

SISTEM MONITORING TERPADU UNTUK KELOMPOK GERIATRI MENGUNAKAN FUZZY MAMDANI DAN DEEP LEARNING

Indra Griha Tofik Isa¹, Febie Elfaladonna^{*2}

^{1,2}Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang

Email: ¹indra_isa_mi@polsri.ac.id, ²febie_elfaladonna_mi@polsri.ac.id

^{*}Penulis Korespondensi

(Naskah masuk: 09 Februari 2024, diterima untuk diterbitkan: 10 Februari 2025)

Abstrak

Geriatri merupakan salah satu kelompok rentan yang membutuhkan monitoring yang intensif untuk meningkatkan kualitas hidup dari kelompok geriatri itu sendiri. Implementasi kecerdasan buatan (AI) memberikan kemudahan bagi pengguna maupun kelompok geriatri. Di dalam penelitian ini dibangun sistem monitoring bagi kelompok geriatri berbasis parameter saturasi oksigen, detak jantung dalam satuan (*beats per minute*) (BPM) dan temperatur tubuh yang bertujuan untuk memudahkan dalam memonitoring geriatri melalui teknologi AI. Perangkat menggunakan sensor MAX30205 dan sensor MAX30102 yang diintegrasikan dengan mikrokontroler ESP32 sehingga dapat memonitor kondisi geriatri secara *real-time*. Implementasi pemodelan untuk mendeteksi kondisi geriatri apakah stabil atau tidak stabil menggunakan *deep learning* (DL) yang dikembangkan berbasis aturan *fuzzy mamdani*. Terdapat 10 model DL yang dikomparasi dengan arsitektur layer dan *epoch* yang berbeda, di mana menghasilkan akurasi tertinggi pada model 8 dengan persentase akurasi 97,8% dan *F1-score* sebesar 0,98. Pengujian dilakukan dengan mengukur sensitifitas sistem terhadap pembacaan tiga parameter pada kelompok geriatri, di mana menghasilkan nilai *MAPE* sebesar 1,33% dan akurasi 98,67%. Sementara pengujian persepsi sistem melalui pemodelan DL yang terintegrasi dengan *fuzzy mamdani* terhadap data riil pada tiga parameter dilakukan dengan melibatkan 15 partisipan. Berdasarkan eksperimen tersebut, dihasilkan 14 pengujian yang menghasilkan data yang sesuai antara nilai aktual dan nilai hasil. Sehingga akurasi persepsi sistem terhadap kondisi stabilitas kelompok geriatri adalah 93,33%. Penelitian ini berkontribusi dalam meningkatkan kualitas hidup kelompok geriatri melalui implementasi monitoring yang terintegrasi dengan AI serta memiliki originalitas di mana sistem yang dibangun mengkombinasikan teknologi DL dengan teknik Fuzzy untuk menghasilkan akurasi data yang optimal.

Kata kunci: Sistem monitoring, geriatri, deep learning, fuzzy mamdani

AN INTEGRATED MONITORING SYSTEM FOR GERIATRIC COMMUNITY USING FUZZY MAMDANI AND DEEP LEARNING

Abstract

Geriatrics represents one of the vulnerable communities that requires intensive monitoring to enhance the quality of life within the geriatric itself. The implementation of artificial intelligence (AI) provides convenience for both users and the geriatric population. In this study, a monitoring system based on oxygen saturation parameters, heart rate in beats per minute (BPM), and body temperature was developed for the geriatric and aims to monitor the geriatric by utilizing AI technology. The device utilizes MAX30205 and MAX30102 sensors integrated with the ESP32 microcontroller to monitor the geriatric condition in real-time. The implementation of modeling to detect whether the geriatric condition is stable or unstable uses deep learning (DL) developed based on Fuzzy Mamdani rules. There are 10 DL models compared with different layer architectures and epochs, resulting in the highest accuracy in model 8 with an accuracy rate of 97.8% and an *F1-score* of 0.98. Testing was conducted by measuring the system's sensitivity to readings of three parameters in the geriatric group, yielding a Mean Absolute Percentage Error (MAPE) value of 1.33% and an accuracy of 98.67%. Meanwhile, the perception testing of the system through DL modeling on real data for three parameters involved 15 participants. Based on these experiments, 14 tests were conducted, producing data consistent between actual and observed values. Thus, the system's accuracy in perceiving the stability of the geriatric group's condition is 93.33%. This study contributes to improving the quality of life of geriatric groups through implementing monitoring integrated with AI and has originality where the system combines DL technology with fuzzy techniques to gain optimal data accuracy.

Keywords: Monitoring system, geriatrics, deep learning, fuzzy mamdani

1. PENDAHULUAN

Warga lanjut usia atau geriatri mengalami peningkatan di mana menurut (WHO, 2022) pada tahun 2015 hingga 2050 proporsi populasi dengan usia lebih dari 60 tahun meningkat dari 12% menjadi 22%. Adapun di Indonesia, secara statistik populasi geriatri pada tahun 2022 dengan usia ≥ 60 tahun mencapai 10,48% yang terbagi ke dalam tiga kelompok, yakni kelompok lansia muda (60-69 tahun) dengan persentasi sebesar 65,56%; kelompok lansia madya (70-79 tahun) dengan persentasi sebesar 26,76%; dan kelompok lansia tua (80 tahun ke atas) dengan persentasi sebesar 7,69% (BPS, 2022).

Geriatri merupakan kelompok rentan di mana berpotensi mengalami sindrom geriatri berupa penurunan fungsi organ yang diakibatkan oleh proses penuaan (Ulate, et al, 2023). Namun, yang perlu dipastikan adalah bagaimana meningkatkan kualitas hidup geriatri sehingga tetap berdaya secara individu maupun sesama. Beragam cara dapat dilakukan melalui interaksi antar kelompok geriatri, peningkatan layanan kesehatan, evaluasi paripurna, maupun monitoring kondisi geriatri secara kontinyu (Liotta, et al, 2023). Khususnya dalam proses monitoring kondisi geriatri, dapat dilakukan dengan menggunakan teknologi kecerdasan buatan (AI) sehingga dapat memantau kondisi dari individu geriatri secara berkelanjutan.

Implementasi AI dalam monitoring geriatri telah dilakukan oleh penelitian terdahulu, di antaranya (Akhila, et al, 2021) Mengimplementasikan teknologi *Internet of Things (IoT)* dalam sistem monitoring pada pasien geriatri penderita COVID-19. Sistem dibangun dengan perangkat mikrokontroler Arduino yang diintegrasikan dengan modul *Wi-Fi* serta beberapa sensor yang terdiri dari sensor temperatur LM35, sensor detak jantung per menit (BPM), dan sensor elektrokardiogram (EKG). Komponen perangkat keras diintegrasikan dengan tampilan antarmuka pengguna yang dapat memonitoring kondisi pasien secara real-time. (Nair, Antony, and Sujatha, 2023) Mengimplementasikan sistem komputasi awan melalui *Google Firebase* sebagai penyimpanan data real-time untuk memonitoring geriatri melalui beberapa parameter yakni oksigen dalam darah, level saturasi, dan detak jantung. Eksperimen dilakukan dengan tiga kondisi yang berbeda, yakni kondisi aktif, bergerak, dan tidur. Dari hasil eksperimen menunjukkan sistem dapat memberikan respon kondisi terkini sesuai dengan aktivitas yang dilakukan oleh geriatri. Sementara (Pavitra, et al, 2022) mengintegrasikan tiga parameter yang terdiri dari *temperature*, detak jantung, dan *SpO2* sebagai pemonitoring kondisi geriatri yang diintegrasikan dengan mikrokontroler. Output berupa tampilan LCD dan *buzzer* yang memudahkan user mendapatkan notifikasi dari sistem. Sistem ini dilengkapi dengan sensor *infrared* dan *light*

emitting diode (LED) untuk memonitor interval pengobatan. Berbeda dengan penelitian sebelumnya, di dalam penelitian ini memiliki originalitas di mana mengimplementasikan AI berupa DL yang diintegrasikan dengan teknik *fuzzy* sehingga menghasilkan output yang presisi dan akurat.

Parameter yang digunakan pada penelitian ini adalah saturasi oksigen dalam darah, detak jantung, dan temperatur kondisi pasien. Sistem deteksi diintegrasikan dengan pemodelan *deep learning* yang dikembangkan berdasarkan aturan *fuzzy*. Sistem tidak hanya memberikan informasi terkini mengenai kondisi pasien berdasarkan ketiga parameter tersebut, namun dapat memberikan persepsi bagaimana kondisi dari pasien apakah dalam kondisi “normal,” “kurang stabil,” dan “tidak stabil.” Sistem dibangun menggunakan tampilan antarmuka pengguna berbasis *Android* yang memberikan kemudahan bagi user dalam memonitoring kondisi terkini kelompok geriatri. Sehingga melalui sistem ini dapat berkontribusi dalam peningkatan kualitas hidup bagi kelompok geriatri. Adapun kontribusi di dalam penelitian ini meliputi:

1. Membangun sistem cerdas untuk memonitoring kelompok geriatri yang mengintegrasikan *deep learning* dan teknik *fuzzy*.
2. Mengkonstruksikan pemodelan *deep learning* untuk diimplentasikan pada sistem *monitoring*
3. Mengembangkan perangkat *monitoring* yang mudah digunakan, akurat, dan berbiaya rendah.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Pengembangan Aturan Fuzzy Mamdani

Logika *fuzzy* merupakan bagian dari ilmu matematika yang digunakan untuk menciptakan model dalam menyelesaikan masalah dengan menggunakan dukungan komputer (Hsiao and Sung, 2023). Aturan *fuzzy* terdiri dari pernyataan-pernyataan logika *fuzzy*, atau disebut juga *fuzzy statement*, yang disusun dalam bentuk pernyataan IF-THEN. Aturan Fuzzy terkadang bisa diperoleh dari pakar manusia. Namun, proses akuisisi pengetahuan ini cukup kompleks (Aidil, et al, 2022). Popularitas logika *fuzzy* meningkat karena sering diterapkan dalam aplikasi *cybernetics*, yang melibatkan penggunaan prinsip-prinsip kontrol, umpan balik, dan komunikasi untuk meningkatkan kinerja sistem, serta memiliki berbagai keunggulan di antaranya memiliki fleksibilitas dan dapat memodelkan fungsi kompleks *non-linear* (Elfaladonna and Isa, 2022).

Fuzzy yang masuk dalam klasifikasi Sistem Inferensi Fuzzy (FIS) memiliki berbagai jenis, seperti Tsukamoto, Mamdani, dan Sugeno. Dalam

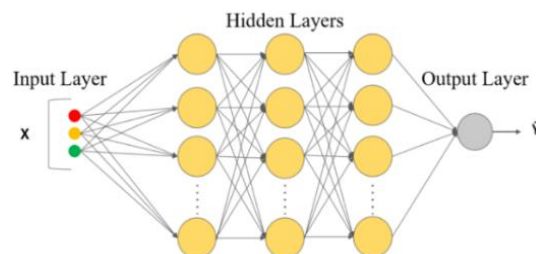
Dalam penelitian ini, *FIS Mamdani* diterapkan dengan menggunakan aturan yang telah ditetapkan. *FIS Mamdani* menonjol karena memiliki struktur yang simpel, sangat fleksibel, dan toleran terhadap variasi data yang digunakan (Tundo and Saifullah, 2022). Metode *fuzzy Mamdani* dikembangkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975 dan dikenal dengan fungsi maksimum dan minimum. Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Muntahanah, et al, 2021), *Fuzzy Mamdani* cocok diterapkan untuk pendukung keputusan dikarenakan sifatnya yang intuitif dan tidak sulit untuk dipahami oleh orang banyak. Hal ini dibuktikan dengan penelitian (Nantomah, 2019) yang mengatakan kemampuan dari logika *fuzzy* bisa memetakan ruang input ke dalam ruang output dengan akurasi sehingga dapat digunakan dalam proses prediksi dalam mengambil keputusan. Selain itu, *Fuzzy Mamdani* diimplementasikan dalam berbagai aplikasi karena struktur dan cara kerjanya yang sangat sederhana dan relevan dengan berbagai kasus, termasuk dalam penilaian kondisi tubuh seseorang. Basis pengetahuan memainkan peran penting dalam menyimpan aturan, *rules (IF-THEN)*, dan fungsi keanggotaan yang diperlukan dalam sistem inferensi *fuzzy*.

Pada penelitian ini, *Fuzzy Mamdani* bekerja dengan melihat pola fungsi keanggotaan yang terbentuk serta hasil dari kondisi tubuh geriatri berdasarkan pada variabel yang telah ditentukan. Fungsi keanggotaan beserta aturan dirumuskan dengan menggunakan perangkat lunak *Matlab*. Secara garis besar, tahapan dalam pengembangan aturan *Fuzzy Mamdani* meliputi fuzzyfikasi di mana input awal sistem yang memiliki nilai tegas (*crisp*) diubah menjadi variabel linguistik (*fuzzy*) dengan menggunakan fungsi keanggotaan yang ada pada basis pengetahuan, inferensi yang melibatkan proses perubahan input menjadi output dengan mengikuti aturan *IF-THEN* yang telah ditetapkan pada basis pengetahuan *fuzzy* di mana kondisi (*antecedent*) diterapkan untuk menghasilkan kesimpulan (*consequent*), dan defuzzyfikasi tahap akhir yang melibatkan transformasi hasil inferensi menjadi output yang memiliki nilai tegas (*crisp*) dengan memanfaatkan fungsi keanggotaan yang telah ditetapkan. Dalam proses defuzzyfikasi, metode yang dapat digunakan antara lain metode *centroid* (pusat area) atau *average* (rata-rata).

2.2. Pemodelan Deep Learning

AI yang merupakan bagian dari sistem monitoring geriatri diimplementasikan dengan pemodelan *deep learning* (DL) (Rejeb, et al, 2023). Di dalam penelitian ini, DL berfungsi sebagai pemberi persepsi terhadap kondisi geriatri berdasarkan data terkini yang diterima oleh perangkat. Secara teoritis, DL merupakan bagian dari *machine learning* (ML) di mana mengadopsi cara kerja sistem syaraf dalam melakukan proses

komputasi (Badriyah, et al, 2019). Sistem syaraf tersebut berupa neuron-neuron yang selanjutnya diintegrasikan menjadi satu kesatuan dalam sebuah *layer* (Hou, et al, 2023). Gambar 1 menunjukkan rancangan pemodelan DL pada penelitian ini:



Gambar 1. Rancangan pemodelan *deep learning*

Gambar di atas terdapat tiga *layer* utama yang terbagi ke dalam *input layer*, *hidden layer*, dan *output layer*. *Input layer* merupakan *layer* yang terdiri dari neuron parameter dari penelitian ini, yakni saturasi oksigen dalam darah, kondisi detak jantung, dan suhu tubuh. Data numerik yang terdapat dalam *input layer* menjadi acuan dasar pada *hidden layer* untuk melakukan proses komputasi. Di dalam penelitian ini, *hidden layer* terdiri dari 3 *layer* dengan jumlah neuron yang akan diimplementasikan proses *hyperparameter tuning* untuk menentukan optimasi model yang terbaik. *Output layer* merupakan hasil dari proses komputasi berupa klasifikasi biner kondisi geriatri “stabil” yang direpresentasikan dengan 1 atau “tidak stabil” yang direpresentasikan dengan 0. Gambar 2 menunjukkan formulasi DL:

$$\hat{Y} = f(b + \sum_{i=1}^n x_i w_i) \quad (2)$$

Di mana x_i merupakan neuron dan w_i merupakan *weight* yang berfungsi sebagai pembobotan seberapa pengaruh neuron antar *layer* (Nantomah, 2019). Bias (b) sebagai parameter yang memiliki fungsi untuk menyesuaikan nilai neuron, jika terjadi kondisi inputan bernilai nol. Fungsi aktivasi (f) sebagai optimasi output diimplementasikan setelah proses komputasi neuron dan *weight* untuk menghasilkan nilai yang valid. Di dalam penelitian ini, f menggunakan *sigmoid* di mana sesuai dengan karakteristik dari output yang dihasilkan berupa klasifikasi biner yang bekerja pada rentang 0 hingga 1. Berikut merupakan formulasi dari notasi *sigmoid* :

$$f = \frac{1}{1 + e^{(-x)}} \quad (3)$$

Di mana x merupakan input data, sedangkan e merupakan nilai konstanta 2,71828. Output dari fungsi aktivasi ini merepresentasikan hasil operasi komputasi neuron berdasarkan parameter input (Singh, 2023), di mana jika hasil menunjukkan lebih dari 0,5 maka kecenderungannya adalah mendekati 1 atau kondisi “stabil.” Namun jika hasil menunjukkan kurang dari 0,5, maka kecenderungan mendekati 0 atau kondisi “tidak stabil”.

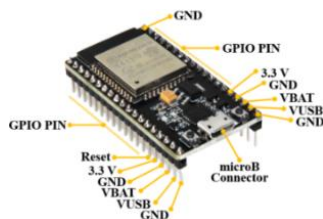
Dalam menghasilkan optimasi model yang akan diimplementasikan pada sistem, maka diperlukan proses *hyperparameter tuning* dengan melakukan pengaturan pada beberapa parameter (Minarno, Mandiri, and Alfarizy, 2021). Di dalam penelitian ini, proses *hyperparameter tuning* dilakukan pada *hidden layer 1*, *hidden layer 2*, *hidden layer 3*, dan jumlah *epoch*. Tabel berikut ini menunjukkan 10 eksperimen yang direpresentasikan berupa model berdasarkan proses *hyperparameter tuning*.

Tabel 1. Komparasi model deep learning

Model	Hidden Layer 1	Hidden Layer 2	Hidden Layer 3	Epoch
Model 1	32	32	32	100
Model 2	16	32	64	50
Model 3	32	64	64	10
Model 4	32	64	128	90
Model 5	16	32	64	80
Model 6	32	128	128	70
Model 7	64	64	128	60
Model 8	64	128	256	120
Model 9	64	128	256	130
Model 10	64	128	256	140

2.3. Spesifikasi Perangkat Keras dan Perangkat Lunak

Sistem monitoring geriatri dikonstruksikan dengan mengintegrasikan perangkat keras yang terdiri dari mikrokontroler, wearable sensor, dan perangkat lunak (Morita, et al., 2023). Mikrokontroler yang digunakan di dalam penelitian ini adalah ESP-32 di mana mengakomodir modul *Wi-Fi* sehingga dapat terkoneksi dengan jaringan internet. ESP-32 memiliki 40 pin yang terdiri dari pin GPIO, pin ground (GND), pin tegangan menuju baterai (VBAT), pin tegangan menuju USB (VUSB), pin tegangan 3,3 volt, pin reset, dan soket USB. Gambar 2 berikut merupakan visualisasi dari ESP-32.

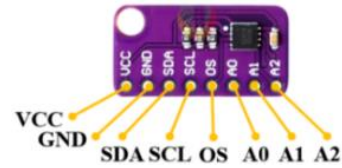


Gambar 2. Mikrokontroler ESP32

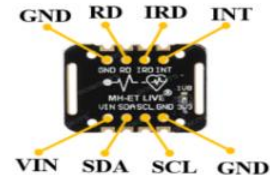
Gambar 3 merupakan sensor wearable untuk mendeteksi suhu tubuh dengan tipe MAX30205. MAX30205 bekerja melalui konversi data analog yang diterima melalui pembacaan suhu menjadi data digital yang dapat diinterpretasikan dalam satuan Celsius. Sensor dapat beroperasi pada tegangan 2,7 hingga 3,3 volt.

Sedangkan pada gambar 4 merupakan sensor MAX30102 yang memiliki fungsi sebagai pendeteksi saturasi oksigen dalam darah dan detak jantung dalam satuan *beats per minute (BPM)*. MAX30102 memiliki 8 pin, yakni pin VIN sebagai sumber tegangan, pin ground (GND), pin infrared

(IRD), pin red LED (RD), pin INT, pin koneksi data (SDA), dan pin clock (SCL).



Gambar 3. Sensor suhu tubuh (MAX30205)

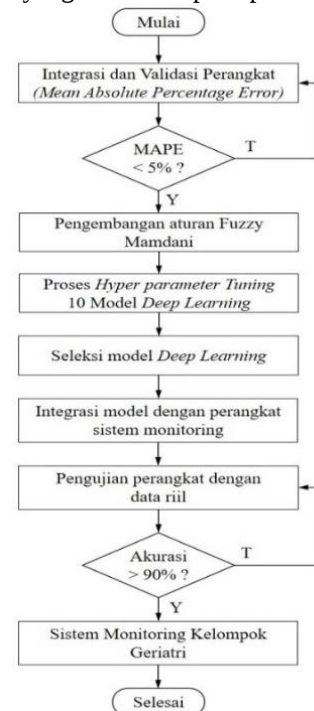


Gambar 4. Sensor saturasi oksigen dan detak jantung (MAX30102)

Sistem yang dibangun menggunakan data *real-time* sehingga memerlukan sistem komputasi awan yang mendukung sehingga dapat diakses oleh user dengan mudah. Di dalam penelitian ini, sistem komputasi awan menggunakan *Firebase* yang dikembangkan oleh *Google*. Sementara dalam pengembangan tampilan antarmuka pengguna menggunakan *integrated development environment (IDE) Android Studio* yang merupakan perangkat lunak pengembang aplikasi berbasis *Android*.

2.4. Bagan Alir Eksperimen

Gambar 5 merupakan bagan alir dari eksperimen yang dilakukan pada penelitian ini:



Gambar 5. Bagan alir eksperimen

Terdapat enam tahapan utama yang diawali dengan integrasi dan validasi perangkat di mana dilakukan analisis *mean absolute percentage error* (MAPE). MAPE dilakukan melalui komparasi hasil pengukuran perangkat (*Predicted_i*) dengan hasil Pengukuran melalui alat ukur (*Actual_i*). Gap yang dihasilkan dari kedua pengukuran tersebut menjadi dasar dalam menentukan persentase MAPE. Persamaan 4 adalah formulasi MAPE.

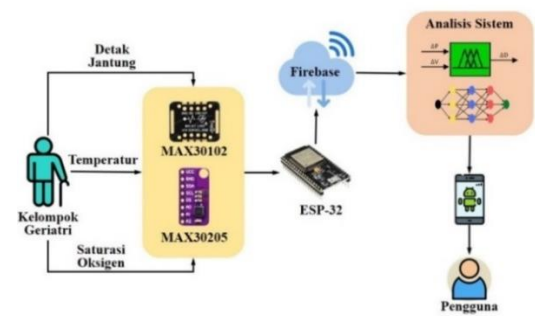
$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|Actual_i - Predicted_i|}{Actual_i} \quad (4)$$

Di dalam penelitian ini, ambang batas MAPE yang diterima adalah kurang dari 5%. Jika hasil menunjukkan kurang dari 5%, maka dilakukan proses pengembangan aturan *Fuzzy* dengan teknik *Mamdani*. Aturan *Fuzzy* menjadi dasar dalam pengembangan dataset pemodelan *deep learning*. Berikutnya adalah proses *hyperparameter tuning* terhadap 10 model yang sudah ditentukan untuk mencari nilai optimal dari pemodelan yang akan diimplementasikan di dalam sistem. Proses integrasi model dilakukan dengan *embedding* pada perangkat sistem monitoring geriatri. Pengujian dilakukan dengan menggunakan skenario pengujian untuk melihat bagaimana persepsi sistem terhadap parameter yang diukur apakah data terkini menunjukkan kondisi stabil atau tidak stabil. Target akurasi dari sistem yang dibangun adalah lebih besar dari 90%.

3. PERANCANGAN SISTEM

3.1. Arsitektur Sistem

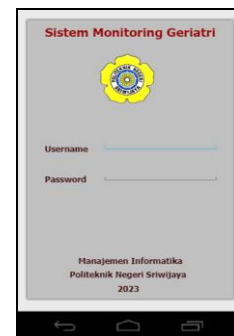
Gambar 6 merupakan arsitektur sistem monitoring geriatri di mana terdapat dua entitas, yakni kelompok geriatri dan pengguna. Perangkat sensor MAX30102 dan MAX30205 membaca kondisi kelompok geriatri berdasarkan tiga parameter yang terdiri dari detak jantung, temperatur, dan saturasi oksigen dalam darah. Data yang dibaca oleh sensor selanjutnya diproses oleh mikrokontroler ESP-32 untuk ditransmisikan pada sistem komputasi awan *Firestore*. Pembacaan data dilakukan secara real-time terhadap kondisi kelompok geriatri untuk selanjutnya dianalisis pada *layer* analisis sistem yang merupakan satu kesatuan aturan *fuzzy* dan *deep learning*. Data yang sudah diolah oleh analisis sistem, selanjutnya didistribusikan kepada pengguna melalui tampilan antarmuka pengguna berbasis *Android*. Pengguna dapat melihat bagaimana kondisi terkini kelompok geriatri serta bagaimana persepsi sistem terhadap data tersebut apakah dalam kondisi “stabil” atau “tidak stabil”.



Gambar 6. Arsitektur sistem

3.2. Rancangan Antarmuka Pengguna

Antarmuka pengguna sistem monitoring geriatri dikembangkan berbasis *Android* di mana terdapat dua tampilan utama, yakni menu *login* seperti yang ditampilkan pada Gambar 7. Di dalamnya terdapat dua inputan data yang terdiri dari *username* dan *password*.



Gambar 7. Tampilan menu login

Gambar 8 merepresentasikan tampilan monitoring di mana terdapat beberapa data yang dapat diakses oleh pengguna, yakni (1) deskripsi waktu yang terdiri dari tanggal dan jam; (2) deskripsi pengguna atau geriatri yang sedang dimonitoring, dengan keterangan nama dan usia; dan (3) data terkini yang dipantau dari geriatri, di mana warna kuning menunjukkan kondisi saturasi oksigen, warna merah menunjukkan detak jantung, warna biru menunjukkan temperatur geriatri dalam satuan *Celsius*, dan warna hijau menunjukkan persepsi dari sistem mengenai kondisi terkini geriatri tersebut, di mana geriatri menunjukkan kondisi “Stabil”.



Gambar 8. Tampilan menu monitoring geriatri

3.3. Pengaturan Eksperimen

Dalam pengujian perangkat melalui analisis *MAPE*, dilakukan dengan partisipan geriatri melalui data *time-series* yang dilakukan selama 2 jam pada pukul 13.00 hingga 15.00. Durasi pelaksanaan eksperimen selama 2 jam dapat merepresentasikan kondisi pasien yang dideteksi oleh perangkat, sehingga dapat mengukur bagaimana kualitas pendeteksian dari perangkat yang dikembangkan. Sedangkan pelaksanaan durasi pukul 13.00 hingga 15.00 adalah ketersediaan seluruh partisipan dalam melakukan eksperimen. Perangkat pembanding berupa alat ukur digital untuk mengukur saturasi oksigen, detak jantung, dan temperatur yang ditempatkan pada tubuh partisipan geriatri.

Sedangkan dalam eksperimen pembacaan data *real-time* dan persepsi sistem terhadap kondisi geriatri, dilakukan pada 15 partisipan geriatri yang terbagi ke dalam tiga kategori usia, yakni usia 40-50 tahun, usia 51-60 tahun, dan usia 61-65 tahun. 15 partisipan yang terlibat pada penelitian ini mewakili karakteristik dari beberapa rentang usia seperti yang disebutkan di atas. Daftar ceklis dikembangkan dengan menentukan kondisi “seharusnya” bagi geriatri sebagai pembanding dari hasil pembacaan perangkat. Jumlah data yang bernilai benar yang dibandingkan dengan seluruh jumlah data menjadi acuan dasar dalam perhitungan akurasi dari sistem monitoring geriatri.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Validasi Perangkat

Tabel 2 menunjukkan hasil eksperimen perangkat untuk pengukuran saturasi oksigen. Terdapat rentang waktu antara pukul 13.00 hingga 14.58 dengan data *time-series* sejumlah 90 data. Pengambilan data dilakukan pada setiap 2 menit. Kolom perangkat merupakan hasil pengukuran dari perangkat yang sistem monitoring geriatri, sedangkan kolom alat ukur merupakan hasil pengukuran dari alat ukur digital saturasi oksigen. Selisih di antara kedua pengukuran tersebut terdapat di dalam kolom *gap*. Misalnya, pada kode W1 pukul 13.00 dapat dilihat bahwa hasil pengukuran perangkat menunjukkan saturasi oksigen sebesar 94%, sedangkan alat ukur menunjukkan 95%, sehingga selisih di antara keduanya menghasilkan *gap* sebesar 1%. Hasil dari pengukuran ini menjadi dasar dalam penentuan berapa persen dari nilai *MAPE*.

Tabel 2. Pengukuran saturasi oksigen

Kode	Waktu	Saturasi Oksigen (%)		
		Perangkat	Alat Ukur	Gap
W1	13.00	94	95	1
W2	13.02	94	95	1
W3	13.04	94	95	1
W4	13.06	94	95	1
W5	13.08	94	95	1
W6	13.10	94	95	1

Kode	Waktu	Saturasi Oksigen (%)		
		Perangkat	Alat Ukur	Gap
W7	13.12	94	95	1
W8	13.14	94	95	1
W9	13.16	94	95	1
W10	13.18	94	95	1
...	...	...	...	...
W90	13.58	96	96	0

Tabel 3 memperlihatkan hasil pengukuran detak jantung di mana terdapat 90 data *record* dengan interval waktu selama 2 jam pada pukul 13.00 hingga 14.58. Satuan pengukuran detak jantung berupa *beats per minute (BPM)* di mana di dalam setiap hasil pengukuran terdapat *gap* antara rentang 0 hingga 2 *BPM*.

Tabel 3. Pengukuran detak jantung

Kode	Waktu	Detak Jantung (BPM)		
		Perangkat	Alat Ukur	Gap
W1	13.00	91	91	0
W2	13.02	91	91	0
W3	13.04	91	91	0
W4	13.06	91	91	0
W5	13.08	91	91	0
W6	13.10	90	91	1
W7	13.12	90	91	1
W8	13.14	90	91	1
W9	13.16	90	91	1
W10	13.18	90	92	2
...	...	...	...	...
W90	13.58	92	92	0

Sementara itu, pada Tabel 4 menunjukkan pengukuran *temperature* dengan satuan °C. Alat ukur yang digunakan sebagai pembanding dengan perangkat adalah *termometer digital*.

Tabel 4. Pengukuran temperatur

Kode	Waktu	Temperature (°C)		
		Perangkat	Alat Ukur	Gap
W1	13.00	36	36	0
W2	13.02	36	36	0
W3	13.04	36	36	0
W4	13.06	36	36	0
W5	13.08	36	36	0
W6	13.10	36	36	0
W7	13.12	36	36	0
W8	13.14	36	37	1
W9	13.16	36	37	1
W10	13.18	36	37	1
...	...	...	...	...
W90	13.58	37	37	0

Dari hasil ketiga parameter tersebut, selanjutnya dilakukan analisis *MAPE* yang ditunjukkan pada Tabel 5 dengan menentukan *gap* dari masing-masing parameter lalu dibagi dengan hasil pengukuran perangkat sehingga menghasilkan nilai persentasi *error*. Dari ketiga parameter tersebut, *gap* tertinggi adalah pada saturasi oksigen dengan nilai 1,08. Sedangkan detak jantung dan *temperature* memiliki *gap* masing-masing sejumlah 0,83 dan 0,69. *Gap* yang dihasilkan dari parameter tersebut selanjutnya dibagi dengan hasil pengukuran perangkat sehingga menghasilkan persentasi *error* di mana untuk saturasi oksigen adalah 1,17%. Sedangkan detak jantung dan *temperature* masing-masing menghasilkan persentasi *error* sebesar 0,92% dan 1,91%. Rerata

keseluruhan persentasi *error* dari ketiga parameter tersebut merupakan nilai *MAPE* yang menghasilkan persentasi sebesar 1,33%. Jika dikalkulasikan menjadi nilai akurasi berdasarkan 100% dikurangi dengan nilai *MAPE*, maka menghasilkan akurasi dari perangkat sistem monitoring sebesar 98,67%.

Tabel 5. Hasil Mean Absolute Percentage Error

Parameter	Rerata Pengukuran			Persentasi Error
	Perangkat	Alat Ukur	Gap	
Saturasi oksigen	92,15	93,23	1,08	1,17%
Detak Jantung	90,21	91,04	0,83	0,92%
Temperatur	36,12	36,81	0,69	1,91%
MAPE (Rerata Persentasi Error)				1,33%
Akurasi (100%-MAPE)				98,67%

4.2. Implementasi Aturan Fuzzy

a. Proses Fuzzifikasi

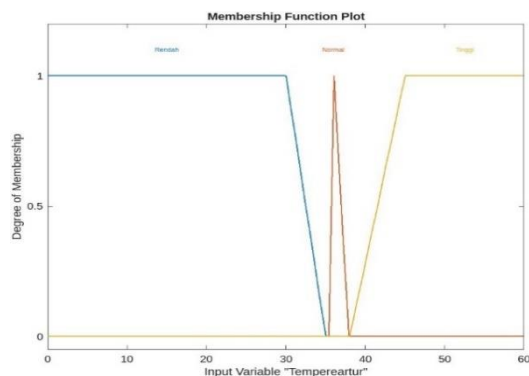
Tabel 6 menunjukkan fungsi keanggotaan yang terbentuk untuk kondisi geriatri. Terdapat 3 variabel, di mana masing-masing variabel memiliki 3 fungsi keanggotaan yang berbeda.

Tabel 6. Fungsi keanggotaan variabel

Variabel	Fungsi Keanggotaan			Kondisi
	Rendah	Normal	Tinggi	
Temperatur	$\leq 35^{\circ}\text{C}$	$36 - 37.9^{\circ}\text{C}$	$\geq 38^{\circ}\text{C}$	Stabil (0-50)
Detak Jantung	≤ 60 BPM	$60 - 100$ BPM	≥ 100 BPM	Tidak Stabil
Kadar O_2	$\leq 95\%$	$95-100\%$	$\geq 100\%$	Stabil (≥ 50)

Tiga variabel di atas merupakan acuan untuk melihat kondisi geriatri berdasarkan informasi yang didapatkan dari pakar. Jika ketiga variabel tersebut dihitung berdasarkan aturan fuzzy, maka hasil yang didapatkan berkisar 0-100. Kondisi geriatri dibagi menjadi dua yaitu kondisi stabil dengan nilai hitungan ada pada range 0-50, dan kondisi tidak stabil berada pada hitungan dengan range 51-100. ini

Variabel dan fungsi keanggotaan jika di buatkan grafiknya menggunakan matlab maka terlihat hasil seperti gambar berikut:



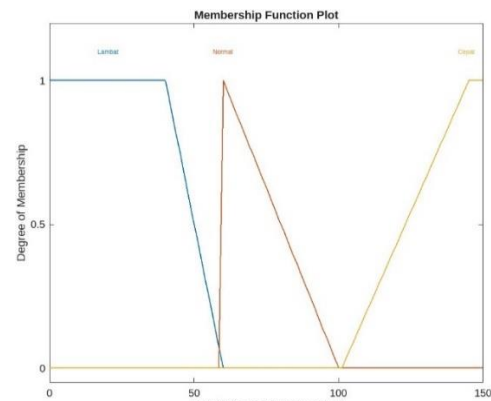
Gambar 9. Fungsi Keanggotaan Temperatur

Fungsi keanggotaan temperatur:

$$\mu_{rendah}[x] = \begin{cases} 0; & x \geq 36 \\ \frac{36-x}{36-35}; & 35 \leq x \leq 36 \\ 1; & x \leq 35 \end{cases}$$

$$\mu_{normal}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 35 \text{ or } x \geq 38 \\ \frac{x-35}{37.9-35}; & 35 \leq x \leq 37.9 \\ \frac{38-x}{38-37.9}; & 37.9 \leq x \leq 38 \end{cases}$$

$$\mu_{tinggi}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 37.9 \\ \frac{x-37.9}{38-37.9}; & 37.9 \leq x \leq 38 \\ 1; & x \geq 38 \end{cases}$$



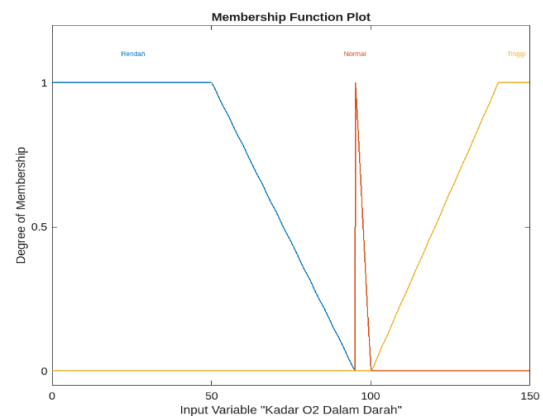
Gambar 10. Fungsi Keanggotaan Detak Jantung

Fungsi keanggotaan detak jantung:

$$\mu_{rendah}[x] = \begin{cases} 0; & x \geq 60 \\ \frac{60-x}{60-59}; & 59 \leq x \leq 60 \\ 1; & x \leq 59 \end{cases}$$

$$\mu_{normal}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 59 \text{ or } x \geq 101 \\ \frac{x-59}{100-59}; & 59 \leq x \leq 100 \\ \frac{101-x}{101-100}; & 100 \leq x \leq 101 \end{cases}$$

$$\mu_{tinggi}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 100 \\ \frac{x-100}{101-100}; & 100 \leq x \leq 101 \\ 1; & x \geq 101 \end{cases}$$



Gambar 11. Fungsi Keanggotaan Kadar O2 Dalam Darah

Fungsi keanggotaan kadar O₂ dalam darah:

$$\mu_{rendah}[x] = \begin{cases} 0; & x \geq 95 \\ \frac{95-x}{95-94}; & 94 \leq x \leq 95 \\ 1; & x \leq 94 \end{cases}$$

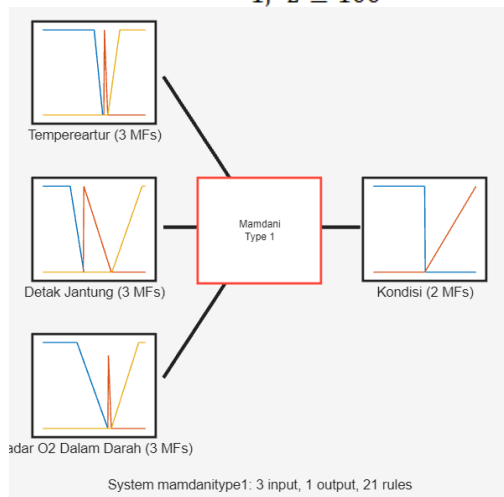
$$\mu_{normal}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 94 \text{ or } x \geq 101 \\ \frac{x-94}{100-94}; & 94 \leq x \leq 100 \\ \frac{101-x}{101-100}; & 100 \leq x \leq 101 \end{cases}$$

$$\mu_{tinggi}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 100 \\ \frac{x-100}{101-100}; & 100 \leq x \leq 101 \\ 1; & x \geq 101 \end{cases}$$

Fungsi keanggotaan kondisi stabil dan kondisi tidak stabil:

$$\mu_{tidak\ stabil}[z] = \begin{cases} 0; & z \geq 100 \\ \frac{100-z}{100-50}; & 50 \leq z \leq 100 \\ 1; & z \leq 50 \end{cases}$$

$$\mu_{stabil}[z] = \begin{cases} 0; & z \leq 50 \\ \frac{z-50}{100-50}; & 50 \leq z \leq 100 \\ 1; & z \geq 100 \end{cases}$$



Gambar 12. Fungsi Keanggotaan Seluruh variabel input dan output

Fleksibilitas min-max yang digunakan untuk pola fungsi keanggotaan di atas memungkinkan pembentukan representasi himpunan fuzzy dengan berbagai bentuk, termasuk segitiga atau trapesium, tergantung pada nilai-nilai parameter yang diaplikasikan. Pendekatan ini memudahkan penyesuaian dengan variasi bentuk distribusi data dan kebutuhan spesifik dalam menerapkan sistem inferensi fuzzy. Data dasar kemudian diproses oleh aturan fuzzy hingga merepresentasikan 21 aturan yang dikembangkan, sebagaimana yang disajikan pada Tabel 7 berikut:

Tabel 7. Aturan setelah proses inferensi

Kode	Aturan
R1	Jika temperature rendah dan detak jantung lambat dan kadar O ₂ rendah maka kondisi tidak stabil.
R2	Jika temperature rendah dan detak jantung lambat

Kode	Aturan
	dan kadar O ₂ normal maka kondisi tidak stabil.
R3	Jika temperature rendah dan detak jantung lambat dan kadar O ₂ tinggi maka kondisi tidak stabil.
R4	Jika temperature rendah dan detak jantung normal dan kadar O ₂ rendah maka kondisi tidak stabil.
R5	Jika temperature rendah dan detak jantung normal dan kadar O ₂ normal maka kondisi tidak stabil.
R6	Jika temperature rendah dan detak jantung normal dan kadar O ₂ tinggi maka kondisi tidak stabil.
R7	Jika temperature normal dan detak jantung lambat dan kadar O ₂ rendah maka kondisi tidak stabil.
R8	Jika temperature normal dan detak jantung normal dan kadar O ₂ normal maka kondisi stabil.
R9	Jika temperature normal dan detak jantung normal dan kadar O ₂ tinggi maka kondisi stabil.
R10	Jika temperature normal dan detak jantung cepat dan kadar O ₂ rendah maka kondisi tidak stabil.
R11	Jika temperature normal dan detak jantung cepat dan kadar O ₂ normal maka kondisi stabil.
R12	Jika temperature normal dan detak jantung cepat dan kadar O ₂ tinggi maka kondisi stabil.
R13	Jika temperature tinggi dan detak jantung lambat dan kadar O ₂ rendah maka kondisi tidak stabil.
R14	Jika temperature tinggi dan detak jantung lambat dan kadar O ₂ normal maka kondisi tidak stabil.
R15	Jika temperature tinggi dan detak jantung lambat dan kadar O ₂ lambat maka kondisi tidak stabil.
R16	Jika temperature tinggi dan detak jantung normal dan kadar O ₂ rendah maka kondisi tidak stabil.
R17	Jika temperature tinggi dan detak jantung normal dan kadar O ₂ normal maka kondisi stabil.
R18	Jika temperature tinggi dan detak jantung normal dan kadar O ₂ tinggi maka kondisi tidak stabil.
R19	Jika temperature tinggi dan detak jantung cepat dan kadar O ₂ rendah maka kondisi tidak stabil.
R20	Jika temperature tinggi dan detak jantung cepat dan kadar O ₂ normal maka kondisi tidak stabil.
R21	Jika temperature tinggi dan detak jantung cepat dan kadar O ₂ tinggi maka kondisi tidak stabil.

4.3. Pemodelan Deep Learning

Dataset digunakan sebagai bagian dari basis pengetahuan pada DL untuk melakukan proses komputasi. Di dalam penelitian ini dataset dikembangkan berbasis aturan fuzzy Mamdani di mana terdapat 10.000 record data yang didalamnya terbagi ke dalam data latih sebanyak 80% dan data uji sebanyak 20%. Tabel 8 menunjukkan dataset sistem *monitoring* geriatri yang didalamnya terdapat kolom ID; kolom parameter yang terdiri dari saturasi oksigen, detak jantung, dan temperatur; serta kolom kondisi yang menunjukkan angka 1 adalah “stabil” dan angka 0 adalah “tidak stabil”.

Tabel 8. Dataset sistem *monitoring* geriatri

ID	Saturasi_ oksigen	detak_ jantung	temperatur	Kondisi
1	95	92	36	1
2	93	91	36	1
3	94	92	37	1
4	94	93	37	1
5	90	95	39	0
6	88	92	33	0
7	95	91	36	1
8	90	68	37	0

ID	Saturasi_oksigen	detak_jantung	temperatur	Kondisi
9	93	94	37	1
10	94	95	37	1
11	96	89	38	0
12	95	74	39	0
13	95	70	40	0
14	94	92	36	1
...	...	...	...	...
10000	93	93	36	1

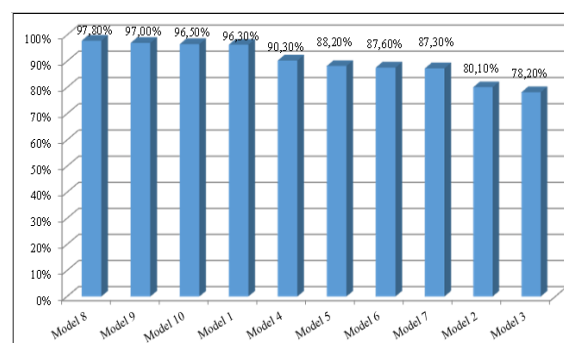
Training data dilakukan menggunakan aplikasi Jupyter Notebook dan bahasa pemrograman Python. Spesifikasi perangkat keras terdiri dari prosesor Intel(R) Core(TM) i7-10510U CPU @ 1.80GHz 2.30 GHz dengan spesifikasi RAM 8 Giga-byte. Berikut table 7 merupakan hasil training dari 10 model yang dikomparasi di mana terdapat tiga hasil parameter, terdiri dari akurasi, F1-score dan loss.

Tabel 9. Hasil training 10 model

Model	Akurasi	F1-Score	Loss
Model 1	96,3%	0,96	0,08
Model 2	80,1%	0,79	0,20
Model 3	78,2%	0,77	0,21
Model 4	90,3%	0,89	0,09
Model 5	88,2%	0,89	0,10
Model 6	87,6%	0,87	0,12
Model 7	87,3%	0,87	0,12
Model 8	97,8%	0,98	0,02
Model 9	97,0%	0,97	0,06
Model 10	96,5%	0,97	0,06

Tabel 8 merupakan hasil training 10 model di mana menghasilkan variasi akurasi. Akurasi dihasilkan berdasarkan kemampuan model dalam mendeteksi data-data yang bernilai benar dalam setiap siklusnya. Semakin tinggi nilai akurasi, mengindikasikan model memiliki performa yang optimal. Dari hasil training, model 8 memiliki akurasi tertinggi sebesar 97,8% dengan F1-score sebesar 0,98. Sementara akurasi terendah terdapat pada model 3 dengan akurasi sebesar 78,2% dan F1-score 0,77. Jika dilihat dari jumlah neuronnya, pada model 8 seperti yang terdapat pada tabel 1, memiliki *hidden layer* 1 sejumlah 64 neuron, *hidden layer* 2 sejumlah 128 neuron, dan *hidden layer* 3 sejumlah 256 neuron. Sedangkan pada model 3 dengan nilai terendah memiliki *hidden layer* 1 sejumlah 32 neuron, *hidden layer* 2 sejumlah 64 neuron, dan *hidden layer* 3 sejumlah 64 neuron. Perbedaan akurasi yang terjadi pada model 8 dan model 3 dipengaruhi oleh perbedaan epoch yang signifikan, di mana pada model 8 memiliki epoch sejumlah 120, sedangkan model 3 memiliki epoch sejumlah 10. Epoch mengindikasikan seberapa banyak proses *training* model dilakukan dalam satu siklus. Dari jumlah epoch tersebut mengindikasikan bahwa epoch 120 memiliki nilai yang optimal dibandingkan dengan epoch 10. Begitu pula dengan model 9 dan 10 yang memiliki jumlah neuron yang sama dengan model 8. Namun diantara ketiganya memiliki perbedaan jumlah epoch di mana model 8 sejumlah 120 epoch, sedangkan model 9 dan 10 masing-masing

memiliki 130 dan 140 epoch. Dari hasil training, model 8 yang memiliki akurasi tertinggi jika dibandingkan dengan model 9 dan 10. Hal ini berdasarkan analisis dari akurasi, menunjukkan titik optimal berada pada epoch 120. Sementara pada kolom “loss” mengindikasikan jika nilai loss semakin rendah, maka model akan semakin baik. Dari hasil training model, nilai loss terendah terdapat pada model 8. Sehingga berdasarkan hasil analisis training pada 10 model tersebut, model 8 adalah model dengan optimasi terbaik di mana memiliki nilai akurasi dan F1-score tertinggi dengan nilai loss terendah. Gambar 13 merupakan grafik pengurutan berdasarkan akurasi tertinggi ke terendah.



Gambar 13. Peringkat akurasi 10 model tertinggi ke terendah

Gambar 14 memperlihatkan urutan model dengan nilai akurasi di atas 90% sebanyak 5 model yang terdiri dari model 8 dengan akurasi tertinggi 97,80%; model 9 pada peringkat kedua dengan akurasi 97,00%; model 10 dengan akurasi 96,50%; model 1 dan model 4 dengan masing-masing akurasi sebesar 96,30% dan 90,30%. Sedangkan model 5, model 6, model 7 dan model 2 memiliki akurasi pada rentang 80% hingga 89%. Dan hanya terdapat satu model yang memiliki akurasi dibawah 80%, yakni model 3 dengan akurasi 78,20%.

4.4. Eksperimen terhadap Kondisi Geriatri

Hasil eksperimen modeling terhadap data riil direpresentasikan oleh tabel 10 di mana terdapat 15 eksperimen yang berasal dari geriatri dengan kondisi yang berbeda. Terdapat beberapa kolom, ID menunjukkan kode geriatri, SO adalah saturasi oksigen, DJ adalah detak jantung, dan TP adalah temperatur. Kolom aktual merupakan kondisi ideal berdasarkan ketiga parameter, dan kolom hasil merupakan hasil persepsi sistem terhadap ketiga parameter tersebut. Dari 15 pengujian terdapat satu kondisi yang menunjukkan perbedaan antara kolom aktual dan kolom hasil, di mana pada ID nomor 13 pada kolom aktual menunjukkan “tidak stabil” dan kolom hasil menunjukkan “stabil”. Jika diamati lebih lanjut, hal ini terjadi karena nilai temperatur mendekati pada nilai ambang batas 36 °C dengan nilai *real-time* temperature 35 °C.

Dari sebanyak 15 eksperimen terdapat 1 eksperimen yang bernilai tidak tepat dan 14

eksperimen yang bernilai benar. Sehingga untuk menghitung tingkat akurasi dari model terhadap data riil menggunakan perbandingan 14 data yang bernilai “benar” yang dibagi dengan total data. Maka nilai akurasi yang dihasilkan berdasarkan eksperimen persepsi model terhadap data riil menunjukkan 93,33%.

Tabel 10. Eksperimen model

ID	SO	DJ	TP	Aktual	Hasil
1	82	80	35	Tidak Stabil	Tidak Stabil
2	89	82	34	Tidak Stabil	Tidak Stabil
3	91	89	36	Stabil	Stabil
4	90	80	39	Tidak Stabil	Tidak Stabil
5	92	90	36	Stabil	Stabil
6	93	90	36	Stabil	Stabil
7	93	89	37	Stabil	Stabil
8	92	90	37	Stabil	Stabil
9	92	89	37	Stabil	Stabil
10	88	90	38	Tidak Stabil	Tidak Stabil
11	88	91	39	Tidak Stabil	Tidak Stabil
12	89	88	40	Tidak Stabil	Tidak Stabil
13	91	92	35	Tidak Stabil	Stabil
14	93	92	36	Stabil	Stabil
15	90	93	34	Tidak Stabil	Tidak Stabil

5. KESIMPULAN

Sistem *monitoring* kelompok geriatri menjadi bagian dalam peningkatan kualitas hidup kelompok geriatri melalui pemanfaatan teknologi kecerdasan buatan yang diintegrasikan dengan *Internet of Things* (IoT) melalui tiga parameter yang rentan bagi kelompok geriatri, yakni saturasi oksigen, detak jantung (BPM) dan temperatur tubuh yang dilakukan secara *real-time*. Implementasi *deep learning* (DL) dilakukan dengan analisis komparasi 10 model DL melalui *hyper parameter tuning* menghasilkan akurasi tertinggi yang terdapat pada model 8 dengan akurasi 97.8%, F1-score 0,98 dan loss 0,02. Pengujian model yang ditanamkan pada perangkat untuk membaca data riil parameter menghasilkan akurasi sebesar 93,33%. Hal ini menunjukkan bahwa sistem yang dibangun memberikan keunggulan dari segi akurasi maupun kemudahan dalam penggunaan.

Dalam pengembangan berikutnya, parameter sistem dapat ditambah dengan beberapa kondisi yang sering dipantau bagi kelompok geriatri, diantaranya tekanan darah, tingkat stress, maupun kadar gula dalam darah. Sehingga perangkat yang dibangun dapat menjadi sistem yang kompleks dan memberikan nilai tambah bagi penggunaanya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terimakasih kepada Jurusan Manajemen Informatika, Politeknik Negeri Sriwijaya atas segala kontribusi dalam pelaksanaan penelitian serta kepada mitra bestari yang telah memberikan masukan dalam peningkatan kualitas artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- AIDIL., SUGIONO, P.S., PUTRA, A.S. 2022. Pembentukan Aturan Fuzzy Untuk Pemberian Rekomendasi Penerima Bantuan Keluarga Berumah Tidak Layak Huni Menggunakan K-means Clustering. *INSYST: Journal of Intelligent System and Computation*, 4(2), pp. 82-95.
- AKHILA, L., MEGHA, B. S., NIKHILA, M. S., SREELAKSHMI, B., VYKHA, P., ANU, C., SREEHARI, K.N. 2021. IoT- enabled Geriatric Health Monitoring System. *Proceedings of the Second International Conference on Electronics and Sustainable Communication Systems*, pp. 803-810.
- BADRIYAH, T., SANTOSO, D. B., SYARIF, I., SYARIF, D. R., 2019. Improving stroke diagnosis accuracy using hyperparameter optimized deep learning. *International Journal of Advances in Intelligent Informatics*, 5(3), pp.256-272.
- BPS, 2022. Statistik penduduk lanjut usia 2022. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- ELFALADONNA, F. & ISA, I. G. T., 2022. Uji Efektifitas Metode Fuzzy Logic Mamdani pada Penerimaan Beasiswa Bantuan Menggunakan Matlab. *Sintech Journal*, 5(1), pp. 75-46.
- HOU, Y. E., GU, W., DONG, W., DANG, L., 2023. A deep reinforcement learning real-time recommendation model based on long and short-term preference. *International Journal of Computational Intelligence System*, 16(4), pp. 1-14.
- HSIAO, S.- J., SUNG, W.- T., 2023. Intelligent home using fuzzy control based on AIoT. *Computer System Science & Engineering*, 45(2), pp. 1063-1082. <https://doi.org/10.32604/csse.2023.028438>
- LIOTTA, G. LORUSSO, G., MADARO, O., FORMOSA, V., GIALLORETI, L. E., DONNOLI, C., ..., PALOMBI, L., 2023. Exploratory Factor Analysis of the Short Functional Geriatric Evaluation (SFGE) to Asses the Multidimensionality of Frailty in Community-Dwelling Older Adults. *International Journal of Environmental Research and Pub. Health*, 20(4129), pp.1-9.
- MINARNO, A. E., MANDIRI, M. H. C., ALFARIZY, M. R., 2021. Klasifikasi COVID-19 menggunakan filter gabor dan CNN dengan hyperparameter tuning. *ELKOMIKA*, 9(3), pp. 493-504.
- MORITA, P. P., SAHU, K. S. & OETOMO, A., 2023. Health Monitoring Using Smart Home Technologies: Scoping Review. *JMIR MHealth and Uhealth*, 11(e37347), pp. 1-15.
- MUNTAHANAH, HANDAYANI, S. & LIDIA, 2021. Penerapan Metode Fuzzy Mamdani

- Penentuan Strategi Belajar Siswa Pada Persiapan Ujian Nasional Berbasis Komputer (UNBK). *Jurnal Pseudocode*, 8(2), pp. 108-117.
- MUZARAFAH & MARLINA, 2022. Penerapan Metode Fuzzy Mamdani Dalam Diagnosa Virus Penyebab Penyakit Pada Kucing. *Jurnal Sintaks Logika*, 2(3), pp. 23-30.
- NAIR, A. S., ANTONY, K. C. & SUJATHA, R., 2023. Remote Health Monitoring of Geriatric Patient Using Internet of Wearable things. *InCACCT*, pp. 838-842.
- NANTOMAH, K., 2019. On Some Properties of the Sigmoid Function. *Asia Matematika*, 3(1), pp. 79-90.
- PAVITRA, T., RAJALAKSHMI, M., VASANTH, K. K., SRINIVASAN, T., MUKESH, B. E., KANCHANA, D., 2022. Geriatric Assistive Device for Remote Health Monitoring using IoT based Caplet System. *IEEE Delhi Section Conference*, pp. 1-5.
- REJEB, A., REJEB, K., TREIBLMAIER, H., APPOLONI, A., ALGHAMDI, S., ALHASAWI, Y., IRANMESH, M., 2023. The Internet of Things (IoT) in healthcare: Taking stock and moving forward. *Internet of Things*, 22(100721), pp. 1-23. <http://doi.org/10.1016/j.iot.2023.100721>
- SINGH, B., PATEL, S., VIJAYVARGIYA, A. & KUMAR, R., 2023. Results in Engineering Analyzing the impact of activation functions on the performance of the data-driven gait model. *Result in Engineering*, 18(101029) pp. 1-13.
- TUNDO & SAIFULLAH, S., 2022. Fuzzy Inference System Mamdani Dalam Prediksi Produksi Kain Tenun Menggunakanrule Berdasarkan Random Tree. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK)*, 9(3), pp. 443-452.
- ULATE, M. M., MAHMOUDI, A., VIDALES, E. P., SANCHEZ, J. L. M., MARTIN, M. A. F., ROEST, H. G. V. D. 2023. Digital health technology supporting the application of comprehensive geriatric assessments in long-term care settings or community care: A systematic review. *Digital Health*, 9, pp. 1-14.
- WHO, 2022. Active Ageing: A policy framework, Geneva: World Health Organization.