

# IMPLEMENTASI SISTEM CERDAS UNTUK PREDIKSI PERFORMA LARI HALF MARATHON (HM) MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY MAMDANI BERBASIS PERSONAL ASSESSMENT

**Akbar Darwis<sup>1</sup>**

Teknik Elektro - Universitas Widya Kartika

Mail : [akbardrws@gmail.com](mailto:akbardrws@gmail.com)

## Abstrak

Performa optimal dalam lari half marathon (21,1 km) dipengaruhi oleh faktor-faktor individual seperti volume latihan mingguan, kualitas tidur, asupan nutrisi, dan tingkat kelelahan. Penelitian ini mengembangkan sistem cerdas untuk prediksi performa lari half marathon menggunakan logika fuzzy Mamdani berbasis personal assessment. Sistem ini dirancang sebagai bentuk implementasi teknologi cerdas (smart technology) yang mampu memberikan estimasi performa latihan secara adaptif terhadap kondisi pengguna. Empat variabel input utama digunakan, yaitu jarak lari mingguan (0–50 km), kualitas tidur, nutrisi, dan kelelahan, yang dikonversi ke dalam bentuk linguistik melalui proses fuzzifikasi. Selanjutnya, sistem menerapkan aturan inferensi if–then berbasis metode Mamdani dan defuzzifikasi centroid untuk menghasilkan keluaran berupa skor performa latihan. Simulasi dilakukan terhadap berbagai skenario kondisi pengguna untuk mengevaluasi keakuratan sistem. Hasil simulasi menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan hasil yang realistik dan konsisten dengan kondisi pelari, serta memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai aplikasi smart fitness berbasis kecerdasan buatan. Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan smart technology di bidang olahraga sekaligus mendukung inovasi ekonomi digital dan peningkatan talenta berdaya saing global menuju Indonesia Emas 2045.

**Kata kunci** : logika fuzzy, sistem cerdas, *half marathon*, *smart fitness*

## Abstract

*Optimal performance in half marathon running (21.1 km) is influenced by individual factors such as weekly training volume, sleep quality, nutrition intake, and fatigue level. This study develops an intelligent system for predicting half marathon performance using the Mamdani fuzzy logic approach based on personal assessment. The system is designed as an implementation of smart technology capable of providing adaptive performance estimation according to user conditions. Four main input variables are utilized—weekly running distance (0–50 km), sleep quality, nutrition, and fatigue—which are converted into linguistic forms through the fuzzification process. The system then applies if–then inference rules based on the Mamdani method and uses the centroid defuzzification technique to produce an output in the form of a training performance score. Simulations were conducted under various user condition scenarios to evaluate the system's accuracy. The results demonstrate that the system can provide realistic and consistent performance predictions aligned with the runner's condition, with potential application in AI-based smart fitness systems. This research contributes to the advancement of smart technology in the sports domain while supporting digital economic innovation and the development of globally competitive talent toward Indonesia Emas 2045.*

**Keywords**: fuzzy logic, intelligent system, *half marathon*, *smart fitness*.

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Partisipasi masyarakat pada kegiatan lari jarak menengah hingga jarak jauh, termasuk half marathon (21,1 km), terus meningkat dalam dekade terakhir seiring bertumbuhnya kesadaran gaya hidup sehat serta kemudahan akses informasi dan komunitas lari. Untuk pelari rekreasional maupun atlet amatir, peningkatan performa tidak hanya ditentukan oleh peningkatan volume latihan, tetapi juga oleh faktor-faktor individual lain seperti kualitas tidur, kecukupan nutrisi, dan tingkat kelelahan/pemulihan. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa variabel-variabel tersebut (termasuk jarak/volume latihan mingguan) merupakan prediktor penting terhadap waktu lomba half marathon, sehingga model prediksi yang menggabungkan faktor latihan dan indikator pemulihan dapat memberikan informasi yang berguna bagi pelari dan pelatih. *Sumber: [EXCLI-22-559.pdf](#)*

Di sisi teknologi, perkembangan *smart devices* (wearable), platform aplikasi kebugaran, dan algoritma kecerdasan buatan telah membuka peluang untuk menghadirkan layanan *smart fitness* yang memberikan rekomendasi personal dan pemantauan berkelanjutan. Penelitian dan tinjauan literatur menunjukkan adopsi pesat wearable dan aplikasi kebugaran, serta potensi AI untuk meningkatkan keterlibatan pengguna dan kualitas rekomendasi latihan. Integrasi data subjektif (mis. self-reported sleep, nutrisi) dengan data objektif dari sensor membuka ruang untuk solusi hybrid yang menangani ketidakpastian data pengguna. *Sumber: [Smart Devices for Health and Wellness Applied to Tele-Exercise: An Overview of New Trends and Technologies Such as IoT and AI](#)*

Namun demikian, banyak aplikasi dan model prediktif yang ada cenderung membutuhkan data numerik presisi tinggi (mis. VO<sub>2</sub>max, pace terukur, data laboratorium) yang tidak selalu tersedia bagi pelari rekreasional. Selain itu, data personal sering bersifat subjektif dan mengandung ambiguitas — misalnya, bagaimana “cukup tidur” didefinisikan dan diinterpretasikan oleh sistem. Dalam konteks ini, logika fuzzy menawarkan pendekatan yang cocok karena kemampuannya mengubah pernyataan linguistik/subjektif menjadi representasi fuzzy yang dapat diolah untuk pengambilan keputusan. Logika fuzzy Mamdani, khususnya, banyak dipakai pada sistem pendukung keputusan yang menggabungkan pengetahuan pakar dengan input tidak pasti karena struktur aturan IF-THEN yang intuitif dan proses defuzzifikasi yang menghasilkan output numerik yang mudah diinterpretasikan. Beberapa studi penerapan fuzzy dalam domain olahraga dan sistem pendukung keputusan melaporkan hasil yang menjanjikan untuk analisis performa dan rekomendasi latihan.

Berdasarkan pertimbangan di atas, penelitian ini merancang dan mengimplementasikan sistem cerdas berbasis logika fuzzy Mamdani yang memanfaatkan *personal assessment* (self-reported input) untuk memprediksi skor performa latihan half marathon. Sistem ditujukan terutama bagi pelari rekreasional/amatir yang tidak memiliki akses ke pengukuran fisiologis lengkap, namun membutuhkan rekomendasi latihan dan umpan balik yang adaptif. Selain aspek teknis, penelitian ini juga melihat potensi nilai tambah ekonomi dan inovasi: model yang berhasil dapat dikembangkan menjadi produk *smart fitness* yang menarik bagi pasar digital kesehatan (startup/UMKM teknologi) dan turut mendukung pengembangan talenta berdaya saing melalui pelatihan berbasis data — sejalan dengan tujuan pembangunan sumber daya manusia menuju Indonesia Emas 2045.

## 1.2 Permasalahan Penelitian

Berdasarkan latar belakang tersebut, beberapa permasalahan utama yang melandasi penelitian ini adalah:

1. Model prediksi performa yang ada umumnya bergantung pada data objektif yang tidak selalu tersedia, sehingga kurang aplikatif bagi populasi rekreasional.
2. Data personal yang sifatnya kualitatif (mis. tingkat kelelahan, kualitas tidur, asupan nutrisi) mengandung ketidakpastian sehingga membutuhkan metode yang dapat menangani informasi linguistik secara efektif.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Untuk menjawab permasalahan di atas, tujuan penelitian ini adalah:

1. Merancang dan mengimplementasikan sistem prediksi performa half marathon berbasis logika fuzzy Mamdani yang menggunakan *personal assessment* sebagai input utama.
2. Menetapkan variabel input, fungsi keanggotaan, dan rule base yang merepresentasikan kondisi realistik pelari rekreasional sehingga sistem menghasilkan output berupa skor performa latihan yang informatif.
3. Menguji sistem melalui simulasi skenario pengguna untuk mengevaluasi konsistensi dan sensitivitas model terhadap variasi input, serta menilai potensi aplikatif sistem dalam konteks *smart fitness*.
4. Mengidentifikasi peluang pengembangan komersial dan kontribusi penelitian terhadap inovasi ekonomi digital di bidang kebugaran serta pengembangan talenta berdaya saing global.

### **1.4 Ruang Lingkup dan Batasan**

Agar penelitian fokus dan terukur, ruang lingkup ditetapkan sebagai berikut: (1) sistem menggunakan empat variabel input utama — jarak latihan mingguan (0–50 km), kualitas tidur (skala 1–5), asupan nutrisi (skala 1–5), dan tingkat kelelahan (skala 1–5); (2) metode inferensi yang dipakai adalah Mamdani fuzzy inference system dengan fungsi keanggotaan segitiga dan defuzzifikasi centroid; (3) output sistem berupa skor performa latihan (skala numerik) yang dapat dipakai sebagai dasar rekomendasi; (4) validasi dilakukan melalui simulasi dan analisis sensitivitas, belum mencakup uji lapangan berskala besar atau integrasi penuh dengan wearable sensor.

### **1.5 Signifikansi Penelitian**

Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi pada tiga level: (1) ilmu — memperkaya literatur aplikasi logika fuzzy dalam sport science dan personalisasi latihan; (2) teknologi — menyediakan prototipe *smart fitness* yang dapat dikembangkan menjadi aplikasi berbayar atau layanan digital; dan (3) sosial-ekonomi — mendorong inovasi digital dan peluang wirausaha di sektor kebugaran, serta mendukung pembentukan talenta olahraga berbasis data yang relevan bagi visi Indonesia Emas 2045. Dukungan literatur mutakhir mengenai prediktor performa (mis. pengaruh jarak latihan dan kualitas tidur terhadap waktu half marathon) dan perkembangan *smart devices* menegaskan relevansi penelitian ini terhadap kebutuhan praktis dan perkembangan teknologi saat ini.

## **2. METODE PENELITIAN**

---

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif-deskriptif dengan metode eksperimen berbasis simulasi sistem fuzzy Mamdani. Pendekatan ini dipilih karena tujuan utama penelitian bukan hanya menganalisis hubungan antarvariabel, tetapi juga membangun model sistem cerdas yang mampu melakukan prediksi performa lari secara adaptif. Metode fuzzy Mamdani digunakan untuk memproses input linguistik yang merepresentasikan kondisi subjektif pelari menjadi nilai keluaran berupa skor performa latihan yang bersifat numerik. Sistem dirancang, dimodelkan, dan diuji menggunakan kombinasi perhitungan manual dan simulasi berbasis kode (*prototype algorithmic simulation*), yang merepresentasikan tahap awal pengembangan *smart fitness system*. Tahapan penelitian meliputi perancangan variabel, proses fuzzifikasi, pembentukan basis aturan (*rule base*), inferensi fuzzy Mamdani, defuzzifikasi, serta pengujian model terhadap beberapa skenario pengguna.

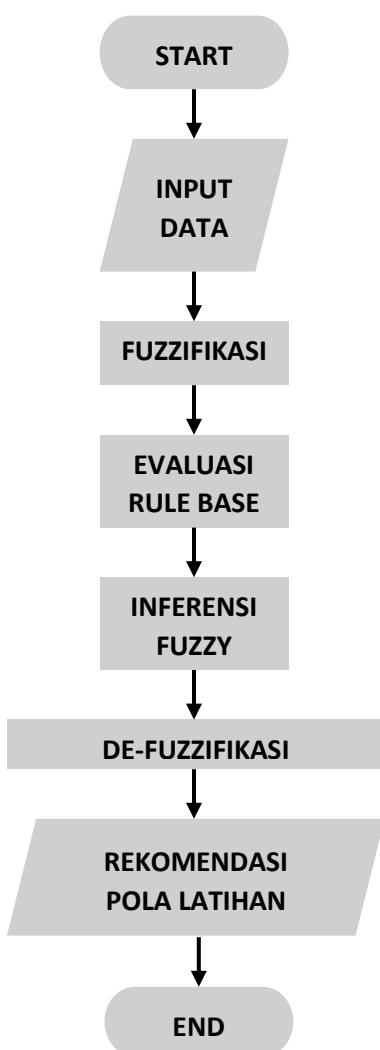
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan hasil implementasi dan analisis sistem prediksi performa lari half marathon berbasis logika fuzzy Mamdani yang telah dirancang pada bab sebelumnya. Hasil penelitian mencakup proses penerapan tahapan sistem fuzzy mulai dari desain variabel, fuzzifikasi, pembentukan aturan inferensi, hingga defuzzifikasi yang kemudian diimplementasikan dalam bentuk simulasi menggunakan data skenario pengguna. Melalui simulasi ini diperoleh keluaran berupa nilai skor performa latihan yang menunjukkan tingkat kesiapan dan potensi performa pelari berdasarkan empat parameter utama: jarak latihan mingguan, kualitas tidur, asupan nutrisi, dan tingkat kelelahan. Setiap kombinasi input diuji untuk menilai konsistensi model terhadap teori fisiologi olahraga dan prinsip latihan ketahanan.

Selain itu, pembahasan juga mencakup interpretasi hasil dari beberapa skenario simulasi serta analisis perbandingan antara hasil sistem dan kondisi teoritis yang diharapkan. Hasil tersebut menjadi dasar untuk menilai validitas, akurasi, dan potensi pengembangan sistem lebih lanjut sebagai bagian dari inovasi *smart fitness technology* yang mendukung peningkatan performa olahraga dan pengembangan talenta berdaya saing global.

#### 3.1 Flowchart sistem

Desain sistem pada penelitian ini bertujuan untuk membangun suatu prototipe aplikasi berbasis logika fuzzy metode Mamdani yang dapat memberikan rekomendasi pola latihan dan nutrisi guna meningkatkan performa lari half marathon. Sistem yang dirancang akan menerima sejumlah input dari pengguna dalam bentuk data assessment awal, kemudian diproses melalui tahapan logika fuzzy, hingga menghasilkan rekomendasi akhir yang bersifat personalisasi.



**Gambar 1.**

Flowchart Sistem Aplikasi Fuzzy untuk Rekomendasi Latihan dan Nutrisi HM

**3.2 Deskripsi Flowchart**

1. Start. Tahapan ini merupakan pintu masuk sistem melakukan assessment personal.
2. Input Data. Data yang diisi oleh pengguna dikirim ke dalam sistem fuzzy selanjutnya diproses. Setiap parameter akan digunakan sebagai variabel input fuzzy, yaitu jarak latihan mingguan, kualitas tidur, skor nutrisi, dan tingkat kelelahan
3. Fuzzifikasi. Nilai-nilai input numerik dikonversi ke dalam bentuk variabel linguistik melalui fungsi keanggotaan.
4. Evaluasi Rule Base (Mamdani). Sistem fuzzy akan mengevaluasi setiap kombinasi input berdasarkan aturan logika IF–THEN yang telah dirancang sebelumnya. Setiap aturan akan menghubungkan kondisi input dengan rekomendasi tertentu sebagai output.
5. Inferensi Fuzzy. Proses inferensi dilakukan dengan metode Mamdani, yaitu mencari minimum nilai keanggotaan dari setiap aturan yang aktif, kemudian menggabungkannya menggunakan operator maksimum.
6. Defuzzifikasi. Hasil inferensi fuzzy yang bersifat linguistik akan dikonversi kembali menjadi nilai numerik konkret. Proses ini menghasilkan data akhir berupa rekomendasi personal, seperti jumlah sesi latihan per minggu, jenis latihan (intensitas ringan/sedang/tinggi), serta distribusi nutrisi harian.
7. Output: Rekomendasi Pola Latihan dan Nutrisi. Sistem akan menyajikan hasil rekomendasi kepada pengguna. Informasi yang ditampilkan meliputi jadwal latihan mingguan, jenis latihan per hari, serta kebutuhan kalori dan komposisi makronutrien sebagai panduan gizi pelari.
8. End. Setelah rekomendasi diberikan, pengguna dapat menyimpan atau menyesuaikan jadwal dan pola makan yang ditampilkan

**3.3 Implementasi Sistem Fuzzy**

Proses implementasi dimulai dari desain variabel dan fungsi keanggotaan, di mana setiap variabel input dan output ditentukan domain serta kategorinya (seperti "rendah", "cukup", atau "tinggi") menggunakan fungsi keanggotaan berbentuk segitiga atau trapesium. Selanjutnya, dilakukan fuzzifikasi, yaitu proses konversi nilai numerik input pengguna menjadi derajat keanggotaan fuzzy. Setelah itu, sistem menjalankan aturan inferensi fuzzy, yaitu sekumpulan rule berbentuk *IF-THEN* yang menggabungkan kombinasi nilai linguistik dari keempat input untuk menghasilkan keluaran prediksi. Tahap akhir adalah defuzzifikasi, di mana output fuzzy dari sistem dikonversi kembali menjadi nilai numerik yang dapat dimaknai sebagai estimasi skor performa latihan. Keseluruhan proses ini memungkinkan sistem untuk mengakomodasi ketidakpastian dan variasi subjektif dalam input pengguna, serta

menghasilkan keluaran yang lebih adaptif dan realistik terhadap kondisi pelari rekreasional.

### 3.3.1 Desain Variabel dan Fungsi Keanggotaan

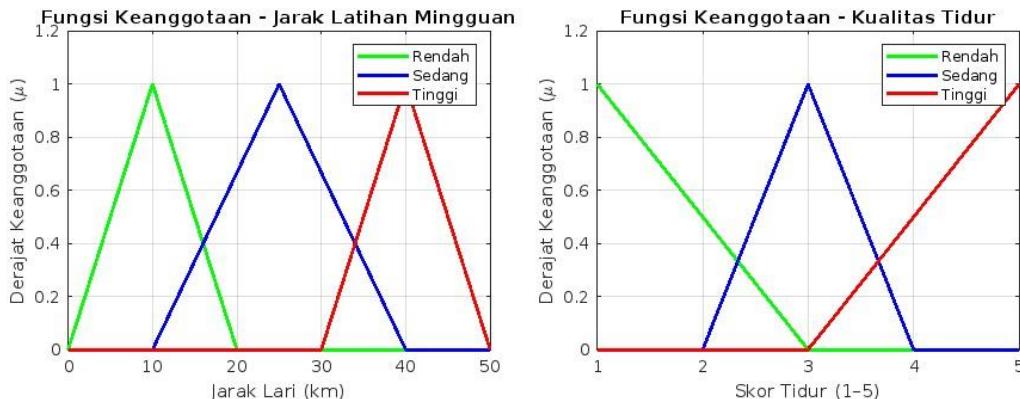
Pada tahap ini, semua variabel input dan output didefinisikan dalam domain numerik dan dikategorikan dalam bentuk linguistik menggunakan fungsi keanggotaan segitiga (triangular). Pemilihan fungsi segitiga dilakukan karena kesederhanaannya, efisiensi komputasi, serta cukup akurat dalam merepresentasikan transisi antar kategori.

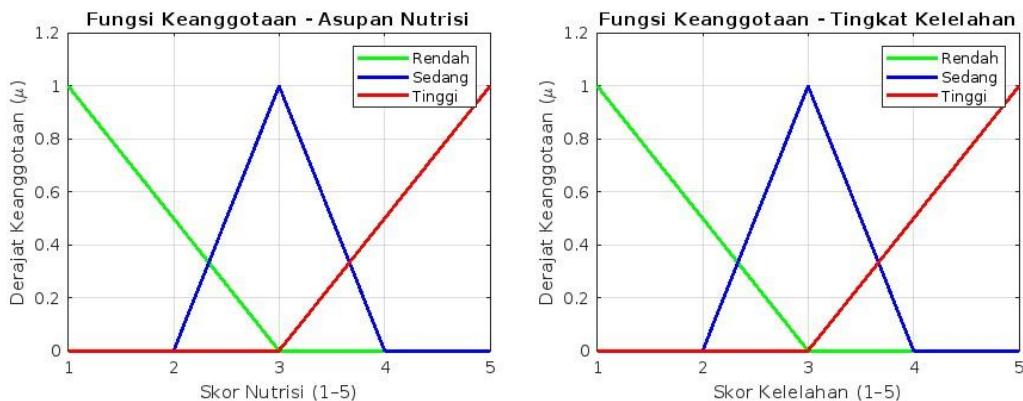
Sistem ini memiliki empat variabel input utama yang diambil dari hasil personal assessment pelari, serta satu variabel output yang menggambarkan estimasi skor performa latihan. Berikut adalah definisi masing-masing variabel:

**Tabel 1.**  
Variabel input dan fungsi keanggotaan

Variabel	Domain	Kategori fuzzy (fungsi keanggotaan)
Jarak latihan mingguan	0 – 50 km	Rendah (0, 10, 20) Sedang (10, 25, 40) Tinggi (30, 40, 50)
Kualitas tidur	Skala 1-5 (likert)	Buruk (1, 1, 3) Cukup (2, 3, 4) Baik (3, 5, 5)
Asupan nutrisi	Skala 1-5 (likert)	Kurang (1, 1, 3) Cukup (2, 3, 4) Baik (3, 5, 5)
Tingkat kelelahan	Skala 1-5 (likert)	Rendah (1, 1, 3) Sedang (2, 3, 4) Tinggi (3, 5, 5)

Dari Tabel 1, diketahui plot domain dan nilai dari fungsi keanggotaan masing-masing inputan. Selanjutnya akan di definisikan dalam bentuk grafik domain pada setiap input (jarak latihan mingguan, kualitas tidur, asupan nutrisi, dan tingkat kelelahan)





Keterangan gambar (atas, kiri ke kanan). Gambar 2, grafik domain fungsi keanggotaan input 1 (jarak latihan mingguan). Gambar 3, grafik domain fungsi keanggotaan input 2 (Kualitas tidur). Gambar 4, grafik domain fungsi keanggotaan input 3 (Asupan nutrisi). Gambar 5, grafik domain fungsi keanggotaan input 4 (Tingkat kelelahan)

### 3.3.2 Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah proses awal dalam sistem logika fuzzy yang bertujuan untuk mengubah input numerik (crisp input) menjadi bentuk linguistik (fuzzy set) dengan nilai derajat keanggotaan tertentu. Pada penelitian ini, proses fuzzifikasi dilakukan terhadap empat variabel input utama, yaitu: jarak latihan mingguan, kualitas tidur, asupan nutrisi, dan tingkat kelelahan. Setiap input direpresentasikan dalam skala tertentu dan dikonversi menggunakan fungsi keanggotaan segitiga (triangular membership function).

Variabel jarak latihan mingguan memiliki domain [0–50 km] dan diklasifikasikan ke dalam tiga himpunan fuzzy: *rendah*, *sedang*, dan *tinggi*. Fungsi keanggotaan segitiga dipilih karena sederhana, efisien, dan cukup merepresentasikan peralihan nilai antar kategori secara gradual.

Tiga variabel lainnya, yaitu kualitas tidur, nutrisi, dan tingkat kelelahan, masing-masing menggunakan skala Likert 1–5 yang merepresentasikan penilaian subjektif dari pengguna terhadap kondisinya. Setiap skala dikonversi ke tiga kategori fuzzy: *buruk/rendah*, *cukup/sedang*, dan *baik/tinggi*. Nilai-nilai pada skala Likert dipetakan ke fungsi keanggotaan segitiga yang saling beririsan agar mampu menangkap ketidakpastian dan nuansa dari data subjektif. Melalui proses fuzzifikasi ini, setiap nilai input akan memiliki derajat keanggotaan pada satu atau lebih kategori fuzzy, yang akan digunakan dalam tahap inferensi logika fuzzy untuk menghasilkan output yang sesuai dengan kondisi pengguna. Proses konversi mengacu pada tabel 1 (Variabel dan fungsi keanggotaan).

### 3.3.3 Aturan Inferensi Fuzzy

Aturan inferensi merupakan inti dari sistem logika fuzzy yang berfungsi sebagai basis pengetahuan (knowledge base) dalam proses pengambilan keputusan. Dalam konteks penelitian ini, sistem fuzzy dirancang untuk memprediksi *skor*

*performa latihan* seorang pelari half marathon (HM) berdasarkan empat variabel input utama, yaitu jarak latihan mingguan (km), kualitas tidur, asupan nutrisi, dan tingkat kelelahan. Keempat variabel ini dipilih karena secara ilmiah terbukti mempengaruhi performa pelari secara langsung maupun tidak langsung, sebagaimana ditunjukkan oleh berbagai literatur yang telah dibahas pada Bab 2. Setiap input telah difuzzifikasi menjadi tiga kategori linguistik: Rendah – Sedang – Tinggi untuk jarak latihan mingguan, dan Buruk – Cukup – Baik untuk kualitas tidur, nutrisi, serta kelelahan.

Sistem menggunakan metode inferensi Mamdani, yang merupakan salah satu pendekatan paling umum dan mudah dipahami dalam sistem logika fuzzy. Metode ini menggunakan aturan dalam bentuk logika **IF-THEN** untuk menghubungkan kombinasi kondisi input dengan kategori output yang diharapkan. Bentuk umum dari aturan ini adalah:

**IF** (Jarak = Tinggi) AND (Tidur = Baik) AND (Nutrisi = Baik) AND (Kelelahan = Rendah)

**THEN** (Skor Latihan = Tinggi)

Setiap aturan dibentuk secara manual berdasarkan pendekatan heuristik dan prinsip-prinsip logis, yakni bahwa performa terbaik dicapai bila jarak latihan cukup, tidur berkualitas, asupan nutrisi memadai, dan tingkat kelelahan rendah. Sebaliknya, skor latihan akan lebih rendah apabila kombinasi input menunjukkan ketidakseimbangan, seperti nutrisi buruk atau kelelahan tinggi, walaupun variabel lain optimal. Sebagai contoh, berikut beberapa implementasi logika inferensi:

**Tabel 2.**

Rule base

Jarak latihan mingguan	Kualitas tidur	Asupan nutrisi	Tingkat kelelahan	Performa
Rendah	Buruk	Buruk	Tinggi	Rendah
Sedang	Cukup	Baik	Sedang	Sedang
Tinggi	Baik	Baik	Rendah	Tinggi
...	...	...	...	...

Catatan: tabel 2 adalah sebagian contoh dari rule base dengan total 81 rule base berdasarkan perhitungan dasar untuk menentukan rule base dengan 4 inputan, dimana masing-masing inputan memiliki fungsi keanggotaan sebanyak 3. Atau berdasarkan perhitungan dibawah ini:

$$\text{Total rule} = m_1 \times m_2 \times \dots \times m_n \dots \dots \dots \quad (1)$$

- **IF** (Jarak = Rendah) AND (Tidur = Cukup) AND (Nutrisi = Kurang) AND (Kelelahan = Tinggi) **THEN** (Skor Latihan = Rendah)
- **IF** (Jarak = Sedang) AND (Tidur = Baik) AND (Nutrisi = Cukup) AND (Kelelahan = Sedang) **THEN** (Skor Latihan = Sedang)
- **IF** (Jarak = Tinggi) AND (Tidur = Baik) AND (Nutrisi = Baik) AND (Kelelahan = Rendah) **THEN** (Skor Latihan = Tinggi)

Penentuan skor latihan ini bersifat semi-kuantitatif, yang berarti nilai output fuzzy tetap dalam domain linguistik (Rendah, Sedang, Tinggi) hingga akhirnya dilakukan proses defuzzifikasi untuk mengubahnya ke dalam nilai numerik konkret. Nilai inilah yang akan menjadi basis dalam interpretasi skor performa pelari dan dapat dikonversi menjadi estimasi waktu tempuh HM menggunakan pendekatan atau fungsi regresi yang dapat dikembangkan lebih lanjut di masa depan.

Dengan sistem ini, pengguna tidak perlu memberikan data yang sepenuhnya presisi atau eksak. Cukup dengan mengisi input berbasis skala likert atau penilaian subjektif, sistem dapat memberikan *prediksi performa* yang realistik dan personal. Keunggulan dari pendekatan fuzzy ini adalah fleksibilitas dan kemampuannya menangani ketidakpastian dalam penilaian, sehingga lebih sesuai digunakan untuk pelari rekreasional dengan data yang tidak selalu bersifat objektif. Oleh karena itu, *aturan inferensi fuzzy* dalam sistem ini menjadi komponen vital yang menjembatani antara data subjektif pengguna dan output rekomendasi yang terstruktur dan berbobot.

### 3.3.4 Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah tahap akhir dalam sistem inferensi fuzzy yang berfungsi untuk mengubah output fuzzy (berupa himpunan linguistik seperti "Rendah", "Sedang", "Tinggi") menjadi nilai numerik yang dapat diinterpretasikan secara kuantitatif. Proses ini sangat penting karena sistem fuzzy bekerja berdasarkan pendekatan linguistik, namun dalam aplikasi nyata, terutama dalam konteks prediksi performa lari half marathon, dibutuhkan angka konkret sebagai hasil akhirnya—misalnya skor performa atau estimasi waktu tempuh.

Dalam penelitian ini, metode defuzzifikasi yang digunakan adalah metode centroid (center of gravity). Metode ini merupakan salah satu pendekatan paling umum dan direkomendasikan dalam banyak sistem berbasis logika fuzzy karena menghasilkan nilai output yang mewakili "pusat massa" dari area output fuzzy yang telah tergabung. Secara matematis, metode centroid dirumuskan sebagai:

$$z = \frac{\int \mu(z) \cdot z dz}{\int \mu(z) dz} \quad \dots \dots (1)$$

Dimana:

- $z$  adalah nilai output defuzzifikasi,
- $\mu(z)$  adalah derajat keanggotaan dari output fuzzy,
- Integral dihitung pada seluruh domain output fuzzy.

Dalam konteks sistem ini, output berupa *skor performa latihan* yang berada pada domain [0–100]. Skor ini bersifat abstrak namun dirancang agar semakin tinggi nilainya, maka semakin besar pula potensi performa pengguna dalam menyelesaikan half marathon dengan waktu tempuh yang lebih optimal. Skor ini dapat digunakan sebagai dasar untuk menyusun program latihan, atau dikonversi ke estimasi waktu HM menggunakan fungsi regresi atau pendekatan linier (di luar ruang lingkup fuzzy).

Sebagai contoh hasil defuzzifikasi:

- Jika sistem memberikan output fuzzy gabungan dari kategori “Sedang” dan “Tinggi”, maka centroid dari area yang diwakili oleh kedua himpunan tersebut akan menghasilkan skor, misalnya **72.5**.
- Nilai tersebut dapat diinterpretasikan sebagai kesiapan latihan yang baik, dan dapat dikaitkan dengan potensi menyelesaikan HM dalam waktu tertentu.

Proses defuzzifikasi dilakukan setelah semua aturan inferensi dieksekusi dan digabungkan. Dengan kata lain, semua rule base berkontribusi dalam pembentukan output fuzzy gabungan, dan centroid menghitung posisi tengah dari gabungan tersebut berdasarkan luas dan distribusi derajat keanggotaan.

Kelebihan metode centroid dalam sistem ini adalah:

- Memberikan hasil yang stabil dan konsisten.
- Sensitif terhadap perubahan derajat keanggotaan, sehingga mampu menangkap dinamika data input yang kecil.
- Dapat digunakan untuk evaluasi progres pelari secara berkala (misalnya mingguan atau bulanan) dengan tetap menjaga keakuratan sistem dalam memberikan *skor performa*.

Dengan demikian, proses defuzzifikasi ini menjembatani antara *pengetahuan linguistik* dan *hasil numerik*, dan menjadikannya dapat diterapkan dalam aplikasi nyata sebagai bagian dari sistem rekomendasi pelatihan lari berbasis personal assessment.

### 3.3 Hasil dan Visualisasi Output Sistem

Setelah sistem fuzzy Mamdani dirancang dan diimplementasikan menggunakan empat variabel input utama, tahap selanjutnya adalah mengevaluasi performa sistem melalui simulasi dan visualisasi output. Subbab ini bertujuan untuk menampilkan hasil yang diperoleh dari sistem prediksi performa lari half marathon berdasarkan personal assessment pengguna, baik dalam bentuk numerik maupun grafik. Proses ini meliputi pengujian berbagai kombinasi input untuk melihat bagaimana sistem merespons perbedaan kondisi pengguna, serta menilai apakah hasil prediksi yang dihasilkan sesuai dengan logika yang diharapkan. Nilai output yang diperoleh berupa *skor performa latihan*, yang merepresentasikan estimasi kualitas performa pelari dalam menghadapi latihan half marathon. Skor ini dapat digunakan sebagai indikator awal dalam menyusun strategi latihan dan asupan nutrisi yang lebih terukur dan personal. Selain itu, visualisasi output disajikan dalam bentuk grafik 2D maupun 3D untuk menggambarkan hubungan antar variabel input dengan output yang dihasilkan. Dengan adanya visualisasi ini, pengguna maupun pengembang sistem dapat memperoleh gambaran yang lebih jelas mengenai perilaku sistem fuzzy, serta mengevaluasi apakah sistem dapat digunakan sebagai alat bantu dalam pengambilan keputusan berbasis data subjektif yang dikonversi secara terstruktur.

#### 3.3.1 Simulasi Sistem

Simulasi sistem dilakukan untuk menguji bagaimana sistem prediksi berbasis logika fuzzy Mamdani bekerja dalam merespon berbagai kombinasi nilai input yang merepresentasikan kondisi nyata pelari. Simulasi ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem dapat menghasilkan rekomendasi yang logis dan sesuai dengan tujuan utama, yaitu meningkatkan performa half marathon berdasarkan personal assessment. Dalam proses simulasi, digunakan beberapa skenario kombinasi input dari empat variabel utama:

1. Jarak Lari Mingguan (km/minggu)

- 2. Kualitas Tidur (skala 1–5)
- 3. Asupan Nutrisi (skala 1–5)
- 4. Kelelahan Fisik (skala 1–5)

Setiap skenario menggabungkan nilai input yang berbeda, baik ekstrem (rendah/rendah/rendah/tinggi) maupun sedang (sedang/sedang/sedang/sedang), serta kombinasi tidak seimbang (misalnya: tinggi/rendah/tinggi/rendah). Output dari sistem berupa Skor Rekomendasi Training Plan yang akan digunakan untuk menyusun strategi latihan lanjutan. Contoh Simulasi:

**Tabel 3.**  
Contoh skenario simulasi

Skenario	Jarak latihan (Km)	Kualitas tidur	Asupan nutrisi	Tingkat kelelahan	Skor performa
A	25	3	5	1	90

Berdasarkan rule base sebelumnya, dengan assessment pada nilai input jarak latihan mingguan 25km (sedang), kualitas tidur 3 (cukup), asupan nutri 5 (baik), dan tingkat kelelahan 1 (rendah), menghasilkan perhitungan skor performa 90 (dalam numerik. Sesuai dengan logika IF-THEN dibawah ini:

**IF** (Jarak = Sedang) AND (Tidur = Cukup) AND (Nutrisi = Baik) AND (Kelelahan = Rendah)  
**THEN** (Skor Latihan = Tinggi)\*

\*Sesuai pada lampiran rule base 2/3 pada baris nomor 43

### 3.3.2 Simulasi VS code

```
import numpy as np

# Input variabel
jarak_input = 25      # km
tidur_input = 3        # skala 1-5
nutrisi_input = 5      # skala 1-5
kelelahan_input = 1    # skala 1-5

# Fungsi keanggotaan segitiga manual
def triangular(x, a, b, c):
    return max(0, min((x - a) / (b - a), (c - x) / (c - b)))

# Fungsi keanggotaan untuk masing-masing kategori
def fuzzify_jarak(x):
    rendah = triangular(x, 0, 10, 20)
    sedang = triangular(x, 10, 25, 40)
    tinggi = triangular(x, 30, 40, 50)
    return {'rendah': rendah, 'sedang': sedang, 'tinggi': tinggi}

def fuzzify_tidur(x):
    buruk = triangular(x, 1, 1, 3)
    cukup = triangular(x, 2, 3, 4)
    baik = triangular(x, 3, 5, 5)
    return {'buruk': buruk, 'cukup': cukup, 'baik': baik}

def fuzzify_nutrisi(x):
    kurang = triangular(x, 1, 1, 3)
    cukup = triangular(x, 2, 3, 4)
    baik = triangular(x, 3, 5, 5)
    return {'kurang': kurang, 'cukup': cukup, 'baik': baik}
```

```

def fuzzify_kelelahan(x):
    rendah = triangular(x, 1, 1, 3)
    sedang = triangular(x, 2, 3, 4)
    tinggi = triangular(x, 3, 5, 5)
    return {'rendah': rendah, 'sedang': 'tinggi': tinggi}

# Fuzzifikasi input
fj = fuzzify_jarak(jarak_input)
ft = fuzzify_tidur(tidur_input)
fn = fuzzify_nutrisi(nutrisi_input)
fk = fuzzify_kelelahan(kelelahan_input)

# Ambil kategori fuzzy yang sesuai rule base
# Contoh rule:
# IF Jarak = Sedang AND Tidur = Cukup AND Nutrisi = Baik AND Kelelahan = Rendah
# THEN Skor = Tinggi

mu_rule = min(fj['sedang'], ft['cukup'], fn['baik'], fk['rendah'])

# Output Skor (kategori fuzzy)
# Misal kita gunakan output:
# Rendah = 30, Sedang = 60, Tinggi = 90
output_value = mu_rule * 90 # karena rule menghasilkan "Tinggi"

# Tampilkan hasil
print(f"Derajat kebenaran rule: {mu_rule:.2f}")
print(f"Nilai output fuzzy: {output_value:.2f}")

```

#### 4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem-cerdas berbasis logika fuzzy Mamdani untuk prediksi performa lari half marathon dengan pendekatan personal assessment. Sistem yang dikembangkan menerima empat variabel input utama — jarak latihan mingguan, kualitas tidur, asupan nutrisi, dan tingkat kelelahan — yang masing-masing dikonversi ke dalam bentuk linguistik melalui proses fuzzifikasi. Proses inferensi dilakukan menggunakan *rule-base* sebanyak 81 aturan fuzzy yang menggambarkan hubungan antarparameter secara logis dan realistik, sedangkan hasil akhir diperoleh melalui defuzzifikasi metode centroid untuk menghasilkan skor performa latihan numerik. Hasil simulasi dari beberapa skenario menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan estimasi performa yang konsisten, logis, dan adaptif terhadap variasi kondisi pengguna. Dengan demikian, sistem ini berfungsi sebagai model prediktif yang dapat membantu pelari rekreasional dalam memahami pengaruh latihan, kualitas istirahat, nutrisi, dan tingkat kelelahan terhadap performa mereka. Penggunaan logika fuzzy terbukti efektif dalam mengolah data subjektif dan menangani ketidakpastian pada input yang berasal dari penilaian pribadi pengguna, yang sulit diakomodasi oleh metode deterministik konvensional.

Selain memberikan kontribusi metodologis dalam bidang *computational intelligence*, penelitian ini juga memiliki relevansi langsung terhadap tema pengembangan teknologi cerdas (*smart technology*) dan inovasi ekonomi digital. Model sistem yang dihasilkan berpotensi dikembangkan menjadi aplikasi *smart fitness* berbasis kecerdasan buatan, yang dapat digunakan secara luas oleh masyarakat untuk meningkatkan kualitas latihan dan kesehatan berbasis data

personal. Hal ini sejalan dengan arah transformasi ekonomi digital Indonesia, khususnya di sektor *health-tech* dan *sport-innovation*, serta berkontribusi dalam menciptakan talenta adaptif dan berdaya saing global menuju Indonesia Emas 2045.

## DAFTAR PUSTAKA

Petunjuk Penulisan Seminar Nasional Ilmu Terapan SNITER (2024). Universitas Widya Kartika: Surabaya

Anthony, D., Rust, C.A., Cribari, M., Rosemann, T., Lepers, R. and Knechtle, B. (2014) Differences in Participation and Performance Trends in Age Group Half and Full Marathoners. *Chinese Journal of Physiology* 57(4) ,209-219.

Arrese, A.L. and Ostariz, E.S. (2006) Skinfold thicknesses associated with distance running performance in highly trained runners. *Journal of Sports Sciences* 24(1), 69-76.

Bale, P., Bradbury, D. and Colley E. (1986) Anthropometric and training variables related to 10km running performance. *British journal of sports medicine* 20(4), 170-173.

Balsalobre-Fernández, C., Santos-Concejero, J., and Grivas, G. V. (2016) Effects of Strength Training on Running Economy in Highly Trained Runners: A Systematic Review With Meta Analysis of Controlled Trials. *Journal of Strength & Conditioning Research* 30(8), 2361-2368.

Gorczyca A, Jankowski T, Oles P. Does running a first marathon influence general self-efficacy and positive orientation? *Int J Sport Psychol.* 2016;47: 466–82.

Sport England. active lives survey 2015–16. <https://www.sportengland.org/research/active-lives-survey>. Accessed 2017.

Boldt P, Knechtle B, Nikolaidis P, et al. Quality of life of female and male vegetarian and vegan endurance runners compared to omnivores— results from the NURMI study (step 2). *J Int Soc Sports Nutr.* 2018;15(1):33.

Parnell JA, Wagner-Jones K, Madden RF, Erdman KA. Dietary restrictions in endurance runners to mitigate exercise-induced gastrointestinal symptoms. *J Int Soc Sports Nutr.* 2020;17:32.

(2) Fuzzy Logic System Untuk Pemilihan Atlet Lari 5000 Meter Terbaik

(2) Predictive Variables of Half-Marathon Performance for Male Runners

(2) Correction to: Supplement intake in half-marathon, (ultra-)marathon and 10-km runners – results from the NURMI study (Step 2)

Ball S, Swan PD, DeSimone R (2004a) Comparison of anthropometry to dual energy X-ray absorptiometry: a new prediction equation for women. *Res Q Exerc Sport* 75:248–258

Ball SD, Altena TS, Swan PD (2004b) Comparison of anthropometry to DXA: a new prediction equation for men. *Eur J Clin Nutr* 58:1525–1531

Barandun U, Knechtle B, Knechtle P, Klipstein A, Rüst CA, Rosemann T, Lepers R (2012) Running speed during training and percent body fat predict race time in recreational male marathoners. *Open Access J Sports Med* 3:51–58

Becque MD, Katch VL, Moffatt RJ (1986) Time course of skin-plus-fat compression in males and females. *Hum Biol* 58:33–42

Akbar Darwis\_IMPLEMENTASI  
SISTEM CERDAS UNTUK  
PREDIKSI PERFORMA LARI HALF  
MARATHON (HM)  
MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY  
MAMDANI BERBASIS PERSONAL  
ASSESSMENT.docx

by perpustakaan 1

Submission date: 04-Nov-2025 05:15AM (UTC+0)

Submission ID: 2754264625

File name:

Akbar\_Darwis\_IMPLEMENTASI\_SISTEM\_CERDAS\_UNTUK\_PREDIKSI\_PERFORMA\_LARI\_HALF\_MARATHON\_HM\_MENGGUNAKAN\_LOGIKA\_FUZZY\_MAMDANI\_BERBASIS\_PERSO

(359.25K)

Word count: 4306

Character count: 28333

Akbar Darwis\_IMPLEMENTASI SISTEM CERDAS UNTUK  
PREDIKSI PERFORMA LARI HALF MARATHON (HM)  
MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY MAMDANI BERBASIS  
PERSONAL ASSESSMENT.docx

ORIGINALITY REPORT

