengujian 89
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 118
5.1 Kesimpulan 118
5.2 Saran 119
DAFTAR PUSTAKA 120
DAFTAR RIWAYAT HIDUP 123
LAMPIRAN 124

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

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

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Tahapan Penelitian 26

Gambar 4. 1 Use Case Diagram 47

Gambar 4. 2 *Activity Diagram* Login 48

Gambar 4. 3 *Diagram* Logout 48

Gambar 4. 4 *Activity Diagram* Halaman Dashboard 49

Gambar 4. 5 *Activity Diagram* Melihat Daftar Peserta 50

Gambar 4. 6 *Activity Diagram* Melihat Riwayat Sesi Peserta 50

Gambar 4. 7 Activity Diagram Detail Evaluasi Sesi 51

Gambar 4. 8 *Activity Diagram* kelola Akun 52

Gambar 4. 9 Sequence Diagram Sistem Evaluasi Peserta 54

Gambar 4. 10 Arsitektur Sistem 55

Gambar 4. 11 Kurva Fungsi Keanggotaan Tiga Himpunan Fuzzy 61

Gambar 4. 12 Tampilan Halaman Login 84

Gambar 4. 13 Tampilan Halaman Dashboard 85

Gambar 4. 14 Tampilan Halaman Daftar Peserta 86

Gambar 4. 15Tampilan Halaman Riwayat Sesi Peserta 87

Gambar 4. 16 Tampilan Halaman Detail Evaluasi Sesi 88

Gambar 4. 17 Tampilan Halaman Kelola User oleh Admin 89

© 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

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Karakteristik Metode FIS 9

Tabel 2. 2 Tabel Penelitian Terdahulu 18

Tabel 4. 1 Kebutuhan Fungsional 28

Tabel 4. 2 Pemetaan Temuan Wawancara terhadap Komponen yang Diturunkan32

Tabel 4. 3 Representasi Aspek Penilaian ke dalam Variabel Input 34

Tabel 4. 4 Representasi Tingkat Prioritas 35

Tabel 4. 5 Representasi Kualitas Respons ke dalam Skala Konversi *Crisp* .. **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 6 Representasi Tingkat Kesiapan ke dalam Label Linguistik 39

Tabel 4. 7 Representasi Basis Aturan 40

Tabel 4. 8 Representasi Basis Aturan Tahap 2 41

Tabel 4. 9 Rekap Masukan Pakar terhadap Komponen yang Tidak Mengalami Perubahan 42

Tabel 4. 10 Kategori Respons Simulasi dan Nilai Konversi 58

Tabel 4. 11 Himpunan Fuzzy dan Parameter Fungsi Keanggotaan 60

Tabel 4. 12 Pemetaan Nilai Output ke Label Kesiapan 63

Tabel 4. 13 Teknologi dan Tools yang Digunakan 65

Tabel 4. 14 Struktur Direktori Utama Proyek 67

Tabel 4. 15 Daftar Endpoint API 78

Tabel 4. 16 Hasil Validasi Pakar Tahap 1 94

© 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

Tabel 4. 17 Hasil Validasi Pakar Tahap 2 95

Tabel 4. 18 Pengujian *Blackbox* 100

Tabel 4. 19 Kriteria Penerimaan User Acceptance Testing 107

© 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

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Kurangnya kompetensi pengawas dapat menghambat kemajuan proyek, sehingga kesiapan pengawas pelaksana baru perlu dievaluasi secara sistematis sebelum diberi tanggung jawab mandiri (Manoharan et al., 2024). Pelatihan pengawas pelaksana baru umumnya dilakukan melalui *On the Job Training* (OJT), yaitu pembelajaran langsung di bawah bimbingan mentor. Namun, keberhasilan OJT tidak cukup diukur dari adanya pendampingan, melainkan harus didukung evaluasi yang menunjukkan tingkat penguasaan kompetensi peserta (Mehner et al., 2025).

Evaluasi OJT yang tidak terstruktur masih sering ditemukan di berbagai organisasi. Penilaian sering bergantung pada penilaian subjektif atasan langsung dan umpan balik informal tanpa metode yang dapat dibandingkan serta diukur secara jelas, sehingga hasilnya berpotensi tidak konsisten antarevaluator dan tidak terdokumentasi secara sistematis (Urbancová et al., 2021). Hal ini menjadi masalah untuk pengawas konstruksi karena kesalahan menilai kesiapan dapat berdampak pada mutu, biaya, waktu, dan keselamatan proyek. Evaluasi kinerja pengawas juga terkendala keterbatasan data dan kompleksitas pekerjaan yang multidimensi, sehingga diperlukan pendekatan yang terstruktur dan berbasis data (Yang et al., 2023).

Permasalahan tersebut ditemukan secara nyata pada PT Bumi Madani, konsultan pengawas di Depok, Jawa Barat yang telah menerapkan OJT melalui pendampingan pengawas senior. Berdasarkan wawancara dan observasi, diketahui bahwa belum memiliki sistem evaluasi formal untuk menilai perkembangan kompetensi peserta. Penilaian kesiapan selama ini hanya dilakukan secara lisan berdasarkan pengamatan pengawas senior tanpa instrumen tertulis, sementara *form* yang tersedia berfungsi memonitor pekerjaan proyek, bukan mengevaluasi perkembangan peserta OJT. Akibatnya, pengawas senior tidak memiliki data terstruktur mengenai aspek pengawasan mana yang sudah dikuasai dan mana yang

© 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

masih lemah, sehingga pendampingan tidak dapat disesuaikan secara tepat sasaran. Narasumber juga mengungkapkan bahwa kesalahan paling kritis yang kerap dilakukan pengawas baru adalah estimasi progres pekerjaan, karena berdampak langsung pada pengendalian biaya dan mekanisme pembayaran proyek.

Kebutuhan akan sistem evaluasi yang terstruktur tersebut perlu didukung data masukan yang dapat diolah secara sistematis. Dalam penelitian kelompok, simulator interaktif berbasis *Web 3D* dikembangkan sebagai tahap awal OJT yang menghasilkan data aktivitas peserta selama menjalankan skenario pengawasan virtual, namun tanpa sistem pengolah data tersebut hanya menjadi catatan mentah yang belum menunjukkan klasifikasi kesiapan. Penilaian kesiapan juga tidak dapat dilakukan secara biner karena mengandung gradasi, yaitu belum siap, siap dengan pendampingan, atau siap mandiri, sehingga prosesnya mengandung ketidakpastian. *Fuzzy Inference System* (FIS) mampu merepresentasikan variabel linguistik dan mengolah data ambigu menjadi keluaran terukur yang mendekati penilaian manusia (Nikmanesh et al., 2023), sekaligus mengotomasi evaluasi, menstandardisasi penilaian antarevaluator, dan mengurangi bias subjektif (Ogorodova et al., 2025). Metode Mamdani dipilih karena aturan IF-THEN yang intuitif, interpretabilitas tinggi, dan kemampuannya merepresentasikan proses kognitif manusia dalam konteks evaluasi (Carrasco-Garrido et al., 2025). FIS Mamdani diterapkan secara hierarkis dalam dua tahap, yaitu evaluasi tiap domain kompetensi secara terpisah, kemudian penggabungan ketiga keluarannya melalui basis aturan berbobot untuk menghasilkan klasifikasi kesiapan akhir yang disajikan dalam sistem berbasis *web* terpusat (Imeldawaty Gultom et al., 2024).

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian kelompok berjudul "Rancang Bangun Simulator Interaktif Berbasis Web 3D sebagai Media Pelatihan Terstruktur Pengawas Pelaksana pada Proyek Pembangunan (Studi Kasus PT Bumi Madani)". Penelitian ini secara spesifik berfokus pada pengolahan data evaluasi melalui perancangan dan implementasi *Fuzzy Inference System* pada sistem evaluasi berbasis web. Sistem yang dikembangkan menerima data aktivitas peserta dari simulator, mengolahnya melalui FIS Mamdani dua tahapan, dan menyajikannya

© 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

dalam bentuk klasifikasi kesiapan, riwayat evaluasi, visualisasi data, serta rekomendasi tindak lanjut. Dengan demikian, penelitian ini menjawab langsung permasalahan pada PT Bumi Madani, yaitu ketiadaan sistem evaluasi formal yang menyebabkan penilaian kesiapan pengawas baru bersifat subjektif, tidak konsisten, dan tidak terdokumentasi.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana merancang dan mengimplementasikan *Fuzzy Inference System* Mamdani untuk mengolah data aktivitas simulasi dan menghasilkan evaluasi kesiapan peserta OJT pengawas pelaksana.

1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, terdapat beberapa batasan masalah yang perlu diperhatikan agar fokus dan ruang lingkup penelitian tetap terjaga:

1. Studi kasus dibatasi pada lingkup kerja, kebutuhan evaluasi, dan standar pengawasan yang berlaku di PT Bumi Madani.
2. Sistem hanya mengevaluasi kesiapan peserta OJT berdasarkan data hasil simulasi sebagai tahap awal pelatihan.
3. Penelitian ini tidak mengevaluasi kinerja pengawas saat menjalankan tugas di lapangan secara langsung, melainkan hasil pelatihan peserta pada simulator.
4. Aspek yang dievaluasi disesuaikan dengan kebutuhan pengawasan pelaksana pada studi kasus PT Bumi Madani, sehingga hasil sistem tidak langsung digeneralisasikan untuk seluruh perusahaan konsultan pengawas tanpa penyesuaian indikator.

© 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

1.4 Tujuan dan Manfaat

1.4.1 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mengimplementasikan *Fuzzy Inference System* Mamdani sebagai metode pengolahan data aktivitas simulasi untuk menghasilkan evaluasi kesiapan peserta OJT pengawas pelaksana.

1.4.2 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Menyediakan sistem evaluasi bagi PT Bumi Madani untuk menilai kesiapan peserta OJT secara terstruktur.
2. Menghasilkan klasifikasi kesiapan peserta yang konsisten dan terdokumentasi, sehingga mengurangi subjektivitas dan perbedaan penilaian antarevaluator.
3. Memberikan data terstruktur mengenai aspek pengawasan yang sudah dikuasai maupun yang masih lemah.

1.5 Sistematika Penulisan

Dalam penulisan skripsi ini disusun suatu sistematika penulisan yang terdiri atas beberapa bab, di mana masing-masing bab diuraikan sebagai berikut.

1. Bab I Pendahuluan: Bab ini berisi latar belakang penelitian, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, serta sistematika penulisan. Bagian ini menjelaskan dasar permasalahan yang melatarbelakangi penelitian serta arah penelitian yang akan dilakukan
2. Bab II Tinjauan Pustaka: Bab ini berisi kajian teori dan konsep yang relevan dengan penelitian, serta penelitian terdahulu yang digunakan sebagai landasan dan pembanding dalam mendukung permasalahan yang dikaji.

3. Bab III Metode Penelitian: Bab ini menjelaskan metode penelitian yang digunakan sebagai pedoman pelaksanaan penelitian. Uraian disusun secara sistematis untuk menggambarkan rancangan, tahapan, objek penelitian, teknik pengumpulan dan analisis data, serta perencanaan pelaksanaan penelitian.

4. Bab IV Hasil dan Pembahasan: Bab ini berisi hasil implementasi sistem dan pembahasan proses pengolahan data aktivitas simulasi menggunakan metode *Fuzzy Inference System* Mamdani. Bab ini juga membahas hasil pengujian sistem dan kesesuaian sistem terhadap kebutuhan penelitian.

5. Bab V Penutup: Bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian serta saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

© 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

© 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

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *On the Job Training* (OJT)

Pelatihan kerja dengan metode langsung di lapangan atau *On the Job Training* (OJT) merupakan strategi pengembangan sumber daya manusia yang berbasis pada praktik lapangan langsung melalui pemindahan pengetahuan secara terstruktur di lingkungan kerja nyata. Metode ini menempatkan peserta pelatihan di dalam situasi kerja sesungguhnya di bawah bimbingan langsung dari mentor atau karyawan senior untuk menguasai keterampilan teknis yang spesifik (Jacobs & Jones, n.d.). Standardisasi instrumen dan parameter penilaian di dalam program pelatihan menjadi komponen penentu untuk menjamin tingkat efektivitas serta transfer pengetahuan berjalan dengan optimal (Mehner et al., 2025). Tiadanya instrumen evaluasi formal berimplikasi pada munculnya penilaian yang bersifat subjektif serta memicu inkonsistensi hasil evaluasi di antara para evaluator (Urbancová et al., 2021). Dampak negatif dari penilaian informal dan tidak terdokumentasi tersebut berpotensi meningkatkan risiko operasional akibat kegagalan pemetaan kompetensi kerja (Urbancová et al., 2021).

Berdasarkan kondisi tersebut, evaluasi program OJT pada konsultan pengawas PT Bumi Madani memerlukan pembaruan sistem penilaian kompetensi agar menjadi lebih objektif dan terukur. Proses penilaian kesiapan peserta OJT di perusahaan tersebut selama ini masih dilakukan secara lisan berdasarkan pengamatan tanpa dukungan instrumen tertulis yang formal. Kondisi tersebut menyebabkan pendampingan dari pengawas senior menjadi tidak tepat sasaran karena tidak didukung oleh ketersediaan data perkembangan kompetensi peserta yang terstruktur. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada perancangan sistem evaluasi berbasis web menggunakan metode cerdas untuk mengolah data kuantitatif aktivitas menjadi klasifikasi kesiapan kerja peserta yang valid.

2.2 *Fuzzy Inference System* (FIS) Mamdani

Logika fuzzy merupakan perluasan dari logika *Boolean* klasik yang berakar pada konsep himpunan fuzzy yang pertama kali diperkenalkan oleh Lotfi A. Zadeh pada

© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

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

tahun 1965. Berbeda dari logika *Boolean* yang hanya mengenal dua status keanggotaan bernilai 1 atau 0, logika fuzzy memperkenalkan derajat keanggotaan yang bernilai kontinu dalam interval [0, 1] sehingga suatu elemen dapat memiliki tingkat keanggotaan parsial terhadap suatu himpunan (Saatchi, 2024). Banyak konsep dalam dunia nyata bersifat kabur dan tidak memiliki batas yang tegas, seperti konsep "tinggi", "cepat", atau "baik", dan logika fuzzy menyediakan kerangka matematis untuk merepresentasikan serta memanipulasi konsep-konsep tersebut secara formal (Wu & Xu, 2021). Kemampuan ini menjembatani cara berpikir manusia yang bersifat linguistik dengan komputasi numerik yang presisi, sehingga penilaian kualitatif seperti tingkat kesiapan peserta dapat diterjemahkan ke dalam representasi matematis yang dapat diproses secara komputasional. Himpunan fuzzy yang menjadi fondasinya didefinisikan melalui fungsi keanggotaan (*membership function*) yang memetakan setiap nilai masukan ke derajat keanggotaan antara 0 dan 1, sehingga sebuah nilai dapat memiliki keanggotaan parsial pada lebih dari satu kategori secara simultan. Karakteristik inilah yang menjadikan logika fuzzy sangat sesuai untuk permasalahan penilaian bertingkat yang mengandung ketidakpastian.

Untuk mengolah variabel linguistik menjadi keputusan, logika fuzzy diimplementasikan melalui *Fuzzy Inference System* (FIS), yaitu kerangka komputasi yang memetakan masukan menjadi keluaran dengan meniru penalaran linguistik manusia. *Fuzzy Inference System* menyediakan mekanisme yang mampu mensimulasikan perilaku operator ahli, sehingga menjadi salah satu teknik kecerdasan buatan yang populer untuk menangani sistem non-linear dan kompleks (Samavat et al., 2023). Konfigurasi dasar *Fuzzy Inference System* terdiri atas empat komponen utama yang saling terhubung, yaitu fuzzifikasi yang mengubah masukan tegas menjadi derajat keanggotaan, basis pengetahuan yang memuat definisi fungsi keanggotaan dan kumpulan aturan IF-THEN, mesin inferensi yang memetakan himpunan fuzzy masukan menjadi himpunan fuzzy keluaran, serta defuzzifikasi yang mengonversi himpunan fuzzy keluaran menjadi nilai tegas (Saatchi, 2024). Keempat komponen tersebut membentuk alur pemrosesan utuh dari masukan numerik, penalaran berbasis aturan, hingga keluaran keputusan dalam bentuk nilai

© 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

tegas. Alur inilah yang memungkinkan *Fuzzy Inference System* mengolah data numerik dari aktivitas simulasi menjadi klasifikasi kesiapan yang bermakna, sehingga menjadi landasan metode evaluasi pada penelitian ini.

2.2.1 Metode FIS Mamdani

Salah satu metode FIS yang banyak digunakan adalah metode Mamdani. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim H. Mamdani dan Sedrak Assilian pada tahun 1975 untuk mengendalikan mesin uap dan boiler menggunakan aturan linguistik yang disusun berdasarkan pengetahuan operator manusia (Saatchi, 2024). Ciri utama metode Mamdani terletak pada bentuk aturan IF-THEN yang intuitif. Pada metode ini, baik bagian anteseden maupun konsekuen menggunakan himpunan fuzzy, sehingga metode ini sangat sesuai untuk sistem yang basis pengetahuannya diperoleh dari pakar. Bentuk aturan tersebut memungkinkan pengetahuan pakar diterjemahkan ke dalam sistem secara lebih intuitif tanpa harus menggunakan formulasi matematis yang kompleks. Metode Mamdani juga menghasilkan keluaran bertingkat dan bukan biner, serta terbukti unggul pada penilaian mutu karena kesederhanaan formalisasi, interpretabilitas tinggi, dan kemampuannya merepresentasikan proses kognitif manusia (Carrasco-Garrido et al., 2025). Karakteristik inilah yang menjadikan metode Mamdani sesuai untuk evaluasi kesiapan peserta OJT yang bersifat bertingkat dan berbasis pengetahuan pakar pengawasan konstruksi.

Kelebihan metode Mamdani adalah transparansi proses inferensinya, yang memungkinkan setiap aturan IF-THEN ditelusuri kembali untuk menjelaskan logika di balik keluaran sistem. Transparansi tersebut menjadi penting pada sistem evaluasi karena pengguna dapat memahami alasan suatu masukan menghasilkan klasifikasi tertentu, sehingga kepercayaan terhadap rekomendasi sistem dapat dibangun. Penerapan metode Mamdani pada evaluasi kinerja juga menunjukkan bahwa metode ini menghasilkan penilaian yang lebih objektif dan konsisten dibandingkan teknik konvensional melalui tahapan fuzzifikasi, inferensi, dan defuzzifikasi yang sistematis (Muharni et al., 2025). Kombinasi interpretabilitas

© 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

dan kemampuan menghasilkan keluaran bertingkat inilah yang menjadikan metode Mamdani lebih unggul untuk kasus evaluasi kognitif dibandingkan metode inferensi fuzzy lainnya. Dalam penelitian ini, keunggulan tersebut menjadi dasar pemilihan metode Mamdani sebagai mesin evaluasi kesiapan peserta OJT, yang justifikasinya diperkuat melalui perbandingan dengan metode Sugeno dan Tsukamoto.

2.2.2 Perbandingan Metode FIS

Pemilihan model inferensi fuzzy yang tepat didasarkan pada karakteristik bentuk konsekuen aturan serta mekanisme dalam menghasilkan keluaran keputusan tegas. Terdapat tiga jenis *Fuzzy Inference System* (FIS) yang umum diterapkan dalam pemodelan keputusan, yaitu metode Mamdani, Sugeno, dan Tsukamoto (Saatchi, 2024). Meskipun ketiga metode tersebut memiliki kesamaan pada tahap fuzzifikasi dan inferensi aturan, perbedaan mendasar terletak pada fungsi konsekuen dan cara memperoleh nilai keluaran akhir (Saatchi, 2024). Perbedaan karakteristik komparatif dari ketiga model inferensi fuzzy tersebut disajikan secara rinci berdasarkan beberapa kriteria utama pada Tabel 2.1. Pemetaan kriteria ini berimplikasi pada ketepatan pemilihan metode agar selaras dengan sifat data masukan serta jenis output yang dibutuhkan oleh sistem. Oleh karena itu, analisis mendalam mengenai interpretasi aturan dan efisiensi komputasi dari setiap metode menjadi parameter krusial dalam menentukan jenis FIS yang akan diimplementasikan.

Tabel 2. 1 Perbandingan Karakteristik Metode FIS

Karakteristik Perbandingan	FIS Mamdani	FIS Sugeno	FIS Tsukamoto
Bentuk Output Sistem	Himpunan fuzzy (variabel linguistik)	Konstanta atau persamaan linear	Himpunan fuzzy yang bersifat monoton
Fungsi Defuzzifikasi	Metode centroid (luas daerah)	Rata-rata berbobot (*weighted average*)	Rata-rata berbobot tiap aturan aktif

© 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

Keunggulan Utama	Interpretabilitas tinggi bagi manusia	Efisiensi komputasi sangat tinggi	Penalaran aturan individual lebih sederhana
Kesesuaian Kasus	Evaluasi kognitif dan performa manusia	Kontrol otomasi mesin dan sistem linier	Sistem prediksi dengan aturan bertahap

Metode Mamdani memiliki tingkat interpretabilitas tertinggi bagi manusia karena mengekspresikan bagian anteseden maupun konsekuen menggunakan variabel linguistik, sebagaimana disajikan pada Tabel 2.1. Karakteristik tersebut menyebabkan aturan logika pada model Mamdani dapat langsung disusun berdasarkan basis pengetahuan pakar serta ditelusuri kembali alur penalarannya secara transparan (Samavat et al., 2023). Kondisi ini berbeda secara kontras dengan metode Sugeno yang menggunakan konsekuen berupa konstanta atau persamaan linear sehingga lebih tepat diterapkan pada kontrol otomasi mesin yang mengutamakan efisiensi komputasi (Samavat et al., 2023). Melalui pengujian komparatif untuk kasus evaluasi performa kognitif manusia, metode Mamdani terbukti menghasilkan interpretasi keputusan yang jauh lebih intuitif jika dibandingkan dengan metode Tsukamoto (Tejash U. Chaudhari et al., 2023). Keterbatasan metode Tsukamoto pada bentuk output konsekuen yang wajib bersifat monoton berimplikasi pada kurangnya fleksibilitas sistem untuk merepresentasikan kategori penilaian yang saling tumpang tindih. Dengan demikian, metode Mamdani dipilih dalam penelitian ini karena mampu mengakomodasi gradasi penilaian, menangani unsur ketidakpastian, sekaligus mempertahankan transparansi akuntabilitas keluaran sistem evaluasi simulasi kesiapan peserta OJT.

2.2.3 Pembentukan FIS Mamdani

Pembentukan *Fuzzy Inference System* Mamdani dilakukan melalui serangkaian langkah sistematis yang mentransformasikan data dan pengetahuan pakar menjadi mesin inferensi penghasil klasifikasi. Tahapan ini mengikuti alur baku pembangunan sistem pakar berbasis *fuzzy* yang telah diterapkan pada evaluasi sumber daya manusia di domain konstruksi (Dalvand et al., 2022). Adapun tahapan tersebut adalah sebagai berikut.

© 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

1. Langkah awal adalah identifikasi variabel masukan dan keluaran beserta semesta pembicaraannya, yang dalam penelitian ini diturunkan dari data aktivitas peserta pada simulator dan dirumuskan menjadi skor pada masing-masing domain kompetensi dalam skala [0, 1] (Saatchi, 2024).
2. Langkah kedua adalah penentuan himpunan fuzzy dan fungsi keanggotaan untuk setiap variabel, yaitu pendefinisian term linguistik Kritis, Pendampingan Terfokus, dan Mandiri beserta parameter kurvanya yang divalidasi oleh pakar. Fungsi keanggotaan segitiga (triangular) didefinisikan oleh tiga parameter (a, b, c) yang merepresentasikan batas bawah, titik puncak, dan batas atas, dengan derajat keanggotaan dihitung melalui persamaan (1).

$$\begin{aligned} \mu(x) &= 0, untuk\ x \leq a\ atau\ x \geq c \\ \mu(x) &= \frac{(x - a)}{(b - a)}, untuk\ a \leq x \leq b \\ \mu(x) &= (c - x) / (c - b), untuk\ b \leq x \leq c \end{aligned} \quad (1)$$

Fungsi keanggotaan trapesium (trapezoidal) memiliki empat parameter (a, b, c, d) dan menghasilkan derajat keanggotaan penuh bernilai 1 pada interval [b, c], sehingga berguna untuk merepresentasikan kategori dengan rentang nilai inti yang lebar. Fungsi trapesium dinyatakan melalui persamaan (2).

$$\begin{aligned} \mu(x) &= 0, untuk\ x \leq a\ atau\ x \geq d \\ \mu(x) &= \frac{(x - a)}{(b - a)}, untuk\ a \leq x \leq b \\ \mu(x) &= 1, untuk\ b \leq x \leq c \\ \mu(x) &= (d - x) / (d - c), untuk\ c \leq x \leq d \end{aligned} \quad (2)$$

Pemilihan bentuk fungsi keanggotaan ini didasarkan pada karakteristik data serta pertimbangan ahli domain, sebagaimana fungsi segitiga dan trapesium paling banyak digunakan dalam sistem evaluasi berbasis Fuzzy Inference System karena kesederhanaan komputasi dan kemudahan penentuan parameternya (Nikmanesh et al., 2023).

© 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

3. Langkah ketiga adalah penyusunan basis aturan IF-THEN yang merepresentasikan pengetahuan pakar, di mana setiap aturan menghubungkan kombinasi kondisi masukan dengan kategori keluaran. Penyusunan aturan berbasis penilaian pakar ini sejalan dengan penerapan sistem keputusan Mamdani pada penilaian risiko yang basis aturannya dibangun dari pertimbangan pakar (Ahmad Shukri et al., 2021; Dalvand et al., 2022).
4. Langkah keempat adalah proses inferensi menggunakan logika MIN-MAX, yaitu operator MIN diterapkan untuk menghitung kekuatan aktivasi (*firing strength*) anteseden yang dihubungkan dengan AND, kemudian operator MAX digunakan untuk mengomposisikan kontribusi seluruh aturan aktif menjadi satu himpunan fuzzy keluaran tunggal (Saatchi, 2024).
5. Langkah kelima adalah defuzzifikasi menggunakan metode centroid (*Center of Area*), yang memperoleh nilai tegas dengan menghitung titik pusat daerah fuzzy keluaran melalui persamaan (3) untuk variabel kontinu, dengan pembilang merepresentasikan momen total kurva terhadap sumbu keluaran dan penyebut merepresentasikan luas total kurva.

$$z^* = \frac{\int z \cdot \mu(z)\, dz}{\int \mu\,(z)\, dz} \qquad (3)$$

Metode centroid dipilih karena memperhitungkan kontribusi seluruh area kurva sehingga menghasilkan nilai keluaran yang halus dan stabil terhadap perubahan kecil pada masukan, terutama pada zona tumpang tindih antarkategori kesiapan (Samavat et al., 2023). Nilai tegas hasil defuzzifikasi tersebut kemudian dipetakan kembali ke kategori kesiapan dengan menghitung derajat keanggotaan tertinggi pada nilai tersebut. Keseluruhan langkah ini membentuk alur baku pembentukan *Fuzzy Inference System* yang menjadi dasar implementasi pada penelitian ini.

Penelitian ini menerapkan arsitektur *Fuzzy Inference System* Mamdani dua tahap untuk mengevaluasi kesiapan peserta OJT berdasarkan tiga domain kompetensi, yaitu Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), Material, dan Audit lapangan. Pada Tahap 1, setiap domain diproses secara paralel melalui FIS masing-masing untuk

© 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

menghasilkan nilai tegas tingkat kemandirian per domain menggunakan defuzzifikasi *centroid*. Pada Tahap 2, ketiga nilai tersebut digunakan sebagai masukan baru untuk menentukan klasifikasi kesiapan akhir melalui basis aturan keputusan yang disusun berdasarkan hasil rekayasa pengetahuan dari pakar. Basis aturan ini merepresentasikan pertimbangan dan pengalaman pakar dalam menilai tingkat kesiapan peserta OJT. Struktur ini juga menghasilkan keluaran yang membantu mentor melihat kelebihan dan kekurangan peserta sebelum keputusan akhir ditetapkan.

2.2.4 Tingkat Kepentingan Antarkriteria dalam Evaluasi Berbasis Fuzzy

Pada sistem evaluasi multikriteria, setiap kriteria dapat memiliki tingkat kepentingan yang berbeda terhadap keputusan akhir. Tingkat kepentingan antarkriteria dapat ditanamkan ke dalam konsekuen basis aturan pada *Fuzzy Inference System* metode Mamdani, sehingga kriteria yang lebih diutamakan memberikan pengaruh lebih besar terhadap kategori keluaran (Dalvand et al., 2022). Prinsip yang sama diterapkan pada model evaluasi performa dengan memadukan penilaian tingkat kepentingan kriteria ke dalam proses inferensi fuzzy (Tao et al., 2025). Berdasarkan kedua penelitian tersebut, tingkat kepentingan antarkriteria pada metode Mamdani berfungsi sebagai dasar penyusunan aturan, dan pengaruhnya terlihat melalui konsekuen aturan yang dihasilkan.

2.3 Rekayasa Pengetahuan (Knowledge Engineering)

Rekayasa pengetahuan (*knowledge engineering*) merupakan proses yang digunakan untuk membangun sistem berbasis pengetahuan (*knowledge-based system*) dengan mengakuisisi, merepresentasikan, dan memvalidasi pengetahuan pakar agar dapat diolah oleh komputer. Sistem berbasis pengetahuan bekerja dengan memisahkan basis pengetahuan yang memuat fakta dan aturan dari mesin inferensi yang melakukan penalaran, sehingga pengetahuan pakar dapat dikelola secara independen dari mekanisme pemrosesannya. Replikasi pengetahuan dan keahlian manusia ke dalam basis pengetahuan sebuah sistem pakar melibatkan tiga aktivitas utama, yaitu akuisisi pengetahuan (*knowledge acquisition*), penalaran pengetahuan

© 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

(*knowledge reasoning*), dan representasi pengetahuan (*knowledge representation*), (Muhammad et al., 2021). Dalam konteks *Fuzzy Inference System*, rekayasa pengetahuan menjadi landasan penting karena kualitas keluaran sistem sangat bergantung pada ketepatan basis aturan yang disusun dari pengetahuan pakar. Proses ini umumnya tidak selesai dalam satu kali penyusunan, karena hasil validasi dapat menuntut perbaikan pada akuisisi maupun representasi pengetahuan hingga sistem mencapai tingkat kesesuaian yang memadai.

Akuisisi pengetahuan merupakan tahap memperoleh pengetahuan dari pakar domain melalui teknik seperti wawancara, kuesioner, dan observasi, yang kemudian dikategorikan sebagai dasar penyusunan aturan. Representasi pengetahuan merupakan tahap mengodekan pengetahuan yang telah diperoleh ke dalam format yang dapat dibaca dan diproses oleh sistem, dan teknik berbasis logika fuzzy menjadi yang paling banyak digunakan dalam pengembangan sistem pakar karena kemampuannya menangani ketidakpastian dan kompleksitas yang melekat pada pengambilan keputusan (Muhammad et al., 2021). Dalam sistem berbasis aturan fuzzy, struktur yang digunakan adalah aturan IF-THEN linguistik yang menghubungkan variabel masukan dengan variabel keluaran, sehingga pengetahuan kualitatif pakar dapat dikodekan secara langsung tanpa menghilangkan arti penilaian pakar dalam konteks evaluasi pengawas pelaksana. Validasi pengetahuan merupakan tahap menguji bahwa pengetahuan yang telah direpresentasikan bersifat benar dan lengkap, biasanya dengan membandingkan keluaran sistem terhadap penilaian pakar pada kasus yang sama. Keberhasilan sebuah sistem pakar sangat bergantung pada kualitas, kelengkapan, dan akurasi informasi yang tersimpan dalam basis pengetahuannya (Muhammad et al., 2021)

2.4 Kuantifikasi Pengetahuan Pakar dan Normalisasi Data Ordinal

Rekayasa pengetahuan merupakan proses mengubah pengetahuan heuristik dari pakar yang bersifat implisit menjadi representasi formal yang terstruktur. Dalam pengumpulan data melalui elisitasi pakar, informasi sering kali diperoleh dalam bentuk penilaian kualitatif bertingkat atau skala ordinal. Untuk mengintegrasikan

© 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

data kualitatif tersebut ke dalam sistem komputer seperti *Fuzzy Inference System* (FIS), diperlukan tahapan formalisasi melalui kuantifikasi objek penilaian (Choi & Kim, 2021).

Salah satu metode dasar yang digunakan untuk mentransformasikan skala ordinal menjadi nilai tegas (*crisp*) pada rentang universal [0, 1] adalah metode Pemetaan Interval Seragam (*Equidistant Interval Mapping*) yang berbasis pada prinsip *Min-Max Normalization*. Pendekatan ini memetakan nilai peringkat berdasarkan batas minimum dan maksimum yang didefinisikan dari total kategori yang tersedia (Saha & Chatterjee, 2026). Formula matematis untuk melakukan transformasi linier peringkat ordinal adalah sebagai berikut:

$$V = \frac{R - R_{min}}{R_{max} - R_{min}} \tag{4}$$

Keterangan:

V = Nilai hasil konversi (*crisp input*) pada rentang [0, 1]

R = Nilai peringkat kualitatif dari kejadian yang dievaluasi

R_{min} = Nilai peringkat terendah dari seluruh kategori respons

R_{max} = Nilai peringkat tertinggi dari seluruh kategori respons

Menurut Gärtner et al. (2024), penerapan aturan transformasi matematis melalui penskalaan fitur (*feature scaling*) ini sangat penting untuk menghasilkan nilai yang tidak terikat satuan atau nilai tanpa dimensi (*dimensionless data*) yang seragam. Jarak interval yang setara (*equidistant*) antar-kategori memastikan bahwa setiap pergeseran tingkat kualitas respons dinilai secara proporsional dan konsisten oleh sistem inferensi. Proses penormalan ini juga menjamin bahwa ketika nilai dari beberapa kejadian dirata-ratakan untuk menghitung total skor domain, hasilnya akan tetap berada secara konsisten pada batasan semesta pembicaraan (*universe of discourse*) [0, 1].

© 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

2.5 Sistem Evaluasi

Sistem informasi evaluasi bertindak sebagai infrastruktur perangkat lunak yang berfungsi untuk mengumpulkan, mengolah, menyimpan, dan menyajikan data penilaian kinerja secara sistematis. Arsitektur sistem ini mengintegrasikan fungsi perekaman data mentah aktivitas, pemrosesan menggunakan mesin komputasi cerdas, serta penyimpanan rekaman data secara terpusat. Implementasi sistem evaluasi berbasis teknologi digital terbukti mampu meningkatkan efisiensi administrasi dan transparansi pemantauan kompetensi di dalam suatu organisasi (Urbancová et al., 2021). Bagi manajemen perusahaan konsultan pengawas, kehadiran platform digital ini mengeliminasi risiko hilangnya berkas fisik penilaian performa berkala dari para peserta pelatihan. Selain keunggulan dalam pengelolaan data riwayat, nilai tambah utama dari sistem ini terletak pada penyajian informasi performa secara visual.

Pengelolaan data riwayat penilaian yang dipadukan dengan *dashboard* analitik memiliki peran vital dalam mempercepat proses pengambilan keputusan taktis oleh pihak manajemen. Modul *dashboard* ini bertugas untuk memvisualisasikan grafik tren perkembangan kompetensi peserta OJT serta menyajikan rekomendasi tindak lanjut pengembangan secara otomatis (Gultom et al., 2024). Penyajian informasi performa yang interaktif dan berbasis visual terbukti memangkas waktu analisis kebutuhan diklat lanjutan bagi karyawan secara signifikan (Gultom et al., 2024). Melalui visualisasi grafik pencapaian domain kompetensi tersebut, team leader dapat langsung mengidentifikasi aspek kelemahan teknis pengawas baru secara presisi. Agar seluruh fungsionalitas sistem informasi evaluasi ini dapat dikembangkan dengan kualitas yang baik, pemilihan metode pengembangan sistem yang terstruktur menjadi hal mendasar.

2.6 Metode Pengujian

Pengujian sistem merupakan tahap untuk memastikan bahwa sistem yang telah dikembangkan dapat berjalan sesuai dengan kebutuhan, rancangan, dan fungsi yang telah ditetapkan. Tahap ini dilakukan untuk menemukan kesalahan, menilai

© 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

kesesuaian fitur, serta memastikan bahwa keluaran sistem sesuai dengan proses yang dirancang. Dalam penelitian ini, pengujian dilakukan melalui beberapa pendekatan yang saling melengkapi, yaitu pengujian fungsional menggunakan *Black Box Testing*, *usability testing* untuk menilai kemudahan penggunaan sistem, validasi pakar terhadap inferensi aturan, serta uji matematis terhadap kebenaran perhitungan *Fuzzy Inference System*.

2.6.1 Black Box Testing

Black Box Testing merupakan pengujian fungsional yang berfokus pada kesesuaian antara masukan dan keluaran sistem tanpa memperhatikan struktur internal kode program, sehingga sistem diperlakukan sebagai kotak hitam yang isinya tidak perlu diketahui penguji. Pengujian dilakukan dengan memberikan masukan tertentu dan memeriksa apakah keluaran yang dihasilkan sesuai dengan yang diharapkan, sehingga kesalahan fungsional pada antarmuka maupun alur proses dapat terdeteksi dari perspektif pengguna akhir (Efda & Nuryasin, 2024). Pelaksanaannya menggunakan skenario uji yang memuat deskripsi pengujian, masukan, keluaran yang diharapkan, dan status hasil, kemudian tingkat keberhasilan dihitung sebagai persentase skenario yang berhasil terhadap total skenario. Dalam penelitian ini, metode tersebut digunakan untuk memastikan bahwa setiap fitur yang terlihat pada antarmuka pengguna dapat berjalan sesuai kebutuhan, mulai dari proses input data, pemilihan menu, navigasi halaman, hingga penyajian hasil evaluasi.

2.6.2 User Acceptance Testing (UAT)

Usability Testing merupakan pengujian yang dilakukan untuk menilai tingkat kemudahan penggunaan sistem dari sudut pandang pengguna. Pengujian ini berfokus pada sejauh mana pengguna dapat mencapai tujuan saat berinteraksi dengan sistem digital, termasuk memahami alur sistem, mengakses fitur, membaca informasi, dan menyelesaikan tugas yang tersedia. Usability testing juga dapat dilakukan melalui skenario tugas yang menyerupai penggunaan nyata, kemudian dievaluasi berdasarkan aspek efektivitas, efisiensi, dan kepuasan pengguna (Lorincz et al., 2026; Daniati et al., 2025). Berbeda dengan Black Box Testing yang

© 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

menilai kebenaran fungsi secara teknis, Usability Testing menilai pengalaman pengguna ketika menggunakan sistem.

2.6.3 Validasi Pakar

Validasi pakar merupakan pengujian kebenaran eksternal yang membandingkan keluaran sistem dengan penilaian ahli pada kasus yang sama untuk memastikan sistem menghasilkan keputusan yang sesuai dengan penilaian ahli. Pengujian ini diperlukan karena sebuah sistem inferensi dapat berjalan tanpa kesalahan teknis namun tetap menghasilkan klasifikasi yang tidak sesuai dengan pertimbangan pakar, sehingga ketepatan basis aturan perlu diverifikasi langsung oleh ahli (Carrasco-Garrido et al., 2025). Dalam penelitian ini, validasi difokuskan pada inferensi basis aturan keputusan yang merepresentasikan pengetahuan pengawas senior, dengan membandingkan label klasifikasi sistem berupa Kritis, Pendampingan Terfokus, atau Mandiri terhadap penilaian pakar pada peserta yang sama.

2.7 Penelitian Terdahulu

Kajian terhadap penelitian terdahulu dilakukan untuk meninjau pendekatan-pendekatan yang telah digunakan dalam domain kompetensi dan evaluasi pengawas konstruksi, evaluasi pelatihan kerja, penerapan *Fuzzy Inference System* (FIS) untuk penilaian, serta penyajian hasil evaluasi berbasis web. Peninjauan ini bertujuan untuk mengidentifikasi celah riset yang belum terisi oleh penelitian sebelumnya sekaligus menegaskan posisi serta kontribusi penelitian ini. Ringkasan analisis tersebut disajikan pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Tabel Penelitian Terdahulu

No	Peneliti dan Tahun	Fokus Penelitian	Metode	Temuan dan Keterbatasan	Relevansi dengan Penelitian
1	Manoharan et al. (2024)	Kompetensi pengawas lapangan pada proyek pembangun	Relative Importance Index dan wawancara pakar	Kesenjangan kompetensi pengawasan dan keterbatasan fasilitas	Menjadi dasar penetapan domain kompetensi pengawas yang

© 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

No	Peneliti dan Tahun	Fokus Penelitian	Metode	Temuan dan Keterbatasan	Relevansi dengan Penelitian
		an di negara berkembang	terhadap 154 perusahaan	pelatihan menjadi penghambat utama efektivitas proyek, tetapi belum tersedia instrumen yang mengklasifikasikan kesiapan pengawas secara terukur dan terotomasi.	dievaluasi, sekaligus celah yang dijawab melalui sistem evaluasi terotomasi berbasis FIS.
2	Dalvand et al. (2022)	Evaluasi sumber daya manusia di industri konstruksi Iran	FIS Mamdani dengan rekayasa pengetahuan berbasis wawancara mendalam dan *brainstorming* pakar	Sistem pakar berbasis FIS Mamdani mampu menghasilkan evaluasi SDM yang reliabel pada organisasi konstruksi berbasis proyek, tetapi implementasi dilakukan secara *offline* menggunakan MATLAB dan belum terintegrasi ke dalam sistem berbasis web.	Menjadi acuan penerapan FIS Mamdani dan rekayasa pengetahuan di domain konstruksi yang penelitian ini kembangkan dengan integrasi sistem berbasis web.
3	Urbancová et al. (2021)	Evaluasi efektivitas pelatihan dan pengembangan karyawan	Analisis kuantitatif faktor evaluasi	Sebagian besar organisasi masih mengandalkan evaluasi subjektif yang tidak konsisten dan tidak terdokumentasi, tetapi temuan	Memperkuat urgensi sistem evaluasi objektif yang diwujudkan penelitian ini dalam bentuk sistem aplikatif berbasis web yang

© 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

No	Peneliti dan Tahun	Fokus Penelitian	Metode	Temuan dan Keterbatasan	Relevansi dengan Penelitian
				bersifat konseptual tanpa sistem aplikatif.	terdokumentasi.
4	Lin et al. (2023)	Kinerja pengawas konstruksi berbasis data	Integrasi Analytic Hierarchy Process (AHP) dan activity tracking	Evaluasi pengawas konstruksi memerlukan pendekatan terstruktur berbasis data, tetapi pembobotan AHP bersifat statis dan kurang merepresentasikan gradasi serta ketidakpastian penilaian.	Mendukung pendekatan evaluasi berbasis data, namun penelitian ini menggunakan FIS Mamdani yang mampu merepresentasikan gradasi dan ketidakpastian.
5	Ogorodova et al. (2025)	Evaluasi proyek perangkat lunak mahasiswa	FIS berbasis aturan pakar	Sistem fuzzy mampu mengotomasi evaluasi berbasis aktivitas, menstandardisasi penilaian, dan mengurangi bias subjektif, tetapi diterapkan pada domain akademik, bukan kompetensi profesional konstruksi.	Memperkuat kelayakan FIS sebagai mesin evaluasi yang penelitian ini terapkan pada domain kesiapan OJT pengawas konstruksi.
6	Nikmanesh et al. (2023)	Produktivitas karyawan sektor industri	FIS Mamdani hierarkis dengan fungsi	Arsitektur FIS bertingkat menghasilkan klasifikasi yang lebih akurat dan	Menjadi acuan arsitektur FIS dua tahap yang penelitian ini implementasik

© 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

No	Peneliti dan Tahun	Fokus Penelitian	Metode	Temuan dan Keterbatasan	Relevansi dengan Penelitian
			keanggotaan segitiga	mudah dikelola saat variabel bertambah, tetapi implementasi dilakukan secara offline menggunakan MATLAB.	an ke dalam sistem berbasis web.
7	Carrasco-Garrido et al. (2025)	Kualitas pendidikan tinggi universitas negeri	FIS Mamdani	FIS Mamdani unggul karena formalisasi sederhana, interpretabilitas tinggi, dan kemampuan merepresentasikan proses kognitif manusia, tetapi implementasi dilakukan secara offline tanpa integrasi sistem berbasis web.	Mendukung pemilihan metode Mamdani yang penelitian ini integrasikan ke dalam sistem evaluasi berbasis web.
8	Gultom et al. (2024)	Visualisasi data kinerja karyawan	Business Intelligence berbasis dashboard web	Dashboard web interaktif mendukung pemantauan dan analisis kinerja secara terpusat dan real-time, tetapi berfokus pada visualisasi tanpa kecerdasan buatan untuk klasifikasi.	Mendukung penyajian hasil berbasis web yang penelitian ini padukan dengan klasifikasi kesiapan berbasis FIS.
9.	Muhammad et al. (2021)	*Framework* akuisisi pengetahuan berbasis *fuzzy rule-driven*	Integrasi algoritma *data mining* C4.5 dengan transformasi	*Framework* mampu mengatasi *bottleneck* akuisisi	Memperkuat landasan akuisisi pengetahuan yang penelitian ini terapkan

No	Peneliti dan Tahun	Fokus Penelitian	Metode	Temuan dan Keterbatasan	Relevansi dengan Penelitian
		data mining untuk sistem pakar	aturan *crisp* ke aturan *fuzzy*	pengetahuan melalui ekstraksi aturan dari data historis, tetapi akuisisi pengetahuan bersifat *data-driven* tanpa melibatkan validasi pakar domain secara langsung terhadap basis aturan yang dihasilkan.	melalui pendekatan *expert-driven* dengan wawancara dan validasi pakar.
10.	Choi & Kim (2021)	Akuisisi dan representasi pengetahuan untuk perancangan sistem pakar di bidang bangunan	*Systematic literature review* terhadap teknik akuisisi dan representasi pengetahuan	Teknik akuisisi pengetahuan seperti wawancara, kuesioner, dan *ontology-based approach* efektif untuk menangkap pengetahuan pakar, tetapi kajian bersifat *review* tanpa implementasi sistem pakar operasional.	Mendukung pemilihan teknik akuisisi pengetahuan berbasis wawancara yang penelitian ini terapkan untuk membangun basis aturan FIS.
11.	Zhuo et al. (2025)	Evaluasi performa dosen perguruan tinggi	*MACBETH* dan *fuzzy filter ranking* dengan pemetaan skala ordinal ke skor *fuzzy*	Pemetaan kategori ordinal ke skor *fuzzy* berjarak seragam pada rentang [0, 1] efektif mengkuantifikasi penilaian kualitatif, tetapi agregasinya berbasis *filter ranking* dan bukan inferensi *fuzzy* berbasis aturan.	Menjadi acuan metode normalisasi skala ordinal ke nilai *crisp* [0, 1] yang penelitian ini terapkan pada konversi kategori respons sebelum tahap fuzzifikasi.

© 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

Berdasarkan Tabel 2.2, dapat disimpulkan bahwa penelitian yang menerapkan FIS Mamdani di domain konstruksi masih berfokus pada evaluasi sumber daya manusia secara umum dan diimplementasikan secara offline menggunakan MATLAB, tanpa konteks kesiapan pelatihan kerja maupun integrasi sistem berbasis web. Di sisi lain, penelitian yang membahas akuisisi pengetahuan untuk sistem pakar umumnya menggunakan pendekatan *data-driven* yang tidak melibatkan validasi pakar domain secara langsung terhadap basis aturan. Sementara itu, penelitian yang menyediakan penyajian hasil berbasis web justru terbatas pada visualisasi data tanpa mesin klasifikasi berbasis kecerdasan buatan. Selain itu, metode pemetaan skala ordinal ke nilai *crisp* pada rentang [0, 1] telah terbukti efektif pada evaluasi berbasis *fuzzy*, sehingga menjadi acuan tahap konversi respons pada penelitian ini (Zhuo et al., 2025). Dengan demikian, belum ditemukan penelitian yang secara spesifik menerapkan *Fuzzy Inference System* Mamdani dua tahap untuk mengevaluasi kesiapan peserta OJT di bidang pengawasan konstruksi dengan basis aturan yang diperoleh melalui rekayasa pengetahuan, divalidasi pakar, dan disajikan melalui sistem berbasis web.

© 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

© 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

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan sistem evaluasi berbasis web yang menerapkan metode *Fuzzy Inference System* Mamdani untuk mengevaluasi hasil simulasi kesiapan *On the Job Training* dan menghasilkan klasifikasi kesiapan peserta berdasarkan data aktivitas simulasi pada pengawas baru. Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan jenis penelitian studi kasus, karena penelitian berfokus pada proses evaluasi hasil simulasi kesiapan OJT di PT Bumi Madani. Pembentukan mekanisme evaluasi dilakukan melalui proses rekayasa pengetahuan untuk mengubah pengetahuan pakar menjadi *knowledge base* yang dapat diproses oleh sistem. Pengetahuan pakar diperoleh melalui observasi, wawancara dengan pengawas senior, dan studi literatur.

Pengembangan sistem dilakukan menggunakan metode rekayasa perangkat lunak yang mencakup tahapan identifikasi masalah, analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian, dan evaluasi, dengan integrasi proses rekayasa pengetahuan pada setiap tahap untuk membentuk *knowledge base* FIS Mamdani mulai dari akuisisi hingga implementasi. Tahap pengujian dilakukan melalui pengujian *blackbox, usability testing* untuk menilai kemudahan penggunaan dan pengalaman pengguna, serta validasi pakar dengan membandingkan hasil keluaran sistem terhadap penilaian ahli untuk memastikan akurasi dan konsistensi proses inferensi FIS Mamdani dalam mengklasifikasikan kesiapan peserta OJT.

3.1.1 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi, wawancara, dan studi literatur untuk memperoleh data terkait evaluasi kesiapan OJT, kebutuhan sistem, dan pengetahuan pakar. Observasi digunakan untuk memahami proses evaluasi OJT yang berjalan di PT Bumi Madani. Wawancara dilakukan dengan pengawas senior untuk memperoleh pengetahuan terkait aspek penilaian, indikator, kategori kesiapan, serta dasar pengambilan keputusan yang digunakan dalam penyusunan

© 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

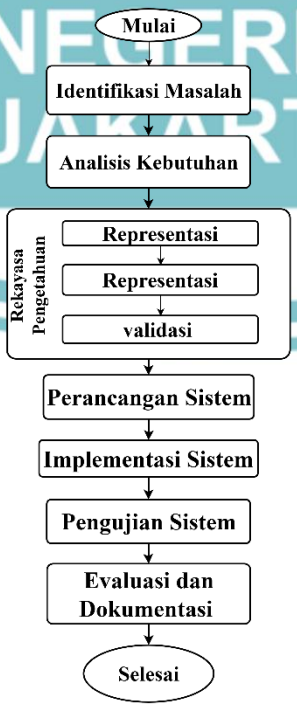
aturan IF THEN pada sistem. Studi literatur digunakan untuk memperoleh landasan teori yang berkaitan dengan evaluasi OJT, sistem pakar, serta metode Fuzzy Inference System Mamdani.

3.1.2 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data dalam penelitian ini meliputi analisis deskriptif kualitatif dan komputasional. Analisis kualitatif digunakan untuk mengolah data observasi, wawancara, dan studi literatur. Pengetahuan pakar dianalisis melalui rekayasa pengetahuan dengan mengakuisisi, menyusun, dan merepresentasikannya ke dalam komponen *Fuzzy Inference System* Mamdani, menjadi dasar knowledge base. Analisis komputasional menggunakan metode Fuzzy Mamdani untuk mengolah data simulasi melalui tahapan fuzzifikasi, inferensi, agregasi, dan defuzzifikasi, sehingga menghasilkan nilai evaluasi dan klasifikasi kesiapan peserta.

3.2 Tahapan Penelitian

Penelitian Tahapan penelitian ini diadaptasi dari tahapan rekayasa perangkat lunak dengan tahap rekayasa pengetahuan untuk membentuk *knowledge base* FIS Mamdani. Alur tahapan penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Tahapan Penelitian

3.2.1 Identifikasi Masalah

Tahap identifikasi masalah dilakukan untuk memahami permasalahan pada proses evaluasi OJT pengawas di PT Bumi Madani. Tahap ini menjadi dasar dalam menentukan ruang lingkup penelitian dan kebutuhan awal sistem evaluasi yang akan dikembangkan.

3.2.2 Analisis Kebutuhan

Tahap analisis kebutuhan dilakukan untuk mengolah data yang telah diperoleh menjadi kebutuhan sistem. Hasil tahap ini berupa kebutuhan pengguna, kebutuhan fungsional, kebutuhan non-fungsional, data masukan, proses pengolahan, dan keluaran sistem berupa nilai evaluasi serta klasifikasi kesiapan peserta OJT.

3.2.3 Rekayasa pengetahuan FIS Mamdani

Pada tahap ini dilakukan untuk mengubah pengetahuan pakar menjadi *knowledge base* yang dapat diproses oleh sistem. Tahap ini mencakup akuisisi pengetahuan, representasi pengetahuan, untuk penentuan bobot penilaian, penentuan variabel input dan output, label linguistik, fungsi keanggotaan, serta basis aturan IF THEN, kemudian validasi pengetahuan kepada pakar.

3.2.4 Perancangan Sistem

Tahap ini bertujuan untuk menyusun rancangan arsitektur sistem, diagram UML, serta perancangan metode Fuzzy Inference System (FIS) Mamdani. Rancangan ini menjadi acuan dalam implementasi sistem proses penerimaan data simulasi, pengolahan evaluasi, dan penampilan hasil klasifikasi dapat berjalan sesuai kebutuhan.

© 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

© 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

3.2.5 Implementasi Sistem

Tahap implementasi sistem menerjemahkan hasil perancangan ke dalam kode program dan menerapkan knowledge base ke dalam engine FIS Mamdani. Sistem yang dihasilkan dapat menerima data aktivitas peserta dari simulator, mengolahnya melalui fuzzifikasi, inferensi aturan, agregasi, defuzzifikasi, serta menampilkan klasifikasi kesiapan dan rekap evaluasi peserta OJT.

3.2.6 Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan untuk memastikan sistem berjalan sesuai kebutuhan yang telah ditentukan. Pengujian meliputi pengujian fungsional menggunakan *Black Box Testing, User Acceptance Testing* (UAT) untuk menilai penerimaan pengguna terhadap sistem bersama pihak PT Bumi Madani, serta validasi pakar dilakukan dengan membandingkan hasil keluaran sistem terhadap penilaian ahli.

3.2.7 Evaluasi dan Dokumentasi

Tahap ini bertujuan menilai sejauh mana sistem yang dibangun telah menjawab rumusan masalah penelitian sekaligus mendokumentasikan keseluruhan proses. Peneliti menganalisis hasil pengujian, melakukan perbaikan apabila diperlukan, menarik kesimpulan akhir, dan menyusun laporan.

3.3 Objek Penelitian

Objek dalam penelitian ini adalah sistem evaluasi simulasi berbasis web yang mengintegrasikan *Fuzzy Inference System* metode Mamdani untuk menilai kesiapan peserta *On the Job Training* (OJT) pengawas pelaksana baru. Pengguna sistem dalam penelitian ini terdiri dari pengawas pelaksana senior PT Bumi Madani yang berperan sebagai narasumber, pakar domain, serta pengguna sistem. Penelitian ini dilaksanakan di PT Bumi Madani, Depok, Jawa Barat, karena permasalahan belum adanya sistem evaluasi formal bagi peserta OJT ditemukan secara langsung pada perusahaan tersebut melalui wawancara dan observasi awal.

© 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

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Kebutuhan

Tahap analisis kebutuhan bertujuan untuk menerjemahkan permasalahan dan kebutuhan pengguna menjadi spesifikasi sistem yang menjadi dasar perancangan sistem evaluasi simulasi kesiapan OJT. Analisis dilakukan berdasarkan data yang dikumpulkan melalui dua teknik utama, yaitu wawancara dan observasi di lapangan. Data hasil wawancara dan observasi kemudian dianalisis untuk mengidentifikasi kondisi evaluasi OJT yang sedang berjalan, aspek kompetensi yang dianggap penting oleh pengawas senior, kendala yang dihadapi dalam proses penilaian, serta kebutuhan yang diharapkan dari sistem baru. Hasil analisis tersebut selanjutnya diformulasikan menjadi kebutuhan fungsional dan non-fungsional.

4.1.1 Identifikasi Kebutuhan Fungsional

Berdasarkan hasil wawancara dan observasi yang telah diuraikan sebelumnya, kebutuhan fungsional sistem evaluasi simulasi kesiapan OJT dirumuskan untuk menjawab permasalahan dan kebutuhan yang teridentifikasi di lapangan. Setiap kebutuhan fungsional diformulasikan dengan menghubungkan secara langsung ke temuan data lapangan, sehingga setiap fitur yang dirancang memiliki justifikasi empiris dari kondisi nyata PT Bumi Madani. Berikut adalah uraian kebutuhan fungsional yang telah diidentifikasi.

Tabel 4. 1 Kebutuhan Fungsional

Kode	Nama	Deskripsi
KF-01	Autentikasi dan manajemen pengguna	Sistem menyediakan mekanisme login, logout, dan pengelolaan akun pengguna dengan pembatasan akses berdasarkan peran (admin, pengawas, peserta).

© 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

Kode	Nama	Deskripsi
KF-02	Penerimaan dan penyimpanan data hasil simulasi	Menerima dan menyimpan data aktivitas peserta dari simulator Web 3D mencakup respons peserta, pilihan tindakan, dan metadata sesi.
KF-03	Pengolahan evaluasi FIS Mamdani evaluasi per domain	Mengolah nilai respon peserta pada setiap domain (K3, Material, Audit Lapangan) secara terpisah menggunakan FIS Mamdani berdasarkan distribusi jawaban pada simulasi.
KF-04	Pengolahan evaluasi FIS Mamdani kesiapan akhir	Mengolah hasil evaluasi dari tiga domain (K3, Material, Audit Lapangan) untuk klasifikasi level kesiapan peserta.
KF-05	Daftar dan riwayat evaluasi peserta	Menyediakan daftar seluruh peserta dengan ringkasan evaluasi terbaru, serta riwayat per individu yang mencakup nilai skor, status kesiapan, tren performa antar sesi, dan jumlah sesi yang telah dijalani.
KF-06	Detail hasil evaluasi per sesi	Menampilkan hasil evaluasi lengkap per sesi mencakup skor keseluruhan, skor per domain, distribusi jawaban, riwayat interaksi peserta, dan fitur pencarian serta filter data.
KF-07	Identifikasi area fokus dan kekuatan peserta	mengidentifikasi aspek domain yang perlu ditingkatkan dan aspek yang sudah dikuasai dengan baik berdasarkan hasil evaluasi per sesi.

4.1.2 Identifikasi Kebutuhan Non-Fungsional

Kebutuhan non-fungsional merupakan kriteria kualitas sistem yang memastikan efektivitas, keamanan, dan keandalan dalam mendukung proses evaluasi simulasi kesiapan OJT di PT Bumi Madani. Kebutuhan ini tidak menggambarkan fitur spesifik, melainkan bagaimana sistem harus berfungsi agar dapat digunakan secara optimal oleh pengguna tanpa memerlukan pelatihan teknis mendalam.

© 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

Tabel 4.1 Kebutuhan Non-Fungsional

Kode	Kebutuhan Non-Fungsional	Deskripsi
KNF-01	Usability	Sistem dirancang dengan antarmuka sederhana dan intuitif sehingga dapat digunakan oleh pengawas senior tanpa memerlukan pelatihan teknis khusus.
KNF-02	Security	Sistem menyediakan mekanisme autentikasi untuk memastikan akses hanya diberikan kepada pengguna terdaftar. Setiap pengguna memiliki peran akses yang berbeda untuk melindungi integritas data evaluasi.
KNF-03	Compatibility	Sistem dapat diakses dari perangkat berbeda.

4.2 Rekayasa Pengetahuan (*Knowledge Engineering*)

Rekayasa pengetahuan merupakan proses penerjemahan pengetahuan pakar yang bersifat implisit, subjektif, dan tidak terstruktur menjadi basis pengetahuan formal yang dapat diproses oleh mesin inferensi. Pendekatan ini menjadi inti pembangunan sistem evaluasi karena penilaian kesiapan pengawas pelaksana selama ini dilakukan secara lisan dan berdasarkan pengalaman, sehingga perlu diformalkan agar dapat dikomputasi secara konsisten. Logika fuzzy dipilih sebagai kerangka representasi karena mampu menangani pengetahuan linguistik dan penilaian bertingkat yang tidak deterministik, sebagaimana lazim ditemukan pada permasalahan dunia nyata yang sulit dimodelkan secara biner. Proses rekayasa pengetahuan pada penelitian ini dilakukan melalui tiga tahap, yaitu akuisisi pengetahuan, representasi pengetahuan, dan validasi pengetahuan.

4.2.1 Akuisisi Pengetahuan

Akuisisi pengetahuan dilakukan untuk menggali pengetahuan pakar mengenai praktik penilaian kesiapan pengawas pelaksana di lapangan. Pengumpulan data

© 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

ditempuh melalui wawancara dengan narasumber, yaitu pengawas pelaksana PT Bumi Madani. Wawancara diarahkan untuk menggali aspek yang dinilai pada pengawas baru, cara pakar membedakan tingkat kesiapan, serta bagaimana kualitas respons pengawas terhadap permasalahan lapangan dipersepsikan sebagai indikator kompetensi. Hasil wawancara kemudian dianalisis untuk mengidentifikasi pola penilaian yang konsisten digunakan pakar dalam menentukan apakah pengawas baru telah siap mengawasi proyek secara mandiri atau masih memerlukan pendampingan pada aspek tertentu.

Temuan pertama menunjukkan bahwa penilaian pengawas baru menyangkut beberapa aspek kompetensi yang berbeda, yaitu kepatuhan terhadap keselamatan kerja, kesiapan dan kesesuaian material, serta pemahaman terhadap metode dan progres pekerjaan. Aspek keselamatan kerja ditekankan sebagai hal yang paling diutamakan karena berkaitan langsung dengan keselamatan jiwa di lapangan, sementara aspek material, metode, dan progres tetap dinilai penting namun berada pada tingkat prioritas yang lebih rendah. Temuan kedua memperlihatkan bahwa pakar membedakan kualitas tanggapan pengawas terhadap persoalan di lapangan secara berjenjang, mulai dari pengawas yang mengetahui masalah dan menindaklanjuti secara tepat, pengawas yang menanggapi secara berlebihan, pengawas yang menyadari masalah tetapi tidak menuntaskan tindak lanjut, hingga pengawas yang sama sekali tidak menyadari adanya masalah. Temuan ketiga menunjukkan bahwa kesiapan pengawas tidak dipersepsikan secara biner, melainkan terbagi atas tiga kondisi yang dapat dibedakan, yaitu pengawas yang belum dapat dilepas karena masih lemah pada pemahaman teknis dan pelaporan, pengawas yang masih perlu didampingi dan dimonitor secara berkala, serta pengawas yang telah mampu bekerja mandiri tanpa arahan terus-menerus. Temuan keempat menunjukkan bahwa kompetensi pengawas tersebar pada rentang kemampuan yang kontinu, karena sebagian pengawas cepat memahami sementara sebagian lain membutuhkan adaptasi lebih lama. Pola penilaian inilah yang menjadi bahan dasar bagi tahap representasi pengetahuan.

© 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

Untuk memperjelas hubungan antara hasil akuisisi dan komponen sistem yang dibangun, temuan wawancara dipetakan terhadap makna evaluatifnya dan komponen yang diturunkan darinya, sebagaimana disajikan pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 2 Pemetaan Temuan Wawancara terhadap Komponen yang Diturunkan

No	Temuan Wawancara (Pengetahuan Pakar)	Makna dalam Konteks Evaluasi	Komponen yang Diturunkan
1	Penilaian pengawas baru mencakup aspek keselamatan kerja, kesiapan material, serta pemahaman metode dan progres pekerjaan.	Kompetensi pengawas terdiri atas beberapa aspek penilaian yang berbeda dan dapat dipisahkan.	Variabel input penilaian berdasarkan domain kompetensi.
2	Aspek keselamatan kerja diutamakan, sedangkan aspek lain tetap penting namun pada prioritas lebih rendah.	Tidak semua aspek memiliki tingkat kepentingan yang sama dalam menentukan kesiapan.	Tingkat kepentingan antar domain.
3	Pengawas dinilai dari kemampuan mengenali masalah dan ketepatan tindak lanjutnya, mulai dari menindaklanjuti secara tepat, menanggapi berlebihan, menyadari tetapi tidak tuntas, hingga tidak menyadari masalah.	Kualitas tiap tanggapan pengawas memiliki tingkatan mutu yang dapat diperingkat.	Skala konversi tingkat respons pengawas.
4	Kesiapan pengawas terbagi atas kondisi belum dapat dilepas, masih perlu didampingi, dan telah mampu mandiri.	Tingkat kesiapan bersifat bertingkat, bukan sekadar siap atau tidak siap.	Label linguistik tingkat kesiapan.

© 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

No	Temuan Wawancara (Pengetahuan Pakar)	Makna dalam Konteks Evaluasi	Komponen yang Diturunkan
6	Kesiapan akhir pengawas ditentukan oleh kombinasi seluruh aspek, dengan keselamatan kerja sebagai pertimbangan paling menentukan.	Keputusan akhir merupakan hasil penggabungan kondisi seluruh domain, bukan hanya satu aspek tunggal.	Basis aturan IF–THEN penentuan kesiapan.

Sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.3, hasil akuisisi pengetahuan tidak secara langsung menghasilkan komponen teknis sistem, melainkan menyediakan pola penilaian yang menjadi dasar bagi peneliti dalam menyusun representasi pengetahuan pada tahap berikutnya.

4.2.2 Representasi Pengetahuan

Setelah tahap akuisisi pengetahuan dilakukan, tahap selanjutnya adalah representasi pengetahuan. Representasi pengetahuan merupakan proses menerjemahkan pengetahuan kualitatif dari pakar menjadi bentuk yang dapat diproses oleh sistem. Pada penelitian ini, setiap temuan akuisisi pada Tabel 4.3 diterjemahkan ke dalam komponen Fuzzy Inference System Mamdani secara berurutan, meliputi variabel input, bobot kepentingan domain, skala konversi respons, label linguistik beserta fungsi keanggotaan, justifikasi pendekatan fuzzy, serta basis aturan IF-THEN.

A. Representasi Aspek Penilaian

Temuan bahwa penilaian pengawas baru mencakup beberapa aspek kompetensi yang berbeda direpresentasikan sebagai variabel input sistem. Aspek keselamatan kerja, kesiapan material, metode pekerjaan, progres pekerjaan, serta pelaporan hasil pengawasan dikelompokkan ke dalam tiga domain penilaian utama, yaitu K3, Material, dan Audit Lapangan. Ketiga domain ini menjadi variabel masukan yang

diproses secara terpisah pada tahap inferensi, sehingga sistem dapat menilai kesiapan pengawas pada masing-masing aspek secara independen.

Tabel 4. 3 Representasi Aspek Penilaian ke dalam Variabel Input

No	Hasil Akuisisi Pengetahuan	Makna dalam Evaluasi Pengawas	Representasi Variabel Input
1	Pengawas baru perlu memahami kondisi keselamatan kerja, penggunaan APD, area kerja, rambu, dan potensi bahaya.	Pengawas harus mampu mengenali dan menindaklanjuti risiko keselamatan di lapangan.	K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja)
2	Pengawas baru perlu memahami kesiapan material, spesifikasi, mutu, dan kesesuaian material terhadap kebutuhan pekerjaan.	Pengawas harus mampu memeriksa apakah material layak, sesuai spesifikasi, dan dapat digunakan.	Material
3	Pengawas baru perlu memahami metode pekerjaan, urutan pelaksanaan, progres, dan pelaporan.	Pengawas harus mampu menilai kesesuaian pekerjaan, membaca tahapan pelaksanaan, serta memahami progres dan laporan.	Audit Lapangan

B. Representasi Tingkat Kepentingan Aspek

Temuan bahwa tidak semua aspek memiliki tingkat kepentingan yang sama direpresentasikan sebagai tingkat prioritas antardomain. Pakar menekankan K3 sebagai aspek yang paling diutamakan karena berkaitan langsung dengan keselamatan jiwa, sedangkan Material dan Audit Lapangan tetap diperhitungkan pada prioritas yang lebih rendah dan setara. Urutan prioritas tersebut dinyatakan

© 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

© 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

secara relatif dengan notasi K3 lebih tinggi dibanding Material dan Audit Lapangan yang setara, dan berfungsi sebagai penanda urutan kepentingan, bukan sebagai koefisien pengali pada proses inferensi. Sesuai karakteristik metode Mamdani, tingkat kepentingan ini tidak diterapkan melalui perkalian skor dengan bobot, melainkan ditanamkan secara kualitatif ke dalam konsekuen basis aturan (Dalvand et al., 2022).

Tabel 4. 4 Representasi Tingkat Prioritas

No	Hasil Akuisisi Pengetahuan	Makna dalam Evaluasi Pengawas	Representasi Bobot
1	K3 menjadi aspek yang paling ditekankan karena berkaitan langsung dengan keselamatan kerja.	Domain K3 memiliki tingkat pengaruh lebih tinggi dalam evaluasi kesiapan pengawas.	K3 = 40%
2	Material tetap perlu dipahami karena berpengaruh terhadap mutu dan spesifikasi pekerjaan.	Domain Material diperhitungkan sebagai aspek penting namun pada prioritas lebih rendah dibandingkan K3.	Material = 30%
3	Metode dan progres pekerjaan tetap perlu dipahami karena berpengaruh terhadap tahapan pelaksanaan, waktu, dan pelaporan pekerjaan.	Domain Audit Lapangan diperhitungkan sebagai aspek penting dan memiliki tingkat kepentingan yang setara dengan Material.	Audit Lapangan = 30%

C. Representasi Kualitas Respons Pengawas

Temuan Temuan bahwa kualitas tanggapan pengawas terhadap masalah bersifat berjenjang direpresentasikan sebagai skala konversi nilai respons. Kualitas respons tidak hanya dilihat dari kemampuan pengawas mengenali adanya masalah, tetapi

© 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

juga dari ketepatan tindak lanjut yang diberikan. Respons yang tepat dan proporsional menunjukkan kualitas tertinggi, respons berlebihan tetap menunjukkan kepekaan namun belum proporsional, respons yang kurang memadai menunjukkan masalah disadari tetapi tindak lanjutnya belum tuntas, sedangkan respons paling rendah terjadi ketika pengawas tidak menyadari adanya masalah.

Keempat tingkatan tersebut diperlakukan sebagai kategori ordinal berjenjang yang ditransformasikan menjadi skor tegas (*crisp*) pada rentang interval semesta pembicaraan [0, 1] sebelum memasuki tahap inferensi fuzzy. Proses pemetaan peringkat ini menerapkan metode *Min-Max Normalization* untuk mengubah penilaian kualitatif ordinal menjadi nilai tanpa dimensi (*dimensionless values*) yang seragam, sebagaimana telah dilandaskan pada teori formalisasi pengetahuan pakar di Bab II (Gärtner et al., 2024).

Setiap kategori respons diberikan peringkat kedewasaan (R) dari skala 1 (terendah) hingga 4 (tertinggi). Nilai peringkat tersebut kemudian dikonversi menjadi skor crisp pada rentang [0, 1] menggunakan transformasi linier peringkat ordinal sebagaimana dinyatakan pada Persamaan (4). Dengan menetapkan nilai peringkat terendah ($R_{min} = 1$) dan peringkat tertinggi ($R_{max} = 4$), maka penerapan aturan transformasi matematis (*mathematical transformation rules*) untuk setiap kategori respons adalah sebagai berikut (Gärtner et al., 2024):

1. Correct Action (CA) dengan peringkat $R = 4$:

$$V = \frac{4-1}{4-1} = \frac{3}{3} = 1{,}00$$

2. Over Reaction (OR) dengan peringkat $R = 3$:

$$V = \frac{3-1}{4-1} = \frac{2}{3} = 0{,}666\ldots \rightarrow \text{dibulatkan menjadi } 0{,}67$$

3. Under Reaction (UR) dengan peringkat $R = 2$:

$$V = \frac{2-1}{4-1} = \frac{1}{3} = 0{,}333\ldots \rightarrow \text{dibulatkan menjadi } 0{,}33$$

4. Miss Detection (MD) dengan peringkat $R = 1$:

$$V = \frac{1-1}{4-1} = \frac{0}{3} = 0{,}00$$

Keseluruhan hasil pemetaan dari aturan kuantifikasi elisitasi pakar tersebut disajikan secara terstruktur pada Tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Representasi Kualitas Respons ke dalam Skala Konversi Crisp

Kode Respons	Makna Respons	Dasar Pengetahuan Pakar	Peringkat (R)	Nilai Konversi (V)
CA	Pengawas mengetahui masalah dan memberikan tindakan yang tepat	Respons paling baik karena pengawas peka terhadap masalah dan memberi arahan yang sesuai	4	1,00
OR	Pengawas mengetahui masalah, tetapi tindakannya terlalu berlebihan	Masalah sudah ditangani, tetapi tindakan masih berlebihan dan perlu diarahkan agar proporsional, namun masalahnya sudah tertangani tuntas sehingga kualitasnya masih mendekati respons tepat	3	0,67
UR	Pengawas mengetahui masalah, tetapi tindak lanjutnya	Pengawas sudah melihat masalah, tetapi belum memastikan perbaikannya, sehingga bernilai lebih rendah	2	0,33

© 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

© 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

Kode Respons	Makna Respons	Dasar Pengetahuan Pakar	Peringkat (R)	Nilai Konversi (V)
	kurang atau tidak tuntas	karena masalah masih terbuka dan berisiko berlanjut		
MD	Pengawas tidak menyadari adanya masalah	Kondisi paling berisiko karena tidak ada koreksi dan pekerjaan dapat terus berjalan dalam kondisi salah, sehingga menempati peringkat paling rendah	1	0,00

Nilai konversi tersebut merepresentasikan posisi kualitas respons pada skala interval seragam [0, 1]. Keempat kategori bersifat saling lepas (*mutually exclusive*), sehingga setiap kejadian aktivitas di dalam media simulasi hanya akan diklasifikasikan ke dalam satu kategori sesuai dengan kesesuaian respons nyata peserta terhadap kondisi aktual di lapangan. Oleh karena itu, nilai konversi pada masing-masing kategori tidak diperlakukan sebagai bobot agregasi yang harus dijumlahkan hingga mencapai total persentase tertentu, melainkan sebagai skor tegas (*crisp*) mandiri yang diberikan pada satu kejadian tunggal.

Skor total per domain (K3, Material, dan Audit Lapangan) kemudian diperoleh dengan menghitung rata-rata nilai konversi dari seluruh kejadian yang terekam dalam domain tersebut (Gärtner et al., 2024). Proses perhitungan rata-rata ini memastikan skor akhir domain tetap berada pada rentang semesta pembicaraan [0, 1] tanpa dipengaruhi oleh variasi kuantitas indikator di dalam skenario simulasi, sehingga metrik masukan tersebut telah siap dan valid untuk diproses pada tahap fuzzifikasi di FIS Mamdani.

D. Representasi Tingkat Kesiapan Pengawas

Temuan bahwa kesiapan pengawas bersifat bertingkat direpresentasikan menjadi tiga label linguistik, yaitu Kritis, Pendampingan Terfokus, dan Mandiri, sebagaimana rinciannya disajikan pada Tabel 4.6. Ketiga label ini sekaligus

menjadi dasar pembentukan fungsi keanggotaan pada FIS penilaian domain, sehingga struktur himpunan fuzzy yang digunakan konsisten dengan hasil akuisisi pengetahuan.

Tabel 4. 6 Representasi Tingkat Kesiapan ke dalam Label Linguistik

Label Linguistik	Makna Evaluasi	Dasar Pengetahuan Pakar
Kritis	Pengawas belum menunjukkan kesiapan memadai dan masih berisiko melakukan kesalahan penting	Pengawas belum dapat dilepas karena belum mampu membuat progres atau belum cukup memahami teknis pekerjaan
Pendampingan Terfokus	Pengawas sudah memiliki pemahaman awal, tetapi masih membutuhkan monitoring, arahan, atau bantuan pada aspek tertentu	Pengawas masih dimonitor tim leader dan dapat dibantu apabila mengalami kesulitan pada progres atau administrasi
Mandiri	Pengawas sudah mampu menjalankan tugas pengawasan dengan lebih mandiri	Pengawas dapat dilepas apabila mampu menangani pekerjaan, mengarahkan kontraktor, memberi teguran, mengikuti progres, dan membuat laporan

E. Representasi Basis Aturan

Temuan bahwa kesiapan akhir ditentukan oleh kombinasi seluruh domain dengan K3 sebagai pertimbangan paling menentukan direpresentasikan ke dalam basis aturan IF-THEN. Penilaian kesiapan tidak hanya ditentukan oleh satu aspek, melainkan oleh kombinasi tiga domain penilaian, sehingga basis aturan disusun dalam dua tahap, yaitu penilaian per domain dan penentuan kesiapan akhir.

© 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

© 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

Tahap pertama digunakan untuk menentukan tingkat kesiapan pada masing-masing domain. Skor domain K3, Material, dan Audit Lapangan diproses secara terpisah untuk menghasilkan label kesiapan per domain, yaitu Kritis, Pendampingan Terfokus, atau Mandiri, sehingga sistem dapat menunjukkan domain mana yang sudah baik dan domain mana yang masih memerlukan perhatian.

Tabel 4. 7 Representasi Basis Aturan

No	Aturan IF-THEN Tahap 1
1	IF Skor K3 Kritis THEN Kebutuhan K3 adalah Kritis
2	IF Skor K3 Pendampingan Terfokus THEN Kebutuhan K3 adalah Pendampingan Terfokus
3	IF Skor K3 Mandiri THEN Kebutuhan K3 adalah Mandiri
4	IF Skor Material Kritis THEN Kebutuhan Material adalah Kritis
5	IF Skor Material Pendampingan Terfokus THEN Kebutuhan Material adalah Pendampingan Terfokus
6	IF Skor Material Mandiri THEN Kebutuhan Material adalah Mandiri
7	IF Skor Audit Lapangan Kritis THEN Kebutuhan Audit Lapangan adalah Kritis
8	IF Skor Audit Lapangan Pendampingan Terfokus THEN Kebutuhan Audit Lapangan adalah Pendampingan Terfokus
9	IF Skor Audit Lapangan Mandiri THEN Kebutuhan Audit Lapangan adalah Mandiri

Tahap kedua digunakan untuk menentukan kesiapan akhir peserta dengan menggabungkan label kesiapan dari tiga domain melalui basis aturan keputusan. Setiap domain memiliki tiga kategori kesiapan, sehingga kombinasi ketiga domain menghasilkan 27 aturan keputusan. Penyusunan aturan didasarkan pada prinsip bahwa K3 menjadi domain paling dominan sehingga kelemahan pada K3 memberikan pengaruh lebih besar terhadap penurunan kesiapan akhir. Seluruh kombinasi aturan tahap kedua disajikan pada Tabel 4.8.

© 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

Tabel 4. 8 Representasi Basis Aturan Tahap 2

No	K3	Material	Audit Lapangan	Kesiapan Akhir
1	Kritis	Kritis	Kritis	Kritis
2	Kritis	Kritis	Pendampingan	Kritis
3	Kritis	Kritis	Mandiri	Kritis
4	Kritis	Pendampingan	Kritis	Kritis
5	Kritis	Pendampingan	Pendampingan	Kritis
6	Kritis	Pendampingan	Mandiri	Pendampingan
7	Kritis	Mandiri	Kritis	Kritis
8	Kritis	Mandiri	Pendampingan	Pendampingan
9	Kritis	Mandiri	Mandiri	Pendampingan
10	Pendampingan	Kritis	Kritis	Kritis
11	Pendampingan	Kritis	Pendampingan	Pendampingan
12	Pendampingan	Kritis	Mandiri	Pendampingan
13	Pendampingan	Pendampingan	Kritis	Pendampingan
14	Pendampingan	Pendampingan	Pendampingan	Pendampingan
15	Pendampingan	Pendampingan	Mandiri	Pendampingan
16	Pendampingan	Mandiri	Kritis	Pendampingan
17	Pendampingan	Mandiri	Pendampingan	Pendampingan
18	Pendampingan	Mandiri	Mandiri	Mandiri
19	Mandiri	Kritis	Kritis	Pendampingan
20	Mandiri	Kritis	Pendampingan	Pendampingan
21	Mandiri	Kritis	Mandiri	Pendampingan
22	Mandiri	Pendampingan	Kritis	Pendampingan
23	Mandiri	Pendampingan	Pendampingan	Pendampingan
24	Mandiri	Pendampingan	Mandiri	Mandiri
25	Mandiri	Mandiri	Kritis	Pendampingan
26	Mandiri	Mandiri	Pendampingan	Mandiri
27	Mandiri	Mandiri	Mandiri	Mandiri

© 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

Melalui struktur aturan tersebut, hasil evaluasi tidak hanya menghasilkan klasifikasi akhir, tetapi juga menunjukkan letak kelemahan peserta pada masing-masing domain. Hal ini sesuai dengan hasil akuisisi pengetahuan bahwa pengawas baru dapat berada pada kondisi belum dapat dilepas, masih membutuhkan monitoring atau bantuan pada aspek tertentu, atau sudah mampu bekerja lebih mandiri.

4.2.3 Validasi Pengetahuan

Validasi pengetahuan merupakan proses untuk memastikan bahwa pengetahuan yang diperoleh dari pakar telah direpresentasikan secara benar dan tetap mencerminkan cara berpikir serta pertimbangan pakar dalam melakukan penilaian. Pada tahap ini, komponen yang telah dibentuk pada tahap representasi pengetahuan ditinjau kembali, meliputi domain penilaian, bobot kepentingan domain, skala konversi respons, label linguistik, serta basis aturan IF-THEN. Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil representasi terhadap pengetahuan pakar yang diperoleh pada tahap akuisisi.

Hasil validasi menunjukkan bahwa sebagian besar komponen representasi pengetahuan telah sesuai dan tidak memerlukan perubahan. Rekap komponen yang divalidasi tanpa perubahan disajikan pada Tabel 4.9.

Tabel 4. 9 Rekap Masukan Pakar terhadap Komponen yang Tidak Mengalami Perubahan

No	Komponen yang Divalidasi	Hasil Representasi Pengetahuan	Masukan Pakar
1	Aspek Penilaian	Domain penilaian terdiri atas K3, Material, dan Audit Lapangan.	Domain tersebut sudah mewakili aspek utama yang perlu dikuasai pengawas baru, yaitu keselamatan kerja, material, metode pekerjaan, progres, dan pelaporan.

© 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

No	Komponen yang Divalidasi	Hasil Representasi Pengetahuan	Masukan Pakar
2	Tingkat kepentingan aspek	K3 menjadi domain dengan pengaruh lebih besar, sedangkan Material dan Audit Lapangan tetap diperhitungkan.	K3 memang perlu menjadi fokus utama karena berkaitan langsung dengan keselamatan kerja, sementara Material dan Audit Lapangan tetap penting dalam pengawasan.
3	Nilai kepentingan antar aspek	K3 = 40%, Material = 30%, Audit Lapangan = 30%.	Pembagian tersebut dapat digunakan karena K3 memiliki prioritas lebih tinggi, sedangkan Material dan Audit Lapangan tetap diperhitungkan secara seimbang.
4	Tingkat kesiapan pengawas	Label kesiapan terdiri atas Kritis, Pendampingan Terfokus, dan Mandiri.	Ketiga label tersebut sudah sesuai untuk menggambarkan pengawas yang belum siap, masih perlu arahan pada aspek tertentu, dan sudah mampu bekerja lebih mandiri.
5	Skala konversi respons	CA = 1,00; OR = 0,67; UR = 0,33; MD = 0,00	Urutan nilai sudah sesuai karena respons tepat memiliki kualitas tertinggi, respons berlebihan ditempatkan mendekati respons tepat karena pengawas tetap mengenali masalah dan tetap menuntaskan penanganan, respons tidak tuntas bernilai lebih rendah karena meskipun masalah disadari, penanganannya dibiarkan tidak selesai sehingga masalah masih

© 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

No	Komponen yang Divalidasi	Hasil Representasi Pengetahuan	Masukan Pakar
			terbuka dan berisiko berlanjut, dan tidak menyadari masalah menjadi kondisi paling rendah.
6	Basis Aturan Tahap 1	Skor tiap domain dikonversi menjadi label Kritis, Pendampingan Terfokus, atau Mandiri.	Pelabelan per domain sudah sesuai karena hasil evaluasi perlu menunjukkan aspek mana yang masih lemah dan aspek mana yang sudah baik.

Struktur Tahap 2 tetap digunakan sebagai dasar penggabungan label K3, Material, dan Audit Lapangan untuk menentukan kesiapan akhir. Namun, pada tahap validasi terdapat masukan terhadap beberapa keluaran aturan agar sistem tidak terlalu keras menetapkan kategori Kritis pada kondisi ketika K3 tidak berada pada label Kritis, maupun pada kondisi ketika K3 sudah Mandiri sehingga risiko keselamatan utama telah terkendali. Dengan demikian, struktur Tahap 2 tetap dipertahankan, tetapi beberapa keluaran aturan disesuaikan sebagaimana disajikan pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Masukan Pakar terhadap Perubahan Aturan Sebelum dan Sesudah Validasi

No Aturan	Kondisi Domain	Keluaran Sebelum Validasi	Masukan Pakar	Keluaran Sesudah Validasi
16	K3 = Pendampingan Terfokus; Material = Mandiri;	Kritis	Karena K3 tidak berada pada kondisi Kritis dan Material sudah Mandiri, kelemahan pada Audit Lapangan	Pendampingan Terfokus

© 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

No Aturan	Kondisi Domain	Keluaran Sebelum Validasi	Masukan Pakar	Keluaran Sesudah Validasi
	Audit Lapangan = Kritis		lebih tepat menunjukkan kebutuhan arahan pada aspek tertentu, bukan kondisi Kritis secara keseluruhan.	
19	K3 = Mandiri; Material = Kritis; Audit Lapangan = Kritis	Kritis	Karena K3 sudah Mandiri, risiko keselamatan utama sudah lebih terkendali. Kelemahan pada Material dan Audit Lapangan tetap membuat peserta belum layak Mandiri, tetapi lebih tepat dikategorikan sebagai Pendampingan Terfokus	Pendampingan Terfokus

Berdasarkan hasil validasi, struktur Tahap 2 tetap dipertahankan sebagai dasar penggabungan label, dengan penyesuaian pada beberapa keluaran aturan agar hasil inferensi lebih proporsional. Dengan demikian, validasi pengetahuan menunjukkan bahwa sebagian besar komponen representasi pengetahuan tidak mengalami perubahan, sedangkan perubahan hanya terjadi pada beberapa keluaran aturan Tahap 2. Hasil validasi ini menjadi dasar penggunaan basis aturan FIS Mamdani dalam evaluasi kesiapan peserta.

© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

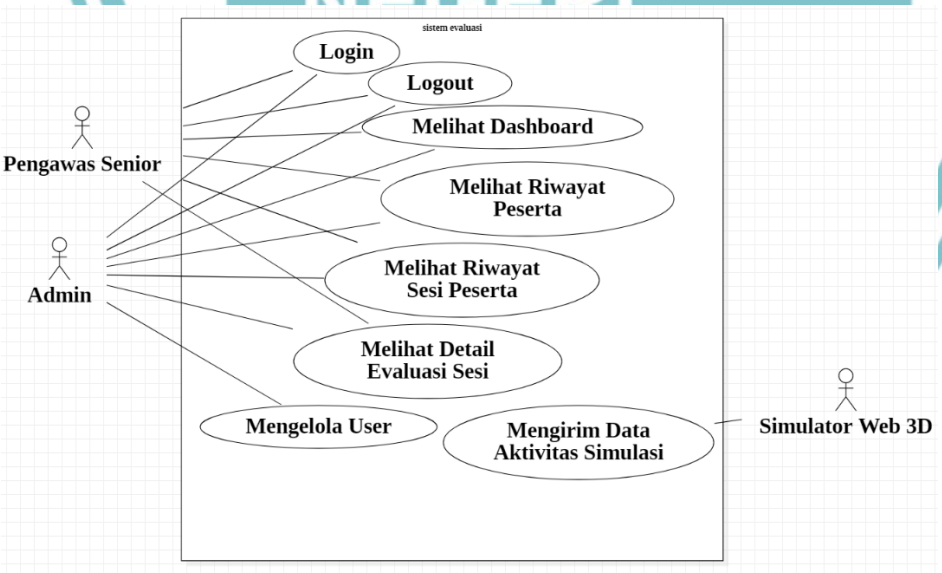
Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan 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

4.3 Perancangan Sistem

Tahap perancangan sistem bertujuan untuk menerjemahkan spesifikasi kebutuhan yang telah dirumuskan pada tahap analisis menjadi rancangan teknis yang dapat diimplementasikan. Perancangan ini mencakup empat aspek utama, yaitu perancangan arsitektur sistem yang menggambarkan struktur dan keterhubungan antarkomponen, perancangan alur kerja sistem, perancangan antarmuka yang menggambarkan tata letak dan fungsi setiap halaman aplikasi, serta perancangan metode Fuzzy Inference System (FIS) Mamdani yang menjadi inti pengolahan evaluasi kesiapan peserta On the Job Training (OJT).

4.3.1 Use Case Diagram

Use Case Diagram adalah diagram yang menggambarkan fungsionalitas sistem dari sudut pandang pengguna (aktor). Diagram ini berfungsi untuk memperlihatkan interaksi antara aktor dengan use case (fungsi atau layanan) yang disediakan oleh sistem, sehingga ruang lingkup sistem serta siapa saja yang berhak mengakses setiap fungsi dapat dipahami dengan jelas. Berdasarkan hasil analisis, sistem ini melibatkan tiga aktor yang terdiri atas dua aktor manusia dan satu aktor sistem eksternal. Ketiga aktor tersebut adalah Pengawas Senior, Admin, dan Simulator Web 3D.



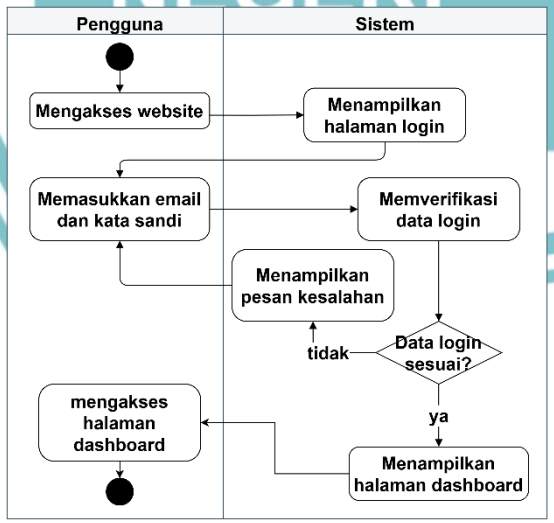
Gambar 4. 1 Use Case Diagram

Use case diagram pada Gambar 4.1 menggambarkan interaksi antara aktor dengan Sistem Evaluasi Simulasi Kesiapan OJT berbasis web. Aktor yang terlibat terdiri dari Pengawas Senior, Admin, dan Simulator Web 3D. Pengawas Senior dapat melakukan login, logout, melihat dashboard, melihat daftar peserta, melihat riwayat sesi peserta, serta melihat detail evaluasi sesi. Admin dapat mengakses fitur yang tersedia bagi Pengawas Senior, Admin juga dapat mengelola user pengguna pada sistem. Sementara itu, Simulator Web 3D berperan sebagai sistem eksternal yang mengirimkan data aktivitas simulasi peserta ke sistem evaluasi. Data tersebut digunakan sebagai dasar proses evaluasi kesiapan peserta OJT.

4.3.2 *Activity Diagram*

Activity Diagram adalah diagram yang menggambarkan alur kerja atau urutan aktivitas yang terjadi di dalam sistem dari awal hingga akhir suatu proses. Diagram ini berfungsi untuk memperlihatkan logika proses, alur keputusan, serta hubungan aktivitas antara pengguna dan sistem. Pada sistem ini terdapat tujuh activity diagram, yaitu Login, Logout,

1. *Activity Diagram* Login



© 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

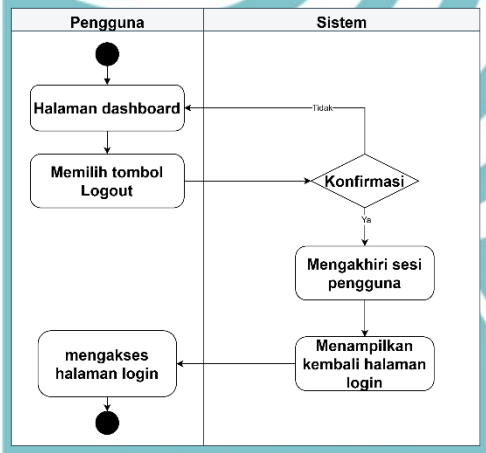
© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

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

Gambar 4. 2 *Activity Diagram* Login

Activity Diagram Login menggambarkan alur pengguna ketika masuk ke dalam sistem. Proses dimulai saat pengguna mengakses website, kemudian sistem menampilkan halaman login. Setelah halaman login ditampilkan, pengguna memasukkan email dan kata sandi. Sistem kemudian melakukan verifikasi terhadap data login yang dimasukkan. Jika data login tidak sesuai, sistem akan menampilkan pesan kesalahan dan pengguna dapat memasukkan ulang email serta kata sandi. Namun, jika data login sesuai, sistem akan menampilkan halaman dashboard, pengguna dapat mengakses fitur yang tersedia sesuai hak aksesnya.

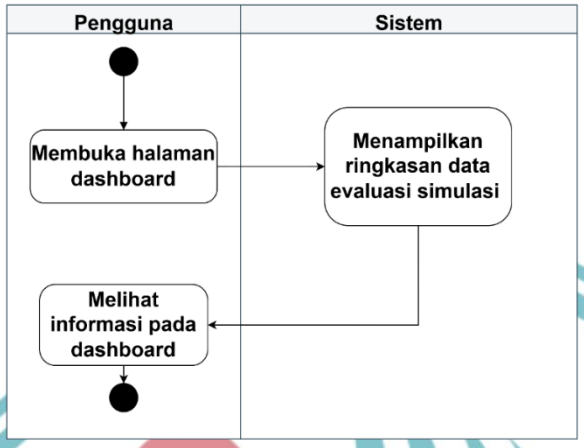
2. *Activity Diagram* Logout



Gambar 4. 3 *Diagram* Logout

Activity Diagram Logout menggambarkan alur pengguna ketika keluar dari sistem. Proses dimulai saat pengguna memilih tombol Logout. Setelah tombol tersebut dipilih, sistem menampilkan konfirmasi untuk memastikan apakah pengguna benar benar ingin keluar dari sistem. Jika pengguna memilih Batalkan, maka proses logout dibatalkan dan pengguna tetap berada pada halaman dashboard. Namun, jika pengguna mengkonfirmasi, maka sistem akan mengakhiri sesi pengguna dan menampilkan kembali halaman login.

3. *Activity Diagram* Melihat Dashboard



Gambar 4. 4 *Activity Diagram* Halaman Dashboard

Activity diagram pada gambar 4.4 menggambarkan alur pengguna ketika mengakses halaman dashboard. Proses dimulai saat pengguna membuka halaman dashboard, kemudian sistem menampilkan ringkasan data evaluasi simulasi. Setelah data ditampilkan, pengguna dapat melihat Informasi yang ditampilkan meliputi total sesi keseluruhan, total pengguna, daftar nama peserta, distribusi label sesi terakhir, sesi terakhir berlangsung, performa terbaik, performa menurun, serta skor terbaik peserta. Setelah data ditampilkan, pengguna dapat melihat informasi tersebut sebagai gambaran umum hasil evaluasi kesiapan OJT pada sistem.

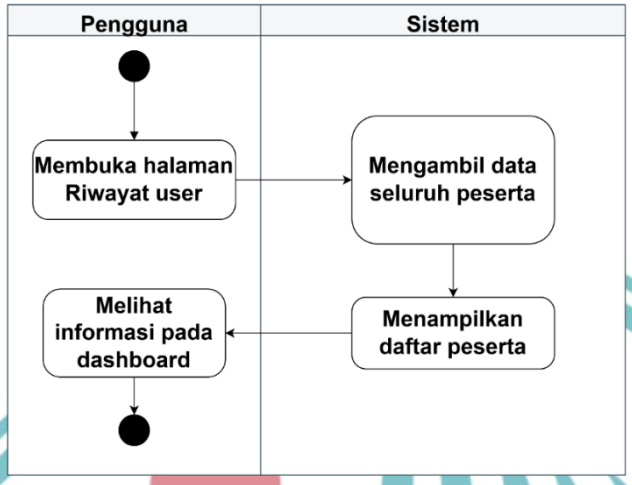
4. *Activity Diagram* Melihat Daftar Peserta

© 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

© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

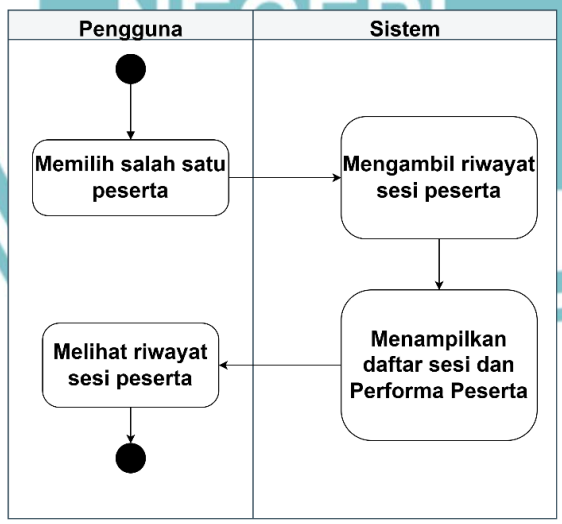
Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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



Gambar 4. 5 *Activity Diagram* Melihat Daftar Peserta

Activity diagram pada gambar 4.5 menggambarkan alur pengguna ketika mengakses halaman daftar peserta. Proses dimulai saat pengguna membuka halaman riwayat user, kemudian sistem mengambil data seluruh peserta yang tersimpan. Setelah data berhasil diperoleh, sistem menampilkan daftar peserta kepada pengguna. Melalui halaman ini, pengguna dapat melihat peserta yang telah mengikuti simulasi.

5. *Activity Diagram* Melihat Riwayat Sesi Peserta

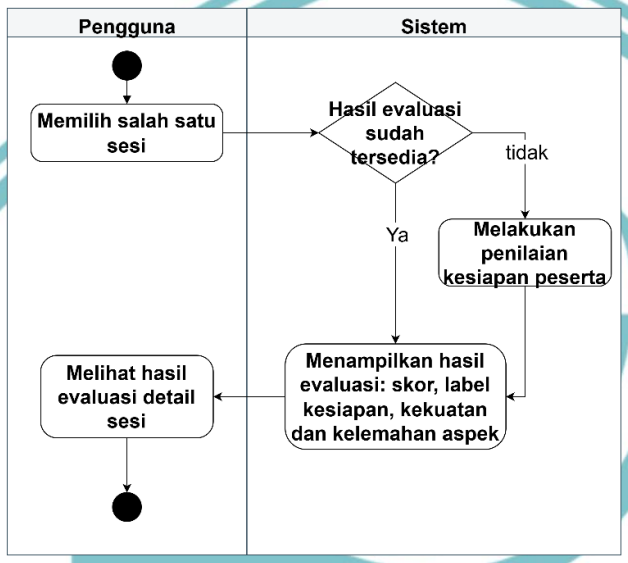


Gambar 4. 6 *Activity Diagram* Melihat Riwayat Sesi Peserta

Activity diagram pada Gambar 4.6 menggambarkan alur pengguna ketika melihat riwayat sesi dari salah satu peserta. Proses dimulai saat pengguna memilih salah

satu peserta pada daftar peserta. Setelah itu, sistem mengambil data riwayat sesi peserta yang dipilih. Sistem kemudian menampilkan daftar sesi dari peserta sehingga pengguna dapat melihat riwayat evaluasi yang pernah dilakukan oleh peserta tersebut

6. *Activity Diagram* Detail Evaluasi Sesi



Gambar 4. 7 Activity Diagram Detail Evaluasi Sesi

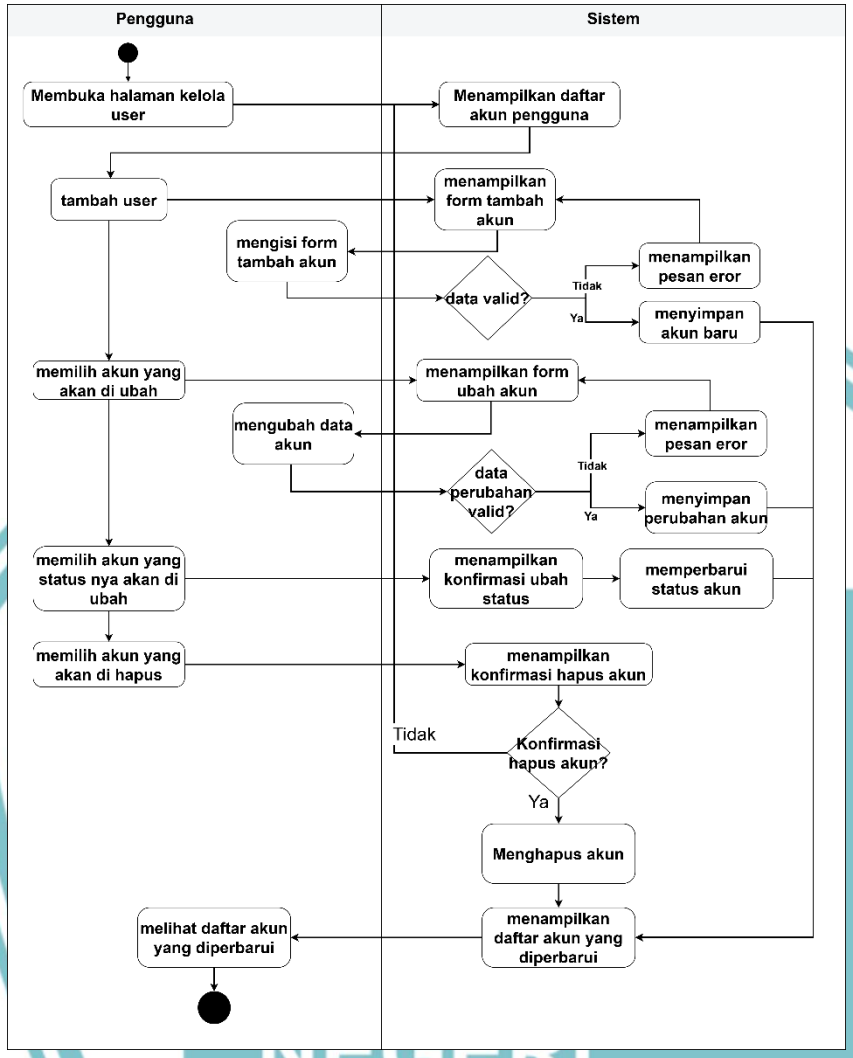
Activity diagram pada Gambar 4.7 menggambarkan alur pengguna ketika melihat detail evaluasi dari salah satu sesi peserta. Proses dimulai saat pengguna memilih salah satu sesi yang tersedia. Sistem kemudian memeriksa apakah hasil evaluasi sesi sudah tersedia. Jika hasil evaluasi sudah tersedia, sistem langsung menampilkan detail evaluasi. Jika hasil evaluasi belum tersedia, sistem akan melakukan penilaian kesiapan peserta terlebih dahulu. Setelah proses penilaian selesai, sistem menampilkan hasil evaluasi berupa skor, label kesiapan, serta kekuatan dan kelemahan aspek. Selanjutnya, pengguna dapat melihat hasil evaluasi detail sesi.

7. *Activity Diagram* Mengelola Akun

© 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

© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

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



Gambar 4. 8 *Activity Diagram* kelola Akun

Activity diagram kelola user menggambarkan proses pengelolaan akun oleh admin pada sistem. Proses dimulai ketika pengguna membuka halaman Kelola User, kemudian sistem menampilkan daftar akun pengguna yang terdaftar. Pada halaman tersebut, pengguna dapat melakukan beberapa aksi, yaitu menambah user, mengubah data akun, mengubah status akun, dan menghapus akun. Pada proses tambah dan edit akun, sistem melakukan validasi data sebelum menyimpan perubahan. Jika data tidak valid, sistem menampilkan pesan error. Jika data valid, sistem menyimpan data dan memperbarui daftar akun. Pada proses hapus akun, sistem menampilkan konfirmasi terlebih dahulu sebelum akun dihapus. Setelah setiap aksi berhasil dilakukan, sistem menampilkan kembali daftar akun yang telah diperbarui.

© 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

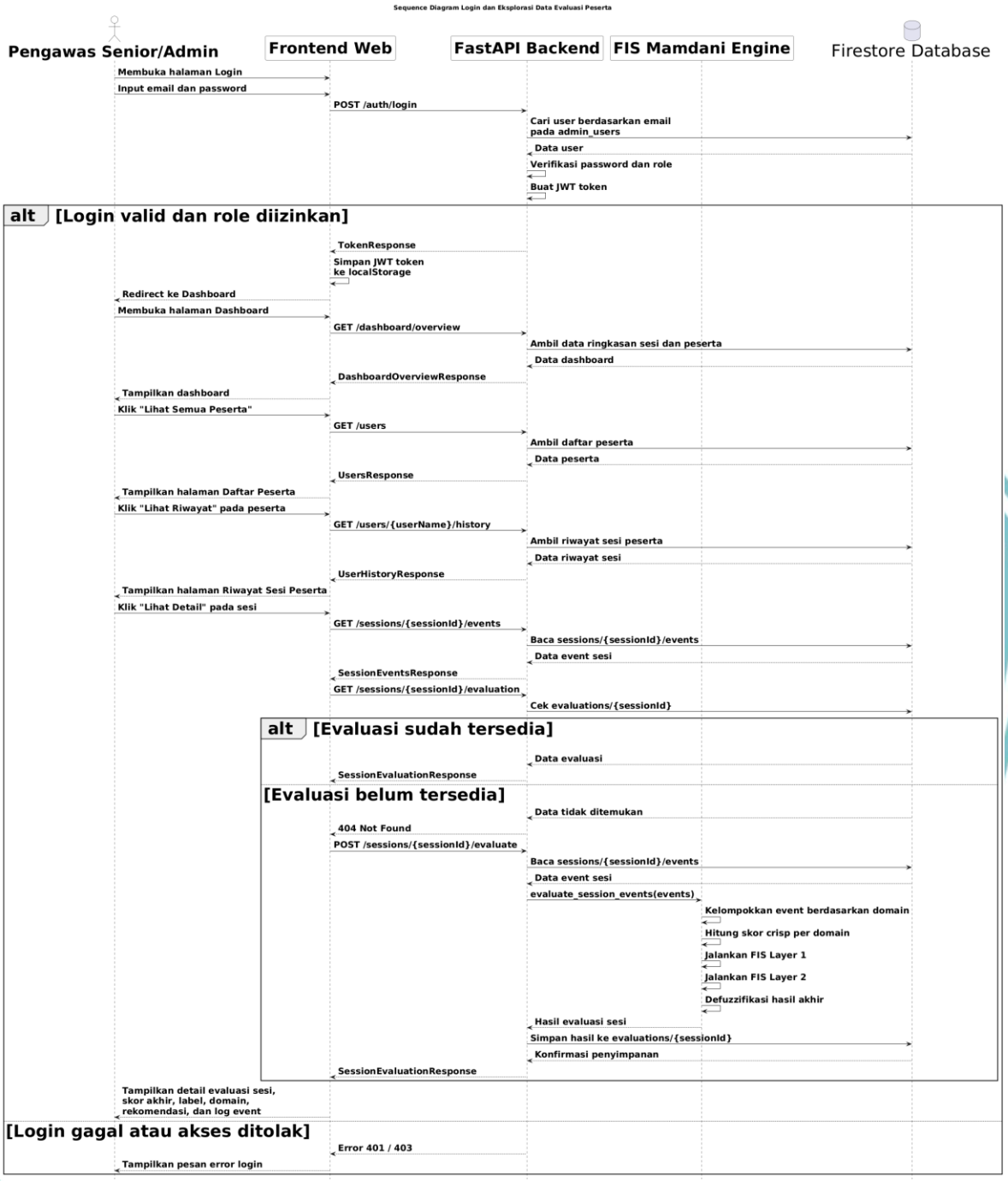
4.3.3 Sequence *Diagram*

Sequence Diagram adalah diagram yang menggambarkan interaksi antarobjek atau komponen sistem berdasarkan urutan waktu. Diagram ini memperlihatkan pertukaran pesan antarobjek selama sebuah skenario berlangsung, mulai dari pesan yang dipicu oleh pengguna hingga respons yang dikembalikan oleh sistem. Pada sistem ini, sequence diagram digunakan untuk memodelkan alur interaksi utama pengguna dengan sistem dalam mengakses dan menelusuri data evaluasi. Alur dimulai ketika pengguna membuka halaman login, kemudian memasukkan email dan password. Data login dikirimkan dari frontend ke backend untuk diverifikasi berdasarkan data pengguna yang tersimpan pada Firestore. Apabila kredensial valid dan role pengguna diizinkan, backend akan menghasilkan JWT token yang kemudian disimpan oleh frontend pada localStorage, lalu pengguna diarahkan ke halaman dashboard. Apabila login gagal atau akses tidak diizinkan, sistem akan menampilkan pesan kesalahan kepada pengguna.

Setelah berhasil login, pengguna dapat menelusuri data evaluasi peserta melalui halaman dashboard, daftar peserta, riwayat sesi peserta, hingga detail evaluasi sesi. Pada alur detail evaluasi sesi, sistem terlebih dahulu mengambil data event sesi dan mengecek ketersediaan hasil evaluasi pada Firestore. Apabila hasil evaluasi sudah tersedia, sistem langsung mengembalikan data evaluasi ke frontend. Namun, apabila hasil evaluasi belum tersedia, backend akan menjalankan proses evaluasi menggunakan FIS Mamdani Engine berdasarkan data event sesi yang tersimpan pada koleksi sessions/{sessionId}/events. Hasil evaluasi kemudian disimpan ke koleksi evaluations/{sessionId} dan ditampilkan kepada pengguna dalam bentuk skor akhir, label kesiapan, hasil per domain, rekomendasi, serta log event.

© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

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

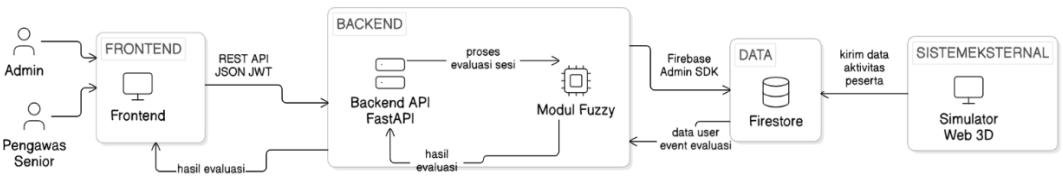


Gambar 4. 9 Sequence Diagram Sistem Evaluasi Peserta

4.3.4 Arsitektur Sistem

Arsitektur sistem dirancang menggunakan pendekatan berlapis yang memisahkan tanggung jawab sistem ke dalam beberapa lapisan utama, yaitu lapisan presentasi, lapisan aplikasi, lapisan data, serta sistem eksternal. Pemisahan ini bertujuan untuk

meningkatkan modularitas sistem, sehingga setiap komponen dapat dikembangkan, diuji, dan dipelihara secara lebih terstruktur. Selain itu, pendekatan ini juga memudahkan pengelolaan alur data mulai dari pengiriman aktivitas peserta oleh simulator, proses evaluasi menggunakan Fuzzy Inference System (FIS) Mamdani, hingga penyajian hasil evaluasi kepada pengguna.



Gambar 4. 10 Arsitektur Sistem

Berdasarkan Gambar 4.12, pengguna sistem terdiri atas dua peran, yaitu Admin dan Pengawas Senior. Admin memiliki hak akses untuk mengelola akun pengguna, sedangkan Pengawas Senior berperan dalam memantau riwayat sesi, serta melihat hasil evaluasi peserta. Selain pengguna internal, sistem juga menerima data dari Simulator Web 3D sebagai sistem eksternal yang menghasilkan data aktivitas peserta selama proses simulasi berlangsung. Lapisan presentasi diwujudkan dalam bentuk *frontend web app* yang dikembangkan menggunakan React, Vite, dan TypeScript. Komponen ini menjadi antarmuka utama bagi pengguna untuk berinteraksi dengan sistem, seperti melakukan login, mengakses dashboard, menelusuri riwayat evaluasi, dan melihat detail hasil evaluasi pada setiap sesi. Komunikasi antara frontend dan backend dilakukan melalui REST API dengan format data JSON. Pada setiap permintaan yang membutuhkan autentikasi, frontend menyertakan token JWT sebagai mekanisme pengamanan akses.

Lapisan aplikasi berada pada backend API yang dikembangkan menggunakan FastAPI. Backend berperan sebagai pusat pengolahan logika bisnis sistem, meliputi proses autentikasi, pengambilan data sesi, pengelolaan akun pengguna, pemrosesan data aktivitas peserta, serta penyediaan hasil evaluasi kepada frontend. Backend juga menjadi penghubung antara antarmuka pengguna, basis data Firestore, dan modul perhitungan Fuzzy Mamdani. Akses backend ke Firestore dilakukan menggunakan Firebase Admin SDK. Modul Fuzzy Mamdani merupakan bagian

© 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

© 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

dari lapisan aplikasi yang berfungsi untuk mengolah data aktivitas peserta menjadi hasil evaluasi kesiapan. Proses perhitungan dilakukan melalui dua tahapan yang keduanya menjalankan inferensi FIS Mamdani secara penuh. Modul ini menerima data masukan dari backend, melakukan proses inferensi, kemudian mengembalikan nilai crisp score, label evaluasi, dan informasi pendukung yang digunakan dalam penyajian hasil evaluasi.

Lapisan data menggunakan Google Cloud Firestore sebagai basis data berbasis dokumen. Firestore menyimpan data utama sistem, meliputi data akun pengguna, data sesi, data aktivitas peserta, dan hasil evaluasi. Data aktivitas peserta disimpan pada struktur sessions/{sessionId}/events, sedangkan hasil evaluasi dapat disimpan pada koleksi evaluations/{sessionId}. Dengan struktur tersebut, data aktivitas dari simulator dapat digunakan sebagai masukan evaluasi, sementara hasil perhitungan dapat diakses kembali untuk kebutuhan riwayat dan detail evaluasi. Simulator Web 3D ditempatkan sebagai sistem eksternal karena tidak termasuk dalam aplikasi utama, tetapi berperan penting sebagai sumber data masukan. Simulator mengirimkan data aktivitas peserta ke Firestore ketika peserta menjalankan skenario pengawasan virtual. Data tersebut kemudian dibaca oleh backend saat pengguna membuka detail sesi evaluasi.

4.3.5 Perancangan Metode Fuzzy Mamdani

Bagian ini menguraikan perancangan komponen inti yang menjadi fokus utama penelitian, yaitu model evaluasi berbasis *Fuzzy Inference System* (FIS) metode Mamdani. Model ini bertugas menerjemahkan data aktivitas peserta OJT yang diperoleh dari simulator menjadi klasifikasi kesiapan yang objektif dan terdokumentasi. Pemilihan metode Mamdani didasarkan pada kemampuannya merepresentasikan penalaran pakar ke dalam basis aturan yang menyerupai pola pengambilan keputusan pakar, sehingga keluaran sistem dapat dipahami, dijelaskan, dan dipertanggungjawabkan berdasarkan proses penalaran yang digunakan. Logika fuzzy juga dipandang tepat karena penilaian kompetensi pada dasarnya bersifat bertingkat dan tidak selalu dapat dinyatakan secara tegas, di mana

© 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

seorang peserta dapat berada pada kondisi peralihan antara dua tingkat kesiapan. Oleh karena itu, model evaluasi dirancang agar mampu menangani kondisi peralihan tersebut tanpa memaksakan batas keputusan yang kaku.

Model evaluasi pada penelitian ini dirancang dengan pendekatan fuzzy hierarkis yang terdiri atas dua tahap, di mana keduanya menjalankan proses FIS Mamdani secara penuh. Tahap pertama berfungsi mengevaluasi tiga domain kompetensi secara paralel dan independen, sehingga menghasilkan satu nilai centroid beserta label kesiapan per domain. Tahap kedua berfungsi mengintegrasikan keluaran setiap domain menjadi satu keputusan kesiapan keseluruhan. Integrasi ini dilakukan melalui basis aturan keputusan, dengan prioritas kepentingan antardomain direpresentasikan pada konsekuen aturan Tahap 2. Dengan demikian, kombinasi kondisi antar domain dapat menghasilkan klasifikasi kesiapan akhir sesuai tingkat kepentingannya.

Pemisahan ke dalam dua tahap dilakukan agar sistem tidak hanya menyajikan kesimpulan akhir, tetapi juga memberikan rincian kekuatan dan kelemahan peserta pada setiap domain, yang dibutuhkan pengawas senior untuk menyusun tindak lanjut yang terarah. Keseluruhan tahapan, mulai dari jawaban peserta hingga label akhir, dirancang mengikuti alur baku FIS yang terdiri atas perhitungan skor, fuzzifikasi, inferensi, dan defuzzifikasi. Pada bagian-bagian berikut, setiap komponen model dijelaskan secara berurutan, dimulai dari struktur domain evaluasi sampai dengan contoh perhitungan menyeluruh.

A. Struktur Domain Evaluasi dan Perhitungan Skor Crisp

Data masukan sistem berasal dari aktivitas peserta pada simulator, yang direkam dalam bentuk event. Setiap event memiliki kategori respons tertentu dan dikelompokkan ke dalam domain kompetensi berdasarkan pemetaan yang telah dikonfigurasi pada sistem. Setiap respons peserta dikonversi ke dalam nilai numerik, kemudian seluruh nilai pada domain yang sama dihitung rata-ratanya untuk menghasilkan satu nilai tegas (*crisp score*) dalam rentang [0, 1]. Nilai ini selanjutnya digunakan sebagai masukan pada proses fuzzifikasi Tahap 1.

© 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

Setiap butir penilaian diklasifikasikan ke dalam empat kategori respons, yaitu *Correct Action* (CA), *Over Reaction* (OR), *Under Reaction* (UR), dan *Miss Detection* (MD). Kategori *Correct Action* diberikan apabila peserta mengidentifikasi permasalahan dengan benar dan mengambil tindakan yang tepat. Kategori *Over Reaction* diberikan apabila peserta mengenali permasalahan tetapi memberikan respons yang berlebihan. Kategori *Under Reaction* diberikan apabila peserta menyadari permasalahan namun penanganannya belum tuntas. Kategori *Miss Detection* diberikan apabila peserta tidak mampu mendeteksi adanya permasalahan. Keempat kategori membentuk skala ordinal empat tingkat yang dinormalisasi ke rentang [0, 1], yaitu CA sebagai tingkat tertinggi bernilai 1,00, OR bernilai 0,67, UR bernilai 0,33, dan MD sebagai tingkat terendah bernilai 0,00. Penetapan nilai mengikuti praktik pemberian skor berjenjang pada indikator kualitatif sebelum tahap fuzzifikasi, dengan jarak antartingkat dibuat seragam karena keempat kategori membentuk urutan mutu yang setara antarperingkat (Hashemi et al., 2025; Ogorodova et al., 2025). Rincian kategori respons dan nilai konversinya disajikan pada Tabel 4.10.

Tabel 4. 10 Kategori Respons Simulasi dan Nilai Konversi

Kode	Nama	Deskripsi	Nilai
CA	Correct Action	Identifikasi benar, tindakan tepat	1.0
OR	Over Reaction	Identifikasi benar, tindakan berlebihan	0.67
UR	Under Reaction	Sadar masalah, penanganan tidak tuntas	0.33
MD	Miss Detection	Tidak menyadari masalah sama sekali	0.0

Sebelum diproses dalam inferensi fuzzy, jawaban peserta pada setiap domain dikonversi menjadi nilai tegas (*crisp*) dalam rentang [0, 1] berdasarkan pemetaan kategori pada Tabel 4.10. Nilai tersebut merupakan skor mutu yang menunjukkan kualitas respons peserta pada satu kejadian penilaian. Keempat kategori bersifat

© 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

saling lepas, sehingga setiap kejadian hanya masuk ke satu kategori sesuai kesesuaian respons terhadap kondisi aktual. Oleh karena itu, nilai konversi tidak dimaksudkan untuk dijumlahkan menjadi total tertentu, karena penjumlahan antarkategori tidak memiliki makna dalam proses penilaian.

Skor domain kemudian dihitung dari rata rata nilai konversi seluruh jawaban pada domain yang bersangkutan, sebagaimana dinyatakan pada Persamaan (4.1).

$$Skor\ Domain = \frac{\sum_{i=1}^{n} \text{Nilai}_i}{n} \qquad (4.1)$$

di mana Nilai_i merupakan nilai konversi jawaban ke-i sesuai Tabel 4.11, sedangkan n merupakan jumlah butir penilaian pada domain tersebut. Melalui perhitungan ini, skor domain yang dihasilkan tetap berada pada rentang [0, 1], dengan nilai 0 menunjukkan seluruh respons berada pada kategori terendah dan nilai 1 menunjukkan seluruh respons berada pada kategori terbaik. Skor domain inilah yang selanjutnya digunakan sebagai masukan crisp pada tahap fuzzifikasi.

B. Variabel Linguistik dan Fungsi Keanggotaan

Variabel Model FIS pada penelitian ini menggunakan tiga himpunan fuzzy untuk merepresentasikan tingkat kesiapan peserta, yaitu Kritis, Pendampingan Terfokus, dan Mandiri. Ketiga himpunan ini digunakan secara konsisten, baik sebagai variabel masukan maupun keluaran, pada Tahap 1 maupun Tahap 2. Seluruh variabel linguistik menggunakan semesta pembicaraan [0, 1] yang didiskretisasi menjadi 101 titik dengan jarak 0,01. Bentuk fungsi keanggotaan dirancang mengikuti karakteristik posisi himpunan pada semesta pembicaraan: himpunan Kritis berbentuk trapesium kiri, Pendampingan Terfokus berbentuk segitiga, dan Mandiri berbentuk trapesium kanan. Titik-titik fungsi keanggotaan ditetapkan sedemikian rupa sehingga titik potong antarhimpunan yang berdekatan berada tepat pada derajat keanggotaan 0,5. Konfigurasi ini menjamin bahwa jumlah derajat keanggotaan pada setiap titik di sepanjang semesta pembicaraan selalu konstan bernilai 1,0, sehingga tidak terdapat celah yang menyebabkan area agregasi kosong. Parameter setiap fungsi keanggotaan disajikan pada Tabel 4.11.

© 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

Tabel 4. 11 Himpunan Fuzzy dan Parameter Fungsi Keanggotaan

Label	Bentuk Kurva	Parameter
Kritis	Trapesium kiri	[0; 0; 0,40; 0,60]
Pendampingan Terfokus	Segitiga	[0,40; 0,60; 0,80]
Mandiri	Trapesium kanan	[0,60; 0,80; 1; 1]

Fungsi keanggotaan himpunan Kritis dirumuskan pada Persamaan (4.2), bernilai penuh ketika skor berada pada atau di bawah 0,40, menurun linear pada rentang 0,40 sampai 0,60, dan bernilai nol pada skor 0,60 ke atas.

$$\mu_{Kritis}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 0{,}40 \\ \dfrac{0{,}60 - x}{0{,}20}, & 0{,}40 < x < 0{,}60 \\ 0, & x \geq 0{,}60 \end{cases} \quad (4.2)$$

Fungsi keanggotaan himpunan Pendampingan Terfokus dirumuskan pada Persamaan (4.3), berbentuk segitiga dengan sisi naik pada rentang 0,40 sampai 0,60 dan sisi turun pada rentang 0,60 sampai 0,80, mencapai puncak 1,0 tepat pada skor 0,60.

$$\mu_{Pendampingan}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0{,}4 \text{ atau } x \geq 0{,}8 \\ \dfrac{x - 0{,}4}{0{,}2}, & 0{,}4 < x \leq 0{,}6 \\ \dfrac{0{,}8 - x}{0{,}2}, & 0{,}6 < x < 0{,}8 \end{cases} \quad (4.3)$$

Fungsi keanggotaan himpunan Mandiri dirumuskan pada Persamaan (4.4), bernilai nol ketika skor berada pada atau di bawah 0,60, meningkat linear pada rentang 0,60 sampai 0,80, dan bernilai penuh pada skor 0,80 ke atas.

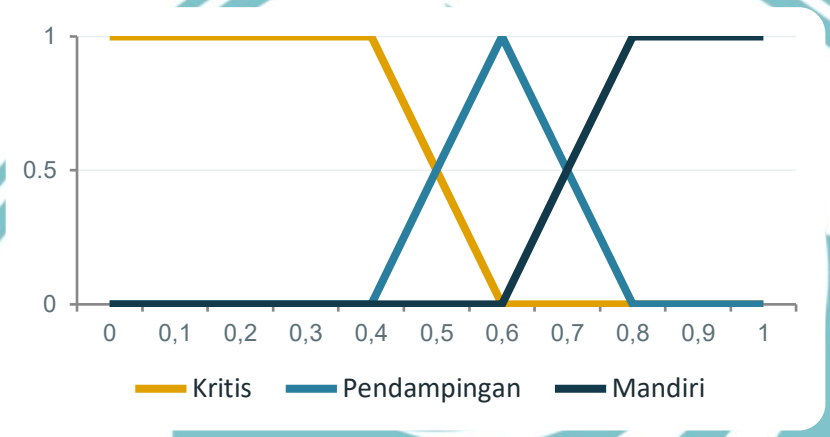
$$\mu_{Mandiri}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0{,}60 \\ \frac{x-0{,}60}{0{,}2}, & 0{,}60 < x < 0{,}80 \\ 1, & x \geq 0.80 \end{cases} \quad (4.4)$$

Ketiga fungsi keanggotaan tersebut digambarkan pada satu semesta pembicaraan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.21. Kurva Kritis dan Pendampingan

© 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

Terfokus saling beririsan tepat pada skor 0,50 dengan derajat keanggotaan masing-masing 0,5, demikian pula kurva Pendampingan Terfokus dan Mandiri yang beririsan tepat pada skor 0,70. Daerah irisan inilah yang memungkinkan sebuah skor memiliki keanggotaan pada dua himpunan sekaligus, sehingga sistem dapat merepresentasikan kondisi peserta yang berada pada peralihan antartingkat kesiapan secara halus.



Gambar 4. 11 Kurva Fungsi Keanggotaan Tiga Himpunan Fuzzy

Fuzzifikasi mengubah skor crisp menjadi derajat keanggotaan pada ketiga himpunan fuzzy. Skor domain dimasukkan ke ketiga fungsi keanggotaan, menghasilkan tiga nilai derajat keanggotaan pada rentang [0, 1] yang menjadi dasar kekuatan aktivasi aturan. Sebagai ilustrasi, skor 0,70 berada tepat pada titik potong antara Pendampingan Terfokus dan Mandiri, sehingga menghasilkan derajat keanggotaan 0,5 pada kedua himpunan tersebut dan 0 pada Kritis. Contoh lain, skor 0,50 berada tepat pada titik potong antara Kritis dan Pendampingan Terfokus, menghasilkan derajat keanggotaan 0,5 pada keduanya. Pada kondisi peralihan seperti inilah pendekatan fuzzy menunjukkan keunggulannya, karena sistem tidak memaksakan keputusan tegas yang dapat berubah drastis hanya karena selisih skor yang kecil.

© 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

C. Basis Aturan dan Proses Inferensi

Terdapat dua basis aturan yang berbeda, yaitu basis aturan Tahap 1 untuk evaluasi per domain dan basis aturan Tahap 2 untuk keputusan akhir. Basis aturan Tahap 1 disusun menggunakan pemetaan satu-banding-satu, karena setiap domain hanya memiliki satu variabel masukan sehingga tidak diperlukan kombinasi antarvariabel. Ketiga aturan tersebut diterapkan pada ketiga domain (K3, Material, serta Audit Lapangan), sebagaimana telah dirumuskan pada basis aturan Tahap 1 di Tabel 4.7.

Proses inferensi mengikuti metode Mamdani melalui fungsi implikasi minimum (*min*) dan komposisi maksimum (*max*). Kekuatan aktivasi setiap aturan ditentukan oleh derajat keanggotaan masukan, lalu digunakan untuk memotong (*clipping*) area himpunan keluaran yang bersesuaian. Seluruh area keluaran kemudian digabungkan menjadi satu area fuzzy gabungan yang menjadi masukan defuzzifikasi.

Basis aturan Tahap 2 mempertimbangkan kombinasi tiga masukan, yaitu hasil evaluasi domain K3, Material, dan Audit Lapangan, yang masing-masing dapat bernilai Kritis, Pendampingan Terfokus, atau Mandiri. Kombinasi ini menghasilkan $3^3 = 27$ aturan keputusan yang konsekuennya telah memuat prioritas kepentingan antardomain sesuai hasil validasi pengetahuan, sebagaimana telah disajikan pada Tabel 4.8. Proses inferensi pada Tahap 2 mengikuti mekanisme Mamdani yang sama, yaitu kekuatan aktivasi tiap aturan dihitung sebagai nilai minimum dari derajat keanggotaan ketiga masukan, kemudian seluruh kontribusi aturan aktif dikomposisikan melalui operator maksimum menjadi satu area fuzzy gabungan sebelum didefuzzifikasi.

D. Defuzzifikasi dengan Metode Centroid

Defuzzifikasi mengubah area fuzzy gabungan hasil inferensi kembali menjadi satu nilai tegas (*crisp*) sebagai keluaran FIS. Metode yang digunakan adalah centroid (*center of area*), yang menentukan keluaran berdasarkan titik berat area fuzzy gabungan. Metode centroid dipilih karena mempertimbangkan keseluruhan bentuk

© 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

area keluaran, sehingga nilai yang dihasilkan bersifat halus dan tidak melompat secara tiba-tiba ketika masukan berubah sedikit. Sifat ini penting karena nilai keluaran dapat digunakan sebagai indeks kompetensi berkelanjutan yang dapat dipantau perkembangannya. Titik berat hasil defuzzifikasi dirumuskan pada Persamaan (4.5).

$$z^* = \frac{\int z \cdot \mu(z)\, dz}{\int \mu\,(z)\, dz} \tag{4.5}$$

Simbol z* menyatakan nilai crisp keluaran, z menyatakan titik pada semesta keluaran, dan μ(z) menyatakan derajat keanggotaan area gabungan pada titik z. Dalam implementasi praktis, integral diaproksimasi secara numerik melalui diskritisasi 101 titik pada semesta [0, 1]. Apabila seluruh area agregasi bernilai nol (tidak ada aturan teraktivasi), nilai keluaran ditetapkan 0,0 sebagai nilai bawaan.

Nilai crisp keluaran selanjutnya dikonversi menjadi label kesiapan dengan mengevaluasi kembali derajat keanggotaannya pada ketiga himpunan dan memilih label dengan derajat keanggotaan tertinggi. Mekanisme ini berlaku konsisten pada Tahap 1 maupun Tahap 2. Karena fungsi keanggotaan dirancang dengan titik potong pada 0,5, batas antarlabel terjadi tepat pada titik potong kurva, yaitu peralihan Kritis ke Pendampingan Terfokus pada $z^* \approx 0{,}50$ dan peralihan Pendampingan Terfokus ke Mandiri pada $z^* \approx 0{,}70$. Pemetaan rentang nilai keluaran terhadap label disajikan pada Tabel 4.12.

Tabel 4. 12 Pemetaan Nilai Output ke Label Kesiapan

Rentang Nilai z*	Label Kesiapan
0,00 – 0,50	Kritis
0,50 – 0,70	Pendampingan Terfokus
0,70 – 1,00	Mandiri

4.4 Implementasi Sistem

Tahap implementasi merupakan realisasi dari seluruh rancangan yang telah disusun pada tahap perancangan menjadi sebuah sistem yang dapat dijalankan. Sistem yang

© 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

dibangun adalah Sistem Monitoring Evaluasi Kesiapan OJT Pengawas Pelaksana berbasis web untuk PT Bumi Madani, yang mengimplementasikan rancangan arsitektur, model evaluasi Fuzzy Inference System (FIS) Mamdani dua tahap, serta rancangan antarmuka pengguna ke dalam kode program yang fungsional. Rancangan yang diimplementasikan meliputi arsitektur monorepo frontend-backend, skema data Firestore, alur evaluasi FIS dari event simulasi hingga klasifikasi kesiapan, serta struktur halaman dashboard bagi Pengawas Senior dan Admin. Secara garis besar sistem tersusun atas tiga komponen utama, yaitu antarmuka pengguna berbasis React, layanan backend berupa REST API beserta mesin FIS yang dibangun dengan FastAPI, dan basis data Google Cloud Firestore. Pembahasan pada sub-bab ini dibagi menjadi empat bagian, yaitu teknologi yang digunakan, struktur penataan kode, implementasi modul-modul utama dengan penekanan pada mesin evaluasi fuzzy, serta hasil implementasi antarmuka pengguna.

4.4.1 Teknologi dan Tools yang Digunakan

Pembangunan sistem memanfaatkan sejumlah teknologi yang penentuannya mempertimbangkan kebutuhan fungsional sistem, ketersediaan pustaka pendukung yang relevan dengan metode yang digunakan, serta keterpaduan antarkomponen pada keseluruhan arsitektur. Agar pembahasan lebih sistematis, teknologi yang digunakan dikelompokkan menurut perannya pada masing-masing lapisan sistem.

Pada sisi server, sistem dibangun menggunakan bahasa pemrograman Python dengan kerangka kerja FastAPI yang menyediakan antarmuka REST API. Pemilihan FastAPI didasari oleh dukungannya terhadap pemrosesan permintaan secara asinkron serta validasi struktur data bawaan melalui Pydantic, sehingga skema masukan dan keluaran setiap endpoint dapat didefinisikan secara ketat. Aplikasi server dijalankan di atas Uvicorn sebagai server ASGI. Inti dari penelitian ini, yaitu mesin evaluasi fuzzy, dibangun menggunakan pustaka scikit-fuzzy. Pustaka ini menjadi pertimbangan utama karena menyediakan operasi-operasi fuzzy yang dibutuhkan pada metode Mamdani secara langsung, meliputi

pembentukan fungsi keanggotaan trapesium dan segitiga, perhitungan derajat keanggotaan suatu nilai terhadap sebuah himpunan, serta defuzzifikasi dengan metode centroid. Dalam pengoperasiannya, scikit-fuzzy ditopang oleh pustaka NumPy yang menangani pembentukan semesta pembicaraan serta operasi numerik pada kurva keanggotaan.

Pada sisi klien, antarmuka pengguna dikembangkan menggunakan pustaka React dengan bahasa TypeScript. Penggunaan TypeScript bertujuan menjaga ketepatan tipe data antarkomponen sehingga potensi kesalahan dapat terdeteksi sejak tahap penulisan kode. Proses pembangunan dan pengembangan antarmuka dikelola oleh Vite, sementara perpindahan antarhalaman ditangani oleh react-router-dom. Penyajian data dalam bentuk grafik, seperti distribusi label kesiapan pada halaman ringkasan, memanfaatkan pustaka Recharts, sedangkan kebutuhan ikon antarmuka dipenuhi oleh lucide-react.

Pada sisi penyimpanan, sistem menggunakan Google Cloud Firestore, yaitu basis data NoSQL berbasis dokumen. Basis data ini dipilih karena karakteristik datanya sesuai dengan bentuk data aktivitas peserta yang bertingkat dan tidak kaku, serta karena koleksi yang sama menjadi tempat Simulator Web 3D menuliskan data event peserta. Akses backend terhadap Firestore difasilitasi oleh Firebase Admin SDK. Keamanan akses sistem ditangani melalui mekanisme JSON Web Token (JWT) yang diproses menggunakan pustaka python-jose, sementara kata sandi pengguna disimpan dalam bentuk teracak (hash) menggunakan bcrypt. Konfigurasi yang bersifat rahasia dikelola melalui variabel lingkungan dengan bantuan python-dotenv. Ringkasan keseluruhan teknologi yang digunakan beserta versi dan perannya dalam sistem disajikan pada Tabel 4.16.

Tabel 4. 13 Teknologi dan Tools yang Digunakan

Teknologi	Versi	Peran dalam Sistem
Python	3.11	Bahasa pemrograman utama pada sisi backend
FastAPI	0.110.0	Kerangka kerja web penyedia REST API

© 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

© 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

Teknologi	Versi	Peran dalam Sistem
Uvicorn	0.27.0	Server ASGI untuk menjalankan aplikasi backend
Google Cloud Firestore	2.16.0	Basis data NoSQL berbasis dokumen
Firebase Admin SDK	6.5.0	Akses Firestore dari sisi backend
scikit-fuzzy	0.4.2	Mesin FIS Mamdani (fungsi keanggotaan, inferensi, defuzzifikasi centroid)
NumPy	1.26.0	Komputasi numerik dan operasi pada kurva keanggotaan
Pydantic v2	2.6.0	Validasi data dan definisi skema masukan/keluaran
python-jose	3.3.0	Pemrosesan token JWT
bcrypt	4.0.0	Pengamanan kata sandi melalui hashing
TypeScript	5.9.3	Bahasa pemrograman pada sisi frontend
React	19.2.3	Pustaka pembangun komponen antarmuka
Vite	7.3.0	Build tool dan development server frontend
react-router-dom	7.11.0	Pengelolaan navigasi antarhalaman
Recharts	3.5.1	Visualisasi grafik pada antarmuka
lucide-react	0.561.0	Penyedia ikon antarmuka

Komunikasi antara sisi klien dan sisi server berlangsung melalui protokol HTTP REST API dengan format pertukaran data JSON, dan setiap permintaan yang memerlukan autentikasi diamankan menggunakan JWT Bearer Token.

4.4.2 Struktur Project

Proyek sistem disusun dalam satu repositori tunggal berpola *monorepo* dengan pemisahan direktori yang jelas antara kode backend dan kode frontend. Struktur ini diterapkan agar setiap bagian sistem memiliki konteks kerja yang terpisah dan lebih mudah dikelola. Direktori backend/ digunakan untuk menyimpan seluruh kode

© 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

server berbasis FastAPI, mencakup konfigurasi, skema data, router API, layanan akses data, serta modul *Fuzzy Inference System* (FIS) Mamdani, sementara direktori frontend/ digunakan untuk menyimpan seluruh kode antarmuka pengguna berbasis React dan TypeScript.

Pada sisi backend, berkas main.py berperan sebagai titik masuk aplikasi FastAPI sekaligus tempat pendaftaran seluruh router, dan setelah frontend di-*build* berkas yang sama juga melayani berkas statis dari frontend/dist/ sehingga satu proses server menangani backend dan frontend pada saat *production*, sedangkan requirements.txt menyimpan daftar *dependency* Python yang digunakan. Modul core/ berisi konfigurasi dan utilitas inti berupa inisialisasi Firebase, dependency autentikasi JWT, serta *hashing* kata sandi, modul models/ berisi definisi skema Pydantic, modul routers/ berisi endpoint API, dan modul services/ berisi logika akses data ke Firestore. Selain itu, direktori fuzzy/ ditempatkan secara khusus untuk memisahkan logika evaluasi kesiapan peserta OJT dari lapisan routing dan akses data, dan di dalamnya terdapat empat berkas, yaitu engine.py sebagai orkestrator, layer1.py dan layer2.py sebagai dua tahap inferensi FIS, serta membership.py sebagai pendefinisi fungsi keanggotaan. Pemisahan ini memudahkan proses pengujian, pemeliharaan, dan pengembangan sistem karena perubahan pada logika fuzzy tidak langsung memengaruhi modul backend lainnya. Susunan direktori dan berkas utama proyek secara ringkas disajikan pada Tabel 4.17.

Tabel 4. 14 Struktur Direktori Utama Proyek

Direktori / Berkas	Fungsi
backend/	Direktori utama kode backend berbasis FastAPI
backend/main.py	Titik masuk aplikasi FastAPI, tempat pendaftaran seluruh router, sekaligus penyaji berkas statis frontend saat production

Direktori / Berkas	Fungsi
backend/requirements.txt	Daftar dependency Python yang digunakan pada sisi backend
backend/seed.py	Script pendukung untuk pengisian atau inisialisasi data awal
backend/.env	Konfigurasi variabel lingkungan yang digunakan saat pengembangan
backend/.env.example	Contoh konfigurasi variabel lingkungan tanpa data rahasia
backend/serviceAccountKey.json	Kredensial Firebase Admin SDK untuk menghubungkan backend dengan Firestore
backend/core/	Konfigurasi dan utilitas inti, meliputi inisialisasi Firebase, dependency autentikasi JWT, hashing kata sandi, dan encode/decode token
backend/models/	Definisi skema data menggunakan Pydantic untuk permintaan dan tanggapan API
backend/routers/	Endpoint API untuk autentikasi, dashboard, pengguna, sesi, dan pengelolaan akun
backend/services/	Logika akses data sebagai penghubung antara backend dan Firestore, termasuk evaluasi otomatis
backend/fuzzy/	Direktori khusus implementasi FIS Mamdani dua tahap
backend/fuzzy/engine.py	Orkestrasi evaluasi, pemetaan event ke domain, dan alur Layer 1 ke Layer 2
backend/fuzzy/layer1.py	FIS Layer 1, evaluasi skor per domain dengan satu masukan
backend/fuzzy/layer2.py	FIS Layer 2, agregasi tiga masukan melalui 27 aturan keputusan

© 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

Direktori / Berkas	Fungsi
backend/fuzzy/membership.py	Pendefinisian fungsi keanggotaan dan klasifikasi label
frontend/	Direktori utama kode frontend berbasis React dan TypeScript
frontend/src	Kode antarmuka pengguna, meliputi halaman, komponen, konteks autentikasi, API client, dan utilitas tampilan
frontend/package.json	Konfigurasi dependency dan script pengembangan frontend

4.4.3 Implementasi Modul Utama

Implementasi modul-modul utama pada sistem ini mengacu pada rancangan arsitektur. Pembahasan diawali dari modul pendukung berupa autentikasi dan pengolahan event, kemudian difokuskan pada modul evaluasi FIS Mamdani, dan modul *routing* API.

A. Implementasi Modul Autentikasi dan Otorisasi

Modul Modul autentikasi dan otorisasi digunakan untuk mengatur proses masuk pengguna serta membatasi akses berdasarkan peran pengguna di dalam sistem. Modul ini diimplementasikan melalui beberapa berkas utama, yaitu security.py, auth_deps.py, auth_service.py, auth.py, dan admin_users.py.

Proses autentikasi dimulai ketika pengguna mengirimkan email dan kata sandi melalui endpoint login. Sistem kemudian mencari data akun pada koleksi admin_users di Firestore berdasarkan email yang dimasukkan. Apabila akun ditemukan dan masih berstatus aktif, sistem memverifikasi kata sandi pengguna dengan membandingkannya terhadap nilai hashed_password yang tersimpan menggunakan algoritma bcrypt. Penggunaan bcrypt bertujuan agar kata sandi tidak disimpan dalam bentuk asli, melainkan dalam bentuk hash yang lebih aman.

© 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

© 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

Jika proses verifikasi berhasil, sistem membuat token autentikasi berbasis JSON Web Token (JWT). Token tersebut memiliki masa berlaku selama delapan jam dan memuat informasi dasar pengguna, yaitu ID pengguna (sub), nama pengguna, dan peran pengguna. Token ini kemudian dikembalikan kepada frontend dan digunakan pada setiap permintaan berikutnya melalui skema Bearer Token. Pada setiap endpoint yang membutuhkan autentikasi, sistem memvalidasi token JWT menggunakan dependency injection FastAPI. Validasi ini dilakukan untuk memastikan bahwa permintaan berasal dari pengguna yang telah berhasil login dan memiliki token yang masih valid. Apabila token tidak tersedia, tidak valid, atau sudah kedaluwarsa, sistem akan menolak permintaan dengan status tidak terotorisasi.

Sistem mendukung dua jenis peran pengguna, yaitu admin dan pengawas_senior. Peran admin memiliki akses penuh terhadap sistem, termasuk fitur pengelolaan akun pengguna dan rekomputasi evaluasi. Sementara itu, peran pengawas_senior dapat mengakses fitur monitoring, riwayat peserta, detail sesi, dan hasil evaluasi, tetapi tidak dapat mengelola akun pengguna. Pembatasan akses tersebut diterapkan melalui dua dependency utama, yaitu require_any_role dan require_admin. Dependency require_any_role digunakan untuk endpoint yang dapat diakses oleh seluruh pengguna terautentikasi, sedangkan require_admin digunakan untuk endpoint yang hanya boleh diakses oleh admin.

Selain proses login, modul ini juga menyediakan fitur pengelolaan akun pengguna bagi admin. Admin dapat menambahkan akun baru, mengubah data akun, mengaktifkan atau menonaktifkan akun, serta menghapus akun pengguna. Pada proses pembuatan dan pembaruan akun, sistem melakukan validasi agar email tidak digunakan oleh lebih dari satu akun. Sistem juga mencegah admin menonaktifkan atau menghapus akunnya sendiri, serta mencegah penghapusan atau penonaktifan satu-satunya admin aktif agar sistem tetap memiliki akun pengelola. Dengan adanya modul autentikasi dan otorisasi ini, sistem dapat memastikan bahwa hanya pengguna yang telah terdaftar dan berhasil login yang dapat mengakses fitur utama. Selain itu, pembagian hak akses berdasarkan peran membuat fitur administratif

© 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

hanya dapat digunakan oleh admin, sehingga keamanan dan pengelolaan sistem menjadi lebih terkontrol.

B. Implementasi Modul FIS Mamdani

Modul fuzzy/ merupakan inti dari sistem evaluasi dan mengimplementasikan seluruh rancangan FIS Mamdani. Modul ini dipecah menjadi empat berkas dengan tanggung jawab yang terpisah, yaitu pendefinisian fungsi keanggotaan dan klasifikasi label pada membership.py, evaluasi FIS per domain pada Tahap1.py, evaluasi FIS agregasi hierarkis pada Tahap2.py, serta orkestrasi keseluruhan proses pada engine.py.

Pendefinisian fungsi keanggotaan dilakukan pada membership.py. Semesta pembicaraan (*universe of discourse*) didiskritisasi menjadi 101 titik merata pada rentang [0, 1] menggunakan fungsi numpy.linspace, yang memberikan resolusi 0.01 per titik untuk keseimbangan antara akurasi perhitungan dan efisiensi komputasi. Ketiga himpunan fuzzy dirancang dengan titik potong (*crossover point*) antarkurva yang diatur secara presisi pada nilai keanggotaan 0.5, sehingga jumlah total derajat keanggotaan pada setiap titik di sepanjang rentang [0, 1] selalu konstan bernilai 1.0. Konfigurasi ini menghindari celah *under-coverage*, yaitu kondisi ketika seluruh area agregasi keluaran bernilai nol akibat tidak ada himpunan yang teraktivasi. Setiap himpunan fuzzy direpresentasikan sebagai sebuah dataclass bertipe MembershipSet yang memiliki tiga atribut, yaitu label berupa nama himpunan, points berupa parameter titik kurva, dan values berupa larik nilai keanggotaan yang telah dihitung pada setiap titik semesta menggunakan fungsi fuzz.trapmf untuk kurva trapesium dan fuzz.trimf untuk kurva segitiga dari pustaka scikit-fuzzy. Penggunaan dataclass dengan atribut frozen=True memastikan bahwa parameter fungsi keanggotaan bersifat immutable setelah diinisialisasi, sehingga tidak dapat diubah secara tidak sengaja selama proses komputasi berlangsung. Ketiga himpunan dibangun melalui fungsi pabrik build_membership_sets() yang mengembalikan sebuah kamus (*dictionary*) berisi objek MembershipSet dengan parameter sesuai Kode 4.1, dan hasilnya disimpan pada variabel tingkat modul

© 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

MEMBERSHIP_SETS agar hanya perlu dihitung satu kali saat modul pertama kali dimuat. Potongan kode pendefinisian fungsi keanggotaan disajikan sebagai berikut.

```
from __future__ import annotations
from dataclasses import dataclass
import numpy as np
import skfuzzy as fuzz

UNIVERSE = np.linspace(0.0, 1.0, 101)

@dataclass(frozen=True)
class MembershipSet:
    label: str
    points: tuple[float, ...]
    values: np.ndarray

def build_membership_sets() -> dict[str, MembershipSet]:
    return {
        "Kritis": MembershipSet(
            label="Kritis",
            points=(0.00, 0.00, 0.40, 0.60),
            values=fuzz.trapmf(UNIVERSE,   [0.00,   0.00,   0.40,
0.60]),
        ),
        "Pendampingan": MembershipSet(
            label="Pendampingan",
            points=(0.40, 0.60, 0.80),
            values=fuzz.trimf(UNIVERSE, [0.40, 0.60, 0.80]),
        ),
        "Mandiri": MembershipSet(
            label="Mandiri",
            points=(0.60, 0.80, 1.00, 1.00),
            values=fuzz.trapmf(UNIVERSE,  [0.60,   0.80,   1.00,
1.00]),
        ),
    }
```

Berkas yang sama juga menyediakan dua fungsi utilitas yang digunakan berulang oleh modul lain. Fungsi clamp_score bertugas memvalidasi dan membatasi nilai masukan agar selalu berada dalam rentang [0, 1], serta menangani kemungkinan nilai bertipe bukan numerik dengan mengembalikan 0.0 sebagai nilai bawaan sehingga proses komputasi selanjutnya tidak terganggu oleh data yang tidak valid. Sementara itu, fungsi classify_value menentukan label kesiapan dari sebuah nilai crisp dengan mengevaluasi derajat keanggotaannya pada ketiga himpunan menggunakan fuzz.interp_membership lalu memilih label dengan derajat tertinggi. Pada evaluasi tahap akhir, fungsi ini menerima parameter final_Tahap=True yang

secara otomatis mengganti label "Pendampingan" menjadi "Pendampingan Terfokus" untuk membedakan konteks evaluasi keseluruhan dari evaluasi per domain. Potongan kode kedua fungsi utilitas tersebut disajikan sebagai berikut.

```
def clamp_score(value: float) -> float:
    try:
        numeric_value = float(value)
    except (TypeError, ValueError):
        return 0.0
    return min(1.0, max(0.0, numeric_value))

def classify_value(value: float, final_Tahap: bool = False) ->
str:
    score = clamp_score(value)
    memberships = {
        label:              float(fuzz.interp_membership(UNIVERSE,
member.values, score))
        for label, member in MEMBERSHIP_SETS.items()
    }
    label = max(memberships, key=memberships.get)
    if final_Tahap and label == "Pendampingan":
        return "Pendampingan Terfokus"
    return label
```

Evaluasi FIS untuk satu domain kompetensi diimplementasikan pada berkas Tahap1.py melalui fungsi evaluate_domain_score. Proses evaluasi diawali dengan pembatasan skor masukan menggunakan clamp_score agar nilai tetap berada pada rentang yang ditentukan. Selanjutnya, tahap fuzzifikasi dilakukan dengan menghitung derajat keanggotaan skor crisp terhadap setiap himpunan fuzzy menggunakan fungsi fuzz.interp_membership. Basis aturan pada tahap ini menggunakan pemetaan satu banding satu, yaitu setiap himpunan masukan secara langsung mengaktifkan himpunan keluaran yang sesuai dengan karakter evaluasi per kompetensi. Nilai aktivasi dari setiap aturan kemudian digunakan untuk membatasi area himpunan keluaran melalui operator minimum (numpy.fmin). Seluruh hasil aktivasi aturan tersebut digabungkan menggunakan operator maksimum (numpy.fmax) sehingga membentuk satu area fuzzy gabungan. Setelah itu, proses defuzzifikasi dilakukan menggunakan metode centroid melalui fungsi fuzz.defuzz. Apabila area fuzzy gabungan bernilai nol, yang menunjukkan bahwa tidak ada aturan yang aktif, maka nilai centroid ditetapkan sebesar 0,0 sebagai nilai default. Fungsi ini menghasilkan sebuah kamus yang berisi nilai centroid yang telah

© 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

dibulatkan hingga empat angka desimal, label kesiapan hasil klasifikasi, serta derajat keanggotaan pada setiap himpunan. Potongan kode proses FIS per domain disajikan sebagai berikut.

```
def evaluate_domain_score(crisp_score: float) -> dict[str, float
| str]:
    score = clamp_score(crisp_score)
    aggregated_output = np.zeros_like(UNIVERSE)
    degrees: dict[str, float] = {}

    for label, member in MEMBERSHIP_SETS.items():
        activation = float(
            fuzz.interp_membership(UNIVERSE,      member.values,
score)
        )
        degrees[label] = activation
        rule_output = np.fmin(activation, member.values)
        aggregated_output      =      np.fmax(aggregated_output,
rule_output)

    if not np.any(aggregated_output):
        centroid_value = 0.0
    else:
        centroid_value = float(
            fuzz.defuzz(UNIVERSE, aggregated_output, "centroid")
        )

    return {
        "centroid_value": round(centroid_value, 4),
        "label": classify_value(centroid_value),
        "membership_degrees": {
            key: round(value, 4) for key, value in degrees.items()
        },
    }
```

Evaluasi tahap kedua diimplementasikan pada Tahap2.py melalui fungsi evaluate_aggregate_score. Berbeda dengan evaluasi per domain yang hanya menerima satu nilai masukan, fungsi ini menerima tiga nilai crisp terpisah hasil defuzzifikasi Tahap 1, yaitu k3_score, material_score, dan AudLap_score. Ketiga masukan tersebut difuzzifikasi secara terpisah untuk memperoleh derajat keanggotaan masing-masing domain terhadap himpunan Kritis, Pendampingan, dan Mandiri. Inti dari tahap ini adalah basis aturan keputusan yang terdiri atas 27 aturan, yang mencakup seluruh kombinasi tiga kemungkinan kondisi pada tiga domain ($3^3 = 27$). Basis aturan tersebut disimpan dalam struktur konstanta _RULES berupa list yang berisi 27 tuple, di mana setiap tuple memetakan kombinasi

© 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

© 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

himpunan ketiga domain pada bagian anteseden ke sebuah himpunan keputusan akhir pada bagian konsekuen. Bobot kepentingan domain, yaitu K3 sebesar 40%, Material sebesar 30%, dan Audit Lapangan sebesar 30%, diintegrasikan secara kualitatif dalam penentuan konsekuen aturan. Dengan pendekatan tersebut, domain K3 memperoleh pengaruh lebih dominan terhadap keputusan akhir, khususnya ketika hasil evaluasinya menunjukkan kondisi Kritis atau Pendampingan Terfokus.

Untuk setiap aturan, kekuatan aktivasi (firing strength) dihitung sebagai operasi minimum atas derajat keanggotaan ketiga anteseden, sesuai operator konjungsi (AND) pada metode Mamdani. Kekuatan aktivasi tersebut digunakan untuk memotong area himpunan keluaran pada konsekuen melalui operator numpy.fmin, dan kontribusi seluruh aturan digabungkan menggunakan operator numpy.fmax menjadi satu area fuzzy gabungan. Defuzzifikasi kembali dilakukan dengan metode centroid, dan label akhir ditentukan melalui pemanggilan classify_value dengan parameter final_Tahap=True, sehingga label "Pendampingan" pada keluaran tahap kedua secara otomatis diganti menjadi "Pendampingan Terfokus". Perbedaan mendasar antara Tahap 2 dan Tahap 1 terletak pada jumlah masukan dan kompleksitas basis aturan: Tahap 1 mengevaluasi satu domain dengan pemetaan satu banding satu, sedangkan Tahap 2 mengagregasi tiga domain melalui 27 aturan keputusan berbobot. Potongan kode struktur basis aturan dan inti proses inferensi Tahap 2 disajikan sebagai berikut.

```
# Setiap tuple: (himpunan K3, himpunan Material, himpunan AudLap,
keputusan)
_RULES: list[tuple[str, str, str, str]] = [
    ("Kritis",      "Kritis",      "Kritis",      "Kritis"),
    ("Kritis",      "Kritis",      "Pendampingan", "Kritis"),
    ("Kritis",      "Kritis",      "Mandiri",     "Kritis"),
    # ... (27 aturan total, sesuai Tabel Rule Base Tahap 2)
    ("Mandiri",     "Mandiri",     "Pendampingan", "Mandiri"),
    ("Mandiri",     "Mandiri",     "Mandiri",     "Mandiri"),
]

def evaluate_aggregate_score(
    k3_score: float,
    material_score: float,
    AudLap_score: float,
) -> dict[str, float | str]:
    """
```

© 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

```
    Run the Tahap 2 Mamdani FIS: 3 inputs (centroid Tahap 1) × 27
rules → 1 output.
    """
    domain_scores = {
        "K3": clamp_score(k3_score),
        "Material": clamp_score(material_score),
        "Metode&Progres": clamp_score(AudLap_score),
    }

    input_memberships: dict[str, dict[str, float]] = {
        domain: {
            label:          float(fuzz.interp_membership(UNIVERSE,
member.values, score))
            for label, member in MEMBERSHIP_SETS.items()
        }
        for domain, score in domain_scores.items()
    }

    aggregated_output = np.zeros_like(UNIVERSE)

    for k3_lbl, mat_lbl, met_lbl, out_lbl in _RULES:
        activation = min(
            input_memberships["K3"][k3_lbl],
            input_memberships["Material"][mat_lbl],
            input_memberships["Metode&Progres"][met_lbl],
        )
        rule_output             =             np.fmin(activation,
MEMBERSHIP_SETS[out_lbl].values)
        aggregated_output       =       np.fmax(aggregated_output,
rule_output)

    if not np.any(aggregated_output):
        centroid_value = 0.0
    else:
        centroid_value =          float(fuzz.defuzz(UNIVERSE,
aggregated_output, "centroid"))

    degrees = {
        label:       round(float(fuzz.interp_membership(UNIVERSE,
member.values, centroid_value)), 4)
        for label, member in MEMBERSHIP_SETS.items()
    }

    return {
        "centroid_value": round(centroid_value, 4),
        "label":                  classify_value(centroid_value,
final_Tahap=True),
        "membership_degrees": degrees,
    }
```

Seluruh proses dikoordinasikan oleh engine.py yang berperan sebagai orkestrator. Berkas ini mendefinisikan tiga struktur data konfigurasi, yaitu ANSWER_WEIGHTS yang memetakan kode jawaban ke bobot numerik, yaitu Correct Action = 1.0, Over Reaction = 0.5, Under Reaction = 0.2, dan Miss

© 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

Detection = 0.0, DOMAIN_WEIGHTS yang memetakan nama domain ke bobot agregasi, serta MARKER_TYPE_DOMAIN_MAP yang memetakan setiap jenis marker pada simulator ke domain kompetensi yang bersangkutan. Apabila jenis marker dari suatu event tidak ditemukan dalam peta utama, sistem melakukan pencocokan cadangan atau fallback berdasarkan atribut scenario melalui kamus SCENARIO_DOMAIN_FALLBACK, sehingga event yang berasal dari format data yang sedikit berbeda tetap dapat dikelompokkan ke domain yang benar. Mekanisme pencocokan dua tahap ini diwujudkan dalam fungsi pembantu _get_event_domain.

Fungsi utama evaluate_session_events menerima daftar event mentah dari satu sesi simulator, lalu mengelompokkan event tersebut ke dalam domain dan menyimpannya pada struktur defaultdict. Untuk setiap domain, distribusi jawaban dihitung menggunakan Counter, sedangkan skor crisp awal diperoleh melalui fungsi pembantu _score_from_counts dengan cara membagi jumlah nilai tertimbang dengan jumlah butir penilaian. Skor crisp awal tersebut kemudian dievaluasi melalui evaluate_domain_score pada Tahap 1 untuk menghasilkan label domain dan nilai centroid hasil defuzzifikasi.

Setelah ketiga domain selesai dievaluasi pada Tahap 1, nilai centroid hasil defuzzifikasi dari masing-masing domain, bukan skor crisp awal, diteruskan sebagai tiga masukan terpisah ke fungsi evaluate_aggregate_score pada Tahap 2 untuk memperoleh label kesiapan keseluruhan. Selain menghasilkan label akhir, sistem juga menghitung aggregate_score, yaitu rata-rata tertimbang dari ketiga nilai centroid Tahap 1 menggunakan DOMAIN_WEIGHTS, dengan bobot K3 sebesar 0,40, Material sebesar 0,30, serta Audit Lapangan sebesar 0,30. Perlu ditegaskan bahwa aggregate_score tidak berperan sebagai masukan FIS Tahap 2, tetapi hanya digunakan sebagai nilai ringkas untuk keperluan penyajian pada antarmuka.

Pada akhir proses, sistem mengidentifikasi weak_points, yaitu domain-domain yang berlabel Kritis atau memiliki skor crisp awal (crisp_score, yakni skor mentah hasil pembobotan distribusi jawaban, bukan nilai centroid Tahap 1) di bawah 0,40,

© 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

serta menyusun teks rekomendasi tindak lanjut. Rekomendasi disusun pada dua tingkat, yaitu rekomendasi per domain melalui fungsi pembantu _domain_recommendation yang disesuaikan dengan label tiap domain, dan rekomendasi keseluruhan melalui fungsi pembantu _overall_recommendation yang disesuaikan dengan label akhir. Seluruh hasil dikembalikan dalam bentuk kamus yang memuat informasi lengkap mulai dari distribusi jawaban per domain, skor dan label per domain, skor agregat, label akhir, weak points, hingga rekomendasi.

C. Implementasi Modul Routing API

Modul routers/ menangani pemetaan permintaan HTTP dari klien ke fungsi-fungsi yang sesuai di lapisan layanan dan evaluasi. Berkas sessions.py menyediakan tiga *endpoint* utama yang berkaitan langsung dengan proses evaluasi. *Endpoint* pertama (GET /sessions/{id}/events) mengembalikan seluruh *event* mentah dari sebuah sesi untuk keperluan audit dan penelusuran. *Endpoint* kedua (POST /sessions/{id}/evaluate) memicu proses evaluasi FIS secara penuh dengan memanggil fungsi evaluate_session dari modul engine.py, menyimpan hasilnya ke Firestore, dan mengembalikan respons evaluasi kepada klien. *Endpoint* ketiga (GET /sessions/{id}/evaluation) mengambil hasil evaluasi yang telah tersimpan tanpa menjalankan ulang proses FIS, kecuali jika evaluasi terdeteksi kedaluwarsa. Berkas dashboard.py menyediakan *endpoint* untuk ringkasan statistik global dan peringkat peserta, sedangkan users.py menyediakan *endpoint* untuk daftar peserta dan riwayat sesi per peserta. Seluruh *endpoint* yang memerlukan autentikasi dilindungi melalui *dependency injection* dari modul core/auth_deps.py. Daftar lengkap *endpoint* API beserta metodenya disajikan pada Tabel 4.18.

Tabel 4. 15 Daftar Endpoint API

Metode	Path	Deskripsi	Hak Akses
POST	/auth/login	Autentikasi dan penerbitan JWT	Publik
GET	/auth/me	Informasi pengguna yang sedang masuk	Semua peran

© 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

Metode	Path	Deskripsi	Hak Akses
GET	/dashboard/summary	Ringkasan statistik global	Semua peran
GET	/dashboard/top-users	Peringkat peserta dengan skor tertinggi	Semua peran
GET	/users	Daftar seluruh peserta OJT	Semua peran
GET	/users/{name}/history	Riwayat sesi per peserta	Semua peran
GET	/sessions/{id}/events	Event mentah dari satu sesi	Semua peran
POST	/sessions/{id}/evaluate	Menjalankan evaluasi FIS dan menyimpan hasil	Semua peran
GET	/sessions/{id}/evaluation	Mengambil hasil evaluasi yang telah tersimpan	Semua peran
GET	/admin/users	Daftar akun pengguna sistem	Admin
POST	/admin/users	Membuat akun pengguna baru	Admin
PUT	/admin/users/{id}	Memperbarui data akun pengguna	Admin
DELETE	/admin/users/{id}	Menghapus akun pengguna	Admin

4.4.4 Implementasi Perhitungan Evaluasi FIS Mamdani

Penelusuran perhitungan pada satu sesi peserta dilakukan sebagai bentuk verifikasi terhadap implementasi modul evaluasi FIS Mamdani, dengan tujuan memastikan bahwa proses perhitungan yeang berjalan pada sistem telah sesuai dengan rancangan metode evaluasi yang telah ditetapkan. Perhitungan dilakukan mulai dari data mentah aktivitas simulasi, konversi respons menjadi skor crisp, fuzzifikasi, inferensi, defuzzifikasi, hingga penentuan label kesiapan akhir. Proses perhitungan mengikuti alur *Fuzzy Inference System* Mamdani yang diterapkan. Seluruh Nilai centroid dihitung secara pendekatan dengan membagi rentang [0, 1] menjadi 101 titik, sesuai implementasi pada modul fuzzy.

1. Perhitungan Skor Crisp per Domain

© 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

Data masukan pada sesi ini berupa distribusi kategori respons peserta pada setiap domain. Komposisi kategori respons pada masing masing domain digunakan sebagai dasar perhitungan skor crisp. Nilai konversi setiap kategori respons mengikuti Tabel 4.16, sedangkan skor domain dihitung menggunakan rata rata nilai konversi seluruh kejadian sesuai Persamaan (4.1).

Tabel 4. 16 Distribusi Jawaban per Domain

Domain	CA	OR	UR	MD	Jumlah Soal
K3	7	3	2	1	13
Material	2	2	1	1	6
Audit Lapangan	3	4	5	5	17

Nilai konversi tiap kategori mengikuti Tabel 4.5. Skor domain dihitung sebagai rata-rata nilai konversi seluruh kejadian sesuai Persamaan (4.1). Perhitungan untuk masing-masing domain diuraikan sebagai berikut.

$$\text{Skor}_{\text{K3}} = \frac{(7 \times 1{,}0) + (3 \times 0{,}67) + (2 \times 0{,}33) + (1 \times 0{,}0)}{13} = \frac{9{,}67}{10} = 0{,}744$$

$$\text{Skor}_{\text{Material}} = \frac{(2 \times 1{,}0) + (2 \times 0{,}67) + (1 \times 0{,}33) + (1 \times 0{,}0)}{6} = \frac{3{,}67}{8} = 0{,}612$$

$$\text{Skor}_{\text{Met\&Prog}} = \frac{(3 \times 1{,}0) + (4 \times 0{,}67) + (5 \times 0{,}33) + (5 \times 0{,}0)}{10} = \frac{7{,}3}{17} = 0{,}431$$

Ketiga skor tersebut telah berada pada rentang [0, 1] dan menjadi masukan *crisp* pada fuzzifikasi Tahap 1.

2. Fuzzifikasi dan Inferensi Tahap 1

Setiap skor domain difuzzifikasi terhadap tiga himpunan fuzzy dengan parameter sebagaimana Tabel 4.11. Skor K3 sebesar 0,744 berada pada zona irisan antara Pendampingan Terfokus dan Mandiri, sehingga menghasilkan derajat keanggotaan Kritis 0, Pendampingan Terfokus (0,80 − 0,744) / 0,20 = 0,280, dan Mandiri (0,744 − 0,60) / 0,20 = 0,720. Skor Material sebesar 0,612 juga berada pada zona irisan,

© 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

sehingga menghasilkan derajat keanggotaan Kritis 0, Pendampingan Terfokus (0,80 − 0,612) / 0,20 = 0,940, dan Mandiri (0,612 − 0,60) / 0,20 = 0,060. Skor Audit Lapangan sebesar 0,431 berada pada zona irisan antara Kritis dan Pendampingan Terfokus, sehingga menghasilkan derajat keanggotaan Kritis (0,60 − 0,431) / 0,20 = 0,845, Pendampingan Terfokus (0,431 − 0,40) / 0,20 = 0,155, dan Mandiri 0.

Basis aturan Tahap 1 menggunakan pemetaan satu-banding-satu sesuai Tabel 4.7, sehingga setiap derajat keanggotaan masukan memotong himpunan keluaran yang bersesuaian melalui operator minimum, kemudian seluruh kontribusi digabungkan melalui operator maksimum sebelum didefuzzifikasi.

Pada domain K3, himpunan Pendampingan Terfokus terpotong pada 0,280 dan himpunan Mandiri terpotong pada 0,720. Gabungan kedua area tersebut didominasi oleh himpunan Mandiri sehingga menghasilkan *centroid* 0,775. Pada domain Material, himpunan Pendampingan Terfokus terpotong pada 0,940 dan himpunan Mandiri terpotong pada 0,060. Area gabungan didominasi oleh himpunan Pendampingan Terfokus sehingga menghasilkan *centroid* 0,617. Pada domain Audit Lapangan, himpunan Kritis terpotong pada 0,845 dan himpunan Pendampingan Terfokus terpotong pada 0,155. Area gabungan didominasi oleh himpunan Kritis sehingga menghasilkan *centroid* 0,288.

Nilai *centroid* tersebut diklasifikasikan dengan memilih derajat keanggotaan tertinggi sesuai pemetaan pada Tabel 4.12. Domain K3 dengan *centroid* 0,775 berada pada rentang Mandiri, domain Material dengan *centroid* 0,617 berada pada rentang Pendampingan Terfokus, dan domain Audit Lapangan dengan *centroid* 0,288 berada pada rentang Kritis. Dengan demikian, Tahap 1 menghasilkan label K3 Mandiri, Material Pendampingan Terfokus, dan Audit Lapangan Kritis.

3. Fuzzifikasi dan Inferensi Tahap 2

Ketiga nilai *centroid* hasil defuzzifikasi Tahap 1, yaitu 0,775 untuk K3, 0,617 untuk Material, dan 0,288 untuk Audit Lapangan, diteruskan sebagai tiga masukan terpisah pada Tahap 2.

© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

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

Masukan K3 sebesar 0,775 menghasilkan derajat keanggotaan Pendampingan Terfokus (0,80 − 0,775) / 0,20 = 0,125 dan Mandiri (0,775 − 0,60) / 0,20 = 0,875. Masukan Material sebesar 0,617 menghasilkan derajat keanggotaan Pendampingan Terfokus (0,80 − 0,617) / 0,20 = 0,915 dan Mandiri (0,617 − 0,60) / 0,20 = 0,085. Masukan Audit Lapangan sebesar 0,288 menghasilkan derajat keanggotaan Kritis 1,00 dan nol pada himpunan lainnya.

Karena K3 dan Material masing-masing bernilai pada dua himpunan sedangkan Audit Lapangan hanya bernilai pada himpunan Kritis, maka empat aturan keputusan teraktivasi dari 27 aturan pada Tabel 4.8. Kekuatan aktivasi setiap aturan dihitung sebagai nilai minimum derajat keanggotaan ketiga anteseden. Aturan nomor 13 dengan anteseden K3 Pendampingan Terfokus, Material Pendampingan Terfokus, dan Audit Lapangan Kritis memperoleh kekuatan aktivasi min(0,125; 0,915; 1,00) = 0,125. Aturan nomor 16 dengan anteseden K3 Pendampingan Terfokus, Material Mandiri, dan Audit Lapangan Kritis memperoleh kekuatan aktivasi min(0,125; 0,085; 1,00) = 0,085. Aturan nomor 22 dengan anteseden K3 Mandiri, Material Pendampingan Terfokus, dan Audit Lapangan Kritis memperoleh kekuatan aktivasi min(0,875; 0,915; 1,00) = 0,875. Aturan nomor 25 dengan anteseden K3 Mandiri, Material Mandiri, dan Audit Lapangan Kritis memperoleh kekuatan aktivasi min(0,875; 0,085; 1,00) = 0,085.

Keempat aturan tersebut memiliki konsekuen yang sama, yaitu Pendampingan Terfokus, sehingga seluruh kontribusi memotong himpunan keluaran Pendampingan Terfokus dan digabungkan melalui operator maksimum pada tingkat aktivasi tertinggi, yaitu 0,875. Defuzzifikasi *centroid* atas area tersebut menghasilkan nilai 0,600 karena himpunan Pendampingan Terfokus berbentuk segitiga simetris terhadap puncaknya, sehingga pemotongan pada tingkat berapa pun tidak menggeser titik beratnya. Nilai 0,600 berada pada rentang Pendampingan Terfokus sesuai Tabel 4.12, sehingga label kesiapan akhir peserta adalah Pendampingan Terfokus.

© 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

Hasil penelusuran ini memperlihatkan perilaku sistem yang konsisten dengan pertimbangan pakar. Meskipun domain K3 telah mencapai kondisi Mandiri dan domain Material berada pada kondisi Pendampingan Terfokus, kelemahan pada domain Audit Lapangan yang berada pada kondisi Kritis tetap menahan klasifikasi akhir pada tingkat Pendampingan Terfokus. Perilaku tersebut menegaskan sifat konservatif sistem dalam mencegah penilaian kesiapan yang prematur pada konteks pelatihan pengawas pelaksana.

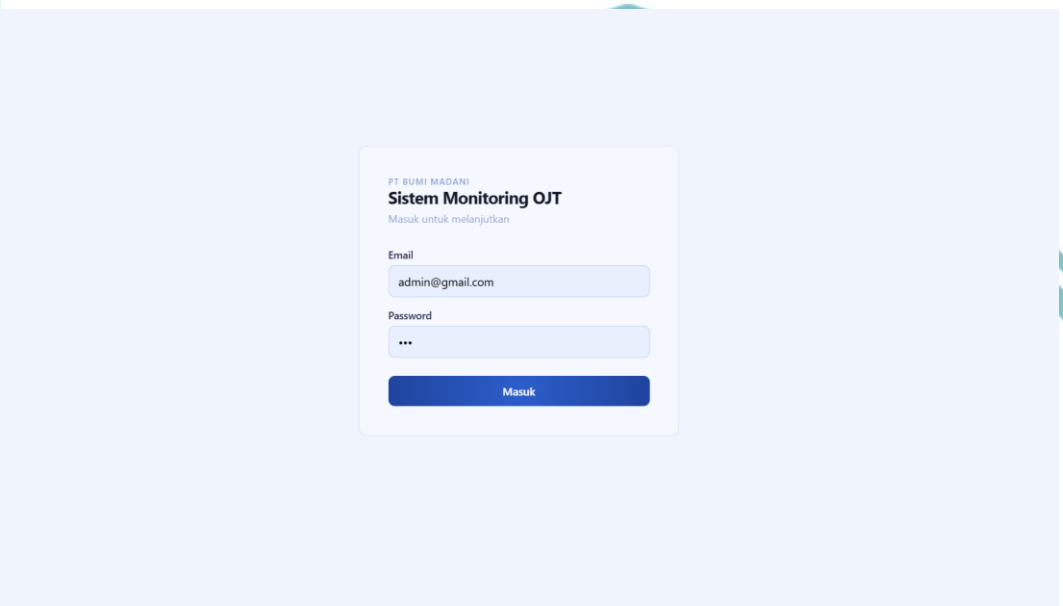
4.4.5 Implementasi Antarmuka Pengguna

Antarmuka pengguna pada sistem ini dibangun sebagai aplikasi *single-page application* (SPA) menggunakan React dengan TypeScript. Seluruh navigasi antarhalaman ditangani oleh react-router-dom di sisi klien tanpa memuat ulang halaman, sehingga memberikan pengalaman yang responsif. Sistem mengimplementasikan enam halaman utama yang masing-masing melayani kebutuhan pengguna yang berbeda, mulai dari autentikasi hingga analisis hasil evaluasi. Setiap halaman dilindungi oleh komponen ProtectedRoute yang memeriksa keberadaan dan validitas token JWT sebelum mengizinkan akses, kecuali halaman *login* yang bersifat publik. Peta rute seluruh halaman adalah sebagai berikut: /login mengarah ke halaman autentikasi, / mengarah ke *dashboard* utama, /history mengarah ke daftar peserta, /history/:userName mengarah ke riwayat sesi per peserta, /history/:userName/session/:sessionId mengarah ke detail evaluasi satu sesi, dan /admin/users mengarah ke halaman pengelolaan akun yang hanya dapat diakses oleh pengguna dengan peran Admin.

A. Halaman Login

Halaman *login* merupakan titik masuk pertama bagi pengguna untuk mengakses sistem. Antarmuka halaman ini terdiri atas dua kolom masukan, yaitu kolom *email* dan kolom kata sandi, serta satu tombol "Login" yang memicu proses autentikasi. Ketika tombol ditekan, sistem mengirimkan permintaan ke *endpoint* POST /auth/login dan menampilkan indikator *loading* selama menunggu respons. Apabila kredensial tidak valid, pesan kesalahan ditampilkan tepat di bawah formulir tanpa

memuat ulang halaman. Apabila autentikasi berhasil, token JWT disimpan di penyimpanan lokal peramban dan pengguna diarahkan secara otomatis ke halaman *dashboard*. Tampilan halaman *login* ditunjukkan pada Gambar 4.21.



Gambar 4. 12 Tampilan Halaman Login

B. Halaman *Dashboard*

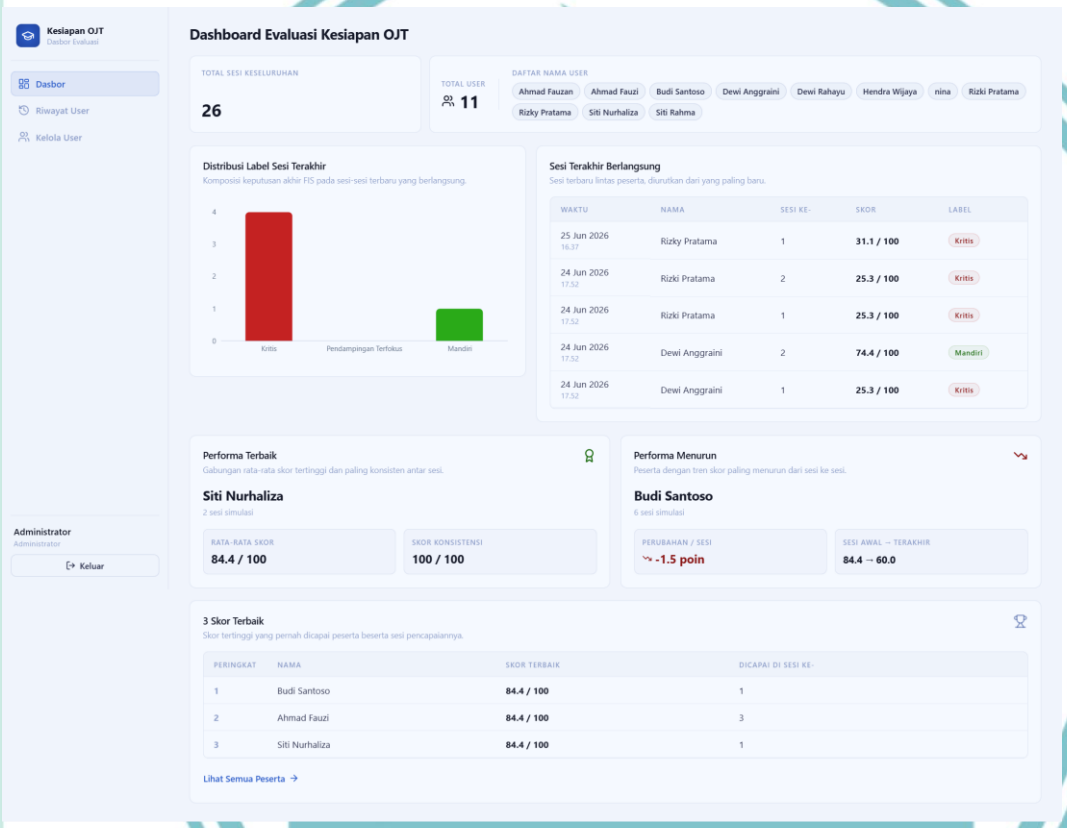
Halaman dashboard (Overview) menyajikan ringkasan statistik keseluruhan sistem dalam satu tampilan yang komprehensif. Bagian atas halaman menampilkan dua kartu ringkasan yang menunjukkan total sesi simulasi keseluruhan dan total pengguna peserta beserta daftar nama lengkapnya. Di bawah kartu ringkasan, terdapat grafik batang yang dibangun menggunakan komponen BarChart dari pustaka Recharts, yang memvisualisasikan distribusi label kesiapan FIS (Kritis, Pendampingan Terfokus, Mandiri) dari sesi-sesi simulasi terbaru. Bagian selanjutnya menampilkan tabel lima sesi terakhir yang memuat waktu pelaksanaan, nama peserta, urutan sesi, nilai skor evaluasi, dan label klasifikasi kesiapan. Halaman juga menyajikan dua kartu analisis performa, yaitu kartu Performa Terbaik yang menampilkan peserta dengan rata-rata skor tertinggi dan konsistensi performa terbaik antar sesi, serta kartu Performa Menurun yang menampilkan peserta dengan tren penurunan skor paling signifikan antar sesi. Bagian bawah

© 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

© 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

halaman menampilkan tabel tiga skor tertinggi yang pernah dicapai oleh peserta manapun. Data dimuat secara asinkron melalui endpoint GET /api/dashboard/overview?recent_limit=5 dengan indikator *loading* ditampilkan selama pengambilan data berlangsung. Tombol "Lihat Semua Peserta" pada halaman ini mengarahkan pengguna ke halaman daftar peserta untuk melihat keseluruhan data. Tampilan halaman dashboard ditunjukkan pada Gambar 4.22.

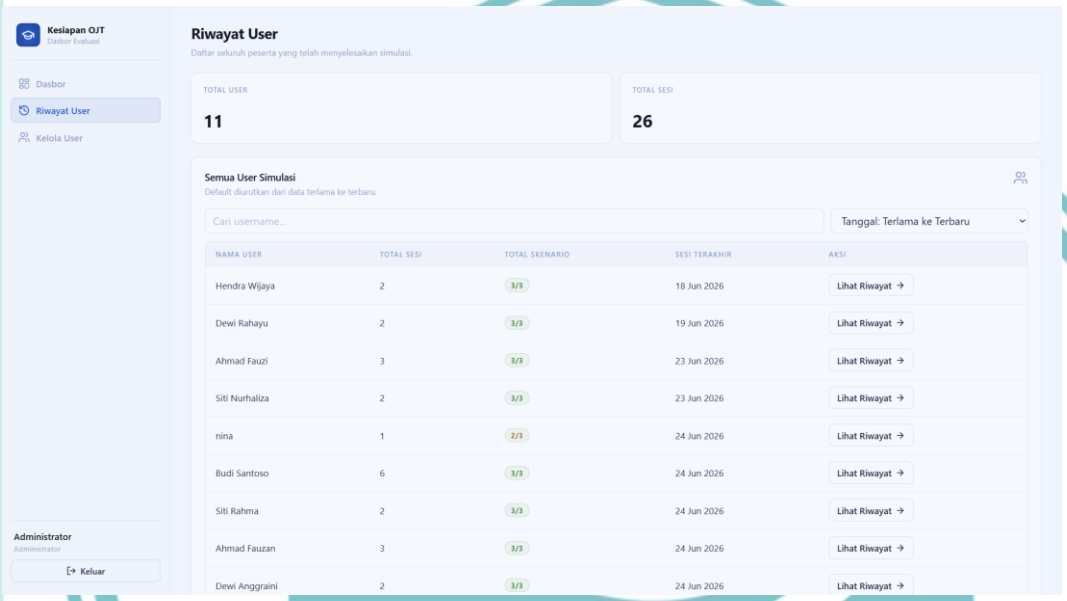


Gambar 4. 13 Tampilan Halaman Dashboard

C. Halaman Daftar Peserta

Halaman daftar peserta menampilkan seluruh peserta OJT yang tercatat dalam sistem beserta ringkasan statistik masing-masing. Tabel pada halaman ini memuat kolom nama peserta, total sesi, total *event*, tanggal sesi terakhir, skor evaluasi terakhir, dan label kesiapan terakhir yang divisualisasikan menggunakan komponen LabelBadge dengan warna yang bersesuaian. Halaman ini dilengkapi dengan bilah filter yang memungkinkan pengguna melakukan pencarian berdasarkan nama

peserta secara langsung di sisi klien, serta pengurutan data berdasarkan tanggal terakhir atau skor. Setiap baris pada tabel menyediakan tombol aksi yang mengarahkan pengguna ke halaman riwayat sesi peserta yang bersangkutan. Tampilan halaman daftar peserta ditunjukkan pada Gambar 4.23.



Gambar 4. 14 Tampilan Halaman Daftar Peserta

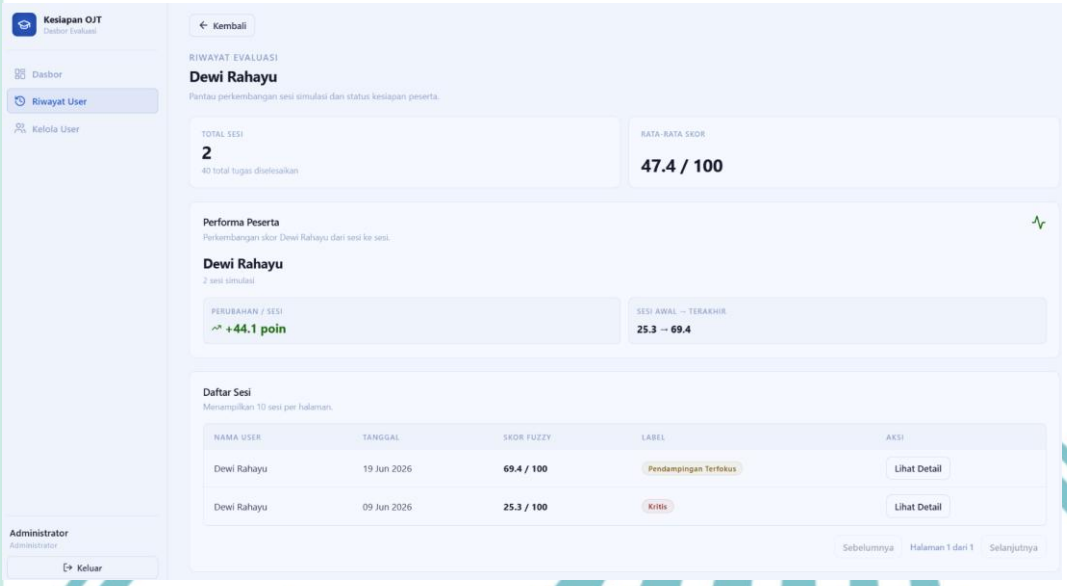
D. Halaman Riwayat Sesi

Halaman riwayat sesi menampilkan seluruh sesi simulasi yang telah dijalani oleh satu peserta tertentu. Bagian atas halaman menampilkan empat kartu ringkasan yang menunjukkan rata-rata skor, total sesi, status kesiapan terkini, dan total *event*, sehingga pengawas senior dapat segera menilai perkembangan peserta secara keseluruhan. Tabel utama pada halaman ini memuat kolom tanggal pelaksanaan, waktu mulai, durasi, skor evaluasi, dan label kesiapan untuk setiap sesi, dilengkapi dengan tombol "Detail" yang mengarahkan ke halaman detail evaluasi. Apabila peserta memiliki banyak sesi, tabel menerapkan paginasi dengan batas sepuluh baris per halaman untuk menjaga keterbacaan. Tampilan halaman riwayat sesi ditunjukkan pada Gambar 4.24.

© 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
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

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

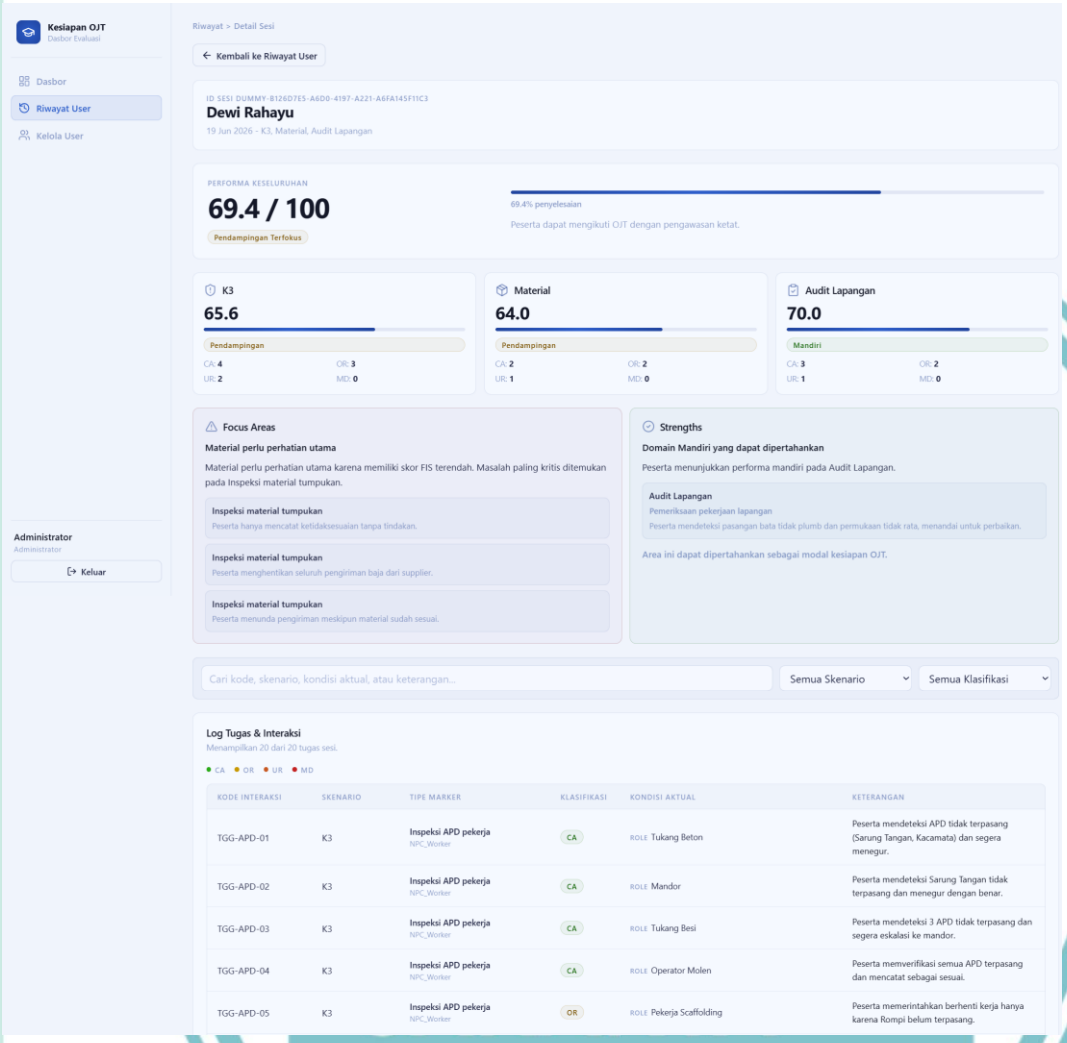


Gambar 4. 15Tampilan Halaman Riwayat Sesi Peserta

E. Halaman Detail Evaluasi

Halaman detail evaluasi merupakan halaman yang paling kaya informasi pada sistem ini karena menyajikan seluruh hasil proses FIS Mamdani untuk satu sesi secara lengkap. Halaman ini terdiri atas lima bagian utama. Bagian pertama menampilkan informasi waktu pelaksanaan sesi, meliputi tanggal, waktu mulai, waktu selesai, dan durasi. Bagian kedua menampilkan skor kesiapan keseluruhan dalam bentuk angka besar berskala 0–100 yang diperoleh dengan mengalikan nilai *crisp* keluaran FIS Tahap 2 dengan 100, disertai *badge* label dan *progress bar* berwarna. Bagian ketiga menyajikan tiga kartu domain yang masing-masing menampilkan skor, label, dan distribusi jawaban (CA, OR, UR, MD) untuk domain K3, Material, dan Audit Lapangan, sehingga pengawas senior dapat mengidentifikasi kekuatan dan kelemahan peserta pada setiap aspek kompetensi. Bagian keempat terdiri atas dua sub-panel, yaitu *FocusAreasCard* yang menampilkan domain-domain terlemah beserta *event* spesifik yang menjadi bukti kelemahan, dan *StrengthsCard* yang menampilkan domain terkuat beserta *event* CA terbaik. Bagian kelima menampilkan seluruh *event* mentah dari sesi tersebut dalam bentuk tabel yang dapat difilter berdasarkan pencarian teks, skenario, dan klasifikasi jawaban, sehingga pengawas senior dapat menelusuri setiap tindakan

peserta secara mendetail. Tampilan halaman detail evaluasi ditunjukkan pada Gambar 4.25.



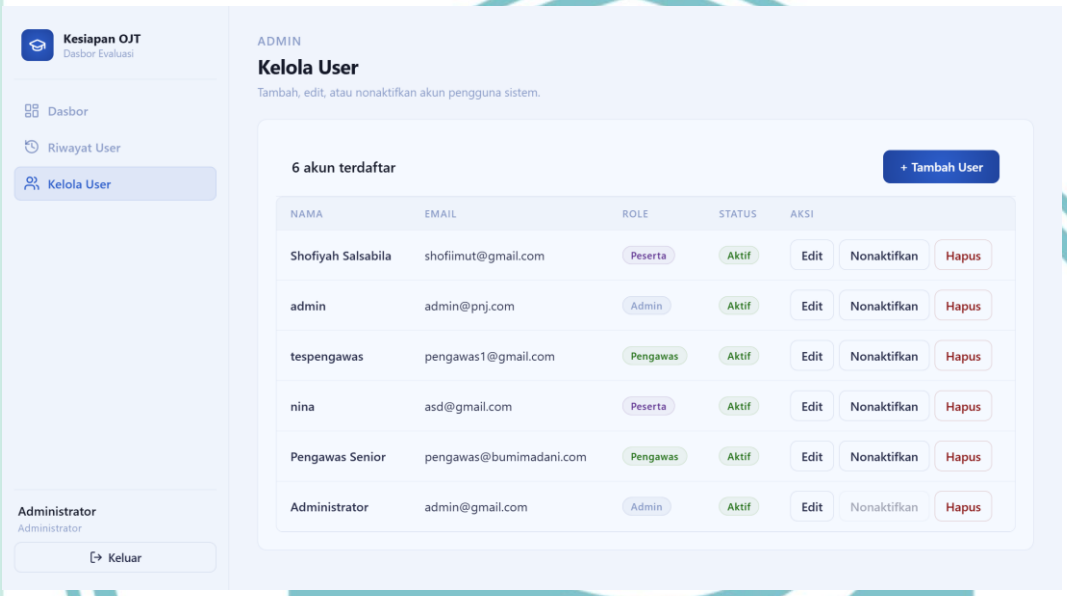
Gambar 4. 16 Tampilan Halaman Detail Evaluasi Sesi

F. Halaman Kelola Pengguna (*ManageUsers*)

Halaman kelola pengguna hanya dapat diakses oleh pengguna dengan peran Admin dan berfungsi untuk mengelola akun pengguna yang berhak mengakses sistem. Tabel utama pada halaman ini menampilkan kolom nama, *email*, peran (admin atau pengawas senior), status aktif, serta tombol aksi untuk menyunting dan menghapus akun. Penambahan dan penyuntingan akun dilakukan melalui komponen modal UserFormModal yang menyediakan kolom nama, *email*, kata sandi, dan pemilihan

© 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

peran, dengan validasi yang memastikan *email* tidak duplikat dan seluruh kolom wajib terisi. Penghapusan akun dilindungi oleh dialog konfirmasi untuk mencegah penghapusan yang tidak disengaja. Tampilan halaman kelola pengguna ditunjukkan pada Gambar 4.26.



Gambar 4. 17 Tampilan Halaman Kelola User oleh Admin

4.5 Pengujian

Pengujian sistem dilakukan untuk memvalidasi bahwa sistem yang telah diimplementasikan telah memenuhi spesifikasi kebutuhan yang telah ditetapkan serta berfungsi dengan benar dalam berbagai skenario penggunaan nyata. Pengujian pada penelitian ini menggunakan pendekatan berlapis yang mencakup Pengujian pada penelitian ini menggunakan pendekatan berlapis yang mencakup tiga metode utama, yaitu pengujian fungsional *black box*, validasi pakar, dan *User Acceptance Testing*.

© 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

© 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

4.5.1 Deskripsi Pengujian

A. Black box testing

Pengujian fungsional dilakukan menggunakan metode *black box testing*, yaitu pendekatan pengujian yang berfokus pada masukan dan keluaran sistem tanpa memperhatikan struktur internal atau kode program. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap fitur sistem berjalan sesuai dengan kebutuhan fungsional yang telah ditentukan.

Pada penelitian ini, pengujian *black box* mencakup fitur autentikasi, tampilan *dashboard*, riwayat peserta, detail sesi evaluasi, hasil evaluasi FIS, pencarian dan penyaringan (filter) data peserta serta sesi evaluasi, serta pengelolaan akun pengguna. Setiap fungsi diuji menggunakan data benar dan data salah. Data benar digunakan untuk memastikan sistem dapat memproses masukan yang valid, sedangkan data salah digunakan untuk memastikan sistem mampu menolak masukan yang tidak valid serta menampilkan pesan kesalahan atau respons yang sesuai.

B. User Acceptance Testing

User Acceptance Testing dilakukan untuk menilai apakah sistem yang dikembangkan telah sesuai dengan kebutuhan pengguna akhir. Pengujian ini melibatkan pengguna yang berperan sebagai Admin dan Pengawas Senior. Pengujian dilakukan berdasarkan kriteria penerimaan yang dirumuskan dari kebutuhan fungsional sistem. Setiap skenario UAT diberi status “Sesuai” apabila sistem menghasilkan keluaran yang memenuhi kriteria penerimaan, dan “Tidak Sesuai” apabila sistem belum memenuhi kriteria tersebut. Kriteria penerimaan mencakup kemampuan pengguna untuk masuk ke sistem, melihat ringkasan evaluasi, menelusuri riwayat peserta, melihat detail sesi, membaca hasil evaluasi FIS, memperoleh rekomendasi tindak lanjut, serta mengelola akun pengguna sesuai hak akses.

© 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

C. Validasi Pakar

Validasi pakar merupakan pengujian kebenaran eksternal yang dilakukan untuk memastikan bahwa keluaran sistem evaluasi telah mencerminkan pengetahuan pakar dalam menilai kesiapan pengawas pelaksana. Validasi pakar menelaah apakah label kesiapan yang dihasilkan *Fuzzy Inference System* Mamdani sudah sejalan dengan cara pakar menilai pengawas di lapangan. Objek yang divalidasi adalah basis aturan IF-THEN pada kedua tahapan, yaitu Tahap 1 yang memetakan skor tiap domain menjadi label Kritis, Pendampingan, atau Mandiri, serta Tahap 2 yang menggabungkan label ketiga domain menjadi klasifikasi kesiapan akhir. Pengujian ini menjadi penting karena seluruh hasil rekayasa pengetahuan yang telah ditanamkan ke dalam sistem perlu dipastikan tetap konsisten dengan penilaian pakar setelah diimplementasikan ke dalam mesin inferensi. Pakar yang terlibat dalam validasi ini adalah pengawas pelaksana senior PT Bumi Madani sebagai narasumber yang sama pada tahap akuisisi pengetahuan.

4.5.2 Prosedur Pengujian

A. Prosedur Black Box Testing

Pengujian fungsional *black box* dilakukan melalui beberapa langkah. Pertama, seluruh fitur utama sistem diidentifikasi berdasarkan kebutuhan fungsional yang telah dirumuskan pada tahap analisis kebutuhan. Kedua, setiap fitur disusun menjadi skenario pengujian yang mencakup kondisi awal, data masukan, keluaran yang diharapkan, dan hasil pengamatan. Ketiga, pengujian dilakukan menggunakan data benar untuk memastikan sistem berjalan pada kondisi normal. Keempat, pengujian dilakukan menggunakan data salah untuk memastikan sistem dapat menangani masukan tidak valid, akses tanpa otorisasi, atau kondisi data yang tidak lengkap. Kelima, hasil pengujian dicatat dengan status “Berhasil” apabila keluaran aktual sesuai dengan keluaran yang diharapkan, dan “Gagal” apabila terdapat ketidaksesuaian.

Skenario data benar pada pengujian ini mencakup login dengan akun valid, membuka halaman *dashboard*, melihat daftar peserta, membuka detail sesi, menjalankan evaluasi sesi, dan menampilkan hasil evaluasi. Skenario data salah

© 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

mencakup login dengan kredensial tidak valid, mengakses halaman tanpa token autentikasi, mengakses fitur admin menggunakan akun non-admin, menghapus akun dengan hak akses yang tidak sesuai, dan memproses evaluasi pada sesi yang tidak memiliki data aktivitas lengkap.

B. Prosedur User Acceptance Testing

Prosedur *User Acceptance Testing* dilakukan dengan melibatkan pengguna akhir untuk mencoba sistem berdasarkan skenario yang telah disusun. Pertama, pengguna diberikan penjelasan singkat mengenai tujuan dan alur penggunaan sistem. Kedua, pengguna diminta mencoba fitur utama sesuai perannya, yaitu Admin dan Pengawas Senior. Ketiga, pengguna mengamati apakah setiap fitur berjalan sesuai kebutuhan. Keempat, hasil pengamatan dicatat berdasarkan kriteria penerimaan yang telah ditentukan dari kebutuhan fungsional sistem.

Kriteria penerimaan pada UAT disusun berdasarkan kebutuhan fungsional sistem. Contohnya, kebutuhan autentikasi diterima apabila pengguna dapat masuk dengan akun terdaftar dan sistem menolak akses tanpa autentikasi. Kebutuhan melihat hasil evaluasi diterima apabila pengguna dapat melihat skor domain, label kesiapan, skor akhir, dan rekomendasi tindak lanjut. Kebutuhan pengelolaan akun diterima apabila Admin dapat menambah, mengubah, menonaktifkan, atau menghapus akun sesuai aturan akses yang berlaku.

C. Validasi Pakar

Prosedur validasi pakar dilakukan melalui beberapa langkah. Pertama, peneliti menyusun dua set kasus uji yang merepresentasikan kedua tahapan inferensi, yaitu 12 kasus pemetaan skor domain menjadi label pada Tahap 1 dan 27 kombinasi label tiga domain menjadi keputusan akhir pada Tahap 2. Kedua, setiap kasus uji dijalankan pada sistem untuk memperoleh label keluaran sesuai basis aturan yang telah diimplementasikan. Ketiga, label keluaran sistem disajikan kepada pakar untuk dinilai kesesuaiannya terhadap pertimbangan profesional pakar dalam menilai kesiapan pengawas pelaksana di lapangan. Keempat, pakar memberikan penilaian dengan status "Valid" apabila label sistem sesuai dengan penilaiannya,

© 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

dan "Tidak Sesuai" apabila terdapat perbedaan, disertai catatan alasan pada setiap ketidaksesuaian. Kelima, hasil penilaian direkapitulasi per tahapan dan ditandatangani pakar sebagai bukti dokumentasi validasi.

Pakar yang memberikan penilaian adalah pengawas pelaksana senior PT Bumi Madani, yaitu narasumber yang sama dengan tahap akuisisi pengetahuan, sehingga penilaian validasi konsisten dengan basis pengetahuan yang digunakan dalam perancangan aturan. Suatu basis aturan dinyatakan tervalidasi apabila mayoritas kasus uji memperoleh status "Valid" dan setiap ketidaksesuaian dapat dijelaskan secara substantif tanpa menunjukkan adanya kesalahan logika klasifikasi

4.5.3 Data Hasil Pengujian

A. Data Hasil Black Box Testing

Skenario data benar pada pengujian ini mencakup login dengan akun valid, membuka halaman *dashboard*, melihat daftar peserta, membuka detail sesi, menjalankan evaluasi sesi, dan menampilkan hasil evaluasi. Skenario data salah mencakup login dengan kredensial tidak valid, mengakses halaman tanpa token autentikasi, mengakses fitur admin menggunakan akun non-admin, menghapus akun dengan hak akses yang tidak sesuai, dan memproses evaluasi pada sesi yang tidak memiliki data aktivitas lengkap.

B. Data Hasil User Acceptance Testing

Skenario data benar pada pengujian ini mencakup login dengan akun valid, membuka halaman *dashboard*, melihat daftar peserta, membuka detail sesi, menjalankan evaluasi sesi, dan menampilkan hasil evaluasi. Skenario data salah mencakup login dengan kredensial tidak valid, mengakses halaman tanpa token autentikasi, mengakses fitur admin menggunakan akun non-admin, menghapus akun dengan hak akses yang tidak sesuai, dan memproses evaluasi pada sesi yang tidak memiliki data aktivitas lengkap.

© 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

C. Data Hasil Validasi Pakar

Validasi pakar dilakukan dalam dua bagian sesuai dua tahapan inferensi sistem. Bagian pertama menguji 12 kasus pemetaan skor crisp tiap domain menjadi label kesiapan pada Tahap 1, sedangkan bagian kedua menguji 27 aturan kombinasi label tiga domain menjadi keputusan akhir pada Tahap 2. Hasil penilaian pakar terhadap Tahap 1 disajikan pada Tabel 4.16 berikut.

Tabel 4. 17 Hasil Validasi Pakar Tahap 1

Domain	Skor	Label Sistem	Penilaian Pakar	Catatan Pakar
K3	0,10	Kritis	Valid	–
K3	0,35	Kritis	Valid	–
K3	0,50	Pendampingan Terfokus	Valid	–
K3	0,65	Pendampingan Terfokus	Valid	–
K3	0,85	Mandiri	Valid	–
Material	0,20	Kritis	Valid	–
Material	0,55	Pendampingan Terfokus	Valid	–
Material	0,72	Pendampingan Terfokus	Tidak Sesuai	Pengawas dengan pemahaman material setinggi ini sudah cukup mampu sehingga cenderung dinilai

© 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

Domain	Skor	Label Sistem	Penilaian Pakar	Catatan Pakar
				Mandiri, namun selisihnya tipis dan tidak fatal.
Material	0,90	Mandiri	Valid	–
Audit Lapangan	0,15	Kritis	Valid	–
Audit Lapangan	0,48	Pendampingan Terfokus	Valid	–
Audit Lapangan	0,80	Mandiri	Valid	–

Berdasarkan Tabel 4.16, dari 12 kasus pemetaan pada Tahap 1, sebanyak 11 kasus dinilai sesuai dan 1 kasus dinilai tidak sesuai, yaitu domain Material dengan skor 0,72 yang oleh sistem dilabeli Pendampingan Terfokus sedangkan pakar cenderung menilainya Mandiri. Selanjutnya, hasil penilaian pakar terhadap 27 aturan keputusan akhir pada Tahap 2 disajikan pada Tabel 4.17 berikut.

Tabel 4. 18 Hasil Validasi Pakar Tahap 2

No	K3	Material	Audit Lapangan	Keluaran Sistem	Penilaian	Catatan Pakar
1	Kritis	Kritis	Kritis	Kritis	Valid	–
2	Kritis	Kritis	Pendampingan Terfokus	Kritis	Valid	–

No	K3	Material	Audit Lapangan	Keluaran Sistem	Penilaian	Catatan Pakar
3	Kritis	Kritis	Mandiri	Kritis	Valid	–
4	Kritis	Pendampingan Terfokus	Kritis	Kritis	Valid	–
5	Kritis	Pendampingan Terfokus	Pendampingan Terfokus	Kritis	Valid	–
6	Kritis	Pendampingan Terfokus	Mandiri	Kritis	Valid	–
7	Kritis	Mandiri	Kritis	Kritis	Valid	–
8	Kritis	Mandiri	Pendampingan Terfokus	Kritis	Valid	–
9	Kritis	Mandiri	Mandiri	Kritis	Tidak Sesuai	Dua domain sudah Mandiri, pakar menilai cukup Pendampingan Terfokus.

© 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

No	K3	Material	Audit Lapangan	Keluaran Sistem	Penilaian	Catatan Pakar
10	Pendampingan Terfokus	Kritis	Kritis	Kritis	Valid	–
11	Pendampingan Terfokus	Kritis	Pendampingan Terfokus	Pendampingan Terfokus	Valid	–
12	Pendampingan Terfokus	Kritis	Mandiri	Pendampingan Terfokus	Valid	–
13	Pendampingan Terfokus	Pendampingan Terfokus	Kritis	Pendampingan Terfokus	Valid	–
14	Pendampingan Terfokus	Pendampingan Terfokus	Pendampingan Terfokus	Pendampingan Terfokus	Valid	–
15	Pendampingan Terfokus	Pendampingan Terfokus	Mandiri	Pendampingan Terfokus	Valid	–
16	Pendampingan Terfokus	Mandiri	Kritis	Pendampingan Terfokus	Valid	–

© 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

No	K3	Material	Audit Lapangan	Keluaran Sistem	Penilaian	Catatan Pakar
17	Pendampingan Terfokus	Mandiri	Pendampingan Terfokus	Pendampingan Terfokus	Valid	–
18	Pendampingan Terfokus	Mandiri	Mandiri	Pendampingan Terfokus	Valid	–
19	Mandiri	Kritis	Kritis	Pendampingan Terfokus	Valid	–
20	Mandiri	Kritis	Pendampingan Terfokus	Pendampingan Terfokus	Valid	–
21	Mandiri	Kritis	Mandiri	Pendampingan Terfokus	Valid	–
22	Mandiri	Pendampingan Terfokus	Kritis	Pendampingan Terfokus	Valid	–
23	Mandiri	Pendampingan Terfokus	Pendampingan Terfokus	Pendampingan Terfokus	Valid	–

© 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

© 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

No	K3	Material	Audit Lapangan	Keluaran Sistem	Penilaian	Catatan Pakar
24	Mandiri	Pendampingan Terfokus	Mandiri	Pendampingan Terfokus	Tidak Sesuai	K3 dan Audit Lapangan Mandiri, pakar menilai layak Mandiri.
25	Mandiri	Mandiri	Kritis	Pendampingan Terfokus	Valid	–
26	Mandiri	Mandiri	Pendampingan Terfokus	Pendampingan Terfokus	Tidak Sesuai	K3 dan Material Mandiri, pakar menilai layak Mandiri.
27	Mandiri	Mandiri	Mandiri	Mandiri	Valid	–

Berdasarkan Tabel 4.17, dari 27 aturan keputusan akhir pada Tahap 2, sebanyak 24 aturan dinilai sesuai dan 3 aturan dinilai tidak sesuai, yaitu aturan nomor 9, 24, dan 26. Ketiga ketidaksesuaian tersebut sama-sama merupakan kasus ketika dua domain telah bernilai Mandiri namun sistem masih mengklasifikasikan kesiapan akhir pada tingkat yang lebih rendah.

© 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

4.5.4 Analisis Data dan Evaluasi Hasil Pengujian

Evaluasi hasil pengujian dilakukan untuk menilai keberhasilan sistem berdasarkan data yang diperoleh dari setiap jenis pengujian.

A. Analisis Hasil Pengujian Black Box Testing

Pengujian black-box pada sisi client dilakukan untuk memastikan bahwa setiap fitur yang terlihat pada antarmuka pengguna dapat berjalan sesuai kebutuhan. Pengujian dilakukan melalui aksi pengguna pada browser tanpa melihat struktur kode program. Skenario pengujian mencakup data valid dan data tidak valid, seperti kesalahan login, field kosong, format email salah, akses halaman tanpa izin, data tidak ditemukan, serta validasi pada form pengelolaan user.

Tabel 4. 19 Pengujian *Blackbox*

Fitur	Skenario Pengujian	Aksi/Input	Keluaran yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Status
Login	Pengguna membuka halaman login	Membuka halaman login	Form login tampil berisi field email, password, dan tombol masuk	Form login berhasil ditampilkan dengan field email, password, dan tombol masuk	Valid
Login	Login berhasil sebagai Admin	Mengisi email dan password Admin yang benar, lalu klik tombol masuk	Sistem masuk ke dashboard dan menampilkan menu Kelola User	Sistem berhasil masuk ke dashboard dan menu Kelola User ditampilkan pada sidebar	Valid
Login	Login berhasil sebagai Pengawas Senior	Mengisi email dan password Pengawas Senior yang benar, lalu klik tombol masuk	Sistem masuk ke dashboard tanpa menampilkan menu Kelola User	Sistem berhasil masuk ke dashboard dan menu Kelola User tidak ditampilkan	Valid
Login	Login gagal	Mengisi email	Sistem menampilkan	Sistem menampilkan	Valid

Fitur	Skenario Pengujian	Aksi/Input	Keluaran yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Status
	karena password salah	terdaftar dengan password yang salah	pesan error login	pesan error bahwa email atau password tidak sesuai	
Login	Login gagal karena email tidak terdaftar	Mengisi email yang tidak ada di sistem	Sistem menampilkan pesan error login	Sistem menampilkan pesan error login dan pengguna tetap berada pada halaman login	Valid
Login	Email tidak diisi	Mengosongkan field email lalu klik tombol masuk	Sistem menampilkan validasi bahwa email wajib diisi	Sistem menampilkan validasi bahwa email wajib diisi	Valid
Login	Password tidak diisi	Mengosongkan field password lalu klik tombol masuk	Sistem menampilkan validasi bahwa password wajib diisi	Sistem menampilkan validasi bahwa password wajib diisi	Valid
Login	Format email salah	Mengisi email dengan format bukan_email	Sistem menampilkan validasi format email tidak valid	Sistem menampilkan validasi bahwa format email tidak valid	Valid
Proteksi Rute	Pengguna belum login mengakses dashboard	Membuka halaman / tanpa login	Sistem mengarahkan pengguna ke halaman login	Sistem berhasil mengarahkan pengguna ke halaman login	Valid
Proteksi Rute	Pengguna belum login mengakses Riwayat User	Membuka halaman history tanpa login	Sistem mengarahkan pengguna ke halaman login	Sistem berhasil mengarahkan pengguna ke halaman login	Valid
Kontrol Akses	Pengawas Senior membuka halaman Admin	Login sebagai Pengawas Senior lalu membuka	Sistem tidak menampilkan menu Kelola User pada sidebar	Menu Kelola User tidak ditampilkan pada sidebar	Valid

© 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

Fitur	Skenario Pengujian	Aksi/Input	Keluaran yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Status
		halaman kelola pengguna		akun Pengawas Senior	
Kontrol Akses	Admin membuka halaman Kelola User	Login sebagai Admin lalu membuka menu Kelola User	Halaman Kelola User berhasil ditampilkan	Halaman Kelola User berhasil ditampilkan pada akun Admin	Valid
Sidebar	Menu Admin tampil untuk Admin	Login menggunakan akun Admin	Menu Kelola User tampil pada sidebar	Menu Kelola User berhasil tampil pada sidebar akun Admin	Valid
Sidebar	Menu Admin tidak tampil untuk Pengawas Senior	Login menggunakan akun Pengawas Senior	Menu Kelola User tidak ditampilkan pada sidebar	Menu Kelola User tidak ditampilkan pada sidebar akun Pengawas Senior	Valid
Logout	Pengguna membatalkan logout	Klik tombol Keluar, lalu pilih Batalkan	Modal tertutup dan pengguna tetap berada pada halaman aktif	Modal logout tertutup dan pengguna tetap berada pada halaman aktif	Valid
Logout	Pengguna berhasil logout	Klik tombol Keluar, lalu pilih Ya, Keluar	Token dihapus dan sistem kembali ke halaman login	Token berhasil dihapus dan sistem kembali ke halaman login	Valid
Dashboard	Dashboard menampilkan ringkasan data	Login lalu membuka halaman Overview	Sistem menampilkan total simulasi, total user, nilai fuzzy tertinggi, grafik distribusi label, dan top user	Sistem berhasil menampilkan total simulasi, total user, nilai fuzzy tertinggi, grafik distribusi label, dan top user	Valid
Dashboard	Data dashboard belum tersedia	Membuka dashboard ketika belum ada	Sistem menampilkan kondisi data kosong dan tidak	Sistem menampilkan kondisi data kosong dan	Valid

© 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

Fitur	Skenario Pengujian	Aksi/Input	Keluaran yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Status
		data simulasi	mengalami error	halaman tidak mengalami error	
Dashboard	Gagal memuat data dashboard	Membuka dashboard saat server tidak merespons	Sistem menampilkan pesan error dan tombol Coba Lagi	Sistem menampilkan pesan error serta tombol Coba Lagi	Valid
Riwayat User	Daftar user berhasil ditampilkan	Membuka halaman Riwayat User	Sistem menampilkan daftar user, total sesi, skor terbaru, dan label terbaru	Sistem berhasil menampilkan daftar user, total sesi, skor terbaru, dan label terbaru	Valid
Riwayat User	Pencarian user berhasil	Mengisi nama user yang tersedia pada kolom pencarian	Sistem menampilkan user sesuai kata kunci	Sistem berhasil menampilkan data user yang sesuai dengan kata kunci pencarian	Valid
Riwayat User	Pencarian user tidak ditemukan	Mengisi nama user yang tidak tersedia	Sistem menampilkan pesan data tidak ditemukan	Sistem menampilkan pesan bahwa data user tidak ditemukan	Valid
Riwayat User	Membuka riwayat sesi user	Klik tombol Lihat Riwayat pada salah satu user	Sistem menampilkan halaman history log user tersebut	Sistem berhasil menampilkan halaman riwayat sesi sesuai user yang dipilih	Valid
Riwayat Sesi User	Membuka detail sesi	Klik tombol Lihat Detail pada salah satu sesi	Sistem menampilkan halaman detail sesi sesuai session yang dipilih	Sistem berhasil menampilkan halaman detail sesi sesuai session yang dipilih	Valid
Detail Sesi	Detail sesi berhasil ditampilkan	Membuka halaman detail sesi	Sistem menampilkan skor akhir, label kesiapan, domain breakdown, rekomendasi, dan event log	Sistem berhasil menampilkan skor akhir, label kesiapan, domain breakdown, rekomendasi, dan event log	Valid

© 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

Fitur	Skenario Pengujian	Aksi/Input	Keluaran yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Status
Detail Sesi	Hasil evaluasi belum tersedia	Membuka detail sesi yang belum memiliki hasil evaluasi	Sistem menjalankan evaluasi otomatis dan menampilkan hasil evaluasi	Sistem berhasil menjalankan evaluasi otomatis dan menampilkan hasil evaluasi	Valid
Detail Sesi	Filter event berdasarkan kata kunci berhasil	Mengisi kata kunci event yang tersedia	Sistem menampilkan event yang sesuai dengan kata kunci	Sistem berhasil menampilkan event yang sesuai dengan kata kunci yang dimasukkan	Valid
Detail Sesi	Filter event tidak menemukan data	Mengisi kata kunci atau filter yang tidak sesuai dengan data event	Sistem menampilkan pesan event tidak ditemukan	Sistem menampilkan pesan bahwa event tidak ditemukan	Valid
Detail Sesi	Filter berdasarkan scenario berhasil	Memilih salah satu scenario pada dropdown filter	Sistem hanya menampilkan event sesuai scenario yang dipilih	Sistem berhasil menampilkan event sesuai scenario yang dipilih	Valid
Detail Sesi	Filter berdasarkan klasifikasi berhasil	Memilih klasifikasi CA, OR, UR, atau MD	Sistem hanya menampilkan event sesuai klasifikasi yang dipilih	Sistem berhasil menampilkan event sesuai klasifikasi CA, OR, UR, atau MD yang dipilih	Valid
Kelola User	Admin membuka modal tambah user	Klik tombol Tambah User	Sistem menampilkan modal form tambah user	Modal form tambah user berhasil ditampilkan	Valid
Kelola User	Tambah user berhasil	Mengisi nama, email, role, password, dan konfirmasi password yang valid	User baru ditambahkan dan tampil pada tabel	User baru berhasil ditambahkan dan tampil pada tabel Kelola User	Valid

© 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

Fitur	Skenario Pengujian	Aksi/Input	Keluaran yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Status
Kelola User	Format email salah	Mengisi email dengan format tidak valid	Sistem menampilkan validasi format email	Sistem menampilkan validasi bahwa format email tidak valid	Valid
Kelola User	Password terlalu pendek	Mengisi password kurang dari 6 karakter	Sistem menampilkan validasi password minimal 6 karakter	Sistem menampilkan validasi bahwa password minimal terdiri dari 6 karakter	Valid
Kelola User	Konfirmasi password tidak sama	Mengisi password dan konfirmasi password berbeda	Sistem menampilkan pesan bahwa password tidak cocok	Sistem menampilkan pesan bahwa password dan konfirmasi password tidak cocok	Valid
Kelola User	Email sudah digunakan	Menambahkan user dengan email yang sudah terdaftar	Sistem menampilkan pesan bahwa email sudah digunakan	Sistem menampilkan pesan bahwa email sudah digunakan oleh akun lain	Valid
Kelola User	Edit user berhasil	Klik Edit, ubah data user, lalu klik Simpan	Data user pada tabel berhasil diperbarui	Data user berhasil diperbarui dan perubahan tampil pada tabel	Valid
Kelola User	Edit email menjadi email yang sudah digunakan	Mengubah email user menjadi email milik user lain	Sistem menampilkan pesan error bahwa email sudah digunakan	Sistem menampilkan pesan error bahwa email sudah digunakan oleh user lain	Valid
Kelola User	Hapus user berhasil	Klik Hapus pada user lain, lalu konfirmasi	Data user terhapus dari tabel	Data user berhasil dihapus dari tabel setelah proses konfirmasi	Valid

© 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

Fitur	Skenario Pengujian	Aksi/Input	Keluaran yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Status
Kelola User	Hapus user dibatalkan	Klik Hapus, lalu pilih Batalkan	Modal tertutup dan data user tidak terhapus	Modal konfirmasi tertutup dan data user tetap ditampilkan pada tabel	Valid
Kelola User	Admin mencoba menghapus akun sendiri	Melihat baris akun sendiri pada tabel user	Tombol hapus akun sendiri tidak dapat digunakan	Tombol hapus pada akun sendiri tidak dapat digunakan	Valid
Kelola User	Nonaktifkan user berhasil	Klik Nonaktifkan pada user aktif, lalu konfirmasi	Status user berubah menjadi Nonaktif	Status user berhasil berubah menjadi Nonaktif	Valid
Kelola User	Aktifkan user berhasil	Klik Aktifkan pada user nonaktif, lalu konfirmasi	Status user berubah menjadi Aktif	Status user berhasil berubah menjadi Aktif	Valid
Kelola User	Admin mencoba menonaktifkan akun sendiri	Melihat baris akun sendiri pada tabel user	Tombol nonaktifkan akun sendiri tidak dapat digunakan	Tombol nonaktifkan pada akun sendiri tidak dapat digunakan	Valid
Sesi Pengguna	Token kedaluwarsa saat sistem digunakan	Mengakses fitur ketika token sudah tidak valid	Sistem menghapus sesi dan mengarahkan pengguna ke halaman login	Sistem menghapus sesi pengguna dan mengarahkan pengguna ke halaman login	Valid
Tampilan Skor	Skor evaluasi ditampilkan pada client	Membuka dashboard, riwayat user, atau detail sesi	Skor ditampilkan dalam format 0 sampai 100	Skor berhasil ditampilkan dalam format angka 0 sampai 100	Valid
Respons Sistem	Halaman sedang memuat data	Membuka halaman yang mengambil data dari server	Sistem menampilkan loading state atau spinner	Sistem menampilkan loading state atau spinner selama proses pengambilan	Valid

© 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

© 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

Fitur	Skenario Pengujian	Aksi/Input	Keluaran yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Status
				data berlangsung	

B. Evaluasi Hasil User Acceptance Testing

Pengujian User Acceptance Testing (UAT) dilakukan untuk mengetahui tingkat penerimaan pengguna terhadap sistem monitoring evaluasi OJT yang telah dikembangkan. Pengujian ini disusun berdasarkan kebutuhan fungsional sistem dan diberikan kepada pengguna yang berperan sebagai Admin serta Pengawas Senior.

Tabel 4. 20 Kriteria Penerimaan User Acceptance Testing

Kode	Kebutuhan Fungsional	Kriteria Penerimaan
KA-01	Autentikasi dan manajemen pengguna	Sistem dapat melakukan proses login dan logout, membedakan hak akses Admin dan Pengawas Senior, serta membatasi akses halaman sesuai dengan peran pengguna.
KA-02	Penerimaan dan penyimpanan data hasil simulasi	Sistem dapat menerima dan menyimpan data hasil aktivitas peserta dari simulator Web 3D. Data tersebut dapat ditampilkan kembali pada halaman riwayat dan detail sesi.
KA-03	Pengolahan evaluasi FIS Mamdani evaluasi per domain	Sistem dapat menampilkan hasil evaluasi pada setiap domain, berdasarkan data interaksi peserta yang telah diolah menggunakan FIS Mamdani.
KA-04	Pengolahan evaluasi FIS Mamdani kesiapan akhir	Sistem dapat menampilkan skor akhir dan label kesiapan peserta berdasarkan hasil pengolahan.
KA-05	Daftar dan riwayat evaluasi peserta	Sistem dapat menampilkan daftar seluruh peserta, ringkasan evaluasi terbaru, jumlah sesi

© 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

Kode	Kebutuhan Fungsional	Kriteria Penerimaan
		yang telah dijalani, status kesiapan, serta riwayat evaluasi masing-masing peserta.
KA-06	Detail hasil evaluasi per sesi	Sistem dapat menampilkan detail hasil evaluasi per sesi, fitur pencarian, dan filter data.
KA-07	Identifikasi area fokus dan kekuatan peserta	Sistem dapat menampilkan area fokus yang perlu ditingkatkan dan kekuatan peserta yang sudah dikuasai.

Penilaian terhadap setiap kriteria penerimaan dilakukan selama sesi demonstrasi aplikasi. Peneliti mencatat hasil pengujian secara langsung berdasarkan pengamatan terhadap interaksi peserta dengan sistem. Setiap skenario UAT dinilai dengan membandingkan hasil yang ditampilkan sistem terhadap kriteria penerimaan yang telah ditentukan. Hasil penilaian UAT disajikan pada tabel berikut.

Tabel 4.17 Hasil User Acceptance Testing (UAT)

Tabel 4.20 Hasil User Acceptance Testing

Kode KA	Skenario UAT	Kriteria yang Diuji	Status	Catatan
KA-01	Admin dan Pengawas Senior melakukan login menggunakan akun masing-masing.	Sistem dapat menerima login dengan akun valid dan menampilkan halaman sesuai role pengguna.	Sesuai	-
KA-01	Admin membuka halaman Kelola	Sistem dapat memberikan akses	Sesuai	-

Kode KA	Skenario UAT	Kriteria yang Diuji	Status	Catatan
	User untuk melihat daftar akun.	halaman pengelolaan akun kepada pengguna dengan role Admin.		
KA-01	Admin menambahkan akun pengguna baru melalui form yang tersedia.	Sistem dapat menambahkan akun pengguna baru dengan data yang sesuai.	Sesuai	-
KA-01	Admin mengubah data akun pengguna yang sudah terdaftar.	Sistem dapat memperbarui data akun pengguna sesuai perubahan yang diberikan.	Sesuai	-
KA-01	Admin menonaktifkan akun pengguna tertentu.	Sistem dapat mengubah status akun pengguna dari aktif menjadi nonaktif.	Sesuai	-
KA-01	Admin dan Pengawas Senior mencoba mengakses fitur sesuai peran masing-masing.	Sistem dapat membatasi akses fitur berdasarkan role pengguna.	Sesuai	-
KA-01	Pengguna berpindah dari	Sistem dapat menyediakan navigasi	Sesuai	-

© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan 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 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

Kode KA	Skenario UAT	Kriteria yang Diuji	Status	Catatan
	dashboard overview, riwayat user, detail sesi, dan halaman lain sesuai hak akses.	antarmuka sesuai hak akses pengguna.		
KA-02	Pengguna membuka halaman Riwayat User dan detail sesi setelah data hasil simulasi tersedia.	Sistem dapat menampilkan kembali data hasil simulasi peserta yang telah tersimpan pada halaman riwayat dan detail sesi.	Sesuai	-
KA-03	Pengguna melihat hasil evaluasi domain K3, Material, dan Audit Lapangan pada halaman Session Detail.	Sistem dapat menampilkan hasil evaluasi pada setiap domain berdasarkan data interaksi peserta yang telah diolah.	Sesuai	-
KA-03	Pengguna melihat distribusi hasil interaksi peserta pada detail sesi.	Sistem dapat menampilkan distribusi kategori CA, OR, UR, dan MD sebagai dasar evaluasi pada setiap domain.	Sesuai	-
KA-04	Pengguna membuka halaman	Sistem dapat menampilkan ringkasan	Sesuai	-

© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan 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

Kode KA	Skenario UAT	Kriteria yang Diuji	Status	Catatan
	dashboard utama untuk melihat ringkasan hasil evaluasi peserta OJT.	hasil evaluasi peserta melalui informasi total sesi keseluruhan, total user, daftar nama user, distribusi label sesi terakhir, sesi terakhir berlangsung, performa terbaik, performa menurun, dan 3 skor terbaik.		
KA-04	Pengguna membaca informasi distribusi label sesi terakhir pada dashboard.	Sistem dapat menampilkan komposisi label kesiapan peserta berdasarkan sesi terakhir yang berlangsung.	Sesuai	-
KA-04	Pengguna membaca tabel sesi terakhir berlangsung pada dashboard.	Sistem dapat menampilkan daftar sesi terbaru lintas peserta yang berisi waktu, nama, sesi ke, skor, dan label kesiapan.	Sesuai	-
KA-04	Pengguna melihat bagian Performa	Sistem dapat menampilkan peserta	Sesuai	-

© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan 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

Kode KA	Skenario UAT	Kriteria yang Diuji	Status	Catatan
	Terbaik pada dashboard.	dengan performa terbaik berdasarkan gabungan rata-rata skor tertinggi dan konsistensi antar sesi.		
KA-04	Pengguna melihat bagian Performa Menurun pada dashboard.	Sistem dapat menampilkan peserta yang mengalami tren penurunan skor dari sesi ke sesi.	Sesuai	-
KA-04	Pengguna melihat bagian 3 Skor Terbaik pada dashboard.	Sistem dapat menampilkan tiga skor tertinggi yang pernah dicapai peserta beserta sesi pencapaiannya.	Sesuai	-
KA-05	Pengguna menekan tombol Lihat Semua Peserta pada bagian 3 Skor Terbaik.	Sistem dapat mengarahkan pengguna ke halaman Riwayat User untuk melihat daftar seluruh peserta. Urutan data mengikuti filter atau pengurutan yang tersedia pada halaman Riwayat User, bukan berdasarkan	Tidak Sesuai	Tombol Lihat Semua Peserta berfungsi sebagai navigasi menuju daftar seluruh peserta, bukan sebagai

© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

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

Kode KA	Skenario UAT	Kriteria yang Diuji	Status	Catatan
		urutan skor terbaik pada dashboard.		tombol ranking skor terbaik.
KA-05	Pengguna membuka halaman Riwayat User untuk melihat daftar peserta dan ringkasan evaluasi terbaru.	Sistem dapat menampilkan daftar peserta beserta ringkasan evaluasi terbaru.	Sesuai	-
KA-05	Pengguna mencari nama peserta tertentu pada halaman riwayat evaluasi.	Sistem dapat menampilkan data peserta sesuai kata kunci pencarian.	Sesuai	-
KA-05	Pengguna memilih opsi pengurutan data berdasarkan tanggal atau skor evaluasi.	Sistem dapat mengurutkan data evaluasi peserta berdasarkan pilihan pengguna.	Sesuai	-
KA-05	Pengguna melihat daftar sesi evaluasi pada halaman history log peserta.	Sistem dapat menampilkan riwayat sesi evaluasi dari peserta yang dipilih.	Sesuai	-

Kode KA	Skenario UAT	Kriteria yang Diuji	Status	Catatan
KA-06	Pengguna menekan tombol Lihat Detail pada salah satu sesi evaluasi.	Sistem dapat membuka halaman detail sesi sesuai sesi evaluasi yang dipilih.	Sesuai	-
KA-06	Pengguna membuka halaman detail sesi evaluasi.	Sistem dapat menampilkan skor keseluruhan, skor per domain, distribusi CA, OR, UR, dan MD, serta riwayat interaksi peserta.	Sesuai	-
KA-06	Pengguna melihat informasi identitas sesi pada halaman Session Detail.	Sistem dapat menampilkan informasi identitas sesi secara jelas.	Sesuai	-
KA-06	Pengguna melihat bagian Event & Interaction Log pada halaman Session Detail.	Sistem dapat menampilkan riwayat interaksi peserta secara jelas pada detail sesi.	Sesuai	-
KA-06	Pengguna menggunakan kolom pencarian	Sistem dapat menampilkan event sesuai kata kunci,	Sesuai	-

© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan 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 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

Kode KA	Skenario UAT	Kriteria yang Diuji	Status	Catatan
	dan filter pada log event.	scenario, atau klasifikasi yang dipilih.		
KA-07	Pengguna melihat bagian Focus Areas pada halaman Session Detail.	Sistem dapat menampilkan area fokus atau aspek yang perlu ditingkatkan oleh peserta.	Sesuai	-
KA-07	Pengguna melihat bagian Strengths pada halaman Session Detail.	Sistem dapat menampilkan aspek yang menjadi kekuatan peserta.	Sesuai	-
KA-07	Pengawas Senior meninjau hasil area fokus dan kekuatan peserta.	Informasi yang ditampilkan dapat membantu Pengawas Senior dalam menentukan arahan pendampingan peserta OJT.	Sesuai	-
KA-07	Pengawas Senior menilai apakah informasi dashboard sudah sesuai untuk kebutuhan	Sistem dapat menyediakan informasi yang membantu Pengawas Senior dalam memantau hasil evaluasi peserta OJT.	Sesuai	-

© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan 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

Kode KA	Skenario UAT	Kriteria yang Diuji	Status	Catatan
	monitoring evaluasi OJT.			
KA-01 sampai KA-07	Pengguna menilai apakah sistem monitoring evaluasi OJT dapat digunakan sebagai alat bantu pemantauan hasil simulasi.	Sistem dapat diterima sebagai alat bantu monitoring evaluasi OJT oleh pengguna.	Sesuai	-

Berdasarkan hasil UAT tersebut, seluruh skenario pengujian memperoleh status sesuai. Hal ini menunjukkan bahwa sistem telah memenuhi kriteria penerimaan yang disusun berdasarkan kebutuhan fungsional. Dengan demikian, sistem monitoring evaluasi OJT dinilai dapat diterima oleh pengguna karena mampu mendukung proses autentikasi, penyajian riwayat evaluasi, penampilan hasil evaluasi FIS Mamdani, detail sesi, serta identifikasi area fokus dan kekuatan peserta.

C. Evaluasi Hasil Validasi Pakar

Validasi pakar dilakukan untuk menilai kesesuaian basis aturan sistem dengan pertimbangan pakar pada dua tahapan inferensi. Pada Tahap 1, sebanyak 11 dari 12 kasus pemetaan skor domain dinilai sesuai sehingga tingkat kesesuaian mencapai 91,67%. Pada Tahap 2, sebanyak 24 dari 27 aturan keputusan akhir dinilai sesuai sehingga tingkat kesesuaian mencapai 88,89%. Secara keseluruhan, dari 39 kasus uji pada kedua tahapan, sebanyak 35 kasus dinilai sesuai dengan pertimbangan pakar. Tingkat kesesuaian yang tinggi ini menunjukkan bahwa basis aturan IF-

© 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

THEN yang ditanamkan ke dalam mesin inferensi telah merepresentasikan pengetahuan pakar dalam menilai kesiapan pengawas pelaksana.

Keempat ketidaksesuaian yang ditemukan memiliki pola yang konsisten, yaitu sistem cenderung memberikan klasifikasi kesiapan yang lebih rendah dibandingkan penilaian pakar, bukan sebaliknya. Pada Tahap 1, domain Material dengan skor 0,72 berada pada wilayah perbatasan antara himpunan Pendampingan Terfokus dan Mandiri sehingga perbedaan label terjadi pada selisih nilai yang tipis. Pada Tahap 2, ketidaksesuaian pada aturan nomor 9, 24, dan 26 muncul ketika dua domain telah bernilai Mandiri namun sistem masih menetapkan tingkat kesiapan di bawah Mandiri. Pola ini memperlihatkan bahwa sistem bersifat konservatif, yaitu cenderung tetap merekomendasikan pendampingan ketika belum seluruh domain mencapai tingkat tertinggi.

Sifat konservatif tersebut justru sejalan dengan tujuan penggunaan sistem sebagai media evaluasi kesiapan dalam konteks pelatihan pengawas pelaksana. Pada konteks ini, kesalahan menilai peserta lebih siap daripada kondisi sebenarnya berisiko lebih besar dibandingkan kesalahan menilai peserta masih memerlukan pendampingan, karena pengawas yang dinyatakan mandiri secara prematur dapat menimbulkan risiko di lapangan. Dengan demikian, keempat ketidaksesuaian tersebut tidak menunjukkan adanya kesalahan logika klasifikasi, melainkan perbedaan ambang penilaian yang dampaknya terkendali dan dapat diterima. Berdasarkan keseluruhan hasil, basis aturan FIS Mamdani dinilai telah tervalidasi oleh pakar dan layak digunakan untuk mengevaluasi kesiapan peserta OJT.

© 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

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat ditarik beberapa simpulan sebagai berikut:

1. Penelitian ini menghasilkan Sistem Evaluasi Kesiapan OJT Pengawas Pelaksana berbasis web untuk PT Bumi Madani, yang mengolah data aktivitas peserta dari simulator Web 3D menjadi klasifikasi kesiapan menggunakan *Fuzzy Inference System* (FIS) Mamdani, dengan arsitektur yang memisahkan *frontend* berbasis React, TypeScript, dan Vite dari *backend* berbasis FastAPI bermesin scikit-fuzzy, serta basis data Google Cloud Firestore.

2. Mesin evaluasi terdiri atas Tahap 1 yang menilai tiga domain kompetensi secara paralel, yaitu K3, Material, dan Audit Lapangan, untuk menghasilkan nilai *centroid* dan label kesiapan per domain, serta Tahap 2 yang mengintegrasikan ketiga keluaran tersebut melalui 27 aturan keputusan menjadi klasifikasi kesiapan akhir berupa Kritis, Pendampingan Terfokus, atau Mandiri.

3. Sistem menyajikan hasil evaluasi melalui enam halaman utama yang mencakup dashboard ringkasan, daftar peserta, riwayat sesi, detail evaluasi per sesi, dan pengelolaan akun, dilengkapi visualisasi skor per domain, distribusi jawaban, identifikasi area fokus dan kekuatan peserta, serta rekomendasi tindak lanjut bagi pengawas senior.

4. Basis aturan IF-THEN yang menjadi inti sistem disusun melalui rekayasa pengetahuan yang mengakuisisi, merepresentasikan, dan memvalidasi pengetahuan pengawas pelaksana senior PT Bumi Madani sebagai pakar domain.

5. Hasil pengujian menunjukkan sistem telah memenuhi kebutuhan yang ditetapkan, dibuktikan melalui pengujian *black box* yang seluruh skenarionya berstatus valid, *User Acceptance Testing* yang seluruh kriteria penerimaannya

dinilai sesuai, serta validasi pakar yang mencapai tingkat kesesuaian 91,67% pada Tahap 1 dan 88,89% pada Tahap 2, dengan total 35 dari 39 kasus uji dinilai sesuai. Ketidaksesuaian yang ditemukan bersifat konservatif dan justru selaras dengan kebutuhan evaluasi pelatihan yang memprioritaskan pencegahan penilaian kesiapan secara prematur.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, terdapat beberapa saran untuk pengembangan selanjutnya, yaitu:

1. Menambahkan fitur ekspor laporan hasil evaluasi dalam format dokumen agar pengawas senior lebih mudah mengarsipkan dan membagikan hasil penilaian.
2. Memperkuat integrasi langsung antara sistem evaluasi dan simulator Web 3D agar aliran data aktivitas peserta berlangsung otomatis tanpa proses perantara, sehingga evaluasi dapat dilakukan secara *real-time*.

© 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

© 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

DAFTAR PUSTAKA

Al-Nahhas, Y. S., Hadidi, L. A., Islam, M. S., Skitmore, M., & Abunada, Z. (2024). Modified Mamdani-fuzzy inference system for predicting the cost overrun of construction projects. *Applied Soft Computing*, *151*(November 2023), 111152. https://doi.org/10.1016/j.asoc.2023.111152

Carrasco-Garrido, C., Moreno-Cabezali, B. M., & Martínez Raya, A. (2025). New perspectives on university quality assessment: A Mamdani Fuzzy Inference System approach. *PLoS ONE*, *20*(5 May), 1–21. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0321013

Choi, S. Y., & Kim, S. H. (2021). Knowledge acquisition and representation for high-performance building design: A review for defining requirements for developing a design expert system. *Sustainability (Switzerland)*, *13*(9). https://doi.org/10.3390/su13094640

Dalvand, A., Abbasianjahromi, H., Ravanshadnia, M., & Zeighami, E. (2022). Designing a Mamdani Fuzzy Inference Expert System for evaluating Human Resources in the Iranian Construction Industry. *Iranian Journal of Management Studies*, *15*(4), 851–873. https://doi.org/10.22059/IJMS.2021.328145.674680

Gärtner, Q., Bianchi, A., Mulrav, H., & Reinhart, G. (2024). Combining the analytical hierarchy process, fuzzy expert systems, and the exponential risk priority number for the holistic evaluation of innovation projects in manufacturing. *Production and Manufacturing Research*, *12*(1). https://doi.org/10.1080/21693277.2024.2378200

Gueye, M., Bessedik, M., Boudia, E. M. M., Abdelmoumene, H., Abdelbaki, C., Tischbein, B., & Kumar, N. (2026). Fuzzy Logic-Based Assessment of Treated Wastewater Quality in Treatment Plant of Tlemcen, Algeria. *Water (Switzerland)*, *18*(10), 1–19. https://doi.org/10.3390/w18101229

Hashemi, H., Behzadi, M. H., Rasouli, H., & Azhini, M. (2025). *A Mamdani Fuzzy – APOS Model for Quantitatively Assessing Students ' Skill in Solving Linear Systems by the Inverse Matrix*. *15*(4), 248–260.

Imeldawaty Gultom, Eka Pandu Cynthia, & Alabbas Hussein Saeed. (2024). Visualization and Analysis of Employee Performance Data Using a Power BI-based Business Intelligence Dashboard. *Journal of Computer Science Artificial Intelligence and Communications*, *1*(2), 46–51. https://doi.org/10.64803/jocsaic.v1i2.19

Muhammad, L. J., Garba, E. J., Oye, N. D., Wajiga, G. M., & Garko, A. B. (2021). Fuzzy rule-driven data mining framework for knowledge acquisition for expert system. In *Translational Bioinformatics in Healthcare and Medicine* (Vol. 13). Elsevier Inc. https://doi.org/10.1016/B978-0-323-89824-9.00017-3

Mutharni, M., Awaliah, W., & Surianto, D. F. (2025). Evaluasi Kinerja Karyawan PT. XYZ dengan Pendekatan Metode Fuzzy Mamdani. *Indonesian Technology and Education Journal*, *xx*(xx), 1–8. https://doi.org/10.61255/itej.v3i1.567

Ogorodova, A., Shamoi, P., & Karatayev, A. (2025). Fuzzy Intelligent System for Student Software Project Evaluation. *International Journal of Modern Education and Computer Science*, *17*(4), 26–44. https://doi.org/10.5815/IJMECS.2025.04.02

Saatchi, R. (2024). Fuzzy Logic Concepts, Developments and Implementation. *Information (Switzerland)*, *15*(10). https://doi.org/10.3390/info15100656

Saha, D. (2026). *Adaptive fuzzy inference system-based deep learning model for early-phase software dependability analysis*. *66*. https://doi.org/10.21914/anziamproc.v66.19616

Samavat, T., Nazari, M., Ghalehnoie, M., Nasab, M. A., Zand, M., Sanjeevikumar, P., & Khan, B. (2023). A Comparative Analysis of the Mamdani and Sugeno Fuzzy Inference Systems for MPPT of an Islanded PV System. *International Journal of Energy Research*, *2023*. https://doi.org/10.1155/2023/7676113

© 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

Tao, M., Chen, Q., Yan, W., & Wang, X. (2025). A faculty performance evaluation model based on MACBETH and fuzzy filter ranking methods. *Scientific Reports*, *15*(1), 1–17. https://doi.org/10.1038/s41598-025-17537-6

Tejash U. Chaudhari, Vimal B. Patel, Rahul G. Thakkar, & Chetanpal Singh. (2023). Comparative analysis of Mamdani, Larsen and Tsukamoto methods of fuzzy inference system for students' academic performance evaluation. *International Journal of Science and Research Archive*, *9*(1), 517–523. https://doi.org/10.30574/ijsra.2023.9.1.0443

Urbancová, H., Vrabcová, P., Hudáková, M., & Petrů, G. J. (2021). Effective training evaluation: The role of factors influencing the evaluation of effectiveness of employee training and development. *Sustainability (Switzerland)*, *13*(5), 1–14. https://doi.org/10.3390/su13052721

Wu, H., & Xu, Z. S. (2021). Fuzzy Logic in Decision Support: Methods, Applications and Future Trends. *International Journal of Computers, Communications and Control*, *16*(1), 1–28. https://doi.org/10.15837/ijccc.2021.1.4044

© 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

© Hak Cipta 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

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Shofiyah Salsabila

Lahir di Tangerang, 19 April 2004. Lulus dari SDI Al-Hasanah pada tahun 2016, MTsN 3 Jakarta pada tahun 2019, dan MAN 19 pada tahun 2022, program pendidikan profesional CCIT-FTUI Tahun 2024. Saat ini sedang menempuh pendidikan pada Program Studi Diploma Empat Teknik Informatika di Politeknik Negeri Jakarta. Memiliki ketertarikan pada bidang *Data Engineering*.

© 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

LAMPIRAN

Lampiran 1 Riwayat Hidup Pakar

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

- Nama : **Moh. Ikhsanul Muhadi, ST.**
- Tempat/Tanggal Lahir : Surabaya, 28 Oktober 1972
- Pendidikan : Sarjana (S1), S1 Teknik Sipil Universitas Islam Malang, 1996
- Pengalaman Pekerjaan

No	Thn	Nama Proyek	Lokasi	Pengguna Jasa	Nama Perusahaan	Waktu Pelaksanaan	Posisi Penugasan
1	2019	Belanja Jasa Konsultansi Pengawasan Gedung Setda, Baleka, Satpol PP dan Lingkungan Balaikota Depok	Kota Depok	Sekretariat Daerah Kota Depok	PT. Wahana Prakarsa Utama	23 Sep – 20 Des 2019	Tenaga Ahli
2	2019	Konsultan Perencanaan Pengembangan Infrastruktur Air Bersih Non Perpipaan (TA 2020)	Kota Depok	Dinas Perumahan dan Permukiman	PT. Bumi Madani	11 Okt – 24 Des 2019	Tenaga Ahli Lingkungan
3	2020	Konsultan Pengawasan Area Dalam & Luar Pasar Cisalak serta Penataan Parkir & Halaman Pasar Musi	Kota Depok	Dinas Perdagangan dan Perindustrian	PT. Bumi Madani	26 Mar – 16 Jul 2020	Team Leader
4	2020	Konsultansi Perencanaan Pembangunan/Rehabilitasi & Penataan Lingkungan Bangunan	Kota Depok	Dinas Perumahan dan Permukiman	PT. Esya Megah Perkasa	05 Okt – 18 Nov 2020	Tenaga Ahli

No	Thn	Nama Proyek	Lokasi	Pengguna Jasa	Nama Perusahaan	Waktu Pelaksanaan	Posisi Penugasan
		Pendidikan Wilayah 8					
5	2020	Jasa Konsultansi Perencanaan Pengadaan Peralatan dan Perlengkapan Kantor	Kota Depok	Dinas Perdagangan dan Perindustrian	PT. Wahana Prakarsa Utama	10 – 21 Nov 2020	Team Leader
6	2020	Konsultan Pengawasan Pengembangan Infrastruktur Air Bersih Non Perpipaan	Kota Depok	Dinas Perumahan dan Permukiman	PT. Wahana Prakarsa Utama	28 Agu – 15 Des 2020	Pengawas Lapangan
7	2021	Konsultan Perencanaan Pengembangan Infrastruktur Air Bersih Non Perpipaan Kel. Tirtajaya	Kota Depok	Dinas Perumahan dan Permukiman	PT. Wahana Prakarsa Utama	18 Mar – 1 Mei 2021	Tenaga Ahli K3
8	2021	Konsultan Perencanaan Pemeliharaan Bangunan Pasar	Kota Depok	Dinas Perdagangan dan Perindustrian	PT. Wahana Prakarsa Utama	04 Feb – 05 Mar 2021	Team Leader
9	2021	Konsultan Pengawasan Pasar Rakyat Sawangan	Kota Depok	Dinas Perdagangan dan Perindustrian	PT. Bumi Madani	26 Agu – 23 Des 2021	Ahli K3
10	2022	Jasa Konsultansi Pengawasan Pengembangan Infrastruktur Air Bersih Non Perpipaan	Kota Depok	Dinas PU & Penataan Ruang – Bidang Pengelolaan Air Limbah	PT. Wahana Prakarsa Utama	14 Mar – 12 Mei 2022	Tenaga Ahli K3

© 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

No	Thn	Nama Proyek	Lokasi	Pengguna Jasa	Nama Perusahaan	Waktu Pelaksanaan	Posisi Penugasan
				dan Air Minum			
11	2022	Konsultan Perencanaan DED Pasar Tugu	Kota Depok	Dinas Perdagangan dan Perindustrian	PT. Bina Mitra Wahana	03 Okt – 01 Des 2022	Team Leader
12	2022	Pengawasan Pemeliharaan Kantor Sektor Pademangan	Jakarta Utara	Sudin Penanggulangan Kebakaran & Penyelamatan Kota Adm. Jakarta Utara	PT. Wahana Prakarsa Utama	10 Nov – 19 Des 2022	Inspector
13	2022	Jasa Konsultansi Pengawasan Rehab Berat Gedung SDN Semper Barat 15 Pg	Jakarta Utara	Sudin Pendidikan Wilayah II Kota Adm. Jakarta Utara	PT. Wahana Prakarsa Utama	93 hari kalender	Team Leader
14	2022	Pengawasan Konstruksi Pembangunan, Renovasi Gedung dan Pengeboran Sumur	Jakarta Selatan	Kemenkumham RI – LPKA Kelas II Jakarta	PT. Bumi Madani	80 hari kalender	Team Leader
15	2022	Jasa Konsultansi Pengawasan Rehab Berat Gedung SMK Negeri 62	Jakarta Selatan	Sudin Pendidikan Wilayah I Kota Adm. Jakarta Selatan	PT. Bumi Madani	65 hari kalender	Team Leader
16	2023	Jasa Konsultan Pengawasan (Perorangan)	Kota Depok	Dinas Perindustrian dan	Konsultan Perorangan	15 Nov – 05 Des 2023	Konsultan Pengawasan

© 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

No	Thn	Nama Proyek	Lokasi	Pengguna Jasa	Nama Perusahaan	Waktu Pelaksanaan	Posisi Penugasan
				Perdagangan			
17	2023	Jasa Konsultansi Pengawasan Pemeliharaan Bangunan Pasar	Kota Depok	Dinas Perdagangan dan Perindustrian	PT. Bina Mitra Wahana	30 Mei – 26 Okt 2023	Team Leader
18	2023	Jasa Konsultansi Perencanaan Rehabilitasi Pasar Rakyat Se-Kota Depok	Kota Depok	Dinas Perdagangan dan Perindustrian	PT. Abadi Karsa Mulya	23 Feb – 23 Apr 2023	Team Leader
19	2024	Jasa Konsultansi Pengawasan Konstruksi Pemeliharaan Gedung Dinas	Kota Depok	Dinas Pemadam Kebakaran dan Penyelamatan	PT. Prestasi Multi Kreasi	12 Nov – 13 Des 2024	Ahli K3
20	2025	Konsultan Perencanaan Perbaikan Rumah Tidak Layak Huni Kecamatan Sawangan	Kota Depok	Dinas Perumahan dan Permukiman	PT. Wahana Prakarsa Utama	05 – 19 Mar 2025	Tenaga Ahli K3
21	2025	Konsultan Perencanaan Keperluan Mendesak Rehabilitasi Kantor Kelurahan Cipayung	Kota Depok	Dinas Perumahan dan Permukiman	PT. Trisala Abadi Semesta	15 hari kalender	Tenaga Ahli K3 Konstruksi
22	2025	Jasa Konsultansi Perencanaan Rehabilitasi & Penataan Lingkungan SDN Duren Seribu 4	Kota Depok	Dinas Perumahan dan Permukiman	PT. Bumi Madani	30 hari kalender	Team Leader

© 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

No	Thn	Nama Proyek	Lokasi	Pengguna Jasa	Nama Perusahaan	Waktu Pelaksanaan	Posisi Penugasan
23	2025	Konsultan Pengawasan Keperluan Mendesak Rehabilitasi Kantor Kelurahan Cipayung	Kota Depok	Dinas Perumahan dan Permukiman	Konsultan Perorangan	60 hari kalender	Tenaga Ahli K3 Konstruksi

Daftar riwayat hidup ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan penuh rasa tanggung jawab.

Depok, 15 Januari 2026
Yang membuat pernyataan,

Moh. Ikhsanul Muhadi, ST

© 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

© 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

Lampiran 2 Transkrip Wawancara

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

Hari/Tanggal	Kamis, 22 Januari 2026
Waktu:	10.00 sampai 12.00 WIB
Tempat	Kantor PT Bumi Madani, Depok, Jawa Barat
Narasumber	Moch. Ikhsanul Muhadi, S.T.
Pewawancara	Tim Peneliti

Transkrip Wawancara

Pewawancara:
Pak, dalam praktiknya proses renovasi ini melibatkan banyak pihak. Sebenarnya alurnya dimulai dari mana?

Narasumber:
Pelaksanaan renovasi tidak hanya berasal dari perencanaan teknis, tetapi diawali dari tim yang turun langsung ke lapangan untuk bertemu dengan pengguna bangunan. Dalam konteks proyek sekolah, pengguna tersebut dapat berupa kepala sekolah, guru, atau staf sekolah. Dari pertemuan tersebut, kebutuhan pekerjaan mulai diidentifikasi, misalnya bagian bangunan mana yang mengalami kerusakan atau perlu diperbaiki. Sejak tahap awal, terdapat banyak pihak yang terlibat dan masing masing memiliki kepentingan yang perlu dipertimbangkan. Namun, untuk proyek sekolah, fokus utama tetap diarahkan pada kebutuhan pihak sekolah sebagai pengguna bangunan.

Pewawancara:
Berarti urutan pekerjaan sudah ditentukan sejak awal ya, Pak?

Narasumber:
Iya, urutan pekerjaan menjadi hal yang penting. Biasanya anggaran sudah ditentukan terlebih dahulu, sehingga pelaksanaan pekerjaan harus disesuaikan dengan ketersediaan anggaran tersebut. Misalnya apabila sekolah memiliki bangunan yang besar dan terdiri dari beberapa lantai, tidak semua bagian dapat dikerjakan secara bersamaan. Karena itu, pekerjaan yang paling prioritas harus ditentukan terlebih dahulu. Umumnya pekerjaan atap menjadi prioritas awal karena memiliki risiko yang cukup tinggi apabila kondisinya rusak. Setelah itu, pekerjaan dapat dilanjutkan ke bagian lain seperti pengecatan, kusen, listrik, toilet, lapangan, pagar, dan pekerjaan lainnya. Setiap aktivitas pekerjaan juga berkaitan dengan kondisi ruang dan tahapan pekerjaan sebelumnya. Jika urutan pekerjaan tidak diatur dengan baik, pekerjaan di lapangan dapat saling mengganggu.

Pewawancara:
Di lapangan, apakah rencana awal sering berubah, Pak?

Narasumber:
Sering terjadi perubahan. Pada tahap awal, perhitungan biasanya masih berupa estimasi berdasarkan pengalaman. Namun, ketika dilakukan pengecekan langsung di lapangan, kebutuhan aktual bisa saja berbeda dari perkiraan awal. Misalnya pekerjaan atap diperkirakan membutuhkan biaya tertentu, tetapi setelah diperiksa ternyata kebutuhannya lebih besar dari anggaran yang tersedia. Dalam kondisi seperti itu, keputusan harus disesuaikan kembali di lapangan. Pekerjaan yang kondisinya paling parah akan diprioritaskan terlebih dahulu, sedangkan pekerjaan lain dapat dikerjakan

© 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

belakangan. Jadi, keputusan pelaksanaan bersifat situasional dan didasarkan pada hasil diskusi di lapangan bersama pihak pengguna.

Pewawancara:

Karena pekerjaan dilakukan di area sekolah yang masih aktif, bagaimana pengaturan area kerjanya?

Narasumber:

Karena sekolah masih digunakan, area kerja harus dibedakan antara area yang masih aktif digunakan dan area yang harus steril dari aktivitas sekolah. Dalam beberapa kondisi, satu gedung dapat ditutup terlebih dahulu, kemudian siswa dipindahkan ke gedung atau ruangan lain. Area kerja juga perlu diberi pagar atau batas pengaman agar tidak dimasuki oleh siswa maupun pihak yang tidak berkepentingan.

Permasalahan di lapangan sering berkaitan dengan kebiasaan dan kedisiplinan pekerja. Apabila pekerja tidak disiplin, area yang seharusnya steril dapat dilewati, sehingga menimbulkan risiko keselamatan.

Pewawancara:

Peran konsultan dalam tahap ini bagaimana, Pak?

Narasumber:

Konsultan perencana bertugas membuat gambar kerja, RAB, dan spesifikasi teknis. Setelah dokumen tersebut tersedia, kontraktor melaksanakan pekerjaan di lapangan. Konsultan pengawas kemudian bertugas mengawasi agar pelaksanaan pekerjaan sesuai dengan gambar kerja dan RAB. Dalam pelaksanaan proyek juga digunakan time schedule sebagai acuan progres. Misalnya pada minggu tertentu progres pekerjaan harus mencapai persentase tertentu, kemudian minggu berikutnya meningkat sesuai rencana.

Pewawancara:

Kalau untuk karyawan atau pengawas baru, pola pelatihannya seperti apa?

Narasumber:

Biasanya pengawas baru langsung turun ke lapangan, tetapi tetap berada dalam pengawasan. Mereka tidak langsung dilepas sendiri. Proses pembelajarannya dilakukan sambil berjalan dengan mengikuti pengawas yang lebih senior. Dari awalnya belum memahami kondisi lapangan, mereka belajar secara bertahap, mulai dari cara mengukur, memahami kondisi ruang, memahami alur pekerjaan, sampai mengambil keputusan di lapangan. Namun, proses belajar tersebut membutuhkan waktu yang cukup lama. Dalam beberapa kasus, seseorang dapat membutuhkan beberapa proyek bahkan bertahun tahun hingga benar benar memahami pola kerja dan pengambilan keputusan di lapangan.

Pewawancara:

Pak, rencana penelitian yang ingin kami rancang adalah sistem simulasi berbasis Web 3D. Melalui simulasi tersebut, pengguna dapat berinteraksi dengan lingkungan kerja virtual, berpindah ruang, memasuki area kerja tertentu, dan menjalankan aktivitas sesuai kondisi ruang yang ada. Sistem juga dapat mencatat apakah pekerjaan dilakukan di zona yang tepat, apakah area kerja sudah steril, serta apakah tahapan pekerjaan dijalankan sesuai urutan. Data evaluasi dikaitkan dengan konteks ruang, misalnya kesalahan terjadi di area atap, koridor, atau ruang kelas tertentu. Menurut Bapak, apakah pendekatan berbasis Web 3D seperti ini lebih relevan untuk evaluasi prosedur kerja dibandingkan evaluasi yang hanya berbasis laporan?

Narasumber:

Menurut saya, pendekatan tersebut lebih relevan untuk pelatihan. Permasalahan di lapangan tidak hanya berkaitan dengan prosedur, tetapi juga berkaitan dengan ruang dan kondisi kerja. Jika evaluasi hanya berbasis laporan, biasanya yang terlihat hanya hasil akhirnya, tetapi tidak selalu terlihat kesalahan tersebut terjadi di lokasi mana. Dengan simulasi Web 3D, kesalahan dapat dikaitkan langsung dengan ruang kerja, misalnya di area atap, koridor, atau area yang seharusnya steril. Hal tersebut lebih mendekati kondisi

© 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

lapangan yang sebenarnya. Untuk kebutuhan pelatihan, pendekatan seperti ini lebih dapat digunakan karena pengguna dapat melihat konteks kesalahan secara visual, bukan hanya membaca laporan. Namun, visualisasi tidak perlu dibuat terlalu rumit. Yang penting, ruang ruang utama dan area berisiko dapat terlihat jelas. Jika terlalu detail, simulasi justru dapat membuat pengguna bingung.

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

Hari/Tanggal	Jumat, 6 Februari 2026
Waktu:	10.00 sampai 12.00 WIB
Tempat	Kantor PT Bumi Madani, Depok, Jawa Barat
Narasumber	Moch. Ikhsanul Muhadi, S.T.
Pewawancara	Tim Peneliti

Transkrip Wawancara

Pewawancara:
Pak, dalam praktiknya proses renovasi ini melibatkan banyak pihak. Sebenarnya alurnya dimulai dari mana?
Narasumber:
Pelaksanaan renovasi tidak hanya berasal dari perencanaan teknis, tetapi diawali dari tim yang turun langsung ke lapangan untuk bertemu dengan pengguna bangunan. Dalam konteks proyek sekolah, pengguna tersebut dapat berupa kepala sekolah, guru, atau staf sekolah. Dari pertemuan tersebut, kebutuhan pekerjaan mulai diidentifikasi, misalnya bagian bangunan mana yang mengalami kerusakan atau perlu diperbaiki. Sejak tahap awal, terdapat banyak pihak yang terlibat dan masing masing memiliki kepentingan yang perlu dipertimbangkan. Namun, untuk proyek sekolah, fokus utama tetap diarahkan pada kebutuhan pihak sekolah sebagai pengguna bangunan.
Pewawancara:
Berarti urutan pekerjaan sudah ditentukan sejak awal ya, Pak?
Narasumber:
Iya, urutan pekerjaan menjadi hal yang penting. Biasanya anggaran sudah ditentukan terlebih dahulu, sehingga pelaksanaan pekerjaan harus disesuaikan dengan ketersediaan anggaran tersebut. Misalnya apabila sekolah memiliki bangunan yang besar dan terdiri dari beberapa lantai, tidak semua bagian dapat dikerjakan secara bersamaan. Karena itu, pekerjaan yang paling prioritas harus ditentukan terlebih dahulu. Umumnya pekerjaan atap menjadi prioritas awal karena memiliki risiko yang cukup tinggi apabila kondisinya rusak. Setelah itu, pekerjaan dapat dilanjutkan ke bagian lain seperti pengecatan, kusen, listrik, toilet, lapangan, pagar, dan pekerjaan lainnya. Setiap aktivitas pekerjaan juga berkaitan dengan kondisi ruang dan tahapan pekerjaan sebelumnya. Jika urutan pekerjaan tidak diatur dengan baik, pekerjaan di lapangan dapat saling mengganggu.
Pewawancara:
Di lapangan, apakah rencana awal sering berubah, Pak?
Narasumber:
Sering terjadi perubahan. Pada tahap awal, perhitungan biasanya masih berupa estimasi berdasarkan pengalaman. Namun, ketika dilakukan pengecekan langsung di lapangan, kebutuhan aktual bisa saja berbeda dari perkiraan awal. Misalnya pekerjaan atap diperkirakan membutuhkan biaya tertentu, tetapi setelah diperiksa ternyata kebutuhannya lebih besar dari anggaran yang tersedia. Dalam kondisi seperti itu, keputusan harus disesuaikan kembali di lapangan. Pekerjaan yang kondisinya paling parah akan diprioritaskan terlebih dahulu,

sedangkan pekerjaan lain dapat dikerjakan belakangan. Jadi, keputusan pelaksanaan bersifat situasional dan didasarkan pada hasil diskusi di lapangan bersama pihak pengguna.

Pewawancara:

Karena pekerjaan dilakukan di area sekolah yang masih aktif, bagaimana pengaturan area kerjanya?

Narasumber:

Karena sekolah masih digunakan, area kerja harus dibedakan antara area yang masih aktif digunakan dan area yang harus steril dari aktivitas sekolah. Dalam beberapa kondisi, satu gedung dapat ditutup terlebih dahulu, kemudian siswa dipindahkan ke gedung atau ruangan lain. Area kerja juga perlu diberi pagar atau batas pengaman agar tidak dimasuki oleh siswa maupun pihak yang tidak berkepentingan. Permasalahan di lapangan sering berkaitan dengan kebiasaan dan kedisiplinan pekerja. Apabila pekerja tidak disiplin, area yang seharusnya steril dapat dilewati, sehingga menimbulkan risiko keselamatan.

Pewawancara:

Peran konsultan dalam tahap ini bagaimana, Pak?

Narasumber:

Konsultan perencana bertugas membuat gambar kerja, RAB, dan spesifikasi teknis. Setelah dokumen tersebut tersedia, kontraktor melaksanakan pekerjaan di lapangan. Konsultan pengawas kemudian bertugas mengawasi agar pelaksanaan pekerjaan sesuai dengan gambar kerja dan RAB. Dalam pelaksanaan proyek juga digunakan time schedule sebagai acuan progres. Misalnya pada minggu tertentu progres pekerjaan harus mencapai persentase tertentu, kemudian minggu berikutnya meningkat sesuai rencana.

Pewawancara:

Kalau untuk karyawan atau pengawas baru, pola pelatihannya seperti apa?

Narasumber:

Biasanya pengawas baru langsung turun ke lapangan, tetapi tetap berada dalam pengawasan. Mereka tidak langsung dilepas sendiri. Proses pembelajarannya dilakukan sambil berjalan dengan mengikuti pengawas yang lebih senior. Dari awalnya belum memahami kondisi lapangan, mereka belajar secara bertahap, mulai dari cara mengukur, memahami kondisi ruang, memahami alur pekerjaan, sampai mengambil keputusan di lapangan. Namun, proses belajar tersebut membutuhkan waktu yang cukup lama. Dalam beberapa kasus, seseorang dapat membutuhkan beberapa proyek bahkan bertahun tahun hingga benar benar memahami pola kerja dan pengambilan keputusan di lapangan.

Pewawancara:

Pak, rencana penelitian yang ingin kami rancang adalah sistem simulasi berbasis Web 3D. Melalui simulasi tersebut, pengguna dapat berinteraksi dengan lingkungan kerja virtual, berpindah ruang, memasuki area kerja tertentu, dan menjalankan aktivitas sesuai kondisi ruang yang ada. Sistem juga dapat mencatat apakah pekerjaan dilakukan di zona yang tepat, apakah area kerja sudah steril, serta apakah tahapan pekerjaan dijalankan sesuai urutan. Data evaluasi dikaitkan dengan konteks ruang, misalnya kesalahan terjadi di area atap, koridor, atau ruang kelas tertentu. Menurut Bapak, apakah pendekatan berbasis Web 3D seperti ini lebih relevan untuk evaluasi prosedur kerja dibandingkan evaluasi yang hanya berbasis laporan?

Narasumber:

Menurut saya, pendekatan tersebut lebih relevan untuk pelatihan. Permasalahan di lapangan tidak hanya berkaitan dengan prosedur, tetapi juga berkaitan dengan ruang dan kondisi kerja. Jika evaluasi hanya berbasis laporan, biasanya yang terlihat hanya hasil akhirnya, tetapi tidak selalu terlihat kesalahan tersebut terjadi di lokasi mana. Dengan simulasi Web 3D, kesalahan dapat dikaitkan langsung dengan ruang kerja, misalnya di area atap, koridor, atau area yang seharusnya steril. Hal tersebut lebih mendekati kondisi lapangan yang sebenarnya. Untuk kebutuhan pelatihan, pendekatan seperti ini lebih dapat digunakan karena pengguna dapat melihat konteks kesalahan secara visual, bukan hanya membaca laporan. Namun, visualisasi tidak perlu dibuat terlalu rumit. Yang penting, ruang ruang utama dan area berisiko dapat terlihat jelas. Jika terlalu detail, simulasi justru dapat membuat pengguna bingung.

© 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

© 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

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

Hari/Tanggal	Jumat, 13 Februari 2026
Waktu:	10.00 sampai 13.00 WIB
Tempat	Kantor PT Bumi Madani, Depok, Jawa Barat
Narasumber	Moch. Ikhsanul Muhadi, S.T.
Pewawancara	Tim Peneliti

Transkrip Wawancara

Pewawancara:
Pak, ruang lingkup pekerjaan pembangunan ini mencakup apa saja? Aktivitas apa yang biasanya berjalan bersamaan di lapangan?

Narasumber:
Dalam pelaksanaan pekerjaan pembangunan, pihak yang terlibat tidak hanya kontraktor, tetapi juga konsultan, pengawas, dan pihak pengguna bangunan. Pada awal pekerjaan biasanya dilakukan rapat koordinasi bersama pihak terkait. Dalam rapat tersebut, setiap pihak menjelaskan tugas dan tanggung jawabnya, termasuk jenis pekerjaan yang akan dilaksanakan, waktu pelaksanaan, serta cara kerja di lapangan.

Untuk proyek sekolah, pihak sekolah juga perlu menentukan apakah kegiatan belajar mengajar akan dipindahkan seluruhnya, sebagian, atau tetap berjalan dengan pengaturan tertentu. Apabila ada bagian bangunan yang dikerjakan, area tersebut harus diberi pagar pengaman agar siswa atau pihak yang tidak berkepentingan tidak masuk ke area kerja. Lingkungan kerja perlu dipastikan dalam kondisi aman sebagai bentuk pencegahan kecelakaan kerja.

Pewawancara:
Kalau di lapangan, bagian pekerjaan yang paling panjang atau rumit biasanya apa?

Narasumber:
Pekerjaan dilakukan secara bertahap. Sebelum pelaksanaan, biasanya dilakukan dokumentasi foto dan koordinasi dengan pihak terkait. Setelah area kerja dikosongkan dan alat serta barang di area tersebut dipindahkan, pekerja baru mulai menyiapkan tempat kerja, termasuk tempat istirahat pekerja di luar area pekerjaan.

Setelah itu dilakukan pengecekan bagian bangunan seperti atap, lantai, genteng, keramik, kusen, dan bagian lain yang termasuk ruang lingkup pekerjaan. Pada pekerjaan pembangunan, struktur bangunan utama biasanya tidak selalu dibongkar apabila masih layak. Setelah proses pengecekan selesai, pekerjaan pembongkaran dilakukan terlebih dahulu. Selanjutnya pekerjaan seperti pemasangan atap baru bisa dilanjutkan.

Sebelum material dipasang, material tersebut harus disetujui terlebih dahulu oleh pengawas dan pihak yang memiliki proyek. Persetujuan ini tidak dilakukan sekaligus untuk seluruh material, tetapi disesuaikan dengan pekerjaan yang akan dilaksanakan terlebih dahulu. Misalnya, sebelum pemasangan atap, material atap dan rangka baja ringan harus diperiksa terlebih dahulu dari sisi merek dan spesifikasinya. Setelah disetujui, material baru boleh dipasang sesuai gambar kerja.

Pewawancara:
Faktor apa yang biasanya membuat pekerjaan tersendat?

Narasumber:
Salah satu faktor utama adalah kondisi finansial. Apabila kesiapan finansial belum memadai, pekerjaan bisa tertahan. Faktor kedua adalah kesiapan sumber daya manusia atau jumlah pekerja. Ketika pekerjaan membutuhkan banyak tenaga, tetapi pekerja belum tersedia, pelaksanaan bisa terhambat.

Selain itu, akses pekerjaan juga dapat menjadi kendala, terutama apabila terdapat penutupan jalan atau kondisi tertentu yang menghambat pengiriman material. Cuaca juga dapat memengaruhi pekerjaan, khususnya apabila area kerja terbuka. Sebelum pekerjaan dimulai, aspek K3 juga harus disiapkan, seperti pemasangan rambu K3, penggunaan rompi, helm, sepatu keselamatan, serta kelengkapan keselamatan

© 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

lainnya. Asuransi K3 juga perlu dipenuhi terlebih dahulu agar apabila terjadi kecelakaan kerja, proses klaim dapat berjalan.

Pewawancara:

Apakah pekerja sering bingung mengenai pekerjaan yang harus dilakukan?

Narasumber:

Umumnya pekerja mengikuti arahan dari mandor. Setiap pekerja biasanya memiliki keahlian masing masing, misalnya tukang besi, tukang listrik, tukang las, tukang cat, atau tukang atap. Mereka bekerja berdasarkan instruksi dari mandor. Mandor menerima arahan dari pelaksana lapangan, sedangkan pelaksana lapangan mengikuti arahan dari pengawas. Acuan utama pekerjaan adalah RAB, gambar kerja, dan jadwal pelaksanaan.

Pekerja biasanya tidak mengalami kesulitan dalam keterampilan teknis karena sudah memiliki bidang keahlian masing masing. Kendala yang lebih sering terjadi adalah keterlambatan material. Apabila material belum tersedia atau habis, pekerjaan harus menunggu sampai material datang kembali.

Pelaksanaan pekerjaan juga dikendalikan oleh time schedule. Misalnya pada minggu kedua ditargetkan progres bertambah 10 persen, tetapi realisasi belum mencapai target tersebut. Maka akan dievaluasi penyebabnya, apakah karena jumlah pekerja kurang, material terlambat, atau cuaca menghambat pekerjaan. Evaluasi progres dilakukan setiap minggu agar pekerjaan tetap terkendali dan tidak melewati jadwal.

Pewawancara:

Dari penjelasan Bapak, berarti pengawas baru perlu memahami beberapa hal utama ya, Pak, seperti kondisi keselamatan kerja, kesiapan material, urutan atau metode pekerjaan, serta progres pekerjaan. Dari beberapa hal tersebut, apakah ada aspek yang biasanya lebih ditekankan ketika pengawas baru mulai belajar di lapangan?

Narasumber:

Iya, pengawas baru memang perlu memahami beberapa hal itu. Namun, yang paling ditetapkan biasanya K3 karena berkaitan langsung dengan keselamatan kerja di lapangan. Pengawas harus peka terhadap kondisi area kerja, penggunaan APD, serta potensi bahaya yang ada. Selain itu, material, metode pekerjaan, dan progres juga tetap diperhatikan. Material berkaitan dengan spesifikasi dan mutu pekerjaan, metode pekerjaan berkaitan dengan cara dan tahapan pelaksanaan, sedangkan progres berkaitan dengan perkembangan pekerjaan dan pelaporannya. Jadi, K3 menjadi fokus utama, tetapi aspek lainnya juga perlu dipahami dengan baik.

Pewawancara:

Apakah pernah terjadi kesalahan kecil dalam pekerjaan? Bentuknya seperti apa?

Narasumber:

Kesalahan pekerjaan bisa terjadi dalam bentuk kecelakaan kecil atau ketidaksesuaian pekerjaan dengan gambar. Misalnya ukuran lubang kusen tidak sesuai, sehingga harus diperbaiki. Pada pekerjaan keramik juga bisa terjadi kesalahan level atau kemiringan. Pernah terjadi kesalahan urutan pada pekerjaan kamar mandi, yaitu keramik dipasang sebelum waterproofing dilakukan. Karena urutannya salah, pekerjaan tersebut harus dibongkar dan diperbaiki kembali sesuai tahapan yang benar.

Apabila terdapat kesalahan, biasanya langsung diperbaiki di lapangan. Pengawas dan mandor melakukan monitoring agar kesalahan tidak berlanjut menjadi lebih besar.

Pewawancara:

Kalau urutan kerja, pernah tidak terjadi pekerjaan yang seharusnya dilakukan belakangan tetapi justru dikerjakan lebih dulu?

Narasumber:

Pernah terjadi kondisi pekerjaan yang tidak sepenuhnya berurutan karena waktu pelaksanaan sudah mendesak. Misalnya pekerjaan atap terlambat karena menunggu material, sementara pekerjaan lain seperti plafon atau keramik juga harus segera dikerjakan. Akibatnya, beberapa pekerjaan berjalan bersamaan.

Secara ideal, pemasangan atap seharusnya diselesaikan lebih dahulu sebelum pekerjaan plafon dan pekerjaan finishing lain dilakukan. Namun karena jadwal sudah mendekati batas waktu, pekerjaan atap dan plafon dapat berjalan bersamaan. Dalam kondisi seperti itu tetap harus diperhatikan agar pekerjaan yang berjalan bersamaan tidak saling merusak.

Pewawancara:

Kesalahan seperti itu biasanya langsung diketahui atau baru terasa belakangan?

Narasumber:

© 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

Biasanya sudah dapat diprediksi karena pengawas melakukan monitoring setiap hari. Pekerjaan tidak dilepas begitu saja. Apabila ada kesalahan kecil, biasanya langsung diketahui dan diperbaiki sebelum menjadi masalah besar. Contohnya pada pekerjaan kamar mandi, ketika diketahui keramik sudah dipasang tetapi waterproofing belum dilakukan, pekerjaan tersebut langsung dibongkar, kemudian waterproofing dipasang terlebih dahulu sebelum keramik dipasang kembali.
Dalam pekerjaan pembangunan juga sering ditemukan kondisi yang tidak terlihat pada tahap perencanaan. Misalnya setelah plafon dibongkar, ternyata bagian atap mengalami keropos. Dalam kondisi seperti itu, pekerjaan harus menyesuaikan kondisi aktual di lapangan. Penyesuaian seperti ini menjadi bagian dari pekerjaan pembangunan.

Pewawancara:
Kalau ada kendala atau kesalahan, apakah langsung ditegur dan diperbaiki di tempat? Apakah ada evaluasi kembali setelah diperbaiki?

Narasumber:
Pengawas harus mampu memprediksi potensi bahaya. Misalnya pada pekerjaan di ketinggian, pengawas perlu memastikan perancah atau steger aman, jaring pengaman tersedia, dan pekerja menggunakan alat keselamatan seperti full body harness. Potensi kecelakaan harus diperkecil dengan perlengkapan keselamatan yang memadai.
Selama ini kecelakaan yang terjadi cenderung kecil, seperti terkena paku atau kejatuhan puing. Apabila pekerja menggunakan helm, risiko cedera dapat dikurangi. Para pekerja umumnya sudah berpengalaman, sehingga biasanya cukup diingatkan kembali melalui briefing. Briefing dapat dilakukan oleh kepala tukang, mandor, atau personel K3 dari perusahaan. Personel K3 biasanya memiliki pelatihan dan sertifikasi tersendiri.

Pewawancara:
Sebelum bekerja, apakah biasanya ada pelatihan atau briefing?

Narasumber:
Ada briefing. Briefing biasanya dilakukan sebelum pekerjaan dimulai atau ketika diperlukan. Tujuannya untuk memberikan pengarahan terkait keselamatan kerja dan mengurangi risiko kecelakaan. Dalam briefing, pekerja diingatkan mengenai penggunaan alat bantu kerja, kelengkapan APD, dan cara bekerja secara aman.

Pewawancara:
Menurut Bapak, apakah briefing tersebut membantu pelaksanaan pekerjaan di lapangan?

Narasumber:
Iya, briefing membantu. Pengarahan sebelum bekerja penting untuk menjaga keselamatan pekerja dan mengurangi risiko kecelakaan kerja. Dengan briefing, pekerja diingatkan kembali mengenai penggunaan alat keselamatan, kondisi area kerja, serta cara kerja yang aman.

Pewawancara:
Apakah ada bagian pekerjaan yang sulit dijelaskan hanya melalui gambar atau SOP?

Narasumber:
Pada umumnya pekerja sudah memahami pekerjaan karena rata rata memiliki pengalaman. Biasanya mereka hanya perlu diingatkan kembali. Untuk tenaga kerja baru, pembelajaran lebih banyak dilakukan dengan melihat dan mengikuti pekerja yang lebih berpengalaman.

Pewawancara:
Kalau briefing K3 biasanya dilakukan oleh siapa?

Narasumber:
Briefing K3 biasanya dilakukan oleh personel K3 dari pihak kontraktor atau perusahaan pelaksana. Personel K3 memiliki pelatihan dan sertifikasi sesuai bidangnya. Untuk pekerja biasa, pelatihannya sering kali lebih berbasis pengalaman di lapangan, sedangkan personel K3 mengikuti pelatihan khusus, baik secara daring maupun luring, untuk memperoleh sertifikat K3.

Pewawancara:
Apakah pelatihan untuk pekerja tetap diperlukan?

Narasumber:
Pelatihan tetap diperlukan, terutama untuk pekerjaan yang memiliki risiko tinggi. Misalnya penggunaan full body harness pada pekerjaan di ketinggian. Pekerja perlu mengetahui cara menggunakan, mengaitkan, dan mengunci peralatan tersebut dengan benar. Pelatihan seperti itu penting agar pekerja lebih sadar terhadap risiko pekerjaannya.
Untuk tenaga ahli K3, pelatihannya lebih bersifat manajerial dan berkaitan dengan sertifikasi. Namun

untuk pekerja, pelatihan praktik penggunaan alat keselamatan juga penting, terutama pada pekerjaan dengan risiko tinggi.

Pewawancara:

Kalau untuk pengawas atau pelaksana, pelatihannya dari mana?

Narasumber:

Pelatihan pengawas dan pelaksana banyak berasal dari pengalaman lapangan. Selain itu, ada juga pelatihan seperti pelatihan K3 atau pelatihan keahlian konstruksi tertentu. Satu pengawas dapat memiliki beberapa keahlian atau sertifikat, misalnya dalam bidang K3, konstruksi, atau gambar. Untuk memperoleh sertifikat tersebut biasanya terdapat persyaratan pendidikan formal dan uji kompetensi.

Pewawancara:

Kalau latihan seperti simulator ini, menurut Bapak lebih cocok untuk pekerja atau pengawas baru?

Narasumber:

Kebutuhannya dapat dibedakan. Untuk pekerja, pelatihan lebih diarahkan pada kepatuhan K3 dan cara pelaksanaan pekerjaan teknis, misalnya cara memasang keramik atau menggunakan alat keselamatan. Namun pekerja umumnya belajar dari pengalaman dan arahan mandor.

Untuk pengawas baru, latihan dapat membantu mereka memahami rencana kerja, SOP, alur pekerjaan, dan cara melihat kondisi di lapangan. Pengawas perlu memahami apakah pekerjaan sudah sesuai rencana, apakah ada penyimpangan, dan apakah perlu diberikan arahan atau teguran. Jadi, pelatihan seperti ini dapat diarahkan untuk membantu pengawas baru memahami kondisi lapangan sebelum benar benar menjalankan tugas pengawasan.

Dokumentasi Wawancara 1

Dokumentasi Wawancara 2

Dokumentasi Wawancara 3

© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

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

© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

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

Lampiran 3 Observasi Lapangan

1. Catatan Observasi Lapangan

Hari/Tanggal	Senin, 23 Februari 2026
Waktu Pelaksanaan	13.00 - selesai
Lokasi	Proyek aktif PT Bumi Madani
Pendamping	Pengawas Pelaksana PT Bumi Madani
Peserta yang Diamati	Pengawas baru yang sedang menjalani OJT
Observer	Tim Peneliti
Metode	Observasi non-partisipan, dan catatan lapangan tertulis

A. Lembar Observasi Aspek Pengawasan Lapangan

Aspek Diamati	Indikator Pengamatan	Realisasi		Catatan Lapangan
		Ada	Tidak Ada	
K3	Penggunaan APD wajib berupa helm, sepatu keselamatan, dan rompi	✓		APD wajib digunakan sebagai standar dasar di area proyek.
	Penggunaan APD tambahan sesuai jenis pekerjaan	✓		APD tambahan disesuaikan dengan risiko pekerjaan, seperti pekerjaan di ketinggian atau pembesian.
	Pemasangan rambu peringatan	✓		Rambu digunakan sebagai penanda area kerja dan area berisiko.
	Garis pembatas area kerja	✓		Pembatas digunakan pada area yang perlu dibatasi dari akses pihak tidak berkepentingan.
	Pemeriksaan fasilitas K3 seperti APAR dan kotak P3K	✓		Fasilitas K3 diperiksa sebagai bagian dari kesiapan area kerja.
Material	Pemeriksaan kesesuaian material dengan spesifikasi	✓		Pemeriksaan material mengacu pada spesifikasi teknis dan kebutuhan pekerjaan.
	Persetujuan material sebelum digunakan	✓		Material diperiksa terlebih dahulu sebelum dipasang atau digunakan.
	Pemeriksaan kondisi penyimpanan material	✓		Penyimpanan material diamati, namun pengelolaan teknisnya lebih banyak dilakukan oleh pihak kontraktor.
Metode Pelaksanaan	Pemeriksaan urutan tahapan pekerjaan	✓		Pengawas memastikan pekerjaan tidak lanjut ke tahap berikutnya apabila tahap sebelumnya belum sesuai.
	Penelusuran metode saat ditemukan ketidaksesuaian hasil	✓		Metode ditelaah ketika hasil pekerjaan tidak sesuai dengan acuan.
Kualitas atau Mutu Pekerjaan	Pemeriksaan hasil pekerjaan di lapangan	✓		Pengecekan dilakukan terhadap kondisi fisik pekerjaan yang sudah atau sedang dikerjakan.
	Identifikasi cacat atau ketidaksesuaian pekerjaan	✓		Temuan kualitas ditindaklanjuti melalui arahan atau koreksi langsung di lapangan.
Progres	Estimasi progres berdasarkan kondisi fisik pekerjaan	✓		Pengawas memperkirakan progres sementara berdasarkan kondisi aktual di lapangan.
	Perbandingan progres lapangan dengan kurva S	✓		Kurva S digunakan sebagai acuan untuk melihat kesesuaian target dan realisasi.
	Tindak lanjut terhadap deviasi progres	✓		Deviasi yang masih dapat dikejar ditindaklanjuti langsung di lapangan.
Administrasi	Pemeriksaan laporan harian dan mingguan		✓	Tidak teramati secara langsung karena pengecekan administrasi dilakukan di luar ronde inspeksi.
	Dokumentasi foto pekerjaan	✓		Foto digunakan sebagai bukti perkembangan pekerjaan di lapangan.

B. Lembar Observasi Dinamika Kerja Konsultan dan Kontraktor

No	Aspek yang Diamati	Realisasi	Catatan Lapangan

		Ada	Tidak Ada	
1	Ketegasan pengawas dalam menegur ketidaksesuaian pekerjaan	✓		Pengawas perlu bersikap tegas saat pekerjaan tidak sesuai.
2	Penyelesaian masalah di lapangan tanpa eskalasi berlebihan	✓		Masalah yang masih dapat diselesaikan di lapangan ditangani langsung bersama pihak terkait.
3	Koordinasi pengawas dengan pelaksana lapangan dan mandor	✓		Koordinasi dilakukan karena mandor berada di pihak kontraktor, sedangkan pengawas berada di pihak konsultan.
4	Mekanisme teguran berjenjang		✓	Mekanisme teguran berjenjang tidak teramati langsung selama observasi.
5	Kepekaan pengawas baru terhadap batasan eskalasi	✓		Pengawas baru masih membutuhkan arahan dalam menentukan kapan masalah cukup ditangani di lapangan dan kapan perlu dieskalasikan.

A. Lembar Observasi Pola Pendampingan Pengawas Baru

No	Aspek yang Diamati	Realisasi		Catatan Lapangan
		Ada	Tidak Ada	
1	Koreksi mentor terhadap pengawas baru	✓		Koreksi diberikan secara langsung saat ditemukan hal yang perlu diperbaiki.
2	Checklist atau form evaluasi khusus pengawas baru		✓	Tidak teramati adanya checklist atau lembar evaluasi khusus selama observasi.
3	Penjelasan mentor berdasarkan kurikulum pelatihan		✓	Penjelasan diberikan sesuai kondisi yang muncul di lapangan.
4	Penugasan pengawas baru secara bertahap	✓		Pengawas baru diberi kesempatan mengamati dan memahami pekerjaan secara langsung.
5	Review hasil pengamatan pengawas baru	✓		Review dilakukan secara verbal oleh mentor.
6	Dokumentasi perkembangan pengawas baru		✓	Tidak teramati adanya dokumentasi formal mengenai perkembangan pengawas baru.

B. Catatan Tanya Jawab Lapangan

No	Pertanyaan	Catatan Jawaban
1	Apa titik utama yang diperiksa saat memeriksa material?	Pemeriksaan difokuskan pada kesesuaian spesifikasi, kondisi material, dan kelayakan material sebelum digunakan.
2	Bagaimana membedakan kelengkapan APD tiap pekerja?	APD dasar berlaku untuk seluruh pekerja, sedangkan APD tambahan disesuaikan dengan jenis pekerjaan dan tingkat risiko.
3	Bagaimana penetapan area berisiko di lapangan?	Penetapan area risiko bergantung pada jenis pekerjaan yang sedang berlangsung dan potensi bahayanya.
4	Bagaimana pengawas mendeteksi cacat pekerjaan?	Pengawas melihat kondisi fisik pekerjaan, seperti kerataan, kelurusan, retak, atau ketidaksesuaian hasil dengan acuan.
5	Apa kesulitan pengawas baru saat menilai progres?	Kesulitan utama adalah menerjemahkan kondisi fisik lapangan menjadi estimasi persentase progres.
6	Bagaimana memastikan metode pelaksanaan sesuai?	Pengawas lebih dahulu melihat hasil pekerjaan. Jika hasil tidak sesuai, metode pelaksanaan ditelusuri untuk mengetahui penyebabnya.

© 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