

Monitoring Infus IoT Berbasis Fuzzy AHP

Hibrida Delima^{1*}, Siti Khotijah², Siwi Puji Astuti³

^{1,2,3}Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Program Studi Teknik Informatika, Universitas Indraprasta PGRI, Jakarta Timur, Indonesia

Email: ^{1*} hibridadelima0801@gmail.com, ² sitik2805@gmail.com, ³ siwiunindra2012@gmail.com

(*: corresponding author)

Abstrak—Prosedur pemantauan cairan intravena di Klinik Bidan Rahayu masih dilakukan secara manual oleh tenaga medis dengan rasio bidan terhadap pasien mencapai 1:6. Kondisi ini berpotensi menimbulkan keterlambatan penanganan saat terjadi lonjakan pasien. Penelitian ini bertujuan merancang purwarupa sistem pemantauan infus berbasis Internet of Things (IoT) yang diintegrasikan dengan algoritma hibrid Fuzzy-AHP untuk menentukan prioritas penanganan pasien secara objektif dan otomatis. Perangkat keras dibangun menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP32, sensor Load Cell HX711 untuk mengukur sisa volume cairan, dan sensor Optocoupler LM393 untuk menghitung laju Tetesan Per Menit. Data sensor yang bersifat fluktuatif diolah menggunakan Logika Fuzzy Mamdani dengan 12 rule base untuk menghasilkan skor urgensi klinis, yang kemudian disintesis dengan bobot kelas ruang rawat melalui metode Analytic Hierarchy Process. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu mentransmisikan data secara real-time ke dasbor website. Uji konsistensi AHP menghasilkan Consistency Ratio sebesar 0,0034 yang memenuhi syarat validitas matematis. Sistem berhasil memberikan rekomendasi urutan prioritas penanganan pasien secara otomatis dan mengaktifkan protokol keselamatan (*Safety Override*) pada kondisi kritis.

Kata Kunci : IoT; Logika Fuzzy Mamdani; Analytic Hierarchy Process; Monitoring Infus; Prioritas Pasien

Abstract—The intravenous fluid monitoring procedure at Bidan Rahayu Clinic is still carried out manually by medical staff with a midwife-to-patient ratio of 1:6. This condition potentially causes delayed treatment during patient surges. This study aims to design an IoT-based infusion monitoring prototype integrated with a Fuzzy-AHP hybrid algorithm to determine patient handling priorities objectively and automatically. The hardware was built using a NodeMCU ESP32 microcontroller, a Load Cell HX711 sensor to measure remaining fluid volume, and an LM393 Optocoupler sensor to count Drops Per Minute. Fluctuating sensor data is processed using Mamdani Fuzzy Logic with 12 rule bases to generate a clinical urgency score, which is then synthesized with ward class weights using the Analytic Hierarchy Process method. Test results show the system can transmit data in real-time to a web dashboard. The AHP consistency test yields a Consistency Ratio of 0.0034, meeting mathematical validity requirements. The system successfully provides automated patient priority recommendations and activates Safety Override protocols in critical conditions.

Keyword : IoT; Mamdani Fuzzy Logic; Analytic Hierarchy Process; Infusion Monitoring; Patient Priority

1. PENDAHULUAN

Terapi cairan intravena atau Intravenous Fluid Drops (IVFD) merupakan salah satu prosedur medis yang paling umum dilakukan di fasilitas pelayanan kesehatan seluruh dunia. Menurut World Health Organization, lebih dari 16 miliar suntikan dan infus intravena dilaksanakan setiap tahunnya, menjadikannya prosedur invasif dengan volume tertinggi dalam layanan kesehatan. Keberhasilan terapi ini sangat bergantung pada ketepatan dan kesinambungan pemantauan oleh tenaga medis, sebab keterlambatan penggantian kantong infus dapat memicu komplikasi serius seperti emboli udara dan oklusi pembuluh darah.

Permasalahan tersebut menjadi lebih kompleks di fasilitas kesehatan tingkat pertama dengan sumber daya manusia yang terbatas. Berdasarkan hasil observasi awal di Klinik Bidan Rahayu yang berlokasi di Jalan Madrasah, Sukamaju Baru, Kecamatan Tapos, Kota Depok, klinik ini rata-rata menampung 8 hingga 12 pasien rawat inap per hari dengan hanya 2 orang bidan per shift. Rasio bidan terhadap pasien mencapai 1:5 hingga 1:6 sehingga interval pengecekan manual menjadi tidak teratur dan sangat rentan terhadap kelalaian manusia (*human error*).

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) menawarkan solusi pemantauan jarak jauh yang lebih efisien. Beberapa riset terdahulu membuktikan efektivitas sensor Load Cell dalam mengukur sisa volume cairan infus dengan akurasi mencapai 99,8% serta sensor Optocoupler dalam menghitung laju tetesan secara real-time. Namun, tantangan yang belum terjawab adalah bagaimana

sistem mampu memberikan rekomendasi prioritas penanganan yang objektif ketika beberapa pasien mengalami gangguan infus secara bersamaan.

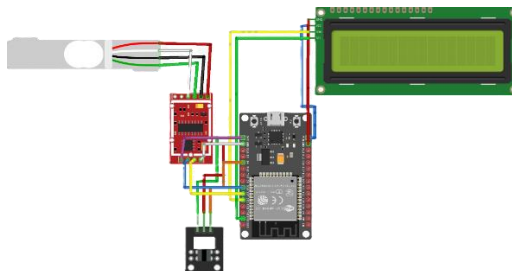
Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini merancang sistem terintegrasi yang menggabungkan Logika Fuzzy Mamdani dan Analytic Hierarchy Process (AHP) sebagai kecerdasan buatan hibrida. Logika Fuzzy diimplementasikan untuk mengklasifikasikan data sensor yang bersifat fluktuatif ke dalam kategori linguistik, sementara AHP digunakan untuk mensintesis skor urgensi dengan parameter kelas ruang perawatan guna menghasilkan urutan prioritas penanganan pasien yang objektif dan terukur secara matematis.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan rancangan penelitian rekayasa (engineering research) dengan pendekatan kuantitatif untuk mengembangkan dan mengevaluasi sistem pemantauan medis. Tempat penelitian dilaksanakan di Klinik Bidan Rahayu, Jalan Madrasah, Sukamaju Baru, Kecamatan Tapos, Kota Depok, Jawa Barat, selama periode Januari hingga Juni 2026.

2.1 Arsitektur Sistem

Sistem dibangun menggunakan arsitektur kecerdasan hibrida yang terbagi menjadi dua lapisan komputasi. Lapisan pertama berupa edge computing pada mikrokontroler ESP32 yang bertugas membaca sensor, mengeksekusi rule base sederhana, dan menampilkan status pada layar LCD 16×2 I2C di tiang infus. Lapisan kedua berupa cloud computing di peladen website menggunakan PHP yang menjalankan inferensi Fuzzy Mamdani secara penuh dan sintesis AHP untuk menghasilkan skor prioritas akhir. Perangkat keras yang digunakan terdiri dari NodeMCU ESP32 sebagai mikrokontroler utama, sensor Load Cell HX711 untuk mengukur sisa massa cairan infus secara non-invasif, serta sensor Optocoupler LM393 yang dipasang pada drip chamber untuk mencacah laju Tetesan Per Menit (TPM).



Gambar 1. Perancangan Alat IoT

2.2 Algoritma Fuzzy Mamdani

Tahap fuzzifikasi mengubah nilai tegas dari sensor menjadi derajat keanggotaan menggunakan fungsi trapesium dan segitiga. Variabel Sisa Cairan dipetakan ke dalam himpunan HABIS, SEDIKIT, dan BANYAK, sedangkan variabel Laju Tetesan dipetakan ke dalam himpunan MACET, LAMBAT, NORMAL, dan CEPAT. Batas koordinat kurva disesuaikan secara dinamis melalui parameter kalibrasi yang tersimpan di basis data

$$\min \text{ sisa} = 20 \text{ ml}, \max \text{ tpm} = 60 \quad (1)$$

Tahap inferensi mengevaluasi 12 rule base menggunakan operator MIN untuk fungsi implikasi (anteseden AND) dan operator MAX untuk agregasi konsekuen. Tahap defuzzifikasi menggunakan metode Center of Gravity (COG) untuk mengonversi area kurva output menjadi skor urgensi klinis berskala 0–100.

2.3 Algoritma Ahp

Metode AHP digunakan untuk menetapkan bobot kepentingan tiga kriteria penilaian: C1 (Sisa Cairan), C2 (Laju Tetesan/TPM), dan C3 (Kelas Ruang). Matriks perbandingan berpasangan disusun berdasarkan konsultasi pakar medis (bidan) dengan nilai C1:C2 = 2, C1:C3 = 5, dan C2:C3

= 3. Validitas matriks diperiksa menggunakan uji Consistency Ratio (CR), di mana nilai $CR \leq 0,10$ menjadi syarat penerimaan. Skor akhir dihitung dengan formula:

$$\text{Skor Final} = (\text{Skor}_{\text{Fuzzy}} \times 0,89) + (\text{Nilai}_{\text{Crisp}_{C_3}} \times 0,11) \quad (2)$$

Sistem juga dilengkapi protokol Safety Override yang memaksa skor minimal 85,0 apabila algoritma mendeteksi label BAHAYA, guna memastikan pasien kritis selalu mendapat prioritas tertinggi.

2.4 Pengujian Sistem

Pengujian dilaksanakan dalam tiga skenario. Pertama, kalibrasi dan validasi sensor dilakukan untuk memastikan margin kesalahan sensor Load Cell di bawah 5% dan akurasi sensor Optocoupler minimal 95%. Kedua, pengujian perangkat lunak menggunakan prinsip Black Box Testing yang berfokus pada validasi fungsionalitas fitur CRUD data pasien, autentikasi biometrik Face Recognition, fitur kalibrasi IoT dinamis, dan notifikasi Telegram anti-spam. Ketiga, evaluasi algoritma dilakukan melalui simulasi data uji untuk memvalidasi perhitungan nilai fuzzifikasi, firing strength, defuzzifikasi COG, bobot eigenvector AHP, dan uji Consistency Ratio.

2.5 Penelitian Relevan

Penelitian relevan yang menjadi acuan pengembangan sistem ini mencakup kajian utama terkait pemantauan medis berbasis IoT dan algoritma kecerdasan buatan. Pada ranah perangkat keras, (Azhar, 2025) berhasil merancang sistem pemantauan infus menggunakan mikrokontroler ESP32 dan sensor Optocoupler LM393 yang dilengkapi Logika Fuzzy untuk mengklasifikasikan laju tetesan secara real-time. Keandalan arsitektur ini didukung oleh (Riyansyah et al., 2021) dan (Hamzah et al., 2025) yang mengonfirmasi bahwa ESP32 sangat presisi sebagai otak pemrosesan data sistem pemantauan medis. Kemampuan pemantauan nirkabel ini semakin diperkuat oleh temuan (Ningsih et al., 2025) serta (Rahmi Hidayati & Teodora Fenny Aliansih, 2024) yang sukses mengintegrasikan sistem peringatan dini berbasis Telegram untuk memfasilitasi respon cepat tenaga medis. Untuk mengukur sisa cairan, (Mansur, 2023) dan (Phisca Aditya Rosyady et al., 2022) membuktikan bahwa sensor Load Cell mampu mendeteksi penyusutan volume cairan infus secara eksternal tanpa kontak fisik dengan tingkat ketelitian mencapai 99,8%. Stabilitas transmisi data sensor IoT secara real-time ke dalam server ini sejalan dengan prinsip yang diimplementasikan oleh (Abdulfathah & Budhi Santoso, 2024).

Penerapan kecerdasan hibrida merujuk pada (Harahap et al., 2022) dan (Martin et al., 2022) yang menunjukkan bahwa metode Fuzzy AHP sangat efektif dalam menangani parameter kriteria penilaian yang bersifat dinamis. Secara spesifik, (Herisma et al., 2024) membuktikan bahwa AHP mampu meranking prioritas secara otomatis dan objektif melalui pembobotan matriks kriteria berbasis web. (Aulia et al., 2024) turut mengonfirmasi bahwa metode AHP sangat konsisten sebagai mesin pengambil keputusan multikriteria karena mampu menghasilkan Consistency Ratio di bawah 0,10. Seluruh komputasi pemantauan dan algoritma penentuan prioritas tersebut kemudian divisualisasikan melalui antarmuka dasbor yang dibangun menggunakan basis data dan logika PHP, merujuk pada standar arsitektur web dinamis (Abdul Kadir, 2020).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini memaparkan hasil implementasi algoritma hibrid Fuzzy-AHP beserta pengujian sistem pemantauan infus berbasis IoT yang dikembangkan.

3.1 Implementasi Perangkat Keras

Purwarupa perangkat keras berhasil dirakit dengan menempatkan sensor Load Cell pada mekanisme gantungan kantong infus sehingga mampu membaca perubahan massa cairan secara non-invasif. Sensor Optocoupler LM393 dipasang pada drip chamber selang infus untuk mencacah setiap tetesan yang jatuh. Modul HX711 memperkuat sinyal analog dari Load Cell menjadi data digital 24-bit presisi tinggi yang diteruskan ke ESP32 melalui protokol komunikasi serial sinkron. Seluruh pembacaan sensor ditampilkan secara lokal pada layar LCD I2C 16x2 yang terpasang pada

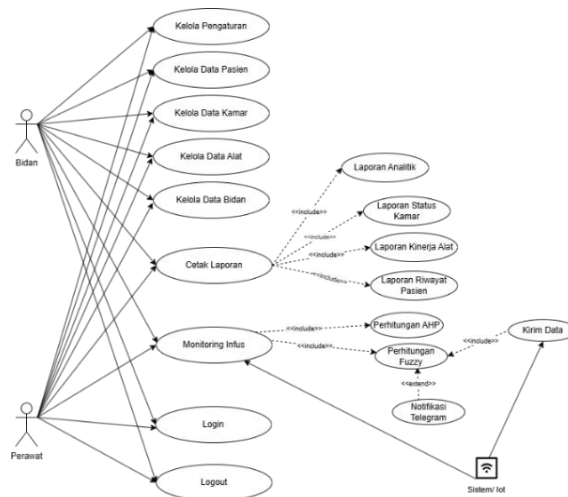
casing project box, sehingga tenaga medis yang berada di ruang rawat dapat langsung memantau status tanpa membuka aplikasi web.



Gambar 2. Tampilan Alat IoT

3.2 UML Diagram

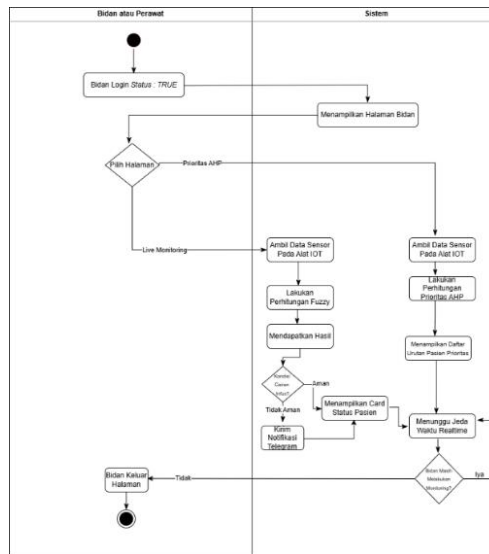
A. Use Case Diagram



Gambar 3. Use Case Diagram

Use case diagram pada Gambar 3 menggambarkan interaksi antara dua aktor utama, yaitu Bidan dan Perawat, dengan sistem pemantauan infus. Kedua aktor memiliki hak akses yang sama karena berbagi satu sistem login dengan dashboard yang dipersonalisasi sesuai peran masing-masing. Setelah melakukan Login, baik melalui autentikasi biometrik (Face Recognition) maupun fallback manual menggunakan RFID/password, aktor dapat mengakses tujuh fungsi utama: Kelola Data Bidan dan Perawat, Kelola Data Alat, Kelola Data Kamar, Kelola Data Pasien, Kelola Pengaturan, Monitoring Infus, dan Cetak Laporan. Use case Monitoring Infus memiliki relasi include menuju Perhitungan Fuzzy dan Perhitungan AHP, yang berarti kedua proses tersebut wajib dijalankan setiap kali fitur monitoring diakses untuk menghasilkan skor prioritas pasien. Sementara itu, use case Cetak Laporan memiliki relasi include menuju empat jenis laporan (Laporan Analitik, Laporan Status Kamar, Laporan Kinerja Alat, dan Laporan Riwayat Pasien), yang menunjukkan bahwa pengguna dapat memilih salah satu kategori laporan setiap kali fitur ini diakses. Pada sisi kanan diagram, aktor Sistem/IoT (perangkat ESP32) digambarkan secara independen dengan use case Kirim Data, yang memiliki relasi include menuju Perhitungan AHP serta relasi extend menuju Notifikasi Telegram menandakan bahwa notifikasi hanya dikirim secara kondisional apabila hasil perhitungan AHP menunjukkan status kritis. Aktor diakhiri dengan use case Logout untuk mengakhiri sesi penggunaan sistem secara aman.

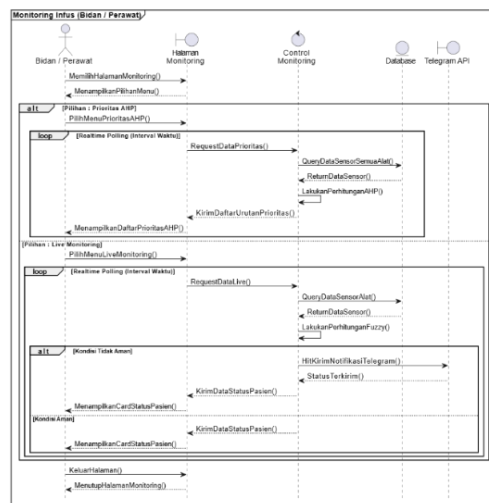
B. Activity Diagram



Gambar 4. Activity Diagram Monitoring Infus

Activity diagram pada gambar 4 menguraikan alur kerja fitur pemantauan. Setelah masuk ke dashboard, pengguna dihadapkan pada dua opsi utama. Pertama, *Live Monitoring* untuk mengevaluasi status pasien secara individual menggunakan Logika Fuzzy, di mana sistem akan otomatis memicu notifikasi Telegram saat mendeteksi kondisi kritis. Kedua, *Prioritas AHP* yang memproses data seluruh perangkat IoT untuk merangking urgensi penanganan. Kedua fitur ini beroperasi dalam siklus *polling* data *real-time* yang terus diperbarui selama sesi aktif.

C. Sequence Diagram

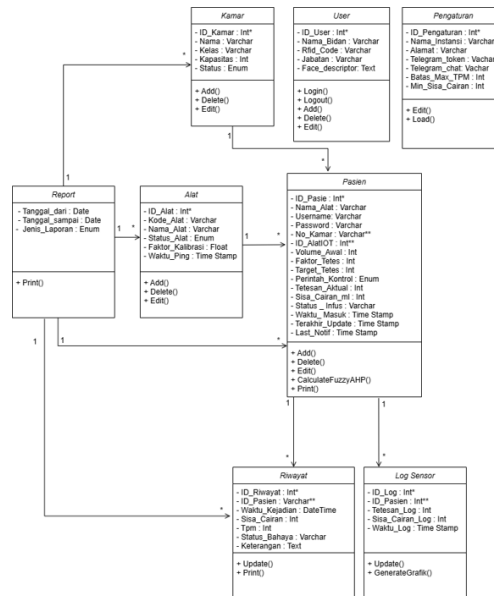


Gambar 5. Sequence Diagram Monitoring Infus

Sequence diagram pada Gambar 5 menggambarkan interaksi antarobjek pada fitur Monitoring Infus yang diakses oleh Bidan/Perawat. Diagram ini menampilkan dua skenario pilihan menu yang masing-masing berjalan dalam siklus polling waktu nyata (*real-time*). Skenario pertama, jika aktor memilih menu “Prioritas AHP”, sistem secara berkala mengirimkan permintaan data ke objek Control Monitoring, yang kemudian melakukan query data sensor seluruh alat ke Database, menjalankan perhitungan AHP, dan mengembalikan daftar urutan prioritas pasien untuk ditampilkan pada halaman Monitoring. Skenario kedua, jika aktor memilih menu “Live Monitoring”, sistem

melakukan permintaan data secara langsung per alat, menjalankan perhitungan Fuzzy, lalu menampilkan kartu status pasien. Pada kondisi cairan tidak aman, Control Monitoring secara otomatis mengirimkan permintaan notifikasi ke Telegram API sebelum status ditampilkan pada layar. Kedua siklus polling tersebut berulang secara terus-menerus selama pengguna berada di halaman tersebut, hingga aktor memilih untuk menutup halaman monitoring.

D. Class Diagram



Gambar 6. Class Diagram

Class diagram pada Gambar 6 menggambarkan struktur basis data relasional yang menjadi fondasi sistem. Kelas Pasien berperan sebagai entitas utama (pusat relasi) yang terhubung dengan kelas Kamar dan kelas Alat melalui relasi banyak-ke-satu, merepresentasikan bahwa setiap pasien ditempatkan pada satu kamar dan terpasang pada satu alat IoT, sementara satu kamar atau satu alat dapat melayani beberapa pasien pada periode berbeda. Kelas Pasien juga memiliki method CalculateFuzzyAHP() yang menjalankan inti algoritma hibrid. Dari kelas Pasien diturunkan dua relasi satu-ke-banyak menuju kelas Log Sensor dan kelas Riwayat, yang masing-masing menyimpan data pembacaan sensor secara periodik dan log keputusan Fuzzy-AHP setiap kali terjadi perubahan status. Kelas User menyimpan data autentikasi petugas (Bidan/Perawat) beserta descriptor wajah untuk Face Recognition, sedangkan kelas Pengaturan bersifat independen sebagai tempat penyimpanan parameter kalibrasi sistem (batas TPM dan sisa cairan) serta kredensial notifikasi Telegram. Kelas Report berfungsi mengelola proses pencetakan laporan berdasarkan rentang tanggal yang dipilih pengguna.

3.3 Hasil Perhitungan Fuzzy Mamdani

Sebagai verifikasi akurasi sistem, dilakukan simulasi menggunakan data uji nyata dengan parameter: Sisa Cairan = 70 ml (dari sensor Load Cell), Laju Tetesan = 8 TPM (dari sensor Optocoupler), dan Kelas Kamar = VIP. Tahap fuzzifikasi menghasilkan derajat keanggotaan μ SEDIKIT = 0,7778 untuk variabel cairan dan μ LAMBAT = 0,8571 untuk variabel TPM. Evaluasi terhadap 12 rule base menggunakan operator MIN menghasilkan nilai firing strength tertinggi pada Rule 6 (IF SEDIKIT AND LAMBAT THEN WASPADA) sebesar

$$\alpha = \min(0,7778; 0,8571) = 0,7778 \quad (3)$$

Tahap defuzzifikasi menggunakan metode Center of Gravity (COG) dengan sampling kontinu pada domain 0–100 menghasilkan skor Fuzzy sebesar 55,00. Nilai ini berada tepat pada titik puncak domain himpunan WASPADA (rentang 30–80), yang secara klinis mengindikasikan kondisi kewaspadaan tingkat tinggi karena cairan tersisa kurang dari 9 menit habis pada laju 8 TPM.

Tabel 1. Rule Base Fuzzy Mamdani (12 Aturan)

No	IF Cairan	AND TPM	THEN Status
1	Habis	Macet	BAHAYA
2	Habis	Lambat	BAHAYA
3	Habis	Normal	BAHAYA
4	Habis	Cepat	BAHAYA
5	Sedikit	Macet	BAHAYA
6	Sedikit	Lambat	WASPADA
7	Sedikit	Normal	WASPADA
8	Sedikit	Cepat	WASPADA
9	Banyak	Macet	BAHAYA
10	Banyak	Lambat	WASPADA
11	Banyak	Normal	AMAN
12	Banyak	Cepat	WASPADA

3.4 Hasil Perhitungan Ahp Dan Sintesis Akhir

Matriks perbandingan berpasangan AHP yang disusun berdasarkan penilaian pakar menghasilkan bobot Eigenvector: $wC1 = 0,58$ (Sisa Cairan), $wC2 = 0,31$ (Laju Tetesan), dan $wC3 = 0,11$ (Kelas Ruang). Verifikasi total bobot bernilai 1,00 mengonfirmasi validitas perhitungan. Uji konsistensi menghasilkan nilai $\lambda \max = 3,0039$, Consistency Index (CI) = 0,0020, dan Consistency Ratio (CR) = 0,0034. Karena $CR = 0,0034 < 0,10$, maka penilaian perbandingan berpasangan dinyatakan konsisten dan valid secara matematis.

$$(0,58 + 0,31 + 0,11 = 1,00) \quad (4)$$

Sintesis akhir dilakukan dengan formula:

$$\text{Skor}_{\text{Final}} = (\text{Skor}_{\text{Fuzzy}} \times 0,89) + (\text{Nilai}_{C3} \times 0,11) \quad (5)$$

Dengan memasukkan data uji

$$(\text{Skor}_{\text{Fuzzy}} = 55,00 \text{ dan Kamar VIP} \rightarrow \text{Nilai}_{C3} = 80) \quad (6)$$

Diperoleh:

$$\text{Skor}_{\text{Final}} = (55,00 \times 0,89) + (80 \times 0,11) = 48,95 + 8,80 = 57,75 \quad (7)$$

Evaluasi Safety Override menunjukkan mekanisme tersebut TIDAK AKTIF karena skor akhir (57,75) sudah berada dalam rentang normal WASPADA (50,0–84,9). Dengan demikian, sistem menetapkan kondisi pasien pada status WASPADA dengan skor prioritas 57,75.

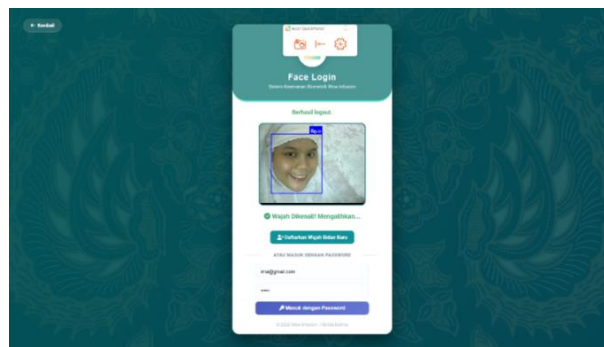
Tabel 2. Rekap Perhitungan Hybrid Fuzzy – AHP

No	Tahap	Parameter	Nilai
1	Input	Sisa Cairan	70 ml
2	Input	Laju Tetesan	8 TPM
3	Input	Kelas Kamar	VIP
4	Fuzzifikasi	μ SEDIKIT	0,7778
5	Fuzzifikasi	μ LAMBAT	0,8571
6	Inferensi (R06)	Firing Strength	0,7778 \rightarrow Waspada
7	Defuzzifikasi	Skor Fuzzy (COG)	55,00
8	AHP	Nilai Crisp C3 (VIP)	80
9	Sintesis AHP	Skor Final	$(55,00 \times 0,89) + (80 \times 0,11) = 57,75$
10	Output	Label Status	WASPADA
11	Override	Status Safety Override	Tidak Aktif

3.5 Implementasi Perangkat Lunak

Antarmuka website dikembangkan menggunakan PHP, MySQL, HTML, CSS, dan JavaScript dengan fitur utama meliputi: (1) Fitur autentikasi biometrik Face Recognition berbasis Face API untuk verifikasi identitas tenaga medis, (2) Dasbor prioritas AHP yang menampilkan daftar pasien terurut berdasarkan skor akhir secara real-time, (3) Halaman live monitoring yang memperbarui status kondisi infus setiap pasien secara periodik menggunakan AJAX, serta (4) Integrasi notifikasi Telegram Bot yang dilengkapi mekanisme anti-spam dengan jeda minimal 5 menit antara notifikasi per pasien. Data dari sensor IoT dikirim ke peladen melalui protokol HTTP GET setiap 3 detik, divalidasi menggunakan API Key, kemudian disimpan ke basis data MySQL untuk diproses lebih lanjut oleh mesin algoritma hibrid.

E. Tampilan Layar



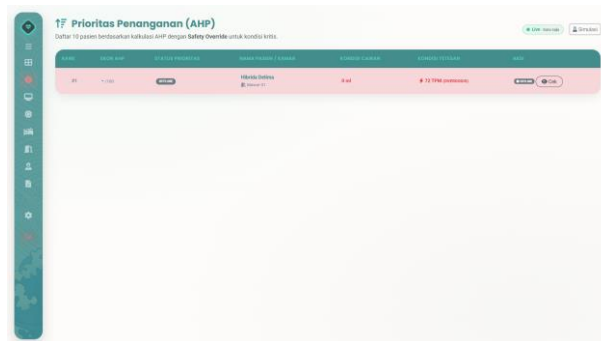
Gambar 7. Fitur Autentikasi Biometrik

Gambar 7 menampilkan halaman login Bidan/Perawat berbasis autentikasi biometrik *Face Recognition* sebagai metode utama. Fitur ini mengimplementasikan model SSD MobileNet v1 untuk deteksi wajah dan perhitungan jarak Euclidean pada 128 dimensi deskriptor wajah untuk pencocokan petugas. Sebagai mekanisme cadangan (*fallback*), disediakan formulir login manual berbasis kombinasi nama, kode RFID, atau kata sandi jika pemindaian wajah gagal.



Gambar 8. Dasbor Prioritas AHP

Gambar 8 menampilkan dasbor utama sebagai pusat informasi setelah Bidan atau Perawat berhasil masuk. Halaman ini secara interaktif menyajikan metrik penting melalui kartu ringkasan (jumlah pasien aktif, kamar tersedia, dan pasien kondisi kritis) serta diagram donat untuk memantau status infus seluruh pasien secara *real-time*. Selain itu, dasbor juga memuat profil petugas, daftar riwayat pasien terbaru, dan grafik interaktif laju tetesan.



Gambar 9. Fitur Monitoring AHP

Gambar 9 menampilkan dasbor Prioritas Penanganan yang mengurutkan pasien berdasarkan skor algoritma hibrid Fuzzy-AHP. Halaman ini secara *real-time* menyajikan indikator sisa cairan dan laju tetesan, beserta status prioritas dari hasil perhitungan protokol *Safety Override*. Antarmuka ini juga dilengkapi peringatan visual untuk kondisi darurat dan fitur akses cepat ke detail data pasien.



Gambar 10. Notifikasi Telegram

Gambar 10 menampilkan notifikasi Telegram Bot “Wow Infus” sebagai bentuk eksekusi dari mekanisme *Safety Override*. Pesan peringatan ini memuat metrik darurat secara komprehensif, meliputi status prioritas, sisa cairan, dan laju tetesan pasien. Sistem menerapkan mekanisme *anti-spam* berjeda lima menit untuk memastikan tenaga medis menerima peringatan secara konsisten tanpa penumpukan pesan yang berlebihan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, tiga capaian utama berhasil diwujudkan. Pertama, purwarupa sistem pemantauan infus berbasis IoT berhasil dirancang dan dibangun menggunakan mikrokontroler ESP32. Sensor Load Cell HX711 mampu membaca penyusutan massa cairan infus dengan margin kesalahan di bawah 5%, sementara sensor Optocoupler LM393 berhasil mencatat laju Tetesan Per Menit dengan akurasi minimal 95%. Seluruh data berhasil dikirimkan ke dasbor website secara *real-time* melalui koneksi Wi-Fi.

Kedua, algoritma Logika Fuzzy Mamdani berhasil diimplementasikan untuk mengolah fluktuasi data sensor menjadi tiga label status klinis yang mudah dipahami (Aman, Waspada, Bahaya) secara konsisten melalui 12 aturan rule base. Proses defuzzifikasi menggunakan metode Center of Gravity menghasilkan skor urgensi klinis yang presisi sebagai dasar penilaian kondisi pasien.

Ketiga, integrasi Logika Fuzzy dan metode AHP berhasil diwujudkan sebagai Sistem Penentuan Prioritas yang bekerja secara otomatis dan objektif. Uji konsistensi matriks AHP menghasilkan nilai CR = 0,0034, jauh di bawah ambang batas 0,10, sehingga bobot prioritas yang dihasilkan dapat dipertanggungjawabkan secara matematis. Sistem juga dilengkapi protokol Safety Override yang secara otomatis menempatkan pasien dengan kondisi kritis pada posisi prioritas tertinggi di dasbor pemantauan, sehingga terbukti mampu meminimalisir risiko keterlambatan penanganan infus di Klinik Bidan Rahayu.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Indraprasta PGRI (UNINDRA) atas seluruh dukungan akademik dan fasilitas yang diberikan. Ucapan terima kasih secara khusus juga kami sampaikan kepada pihak Klinik Bidan Rahayu yang telah memberikan izin tempat, dukungan data, serta kerja sama yang sangat baik dalam pengujian sistem ini. Penulis juga menyampaikan apresiasi kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan selama proses penyusunan penelitian ini.

REFERENCES

- Abdulfathah, A., & Santoso, D. B. (2024). Pemanfaatan IoT (Internet of Things) Dalam Monitoring Kadar Kepekatan Asap dan Kendali Camera Tracking. *Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering (A.J.I.E.E)*, 6(1), 125–129. <https://doi.org/10.30604/jti.v6i1.221>
- Aulia, S., Al-Fa'th, N. R., Nugraha, D., Ilham, M. F. N., & Arbansyah, A. (2024). Penerapan Metode Analytic Hierarchy Process (AHP) dalam Penentuan Nilai Akhir Mahasiswa. *Jurnal Informatika dan Teknologi Pendidikan*, 4(2), 109–118. <https://doi.org/10.59395/jitp.v4i2.107>
- Azhar, A. (2025). *Monitoring Alat Hitung Tetesan Infus dengan ESP32* [Tugas Akhir]. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Hamzah, M. F., Suppa, R., & Dasril. (2025). Sistem Monitoring Cairan. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 13(1), 1–60. <https://doi.org/10.23960/jitet.v13i1.5488>
- Harahap, A. R., Simbolon, N. H. M., Agata, R. A., & Sunarsih, S. (2022). Metode Fuzzy AHP (Analytical Hierarchy Process) untuk Pemilihan Metode Pembelajaran Demi Menunjang Pembelajaran Matematika. *Jurnal Sains dan Edukasi Sains*, 5(1), 9–17. <https://doi.org/10.24246/juses.v5i1p9-17>
- Herisma, D. D. (2024). *Sistem Pendukung Keputusan Perekrutan Karyawan Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process di PT. Proxi Jaringan Nusantara Sukabumi Berbasis Web* [Tugas Akhir]. Universitas Nusa Putra.
- Hidayati, R., & Aliansih, T. F. (2024). Sistem Pemantauan Infus Berbasis IoT dengan Notifikasi Real-Time Melalui Telegram. *Jurnal PROCESSOR*, 19(2), 156–170. <https://doi.org/10.33998/processor.2024.19.2.1843>
- Kadir, A. (2020). *Dasar Pemrograman Web Dinamis Menggunakan PHP* (Edisi Revisi Kedua). ANDI.
- Mansur, H. (2023). *Monitoring Level Cairan Infus Melalui Sensor Load Cell Berbasis IoT* [Tugas Akhir]. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Martin, A., Suprpto, B., Widiyastuti, A., Kurniawan, D. F., & Simanjuntak, H. (2022). Penerapan Metode Fuzzy AHP (Analytical Hierarchy Process) Sebagai Sistem Pendukung Keputusan Dosen Terbaik (Studi Kasus: STMIK Pringsewu). *Jurnal Informasi dan Komputer*, 10(1), 194–207. <https://doi.org/10.35959/jik.v10i1.307>
- Ningsih, K. M. W., Setiawan, A., & Suryadi, K. (2025). Sistem Monitoring Kapasitas dan Laju Tetesan Cairan Infus Berbasis Nirkabel. *Journal of Innovative and Creativity*, 5(3), 25973–25981.
- Riyansyah, R. G., Wahiddin, D., & Kusumaningrum, D. S. (2021). Smart Monitoring Alat Infus Pasien Berbasis Internet Of Things (IoT) Menggunakan Mikrokontroler ESP32. *Scientific Student Journal for Information, Technology and Science*, 2(1), 142–148.
- Rosyady, P. A., Sukarjiana, A. S. S., Habibah, N. U., Ihsana, N., Baswara, A. R. C., Dinata, W. R., & Sulistiawan, D. (2022). Monitoring Cairan Infus Menggunakan Load Cell Berbasis Internet of Things (IoT). *Techné Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, 22(1), 97–110.