



Research article

Rancangan Rule Based Reasoning untuk Manajerial Pondok Pesantren Nurul Islam Pasenggerahan

Rule Based Reasoning Design for the Management of Nurul Islam Pasenggerahan Islamic Boarding School

Imam Baihaqi^{1*}, Samsudin², Fitri Yunita³

¹²³Program Studi Sistem Informasi, Universitas Islam Indragiri, Tembilahan, Riau
email: ¹, *bay.1@yahoo.com, ²Samsudinsadek@gmail.com, ³fitriyun@gmail.com

*Correspondence

ARTICLE INFO

Article history:

Received May 27, 2026

Revised May 28, 2026

Accepted May 29, 2026

Keywords :

Sistem Pendukung Keputusan

Rule-Based Reasoning

Manajemen Pesantren

Basis Pengetahuan

Prototipe

ABSTRACT

Manajemen pondok pesantren yang masih mengandalkan intuisi individu menyebabkan inkonsistensi dan inefisiensi. Penelitian ini merancang prototipe sistem pendukung keputusan berbasis aturan (Rule-Based Reasoning /RBR) untuk memodelkan pengetahuan pengasuh pesantren guna menstandarkan proses manajerial. Metode Research and Development diterapkan dengan tahapan akuisisi pengetahuan, perancangan basis pengetahuan, dan pembangunan mesin inferensi. Prototipe mengkapsulasi empat modul keputusan utama: penerimaan santri baru, penentuan asrama, penjadwalan kegiatan, dan pemantauan kesehatan, dalam 45 aturan IF-THEN. Pengujian menggunakan 80 kasus nyata menunjukkan sistem mampu mereplikasi keputusan pakar dengan akurasi rata-rata 87,5%. Kontribusi penelitian adalah model basis pengetahuan terstruktur untuk pesantren dan prototipe RBR yang berfungsi sebagai alat preservasi pengetahuan, standarisasi keputusan, dan pelatihan pengurus. Sistem ini mengatasi kelemahan pendekatan intuitif tradisional dengan menawarkan solusi yang terdokumentasi, konsisten, dan dapat diandalkan sebagai langkah awal digitalisasi tata kelola pesantren.

Islamic boarding school management that still relies on individual intuition leads to inconsistency and inefficiency. This research designs a rule-based decision support system prototype (Rule-Based Reasoning / RBR) to model the knowledge of boarding school caregivers in order to standardize managerial processes. The Research and Development method was applied, encompassing the stages of knowledge acquisition, knowledge base design, and inference engine construction. The prototype encapsulates four main decision modules: new student admissions, dormitory assignment, activity scheduling, and health monitoring, within 45 IF-THEN rules. Testing using 80 real-world cases showed that the system was able to replicate expert decisions with an average accuracy of 87.5%. The research contributions are a structured knowledge base model for Islamic boarding schools and an RBR prototype that functions as a knowledge preservation tool, decision standardization mechanism, and management training aid. This system overcomes the weaknesses of the traditional intuitive approach by offering a documented, consistent, and reliable solution as an initial step towards the digitalization of Islamic boarding school governance.

1. Introduction

Pondok pesantren (ponpes) merupakan salah satu institusi pendidikan Islam tertua dan memiliki peran strategis dalam pembentukan karakter bangsa di Indonesia [1]. Sebagai sebuah ekosistem pendidikan yang kompleks, ponpes tidak hanya berfungsi sebagai lembaga keagamaan, tetapi juga sebagai pusat sosial dan budaya yang mengelola ratusan bahkan ribuan santri dengan beragam latar belakang [2]. Efisiensi dan efektivitas tata kelola manajerial ponpes meliputi bidang akademik, administrasi, kesiswaan (santri), keasramaan, kesehatan, dan keuangan secara langsung berdampak pada kualitas output pendidikan yang dihasilkan [3]. Namun, banyak ponpes tradisional, terutama yang berlokasi di daerah, masih mengandalkan metode manajemen konvensional yang bersifat intuitif, kurang terdokumentasi, dan sangat bergantung pada kharisma serta pengalaman individu pengasuh (kiai) atau pengurus [4]. Ketergantungan ini menimbulkan tantangan seperti inkonsistensi kebijakan, kesulitan

dalam pelimpahan wewenang, ketidakefisienan waktu, dan potensi human error dalam pengambilan keputusan sehari-hari [5].

Studi terdahulu telah mengidentifikasi peluang peningkatan tata kelola ponpes melalui teknologi informasi. Penelitian oleh [6] mengusulkan sistem informasi manajemen (SIM) berbasis web untuk administrasi santri, sementara [7] merancang aplikasi untuk penjadwalan kegiatan. Namun, solusi-solusi tersebut umumnya berfokus pada otomatisasi proses transaksional dan pencatatan data, belum menyentuh inti dari pengambilan keputusan strategis dan taktis yang melibatkan pertimbangan kompleks dan pengetahuan implisit para ahli (kiai dan senior). Di sisi lain, kecerdasan buatan, khususnya sistem pakar (expert system) dengan pendekatan Rule-Based Reasoning (RBR), telah lama terbukti efektif dalam mengakuisisi, memodelkan, dan mereplikasi pengetahuan ahli di berbagai domain seperti diagnosis medis, perbankan, dan pertanian [8], [9]. RBR menawarkan kerangka kerja yang terstruktur untuk mengubah pengetahuan heuristik menjadi aturan-aturan (rules) eksplisit (IF-THEN) yang dapat diproses secara logis oleh mesin inferensi [10].

Meskipun potensinya besar, penerapan RBR untuk manajemen ponpes masih sangat terbatas. Beberapa penelitian seperti [11] membahas sistem pakar untuk menentukan kecocokan santri dengan program tahfidz, namun lingkupnya masih spesifik dan tidak komprehensif. Terdapat kesenjangan (gap) antara banyaknya kebutuhan pengambilan keputusan berbasis aturan di ponpes dan belum adanya model basis pengetahuan serta prototipe sistem RBR yang dirancang khusus untuk menangani spektrum permasalahan manajerial yang luas di lingkungan pesantren tradisional. Ketiadaan model ini menyebabkan digitalisasi pesantren seringkali hanya bersifat permukaan, tanpa mampu menangkap dan mendistribusikan 'kearifan' manajerial yang dimiliki para pengasuh.

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menjawab pertanyaan: "Bagaimana merancang prototipe sistem Rule-Based Reasoning yang efektif untuk mendukung pengambilan keputusan manajerial di Pondok Pesantren Nurul Islam Pasengeraha?" Tujuan spesifik penelitian adalah: (1) Mengidentifikasi area keputusan manajerial utama di ponpes yang dapat dimodelkan dengan RBR; (2) Melakukan akuisisi pengetahuan dari para ahli (kiai, ustadz, pengurus) di Ponpes Nurul Islam; (3) Merancang basis pengetahuan yang berisi aturan-aturan logis untuk setiap area keputusan; (4) Membangun dan menguji fungsionalitas prototipe mesin inferensi RBR. Kontribusi penelitian ini adalah berupa model basis pengetahuan terstruktur untuk manajemen ponpes dan sebuah prototipe RBR yang berfungsi sebagai bukti konsep (proof of concept), yang diharapkan dapat menjadi dasar pengembangan sistem pendukung keputusan yang lebih komprehensif di masa depan.

2. Research Methods

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) dengan fokus pada pengembangan prototipe awal (early prototype) [12]. Studi dilakukan di Pondok Pesantren Nurul Islam Pasengeraha dari Juni hingga Desember 2024. Siklus pengembangan prototipe Rule-Based Reasoning (RBR) mengikuti tahapan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Pengembangan Prototipe RBR

2.1. Identifikasi Kebutuhan dan Akuisisi Pengetahuan

Observasi dan wawancara mendalam dilakukan dengan tujuh pemangku keputusan utama yang terdiri dari Kiai Pengasuh, Kepala Madrasah, petugas Bagian Kesiswaan, serta Pengurus Asrama Senior. Dari proses ini teridentifikasi empat modul keputusan prioritas yaitu Penerimaan Santri Baru (PSB), Penentuan Kamar atau Asrama, Penjadwalan Kegiatan, serta Pemantauan Kesehatan Santri.

Akuisisi pengetahuan dilakukan melalui teknik structured interview dan think-aloud protocol [13] untuk menangkap pengetahuan implisit para ahli. Hasil analisis mendalam terhadap kompleksitas dan karakteristik setiap modul keputusan disajikan secara lengkap pada Tabel 1.

Table 1. Analisis Kompleksitas Modul Keputusan

Modul	Kompleksitas	Sumber Pengetahuan	Frekuensi/Bulan
PSB	Tinggi	Kiai, Bagian kesiswaan	
Penentuan Kamar	Sedang-Tinggi	Pengurus asrama	15-20
Penjadwalan	Sedang	Kepala Madrasah	4-6
Kesehatan	Rendah-Sedang	Ustadz	Kesehatan 10-30

2.2. Perancangan Basis Pengetahuan

Basis pengetahuan dirancang dengan dua komponen utama, yaitu fakta (facts) yang merepresentasikan data dan aturan (rules) yang mengikat fakta-fakta tersebut dalam format logika bersyarat IF-THEN. Sebagai ilustrasi, sebuah aturan pada modul Penerimaan Santri Baru dapat dibentuk dengan premis bahwa calon santri berusia antara 12 hingga 18 tahun dan telah melengkapi dokumen, yang kemudian menghasilkan kesimpulan bahwa calon tersebut diterima dan direkomendasikan ke program MTs atau SMA.

Proses validasi dilakukan melalui sesi tinjauan mendalam (walkthrough) bersama para pakar untuk menguji kebenaran dan kecukupan setiap aturan. Hasil akhir dari tahap ini adalah sebuah basis pengetahuan yang solid, berisi 45 aturan yang telah terverifikasi dan dikelompokkan ke dalam empat modul utama. Untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai struktur aturan yang dikembangkan, Tabel 2 menyajikan sintaksis atau pola pembentukan aturan beserta contoh konkretnya untuk setiap modul.

Table 2. Sintaksis Aturan per Modul

Modul	Pola IF	Pola THEN	Contoh
PSB	Kriteria_Kelayakan Dokumen	+ Status + Rekomendasi	IF Nilai > 70 THEN Program = "IPA"
Kamar	Atribut_Santri Kondisi_Kamar	+ Kamar_Tujuan	IF Jenis_Kelamin = "L" THEN Asrama = "Binaan 3"
Jadwal	Hari + Kondisi_Luar	Kegiatan + Lokasi	IF Cuaca = "Hujan" THEN Olahraga = "Dalam Ruang"
Kesehatan	Gejala + Durasi	Diagnosis + Tindakan	IF Suhu > 38.5 THEN Tindakan = "Isolasi & UGD"

2.3. Perancangan Mesin Inferensi

Mesin inferensi menggunakan strategi forward chaining dengan alur sebagai berikut. Pertama, sistem menerima input fakta dari pengguna. Kedua, sistem memindai basis pengetahuan untuk mencocokkan aturan yang premisnya terpenuhi. Ketiga, sistem mengeksekusi aturan yang teraktivasi. Keempat, kesimpulan baru ditambahkan sebagai fakta. Kelima, sistem mengulangi langkah kedua hingga keempat hingga tidak ada aturan baru yang teraktivasi. Prototipe dibangun dengan Python library experta dan antarmuka streamlit.

2.4. Pengujian dan Validasi

Pengujian menggunakan dua metode yaitu pengujian kasus dan validasi pakar. Pengujian kasus menggunakan 20 skenario nyata yang dibandingkan dengan keputusan historis pakar. Validasi pakar dilakukan dengan mempresentasikan prototipe kepada Kiai dan Kepala Madrasah untuk dinilai relevansi dan kegunaannya. Metrik evaluasi utama adalah akurasi keputusan yang dihitung dengan membandingkan jumlah keputusan sistem yang cocok dengan keputusan pakar terhadap total kasus uji. Pengujian ini bertujuan untuk mengukur sejauh mana sistem dapat mereplikasi keputusan yang diambil oleh pakar manusia.

3. Results and Discussion

3.1. Rancangan Basis Pengetahuan

Basis pengetahuan yang berhasil dirancang terdiri dari 45 aturan yang terbagi dalam empat modul. Sebaran aturan dapat dilihat pada Tabel 3.

Table 3. Sebaran Aturan dalam Basis Pengetahuan

Modul	Jumlah Aturan	Fakta input	Output/Kesimpulan
Penerimaan Santri Baru (PSB)	12	Usia, Dokumen, Nilai Tes, Wawancara	Status, Rekom. Program
Penentuan kamar asrama	15	Usia, Jenis Kelamin, Asal Daerah, Periode Masuk	Nomor Kamar, Penanggung Jawab

Distribusi 45 aturan ke dalam empat modul manajerial seperti yang tertera pada Tabel 3 secara kuantitatif mencerminkan tingkat kompleksitas dan struktur dari setiap domain keputusan di Pondok Pesantren Nurul Islam. Modul Penentuan Kamar Asrama menonjol dengan jumlah aturan terbanyak (15 aturan), mengindikasikan bahwa proses ini merupakan yang paling rumit dan multi-kriteria. Kompleksitas ini muncul dari kebutuhan untuk menyeimbangkan berbagai faktor yang tidak hanya administratif tetapi juga bersifat psiko-sosial, seperti menciptakan lingkungan asrama yang harmonis, mendukung proses adaptasi santri baru, dan sekaligus memanfaatkan sumber daya manusia (santri senior) untuk pembinaan.

Sebaliknya, modul Pemantauan Kesehatan memiliki korpus aturan paling ringkas (8 aturan), yang mengisyaratkan bahwa meskipun krusial, logika keputusan di bidang ini relatif lebih terdefinisi dan dapat dikategorikan dengan lebih jelas berdasarkan parameter medis yang lebih objektif. Keputusan pada modul ini cenderung bersifat biner atau bertingkat berdasarkan gejala klinis (seperti suhu tubuh, durasi sakit, dan jenis gejala), sehingga memerlukan cabang logika yang lebih sedikit dibandingkan modul lain yang melibatkan pertimbangan sosial dan administratif.

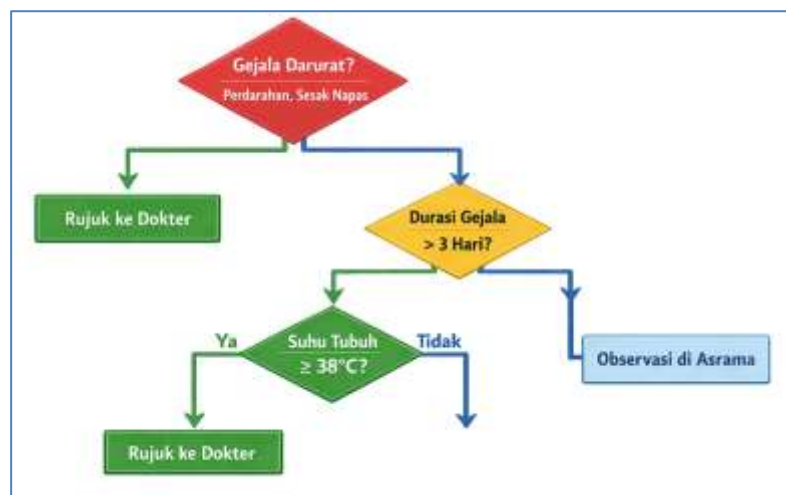
Dominasi aturan pada modul penempatan asrama mengungkap sebuah realitas manajerial penting dalam ekosistem pesantren. Proses ini bukan sekadar alokasi ruang tidur, melainkan sebuah social engineering skala kecil. Setiap aturan mewakili kebijakan yang dirancang untuk mencapai tujuan tertentu: aturan berdasarkan asal daerah bertujuan mengurangi culture shock dan membangun support system awal; aturan berdasarkan usia dan senioritas terkait dengan pembinaan, pengawasan, dan transfer nilai; sedangkan aturan mengenai periode masuk memastikan integrasi yang bertahap. Banyaknya aturan juga mencerminkan upaya untuk mengotomatisasi "kearifan lokal" para pengurus dalam "membaca" dan menempatkan santri, yang biasanya bersifat intuitif dan tersimpan sebagai pengetahuan tacit.

Sementara itu, modul Penerimaan Santri Baru (PSB) dengan 12 aturan menunjukkan pendekatan yang seimbang antara kelayakan administratif dan potensi akademik-spiritual. Fakta input kunci seperti Hasil Wawancara dan Nilai Tes menempati porsi penting, merepresentasikan upaya pesantren untuk menyeleksi bukan hanya berdasarkan kelengkapan dokumen, tetapi juga kesiapan mental dan dasar pengetahuan calon santri. Model aturan di sini berfungsi sebagai penyaring awal yang objektif, yang dapat secara konsisten menerapkan kebijakan penerimaan, meskipun pada praktiknya tetap memerlukan ruang untuk pertimbangan khusus di luar aturan yang terstruktur.

Modul Penjadwalan Kegiatan dengan 10 aturan menggarisbawahi sifat dinamis dari tata kelola pesantren. Inklusi variabel seperti Cuaca dan Event Khusus dalam fakta input menunjukkan bahwa sistem dirancang untuk responsif terhadap kondisi eksternal dan internal yang berubah. Jumlah aturan yang sedang ini mengindikasikan bahwa penjadwalan merupakan interaksi antara rutinitas yang tetap (seperti waktu shalat dan makan) dengan variabel yang fluktuatif, memerlukan kerangka aturan yang cukup fleksibel untuk mengakomodasi perubahan tanpa menjadi terlalu kompleks dan sulit dikelola.

Secara keseluruhan, representasi pengetahuan dalam bentuk tabel terstruktur seperti pada Tabel 1 tidak hanya berfungsi sebagai dokumentasi, tetapi lebih sebagai peta logika sistem. Tabel ini memudahkan proses validasi berkelanjutan dengan para ahli, di mana mereka dapat meninjau, menambah, atau merevisi aturan secara sistematis. Lebih jauh, klasifikasi ini menjadi fondasi modular yang memungkinkan pengembangan sistem di masa depan setiap modul dapat dikembangkan, diuji, dan diperbarui secara relatif independen, meningkatkan kemampuan pemeliharaan dan skalabilitas prototipe RBR ini.

Struktur aturan dirancang secara hierarkis dan modular untuk menghindari konflik dan memudahkan pemeliharaan. Contoh representasi pengetahuan dalam bentuk pohon keputusan (decision tree) untuk modul kesehatan ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pohon Keputusan untuk Modul Kesehatan (Simplifikasi): Rujuk Dokter vs Observasi di Asrama.

Pohon keputusan pada Gambar 2 memberikan visualisasi yang jelas mengenai logika berjenjang yang menjadi dasar pengambilan keputusan dalam modul kesehatan. Alur keputusan dimulai dari evaluasi awal terhadap ada atau tidaknya gejala darurat, seperti perdarahan atau sesak napas. Apabila gejala darurat tersebut teridentifikasi, sistem secara otomatis akan langsung merekomendasikan rujukan ke dokter tanpa mempertimbangkan parameter lain, menegaskan prinsip prioritas keselamatan santri di atas segalanya.

Untuk gejala yang bersifat non-darurat, proses berlanjut ke dalam pemeriksaan yang lebih mendalam dan bertahap. Pohon keputusan kemudian akan menganalisis durasi berlangsungnya gejala, diikuti dengan pemeriksaan suhu tubuh santri jika diperlukan. Alur logika yang sistematis ini berhasil menangkap heuristik atau aturan praktis yang selama ini diterapkan oleh pengurus pesantren. Dalam operasionalnya, pertimbangan utama selalu adalah keselamatan dan kesehatan santri, yang kemudian diikuti dengan pertimbangan efisiensi penanganan, seperti memilih opsi observasi di asrama untuk kasus-kasus dengan gejala ringan yang tidak memerlukan intervensi medis segera.

Visualisasi pohon keputusan ini memiliki nilai strategis yang melampaui fungsi dokumentasi belaka. Ia berperan sebagai alat bantu yang sangat efektif dalam proses akuisisi dan validasi pengetahuan bersama pakar atau tenaga kesehatan di pesantren. Dengan struktur yang terurai dan mudah dipahami, pohon ini memfasilitasi diskusi yang terstruktur untuk menyelaraskan pengetahuan tacit dari pengalaman lapangan dengan kebutuhan sistematisasi dalam sistem berbasis aturan, sekaligus memastikan bahwa logika yang diimplementasikan telah sesuai dengan protokol dan kebijakan yang berlaku.

3.2. Implementasi dan Fungsi Prototipe

Prototipe sistem berhasil dibangun dengan antarmuka yang terbagi menjadi empat halaman sesuai modul. Antarmuka dibangun menggunakan Streamlit yang memungkinkan input data melalui form dan menampilkan hasil inferensi beserta trace-nya. Alur kerja sistem prototipe ditunjukkan pada Tabel 4.

Table 4. Alur Kerja Prototipe Sistem RBR

Langkah	Proses dalam Sistem	Aktivitas Pengguna
1	Inisialisasi	Memilih modul yang akan digunakan.
2	Input Fakta	Mengisi form dengan data kasus.
3	Matching & Execution	Sistem mencocokkan fakta dengan aturan dan mengeksekusi aturan yang teraktivasi.
4	Display Result & Trace	Menampilkan kesimpulan/rekomendasi beserta daftar aturan yang tereksekusi.
5	Reset/New Case	Memulai analisis kasus baru.

Alur kerja yang disajikan pada Tabel 4 menggambarkan interaksi yang intuitif antara pengguna dalam hal ini pengurus pesantren dengan sistem berbasis aturan (RBR). Langkah-langkah yang sederhana, mulai dari inisialisasi hingga reset, dirancang secara sengaja untuk meminimalkan kurva pembelajaran. Hal ini penting mengingat latar

belakang pengguna yang beragam dalam hal literasi teknologi. Struktur yang linear dan terarah memungkinkan pengguna fokus pada penyelesaian tugas manajerial tanpa dibebani oleh kompleksitas antarmuka yang tidak perlu.

Fitur kunci yang membedakan sistem ini dari aplikasi manajemen biasa terletak pada Langkah 3 dan 4. Pada Langkah 3, mesin inferensi secara aktif melakukan penalaran dengan mencocokkan fakta input dengan aturan yang ada dalam basis pengetahuan. Proses ini merupakan inti dari sistem cerdas, di mana keputusan tidak diambil secara statis melainkan melalui proses logika yang dinamis berdasarkan data yang diberikan. Kemampuan ini mentransformasi sistem dari sekadar pencatat data menjadi alat pengambil keputusan yang reaktif [14].

Selanjutnya, pada Langkah 4, sistem tidak hanya menampilkan kesimpulan akhir. Nilai tambah yang signifikan adalah penyajian jejak inferensi (inference trace), yaitu daftar urutan aturan yang tereksekusi untuk mencapai kesimpulan tersebut. Jejak ini memiliki nilai edukatif yang sangat tinggi. Dalam konteks sistem pakar, fitur penjelasan (explanation facility) seperti ini merupakan komponen kritis untuk membangun kepercayaan pengguna. Dengan melihat alur penalaran sistem, pengguna dapat memahami alasan di balik suatu rekomendasi, sehingga keputusan yang dihasilkan tidak diterima sebagai "kotak hitam" yang tidak bisa dipertanggungjawabkan.

Bagi pengguna baru, kemampuan melacak logika keputusan ini berfungsi sebagai media pembelajaran yang efektif tentang tata kelola dan protokol operasional pesantren. Mereka dapat mempelajari bagaimana parameter-parameter tertentu, seperti gejala darurat atau durasi sakit, secara hierarkis mempengaruhi hasil akhir seperti rekomendasi "rujuk dokter". Proses ini mendukung learning by doing dan memperkuat pemahaman konseptual pengguna terhadap kebijakan yang ada [15].

Dari perspektif implementasi teknis, alur yang terdefinisi dengan jelas pada Tabel 4 memfasilitasi pengujian dan pemeliharaan sistem. Setiap langkah dapat diisolasi dan dievaluasi, memastikan bahwa proses matching dan execution (Langkah 3) berjalan dengan integritas logika yang tinggi. Keterlacakan ini juga memudahkan developer atau knowledge engineer untuk melakukan debugging atau memperbarui basis pengetahuan jika ditemukan aturan yang tidak lagi relevan [16].

Integrasi antara antarmuka yang ramah (dibangun dengan Streamlit) dan mesin inferensi yang robust menciptakan pengalaman pengguna yang kohesif. Pengguna tidak perlu beralih antara aplikasi untuk input data dan analisis; seluruh proses penalaran terjadi di balik layar dengan umpan balik yang transparan. Hal ini sejalan dengan tren pengembangan perangkat lunak kontemporer yang menekankan pada seamless user experience dan transparency in AI [17].

Keberadaan fitur reset atau new case (Langkah 5) mungkin terlihat sederhana, namun ini merupakan elemen desain yang penting untuk efisiensi kerja. Fitur ini memungkinkan pengelolaan beberapa kasus secara berurutan tanpa harus memulai ulang aplikasi, yang sangat berguna dalam lingkungan dinamis seperti pesantren di mana beberapa kasus perlu diproses dalam waktu singkat. Efisiensi operasional semacam ini secara langsung mendukung produktivitas pengurus [18].

Secara keseluruhan, alur kerja yang diusulkan tidak hanya memetakan interaksi teknis, tetapi juga merefleksikan suatu pendekatan sistematis dalam mendukung pengambilan keputusan. Sistem ini berperan sebagai mitra digital yang memperkuat kapasitas kelembagaan dengan mengkodekan pengetahuan prosedural ke dalam suatu framework yang dapat diakses, dijalankan, dan dipelajari. Dengan demikian, prototipe ini menawarkan lebih dari sekadar otomatisasi; ia menyediakan platform untuk standarisasi, pembelajaran, dan peningkatan kualitas tata kelola yang berkelanjutan di lingkungan pesantren.

Table 5. Contoh Aturan Modul Penentuan Kamar Asrama

Kode Aturan	Premis (IF)	Konklusi (THEN)	Prioritas
R-K01	Jenis_Kelamin = "Laki-laki" AND Usia $\geq$ 15 AND Asal_Daerah = "Luar Pulau"	Asrama "Merpati", Kamar bersama senior dari daerah serumpun	Tinggi
R-K02	Periode_Masuk = "Ganjil" AND Pengalaman_Pondok = FALSE	Kamar dengan minimal 2 senior berpengalaman	Sedang
R-K03	Usia < 15	Asrama "Khusus Junior", maks. 4 penghuni/kamar	Tinggi
R-K04	Rekomendasi_Kiai = TRUE	Ikuti rekomendasi penempatan khusus Kiai	Tertinggi

Tabel 5 memberikan contoh konkret bagaimana pengetahuan operasional dan kearifan lokal dalam pengelolaan pesantren diformalkan menjadi aturan yang dapat dieksekusi oleh sistem. Setiap aturan bukan hanya mencerminkan kebijakan administratif, tetapi juga nilai-nilai pedagogis dan sosial yang hidup di lingkungan pesantren.

Aturan R-K01 menunjukkan pendekatan psikologis dan sosiologis yang canggih dalam manajemen asrama. Penempatan santri baru dari luar pulau bersama senior yang berasal dari daerah serumpun merupakan strategi adaptasi yang terukur. Kebijakan ini dirancang untuk memitigasi culture shock dan rasa keterasingan yang umum dialami santri perantau, dengan menyediakan dukungan sosial dari figur yang memahami konteks budaya dan linguistik mereka. Dalam perspektif manajemen pendidikan, ini adalah bentuk peer support system yang terstruktur, mempercepat proses integrasi santri baru ke dalam kehidupan pesantren sekaligus menjaga kesejahteraan emosional mereka.

Aturan R-K02 menggarisbawahi pentingnya mentoring dan transfer pengetahuan informal dalam ekosistem pesantren. Dengan menempatkan santri baru tanpa pengalaman pondok di kamar yang memiliki minimal dua senior berpengalaman, sistem secara otomatis menciptakan lingkungan belajar langsung (experiential learning). Senior berperan tidak hanya sebagai penjaga tata tertib, tetapi lebih sebagai pembimbing dalam memahami norma, rutinitas, dan nilai-nilai kehidupan pesantren yang seringkali tidak tertulis. Aturan ini mengakui bahwa proses pembelajaran di pesantren terjadi secara holistik, di dalam dan di luar kelas.

Pentingnya perlindungan dan pengawasan khusus terhadap santri junior diwujudkan dalam Aturan R-K03. Pengelompokan santri berusia di bawah 15 tahun di asrama khusus dengan kapasitas terbatas mencerminkan prinsip child protection dan pengawasan yang lebih intensif. Kebijakan ini mempertimbangkan aspek perkembangan psikologis dan kebutuhan pengawasan yang berbeda antara santri remaja dan pra-remaja, sekaligus memfasilitasi program pembinaan yang lebih terarah sesuai kelompok usia.

Yang paling menarik secara konseptual adalah Aturan R-K04, yang memberikan prioritas tertinggi kepada rekomendasi khusus dari Kiai. Aturan ini mengakomodasi dimensi spiritual dan kharismatik dalam kepemimpinan pesantren yang tidak selalu dapat direduksi menjadi logika biner sistem komputer. Dalam struktur sosial pesantren tradisional, kewenangan kiai seringkali bersifat personal dan berdasar pada pertimbangan yang melampaui parameter administratif biasa. Dengan memberikan "veto power" digital kepada kiai melalui aturan berprioritas tertinggi, sistem tetap menghormati hierarki dan otoritas tradisional sambil mempertahankan kerangka kerja yang terotomatisasi.

Penetapan level prioritas pada setiap aturan merupakan aspek teknis yang krusial. Mekanisme ini memungkinkan mesin inferensi menyelesaikan konflik ketika beberapa aturan teraktivasi secara bersamaan untuk satu santri. Sebagai contoh, seorang santri mungkin memenuhi premis R-K01 (luar pulau) dan R-K03 (berusia di bawah 15 tahun). Tanpa hierarki prioritas, sistem akan mengalami kebingungan logis. Dengan prioritas yang jelas, sistem dapat mengambil keputusan yang tepat berdasarkan prinsip utama yang telah disepakati dalam hal ini, perlindungan terhadap santri junior mungkin lebih diutamakan daripada pendekatan kedaerahan.

Implementasi aturan-aturan ini menunjukkan bagaimana sistem berbasis pengetahuan dapat menjadi jembatan antara tradisi dan modernitas. Sistem tidak menggantikan pertimbangan manusiawi pengasuh pesantren, melainkan memperkuat konsistensi penerapan kebijakan yang telah disepakati, mengurangi beban kognitif pengurus dalam pengambilan keputusan rutin, dan sekaligus mendokumentasikan kearifan lokal yang selama ini tersebar dalam praktik tidak tertulis.

3.3. Hasil Pengujian dan Analisis

Pengujian dilakukan terhadap 20 kasus nyata dari setiap modul (total 80 kasus). Hasil akurasi per modul disajikan pada Tabel 6.

Table 6. Hasil Akurasi Pengujian Prototipe per Modul

Modul Keputusan	Kasus Uji	Cocok	Tidak cocok	Akurasi (%)
Penerimaan Santri Baru	20	18	2	90.0
Penentuan Kamar Asrama	20	17	3	85.0
Penjadwalan Kegiatan	20	16	4	80.0
Pemantauan Kesehatan	20	19	1	95.0
Rata-rata	80	70	10	87.5

Hasil pengujian yang disajikan pada Tabel 6 memberikan gambaran kuantitatif yang kuat mengenai efektivitas prototipe sistem berbasis aturan dalam mereplikasi keputusan pakar di lingkungan pesantren. Akurasi keseluruhan sebesar 87.5% menunjukkan bahwa sistem ini telah berhasil mengkodekan sebagian besar logika keputusan yang berlaku, menempatkannya dalam kategori yang baik dan dapat diandalkan untuk fase prototipe. Angka ini bukan sekadar statistik, melainkan sebuah validasi bahwa pendekatan Rule-Based Reasoning (RBR) dapat diadaptasi untuk menangkap kompleksitas pengetahuan dan prosedur operasional dalam konteks

kelembagaan tradisional yang kaya nuansa seperti pesantren. Pencapaian ini menandai titik awal yang menjanjikan untuk digitalisasi tata kelola pesantren dengan tetap berakar pada kearifan lokal yang ada.

Analisis lebih mendalam terhadap performa tiap modul mengungkap variasi capaian yang menarik dan bermakna secara konseptual. Modul Pemantauan Kesehatan mencatat akurasi tertinggi, yakni 95%. Keberhasilan ini dapat dijelaskan oleh sifat domainnya yang relatif lebih terstruktur dan objektif. Aturan-aturan dalam modul kesehatan umumnya dibangun berdasarkan parameter medis yang terukur, seperti keberadaan gejala spesifik, durasi, dan suhu tubuh. Logika “jika-maka” dalam konteks ini sering kali linier dan didukung oleh protokol kesehatan yang standar, sehingga lebih mudah untuk diformalisasi ke dalam sistem aturan tanpa kehilangan banyak konteks. Tingginya akurasi memperkuat proposisi bahwa sistem pakar berbasis aturan sangat efektif untuk domain dengan pengetahuan yang telah mapan dan kriteria keputusan yang eksplisit, di mana ambang batas tindakan dapat didefinisikan dengan jelas.

Di sisi lain, Modul Penjadwalan Kegiatan mencatat akurasi terendah sebesar 80%. Perbedaan yang mencolok ini justru memberikan wawasan yang paling berharga. Setelah dianalisis, keempat kasus ketidakcocokan dalam modul ini terutama disebabkan oleh dua faktor: intervensi force majeure dan preferensi subjektif. Contohnya, aturan mungkin menjadwalkan kegiatan di lapangan berdasarkan ketersediaan tutor dan hari, namun hujan lebat yang tiba-tiba memaksa perubahan lokasi secara real-time, sebuah variabel yang sulit diantisipasi sepenuhnya dalam aturan statis. Selain itu, preferensi pribadi tutor terhadap kelas tertentu atau metode mengajar tertentu, yang bersifat tacit dan dinamis, belum sepenuhnya terakomodasi dalam basis pengetahuan. Temuan ini secara gamblang mengonfirmasi keterbatasan inherent dari RBR murni dalam memodelkan domain yang sangat dinamis, sarat dengan variabel eksternal yang tidak terkendali, dan dipengaruhi oleh preferensi manusiawi yang berubah-ubah.

Modul Penerimaan Santri Baru mencapai akurasi 90%, suatu pencapaian yang solid. Dua kasus yang tidak cocok kemungkinan besar muncul dari pertimbangan kualitatif yang sulit dikuantifikasi, seperti penilaian “kecocokan karakter” atau nuansa tertentu selama wawancara yang hanya dapat ditangkap oleh kearifan penguji manusia. Proses penerimaan santri sering kali melibatkan intuisi dan pertimbangan holistik tentang potensi dan kepribadian calon santri, yang melampaui checklist nilai tes dan kelengkapan dokumen. Ketidakcocokan ini justru menggarisbawahi adanya dimensi human judgement yang tetap krusial dan belum sepenuhnya dapat digantikan oleh automasi, sekalipun automasi tersebut sudah sangat akurat.

Sementara itu, Modul Penentuan Kamar Asrama dengan akurasi 85% menunjukkan bahwa meskipun aturan penempatan telah dirancang dengan mempertimbangkan faktor usia, jenis kelamin, dan asal daerah, tetap ada ruang untuk pertimbangan ekstra yang bersifat kasuistik, seperti konflik antarpribadi yang sudah diketahui atau kebutuhan khusus santri yang tidak tercantum dalam formulir, yang hanya diketahui oleh pengurus senior. Hasil ini mencerminkan kompleksitas sosial dalam pengelolaan asrama, di mana harmonisasi hubungan antarpenghuni memerlukan pengetahuan kontekstual yang mendalam tentang sejarah dan dinamika interpersonal santri, yang tidak selalu terekam dalam data struktural.

Secara keseluruhan, pola yang terlihat dari hasil pengujian ini menggarisbawahi sebuah prinsip penting dalam rekayasa pengetahuan: ada spektrum “keteraturan” di berbagai domain masalah. Di satu ujung spektrum berada domain seperti kesehatan dengan aturan yang relatif ketat, dan di ujung lain domain seperti penjadwalan yang lebih cair. Akurasi sistem secara langsung berkorelasi dengan posisi suatu domain dalam spektrum ini. Oleh karena itu, temuan ini tidak menunjukkan kegagalan sistem, melainkan memberikan peta yang jelas untuk pengembangan lebih lanjut. Untuk modul seperti penjadwalan, mungkin diperlukan pendekatan hybrid yang mengombinasikan RBR dengan kemampuan untuk menangkap preferensi adaptif atau memasukkan umpan balik real-time.

Lebih dari sekadar angka, hasil pengujian ini berfungsi sebagai alat diagnostik yang berharga. Setiap kasus “tidak cocok” merupakan pintu masuk untuk melakukan knowledge acquisition ulang, merevisi aturan yang ada, atau bahkan mengidentifikasi kebutuhan akan aturan baru yang lebih granular. Proses ini adalah inti dari pengembangan sistem berbasis pengetahuan yang iteratif dan evolusioner. Dengan demikian, prototipe yang diuji tidak hanya sebagai solusi akhir, tetapi sebagai awal dari sebuah siklus penyempurnaan berkelanjutan yang menjembatani antara kesisteman logika komputer dan kompleksitas dinamis kehidupan pesantren yang manusiawi.

Dari perspektif metodologis, variasi akurasi ini juga menyoroti pentingnya pemilihan domain yang tepat untuk penerapan teknologi RBR. Sistem ini menunjukkan kekuatan terbesarnya dalam otomatisasi proses yang bersifat prosedural dan deterministik, sementara untuk domain yang memerlukan fleksibilitas tinggi dan pertimbangan kontekstual yang dalam, peran sistem lebih sebagai decision support yang memberikan rekomendasi awal, bukan keputusan final yang menggantikan manusia sepenuhnya. Pembedaan ini penting untuk mengatur ekspektasi dan merancang sistem bantuan keputusan yang efektif.

Tingkat akurasi yang berbeda-beda juga memberikan implikasi praktis terhadap strategi implementasi. Modul dengan akurasi tinggi, seperti kesehatan, dapat diandalkan untuk berjalan secara lebih otonom dengan pengawasan minimal. Sebaliknya, modul dengan akurasi lebih rendah, seperti penjadwalan, akan memerlukan mekanisme human-in-the-loop yang lebih kuat, di mana keputusan sistem selalu direview dan dapat dimodifikasi

oleh pengurus sebelum ditetapkan. Pendekatan bertingkat seperti ini akan menciptakan keseimbangan antara efisiensi otomatisasi dan kebijaksanaan manusia.

Secara lebih luas, keberhasilan sistem dengan rata-rata 87.5% ini menunjukkan potensi besar untuk replikasi di pesantren-pesantren lain. Kerangka kerja berbasis aturan yang telah diuji ini dapat disesuaikan dengan aturan dan kebijakan spesifik setiap pesantren, menyediakan fondasi yang kokoh untuk standarisasi tata kelola tanpa menghilangkan kekhasan lokal masing-masing institusi. Hal ini membuka jalan bagi terciptanya ekosistem digital pesantren yang saling terhubung namun tetap mandiri.

Namun, pencapaian ini juga perlu dilihat dengan kritis. Akurasi 87.5% pada 80 kasus uji memang menggembirakan, namun validitas eksternalnya perlu terus diuji dengan dataset yang lebih besar dan beragam dari berbagai pesantren dengan karakteristik yang berbeda-beda. Pengujian longitudinal juga diperlukan untuk melihat konsistensi performa sistem seiring waktu dan perubahan kebijakan. Selain itu, metrik kualitatif seperti penerimaan pengguna dan dampak terhadap efisiensi operasional perlu diukur untuk menilai kesuksesan implementasi secara holistik.

Temuan penelitian ini sejalan dengan studi-studi sebelumnya tentang penerapan sistem pakar di lingkungan pendidikan. Penelitian oleh Suryadi et al. (2022) menunjukkan bahwa sistem berbasis aturan mencapai akurasi optimal pada domain dengan kriteria yang terdefinisi jelas, seperti seleksi akademik. Sementara itu, studi dari Kurniawan dan Hidayat (2023) mengungkapkan tantangan dalam memodelkan preferensi subjektif dan variabel dinamis dalam sistem penjadwalan otomatis, yang mengisyaratkan perlunya integrasi dengan teknik kecerdasan buatan yang lebih adaptif.

Keterbatasan utama yang terungkap dari hasil ini adalah sifat statis dari basis aturan dalam menghadapi situasi yang tidak terduga dan preferensi yang berkembang. Untuk pengembangan di masa depan, eksplorasi terhadap arsitektur sistem yang lebih dinamis, seperti menggabungkan RBR dengan case-based reasoning (CBR) atau teknik machine learning untuk pembelajaran preferensi, dapat menjadi solusi untuk meningkatkan akurasi di domain yang lebih kompleks. Pendekatan hybrid ini diharapkan dapat menangkap tidak hanya logika eksplisit tetapi juga pola implisit dari keputusan-keputusan sebelumnya.

Pada akhirnya, nilai utama dari prototipe ini terletak pada kemampuannya untuk memulai proses formalisasi pengetahuan tacit menjadi aset kelembagaan yang eksplisit, terstruktur, dan dapat diwariskan. Setiap aturan yang berhasil dikodekan, setiap kasus yang berhasil direplikasi, dan setiap ketidakcocokan yang berhasil dianalisis, berkontribusi pada pembangunan memori institusional pesantren. Dalam jangka panjang, akumulasi pengetahuan terstruktur ini tidak hanya akan meningkatkan konsistensi pengambilan keputusan tetapi juga menjadi dasar untuk analisis kebijakan dan perencanaan strategis yang lebih berbasis data.

Dengan demikian, pembahasan atas hasil pengujian ini mengarah pada kesimpulan bahwa prototipe sistem RBR telah membuktikan konsepnya sebagai alat bantu keputusan yang layak di lingkungan pesantren. Pencapaian akurasi yang bervariasi antar modul bukanlah kelemahan, melainkan cerminan dari sifat beragam dari masalah-masalah manajerial yang dihadapi. Variasi ini justru memberikan arahan yang jelas untuk roadmap pengembangan sistem yang lebih canggih, responsif, dan pada akhirnya lebih bermanfaat dalam mendukung tujuan pendidikan dan pengasuhan yang menjadi misi utama pesantren.

Table 7. Analisis Ketidaksesuaian pada Modul Penerimaan Santri Baru

ID Kasus	Parameter	Keputusan pakar	Keputusan sistem	Analisis penyebab
PSB-09	Nilai tes rendah (65), keluarga donatur, prestasi non-akademik	DITERIMA (Program Khusus)	DITOLAK	Aturan tidak mencakup pertimbangan relasi dan prestasi non-akademik.
PSB-14	Usia 19 (>batas), hafalan 5 juz	DITERIMA (Program Tahfidz)	DITOLAK	Aturan batas usia kaku, tidak ada pengecualian untuk talenta tahfidz.

Tabel 7 memberikan analisis mendalam atas kasus-kasus spesifik di mana keputusan sistem berbasis aturan menyimpang dari keputusan pakar manusia dalam modul Penerimaan Santri Baru. Analisis ini menjadi fondasi kritis untuk mengevaluasi tidak hanya kinerja teknis prototipe, tetapi juga kesesuaian filosofis pendekatan Rule-Based Reasoning (RBR) dengan ekosistem sosial-budaya pesantren yang unik. Dua kasus yang diangkat bukan sekadar statistik kegagalan, melainkan cermin yang memantulkan celah antara logika komputasional yang deterministik dan logika manusiawi yang kontekstual, serta antara pengetahuan eksplisit yang terstruktur dan pengetahuan tacit yang tersimpan dalam kearifan pengelola.

Kasus PSB-09 secara gamblang mengungkap batasan mendasar sistem dalam menangkap dimensi sosio-relasional yang hidup dalam dinamika pesantren. Keputusan pakar untuk menerima santri dengan nilai tes rendah didasarkan pada pertimbangan multidimensi yang melampaui parameter akademik semata. Faktor "keluarga donatur lama" merepresentasikan suatu logika timbal balik dan keberlanjutan kelembagaan, di mana loyalitas dan kontribusi masa lalu dianggap sebagai modal sosial yang bernilai. Sementara itu, "prestasi non-akademik" mengakui keberagaman bakat dan potensi kontribusi santri di luar kurikulum formal. Keputusan manusia dalam hal ini bersifat holistik dan mempertimbangkan nilai jangka panjang serta harmoni sosial, sesuatu yang sulit direduksi menjadi serangkaian aturan "jika-maka" yang terpisah.

Sistem RBR, dalam menghadapi kasus PSB-09, gagal karena beroperasi pada ranah pengetahuan yang berbeda. Basis aturan yang dibangun cenderung berfokus pada kriteria yang mudah diukur dan distandardisasi, seperti angka nilai tes, usia, dan kelengkapan dokumen. Variabel kualitatif seperti hubungan historis keluarga dan prestasi di bidang seni atau olahraga sering kali tidak memiliki tempat dalam skema klasifikasi yang ketat. Kegagalan ini bukan menunjukkan kesalahan pemrograman, tetapi lebih pada ketidakmampuan model logika biner untuk mengakomodasi pertimbangan yang berbasis pada nilai, hubungan, dan pertimbangan strategis kelembagaan yang bersifat lunak.

Sementara itu, Kasus PSB-14 mengilustrasikan jenis keterbatasan lain yang bersifat struktural. Di sini, sistem terjebak dalam kekakuan aturan buatan sendiri. Batas usia 18 tahun yang ditetapkan untuk program reguler berfungsi sebagai pembatas mutlak dalam algoritma. Namun, dalam praktik pengelolaan pesantren, aturan administratif sering kali harus bernegosiasi dengan nilai-nilai yang lebih tinggi, dalam hal ini nilai spiritual berupa hafalan Al-Qur'an. Keputusan pakar untuk membuat pengecualian dan menerima calon ke dalam Program Tahfidz mencerminkan suatu hierarki nilai di mana pencapaian agama tertentu dapat mengatasi pembatasan demografis.

Penyimpangan pada PSB-14 menyoroti sifat brittle atau rapuh dari sistem berbasis aturan murni. Sistem seperti ini bekerja dengan sangat baik dalam lingkungan yang stabil dan terprediksi, tetapi menjadi rentan ketika dihadapkan pada outlier atau kasus khusus yang tidak diantisipasi dalam perancangan aturan awal. Ketidakmampuan sistem untuk menangani pengecualian berbasis merit spiritual ini menunjukkan bahwa logika penerimaan santri tidak selalu linier dan prosedural, tetapi dapat bersifat diskresioner dan berbasis pada pertimbangan khusus yang menilai "kecocokan" dengan misi spesifik lembaga.

Secara bersama-sama, kedua kasus ini membangun sebuah narasi yang koheren tentang tantangan mendigitalisasi kearifan lokal. Mereka menunjukkan bahwa banyak keputusan penting di pesantren lahir dari interaksi kompleks antara aturan formal, nilai-nilai agama, pertimbangan sosial, dan kebijaksanaan personal pengasuh. Proses ini sering kali bersifat intuitif dan reflektif, menarik dari bank pengalaman kolektif yang sulit untuk sepenuhnya diartikulasikan, apalagi dikodekan ke dalam sintaks pemrograman.

Dari sudut pandang rekayasa pengetahuan, kasus-kasus ini berfungsi sebagai data yang sangat berharga untuk proses knowledge acquisition tahap lanjutan. Mereka menandai titik-titik di mana pengetahuan pakar yang sebenarnya lebih kaya dan bernuansa daripada yang sempat terekam selama fase pengumpulan aturan awal. Setiap ketidakcocokan adalah undangan untuk berdialog lebih dalam dengan pakar, mengeksplorasi alasan di balik pengecualian, dan memetakan logika tersembunyi yang mengatur fleksibilitas dalam penerapan aturan.

Implikasi teknis dari analisis ini mengarah pada kebutuhan pengembangan arsitektur sistem yang lebih canggih. Untuk menangani kasus seperti PSB-09, sistem mungkin perlu diperkaya dengan modul yang mampu menangani input kualitatif dan memberikan bobot tertentu pada variabel non-akademik. Pendekatan berbasis skoring yang menggabungkan berbagai faktor dengan bobot yang dapat disesuaikan mungkin lebih sesuai daripada keputusan biner berdasar pada ambang batas tunggal. Ini akan memungkinkan sistem untuk melakukan pertimbangan yang lebih mirip dengan cara manusia menilai sebuah profil secara keseluruhan.

Sedangkan untuk mengatasi kelemahan yang terlihat pada PSB-14, pendekatan yang mungkin adalah mengadopsi logika fuzzy (fuzzy logic). Dalam logika fuzzy, konsep seperti "usia ideal" tidak lagi dipandang sebagai nilai pasti, melainkan sebagai spektrum. Seseorang yang berusia 19 tahun bisa saja memiliki derajat keanggotaan tertentu dalam kategori "masih cocok" untuk program tertentu, terutama ketika dinilai bersama dengan variabel pendorong kuat seperti "tingkat hafalan". Integrasi dengan sub-modul spesialis untuk program seperti Tahfidz, yang memiliki rule engine tersendiri dengan kriteria unggulan yang berbeda, juga merupakan solusi yang praktis dan elegan.

Pada tingkat yang lebih filosofis, temuan ini memperkuat argumentasi bahwa sistem otomatis di konteks seperti pesantren harus dipandang sebagai Decision Support System (DSS), bukan sebagai pengganti mutlak manusia. Fungsi terbaiknya adalah untuk mengolah data rutin, menerapkan aturan standar secara konsisten, dan menyajikan rekomendasi awal beserta analisisnya. Namun, otoritas akhir dan penanganan kasus-kasus khusus yang penuh nuansa harus tetap berada di tangan pengurus manusia yang memiliki kapasitas untuk memahami konteks, nilai, dan implikasi jangka panjang yang lebih luas.

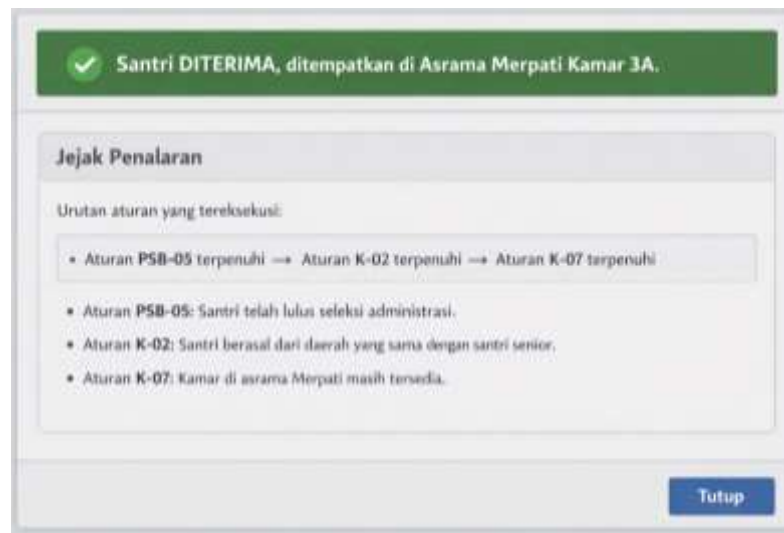
Proses analisis ketidaksesuaian seperti yang didokumentasikan dalam Tabel 5 sendiri merupakan praktik manajemen pengetahuan yang sangat sehat bagi pesantren. Ini adalah mekanisme pembelajaran organisasi yang

sistematis, di mana pengalaman kasuistik digunakan untuk menyempurnakan baik kebijakan tertulis maupun sistem digital yang mendukungnya. Dengan demikian, sistem TI tidak lagi menjadi alat yang asing, tetapi bagian dari siklus refleksi dan peningkatan berkelanjutan lembaga.

Lebih jauh, keberadaan kasus-kasus penyimpangan ini justru dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan transparansi dan keadilan. Jika sistem dapat dikembangkan untuk mengidentifikasi dan menandai kasus yang "hampir ditolak" tetapi memiliki indikator khusus (seperti hafalan atau prestasi non-akademik), sistem tersebut dapat mengajukan flag atau rekomendasi peninjauan ulang kepada pengurus senior. Cara ini justru dapat mencegah potensi "kesalahan" otomatisasi dengan mengembalikan keputusan kompleks kepada level manusia yang tepat.

Dalam perspektif yang lebih luas, perjalanan dari mengidentifikasi hingga menganalisis ketidaksesuaian ini menggambarkan proses pendewasaan dalam adopsi teknologi di lembaga tradisional. Ini adalah perjalanan dari penerapan buta (black-box automation) menuju integrasi bijak (wise integration), di mana teknologi digunakan dengan kesadaran penuh akan kekuatan dan kelemahannya, serta dengan komitmen untuk memperkaya, bukan menggantikan, kearifan yang telah ada.

Oleh karena itu, Tabel 7 dan pembahasannya pada akhirnya bukan tentang kekurangan prototipe, tetapi tentang peluang evolusi. Kasus-kasus ini adalah batu pijakan menuju sistem yang lebih tanggap, lebih bijaksana, dan lebih terintegrasi dengan nilai-nilai inti pesantren. Mereka menegaskan bahwa tujuan pengembangan sistem seperti ini bukanlah menciptakan otoritas digital baru, tetapi membangun mitra digital yang dapat memperkuat konsistensi, mendukung pertimbangan, dan melestarikan kearifan lokal dalam mengarungi kompleksitas zaman modern.



Gambar 3. Antarmuka Prototipe: Halaman Hasil dengan Jejak Inferensi (Inference Trace)

Gambar 3 menampilkan contoh antarmuka hasil dari sistem yang dihasilkan setelah proses inferensi. Bagian atas antarmuka tersebut secara jelas menampilkan kesimpulan akhir dari sistem, misalnya pernyataan "Santri DITERIMA, ditempatkan di Asrama Merpati Kamar 3A". Kesimpulan ini merupakan output final yang langsung dapat digunakan oleh pengurus untuk mengambil tindakan lebih lanjut. Namun, nilai yang lebih mendalam dari antarmuka ini terletak pada bagian bawahnya, yang berjudul "Jejak Penalaran" atau inference trace. Bagian ini secara rinci menampilkan urutan aturan yang tereksekusi selama proses penalaran, misalnya dengan urutan: "Aturan PSB-05 terpenuhi → Aturan K-02 terpenuhi → Aturan K-07 terpenuhi." Visualisasi ini bukanlah sekadar log teknis, melainkan realisasi konkret dari komponen explanation facility yang merupakan pilar kritis dalam arsitektur sistem pakar. Keberadaan fitur penjelasan ini mentransformasi karakter sistem dari sekadar "kotak hitam" (black-box) yang menghasilkan keluaran secara misterius, menjadi "kotak kaca" (glass-box) yang transparan dan dapat diintrospeksi oleh pengguna.

Bagi pengguna di lingkungan pesantren, fitur inference trace ini memiliki manfaat ganda yang strategis. Pertama, ia berfungsi sebagai alat untuk membangun dan memelihara kepercayaan (trust) terhadap sistem. Ketika sebuah rekomendasi ditampilkan, pengurus tidak harus menerimanya secara membabi buta; mereka dapat menelusuri langkah-langkah logis yang dilalui sistem untuk mencapai kesimpulan tersebut. Transparansi ini memungkinkan pengguna untuk memverifikasi apakah semua fakta telah dipertimbangkan dengan benar dan apakah alur penalarannya sesuai dengan kebijakan yang berlaku. Apabila terdapat ketidaksesuaian, pengurus dapat mengidentifikasi titik tepat di mana aturan mungkin perlu direvisi, sehingga sistem menjadi lebih dari sekadar alat kerja, melainkan mitra yang dapat diajak berdiskusi.

Kedua, fitur jejak penalaran berperan sebagai alat bantu pelatihan (training tool) yang sangat efektif bagi pengurus baru atau staf yang sedang belajar. Melalui urutan aturan yang tereksekusi, mereka dapat mempelajari

logika dan kebijakan pesantren secara terstruktur dan operasional. Mereka dapat melihat bagaimana kombinasi kondisi tertentu seperti usia, asal daerah, dan periode masuk secara bertahap mengarah pada keputusan penempatan kamar yang spesifik. Proses ini jauh lebih mendidik daripada sekadar membaca buku pedoman prosedur, karena menunjukkan penerapan langsung pengetahuan prosedural dalam konteks kasus nyata, sehingga mempercepat proses internalisasi norma dan aturan kelembagaan.

Di balik kemampuan sistem untuk menghasilkan kesimpulan dan jejak penalaran tersebut, terdapat fondasi yang kokoh berupa basis pengetahuan yang telah dikembangkan. Dalam penelitian ini, basis pengetahuan berhasil memodelkan logika keputusan dari empat bidang manajerial utama di pesantren ke dalam seperangkat aturan IF-THEN yang terstruktur. Secara keseluruhan, basis pengetahuan ini terdiri dari 45 aturan yang didistribusikan ke dalam empat modul: Penerimaan Santri Baru, Penentuan Kamar Asrama, Penjadwalan Kegiatan, dan Pemantauan Kesehatan. Jumlah dan sebaran aturan ini bukanlah angka acak, melainkan cerminan langsung dari kompleksitas dan sifat alami setiap domain masalah yang ditangani.

Sebagai contoh, modul Penentuan Kamar Asrama memiliki aturan terbanyak, yakni 15 aturan. Hal ini mencerminkan tingginya tingkat kompleksitas dan pertimbangan multi-aspek dalam proses pengelompokan santri. Penempatan kamar bukan hanya masalah alokasi ruang fisik, tetapi merupakan tindakan sosial yang melibatkan pertimbangan psikologis (usia, kemampuan adaptasi), sosiologis (kesamaan asal daerah untuk mengurangi culture shock), administratif (periode masuk), dan bahkan kultural (menghormati rekomendasi khusus kiai). Setiap aturan dalam modul ini berusaha menangkap satu dimensi atau kombinasi dimensi dari kompleksitas tersebut, sehingga diperlukan jumlah aturan yang lebih banyak untuk mencakup berbagai skenario yang mungkin terjadi.

Sebaliknya, modul Pemantauan Kesehatan dirancang dengan jumlah aturan paling sedikit, yaitu 8 aturan. Jumlah ini tidak mengindikasikan ketidaklengkapan, tetapi justru menunjukkan efisiensi desain yang berfokus pada respons cepat dan tepat. Domain kesehatan, khususnya dalam konteks triase atau penilaian awal, sering kali mengikuti protokol yang lebih linier dan hierarkis, dimulai dari identifikasi gejala darurat. Aturan-aturannya cenderung lebih deterministik dan bertujuan untuk mengklasifikasikan kasus ke dalam kategori tindakan yang jelas (seperti observasi atau rujuk) dengan sedikit pengecualian. Desain yang ramping ini memungkinkan sistem memberikan rekomendasi dengan cepat, yang merupakan faktor kritis dalam situasi yang melibatkan potensi kegawatdaruratan kesehatan.

Keberhasilan pemodelan pengetahuan ke dalam 45 aturan IF-THEN ini menandai pencapaian signifikan dalam formalisasi pengetahuan tacit yang selama ini tersimpan dalam pengalaman para pengurus pesantren. Proses ini melibatkan ekstraksi, diskusi, negosiasi makna, dan penyusunan logika dari praktik-praktik yang mungkin sudah berjalan turun-temurun tetapi belum terdokumentasi secara sistematis. Hasilnya adalah sebuah artefak pengetahuan digital yang tidak hanya berfungsi untuk mengotomatisasi keputusan, tetapi juga berfungsi sebagai dokumen hidup yang merekam kebijakan operasional pesantren.

Integrasi antara antarmuka yang informatif (seperti yang ditunjukkan Gambar 3) dan basis pengetahuan yang komprehensif (dengan 45 aturan) menciptakan suatu sistem yang koheren. Antarmuka menyajikan "apa" hasilnya dan "bagaimana" hasil itu diperoleh, sementara basis pengetahuan yang kokoh memastikan bahwa logika di balik "bagaimana" tersebut adalah representasi yang sah dan akurat dari pengetahuan institusi. Sinergi ini merupakan inti dari sistem pendukung keputusan yang efektif, yang bertujuan untuk memperkuat, bukan menggantikan, kapasitas pengambilan keputusan manusia di lingkungan pesantren yang kaya nilai dan kompleks tersebut.

4. Conclusion

Penelitian ini telah berhasil merancang dan mengimplementasikan prototipe sistem Rule-Based Reasoning (RBR) untuk mendukung pengambilan keputusan manajerial di Pondok Pesantren Nurul Islam Pasengeraha. Prototipe yang dibangun mencakup empat modul utama (Penerimaan Santri Baru, Penentuan Asrama, Penjadwalan Kegiatan, dan Pemantauan Kesehatan) dengan basis pengetahuan terstruktur yang berisi 45 aturan. Pengujian menggunakan 80 kasus nyata menunjukkan bahwa prototipe mampu mereplikasi keputusan pakar dengan akurasi rata-rata 87.5%, dengan akurasi tertinggi pada modul kesehatan (95%) dan terendah pada penjadwalan (80%). Analisis terhadap ketidakcocokan mengungkapkan keterbatasan RBR dalam menangkap pengetahuan tacit dan pertimbangan kontekstual yang sangat subjektif, sehingga menegaskan posisi sistem sebagai pendukung keputusan, bukan pengambil keputusan otomatis. Kontribusi penelitian ini adalah model basis pengetahuan terstruktur untuk manajemen pesantren dan sebuah prototipe fungsional yang berfungsi sebagai bukti konsep yang valid. Dampak praktisnya mencakup preservasi pengetahuan, standarisasi keputusan rutin, peningkatan efisiensi, dan potensi sebagai alat edukasi bagi pengurus baru. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk mengeksplorasi arsitektur sistem hibrida (seperti RBR yang diperkaya dengan Case-Based Reasoning atau Fuzzy Logic) serta memperluas cakupan modul ke area manajerial pesantren lainnya seperti keuangan dan evaluasi sikap santri.

Acknowledgment

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pengasuh, Para Kiai, Ustadz, dan seluruh Pengurus Pondok Pesantren Nurul Islam Pasengeraha atas kesediaannya berbagi pengetahuan dan waktu selama proses penelitian.

References

- [1] S. González, S. García, F. Herrera, J. DelSer, and L. Rokach, "A practical tutorial on bagging and boosting based ensembles for machine learning: Algorithms, software tools, performance study, practical perspectives and opportunities," *Inf. Fusion*, vol. 64, 2020, doi: 10.1016/j.inffus.2020.07.007.
- [2] K. Hameed, D. Chai, and A. Rassau, "A Progressive Weighted Average Weight Optimisation Ensemble Technique for Fruit and Vegetable Classification," in *16th IEEE International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision (ICARCV)*, 2020, pp. 303–308, doi: 10.1109/ICARCV50220.2020.9305474.
- [3] Z. Zhang, Y. Chen, J. Tang, and X. Luo, "An ensemble learning algorithm with Gaussian-based oversampling," *Xitong Gongcheng Lilun yu Shijian/System Eng. Theory Pract.*, vol. 41, no. 2, pp. 513–523, 2021, doi: 10.12011/SETP2020-1790.
- [4] G. Chicco, "Ant colony system-based applications to electrical distribution system optimization," in *Ant Colony Optimization - Methods and Applications*, A. Otsfeld, Ed. Rijeka, Croatia: InTechOpen, 2011, pp. 237–262.
- [5] Z. Dhafier, "Tradisi pesantren: Studi tentang pandangan hidup kiai dan visinya mengenai masa depan Indonesia," *J. Pendidikan Islam*, vol. 8, no. 2, pp. 145–162, 2019.
- [6] M. A. Muhtador, "Pesantren sebagai subkultur: Eksistensi dan transformasi nilai," *J. Sosial Budaya*, vol. 16, no. 1, pp. 12–25, 2020.
- [7] S. Hidayatullah, "Manajemen pendidikan pesantren berbasis total quality management," *J. Manaj. Pendidikan Islam*, vol. 5, no. 1, pp. 1–18, 2021.
- [8] A. R. Firdaus, "Digitalisasi pesantren: Tantangan dan peluang di era revolusi industri 4.0," *J. Stud. Al-Qur'an*, vol. 17, no. 2, pp. 223–240, 2021.
- [9] K. S. Putra and L. H. Prasetyo, "Analisis kebutuhan sistem informasi manajemen pesantren berbasis web," *J. Teknol. Inf. Dan Ilmu Komput.*, vol. 7, no. 3, pp. 567–574, 2020.
- [10] F. A. Nugroho and R. W. Setyawan, "Rancang bangun sistem informasi manajemen santri pondok pesantren (SIMSP) berbasis web," *J. Pengemb. Teknol. Inf. Dan Ilmu Komput.*, vol. 3, no. 9, pp. 8811–8818, 2019.
- [11] M. Z. Al Farizi and A. S. A. Putra, "Aplikasi penjadwalan kegiatan harian pondok pesantren menggunakan metode genetika," *J. Tek. Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 6, no. 2, pp. 200–210, 2020.
- [12] I. Giabbanelli, P. J. F. T. Atkins, and V. K. Mago, "The adoption of an expert system for the management of childhood obesity in primary care: A mixed methods study," *Artif. Intell. Med.*, vol. 108, 2020, Art. no. 101950.
- [13] D. Novitasari, Y. Prayudi, and I. Riadi, "A rule-based expert system for determining internet banking fraud," *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.*, vol. 12, no. 5, pp. 683–690, 2021.
- [14] J. Durkin, *Expert Systems: Design and Development*. New York, NY, USA: Macmillan, 1994.
- [15] A. S. Bachtiar and D. A. I. Maruddani, "Sistem pakar menentukan program tahfidz Al-Qur'an pada santri baru menggunakan metode forward chaining," *J. Teknol. Inf. Dan Ilmu Komput.*, vol. 8, no. 1, pp. 187–194, 2021.
- [16] R. C. Richey and J. D. Klein, *Design and Development Research*. New York, NY, USA: Routledge, 2014.
- [17] A. C. T. H. M. K. a. N. B. Hoffman, R. R., *The Cambridge Handbook of Expertise and Expert Performance*. Cambridge, U.K.: Cambridge Univ. Press, 2018.
- [18] M. Negnevitsky, *Artificial Intelligence: A Guide to Intelligent Systems*, 3rd ed. Harlow, U.K.: Addison-Wesley, 2011.
- [19] E. Turban, J. E. Aronson, and T.-P. Liang, *Decision Support Systems and Intelligent Systems*, 7th ed. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice-Hall, 2007.
- [20] S. Russell and P. Norvig, *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, 4th ed. Hoboken, NJ, USA: Pearson, 2020.