

Penerapan Metode *Fuzzy* Mamdani untuk Prediksi Stok Guna Optimalisasi Manajemen Persediaan Darah di PMI Kabupaten Magetan

Ganang Dwi Anggriawan¹, Paramitha Nerisafitra²

^{1,2} Teknik Informatika, Universitas Negeri Surabaya

²paramithanerisafitra@unesa.ac.id

Abstrak— Permasalahan keterbatasan stok darah di Unit Donor Darah (UDD) Palang Merah Indonesia seringkali berdampak pada keterlambatan penanganan medis, terutama pada kondisi darurat. Pengelolaan persediaan yang tidak optimal menjadi salah satu penyebab utama ketidaksesuaian antara permintaan dan ketersediaan kantung darah [1]. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem prediksi stok kantung darah berbasis metode Fuzzy Mamdani guna mengoptimalkan manajemen persediaan. Metode Fuzzy Mamdani dipilih karena kemampuannya menangani ketidakpastian dan kompleksitas data permintaan serta ketersediaan darah. Penelitian ini menggunakan dua variabel input utama, yaitu jumlah permintaan dan jumlah persediaan, yang kemudian diproses melalui sistem inferensi fuzzy untuk menghasilkan output berupa rekomendasi jumlah kantung darah yang perlu disediakan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dibangun mampu memberikan prediksi persediaan dengan akurasi yang memadai dan dapat digunakan sebagai alat bantu pengambilan keputusan dalam pengelolaan stok darah. Implementasi sistem ini berpotensi mengurangi kekurangan pasokan darah secara signifikan serta meningkatkan efisiensi operasional di UDD PMI. Temuan ini memberikan kontribusi terhadap pengembangan sistem pendukung keputusan dalam sektor layanan kesehatan, khususnya dalam manajemen logistik medis yang bersifat kritis.

Kata Kunci— Prediksi stok darah, fuzzy mamdani, manajemen persediaan, sistem pendukung keputusan, Palang Merah Indonesia.

I. PENDAHULUAN

Ketersediaan stok kantung darah merupakan komponen esensial dalam sistem pelayanan kesehatan, namun secara nasional masih terjadi ketidakseimbangan struktural antara permintaan dan pasokan. Kementerian Kesehatan RI mencatat kebutuhan darah lebih dari 5 juta kantung per tahun, sementara jumlah pendonor aktif belum memadai untuk menutup kebutuhan tersebut [2]. Situasi ini semakin diperburuk oleh pandemi COVID-19 yang menurunkan partisipasi donor, contoh kasus di UDD PMI Kota Pontianak partisipasi donor menurun hingga 7,96% [1]. Selain itu, di Sleman hal serupa juga terjadi, pandemi menyebabkan penurunan jumlah pemilih donor, mengakibatkan permintaan darah yang tidak terpenuhi, meskipun permintaan darah meningkat secara keseluruhan [3]. Di luar itu, fluktuasi donor dan permintaan juga dipengaruhi oleh musim, bencana, serta faktor demografis [4]. Sifat darah yang mudah kadaluarsa

(35–42 hari untuk sel darah merah) menuntut adanya pendekatan prediktif yang andal untuk menopang keputusan operasional Unit Transfusi Darah (UTD) PMI [4], [5].

Walaupun berbagai studi telah menunjukkan efektivitas metode fuzzy, khususnya Fuzzy Mamdani dalam menangani ketidakpastian dan kompleksitas data permintaan darah, namun masih terdapat kesenjangan yang relevan. Time & Edi [6] menunjukkan akurasi tinggi namun mengindikasikan kebutuhan perluasan basis aturan (*rule base*) untuk meningkatkan presisi. Selain itu, Putri & Sitepu [7] menemukan bahwa Fuzzy Mamdani mengungguli Fuzzy Sugeno (MAPE 16,707% vs 17,987%). Akan tetapi, fokus penelitian ini lebih ke komparasi metode bukan pada perancangan sistem pendukung keputusan yang terintegrasi untuk konteks operasional spesifik. Sementara itu, Wulan et al. [8] melaporkan akurasi 88,88% pada UTD PMI Kabupaten Bandung. Hal ini membuktikan bahwa metode Fuzzy Mamdani lebih cocok digunakan dalam prediksi kebutuhan darah yang memiliki tingkat ketidakpastian tinggi.

Metode Fuzzy Mamdani merupakan salah satu pendekatan dalam logika fuzzy yang efektif digunakan untuk memproyeksikan kebutuhan persediaan darah. Keunggulannya terletak pada tingkat akurasi yang tinggi serta kemampuannya beradaptasi terhadap ketidakpastian, menjadikannya pilihan yang relevan dalam menghadapi dinamika kompleks dalam pengelolaan stok darah.

Saat ini, di lingkungan PMI Kabupaten Magetan, sistem pengelolaan persediaan darah masih bergantung pada proses pencatatan yang bersifat manual atau semi-manual. Pembaruan data stok dilakukan berdasarkan rekapitulasi harian jumlah kantong darah yang diterima dari pendonor dan jumlah yang disalurkan untuk keperluan transfusi di rumah sakit. Sistem konvensional semacam ini memiliki keterbatasan, terutama karena tidak memperhitungkan berbagai variabel dinamis, seperti lonjakan kebutuhan darah akibat bencana, meningkatnya permintaan selama musim libur, maupun penurunan jumlah pendonor pada periode-periode tertentu [9]. Ketiadaan sistem otomatisasi turut menyebabkan proses analisis menjadi lebih lambat dan tidak responsif dalam mengantisipasi potensi kekurangan maupun kelebihan stok.

Kondisi ini diperburuk dengan belum digunakannya teknologi prediktif dalam penentuan kebutuhan stok darah. Selama ini, proyeksi jumlah yang harus disediakan masih dilakukan secara sederhana, umumnya merujuk pada data historis bulanan atau tahunan. Sebagai contoh, jumlah kebutuhan darah pada Januari 2023 dijadikan acuan untuk

menentukan kebutuhan pada Januari 2024. Di samping itu, pengambilan keputusan juga kerap didasarkan pada intuisi dan pengalaman subjektif petugas dalam membaca pola permintaan darah, yang tidak selalu akurat dan terukur secara sistematis.

Berangkat dari konteks dan kesenjangan tersebut, penelitian ini bertujuan: (1) mengembangkan model prediksi stok kantung darah berbasis Fuzzy Mamdani yang disesuaikan dengan karakteristik data PMI Kabupaten Magetan; (2) mengidentifikasi variabel-variabel utama yang memengaruhi ketersediaan dan kebutuhan, termasuk stok saat ini, tren permintaan, jumlah pendonor aktif, dan peristiwa khusus; (3) mengevaluasi performa model menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dan membandingkannya dengan pendekatan konvensional yang selama ini digunakan; serta (4) merancang dashboard visualisasi yang mendukung pengambilan keputusan operasional secara cepat, transparan, dan real-time. Perumusan tujuan ini memastikan penelitian tidak hanya berhenti pada tataran model matematis, tetapi juga menghasilkan artefak sistem yang siap pakai.

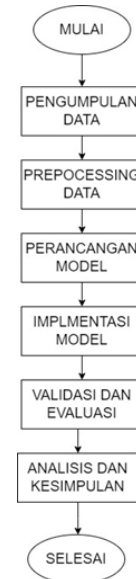
Penelitian ini diharapkan dapat memperkaya khazanah keilmuan. Dengan implementasi metode ini, diharapkan PMI dapat lebih proaktif dalam mengelola stok darah dan memastikan ketersediaan darah bagi pasien yang membutuhkan. Selain itu, penelitian ini juga dapat menjadi acuan bagi pengembangan sistem prediksi yang lebih canggih dengan kombinasi metode berbasis Machine Learning di masa mendatang.

II. METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan eksperimen untuk mengembangkan model prediksi stok kantung darah berbasis Fuzzy Mamdani. Model ini dirancang untuk membantu PMI Kabupaten Magetan dalam mengoptimalkan persediaan darah berdasarkan data primer dan faktor-faktor yang mempengaruhi stok darah.

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahap utama seperti yang di gambarkan pada flowchart gambar 1.



Gbr. 1 Tahapan penelitian

1. Pengumpulan data

Pengumpulan data dilakukan melalui dua metode utama, yaitu dokumentasi dan wawancara. Dokumentasi mencakup pengumpulan data historis terkait stok darah, jumlah permintaan harian, dan jumlah donor darah dalam kurun waktu tiga tahun terakhir di PMI Kabupaten Magetan. Data ini diperoleh dari sistem pencatatan PMI dan rumah sakit mitra yang sering berinteraksi dalam permintaan dan distribusi darah.

Tabel 1. Data persediaan darah

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
01/01/22	30	25	10	40	5	6	2	8	10	9	4	15
02/01/22	35	22	8	45	4	5	1	7	8	7	3	12
03/01/22	28	27	9	38	6	7	3	10	12	10	5	18

Ket: 1 : Tanggal, 2 : Stok Darah A, 3 : Stok Darah B, 4 : Stok Darah AB, 5: Stok Daah O, 6: Permintaan darah A, 7: Permintaan Darah B, 8: Permintaan darah AB, 9:Permintaan darah O, 10: Donor A, 11: Donor B, 12:Donor AB, 13: Donor O

Selain dokumentasi, wawancara dilakukan dengan petugas PMI dan tenaga medis yang bertanggung jawab atas manajemen stok darah. Wawancara ini bertujuan untuk memahami pola penggunaan darah, kendala dalam prediksi stok, serta faktor-faktor eksternal yang memengaruhi persediaan darah, seperti bencana alam atau musim tertentu yang mempengaruhi jumlah donor.

Hasil dari dokumentasi dan wawancara kemudian dianalisis untuk mengidentifikasi pola kebutuhan darah dan menentukan variabel yang akan digunakan dalam perancangan model prediksi berbasis Fuzzy Mamdani.

2. Preprocessing data

Setelah data terkumpul, langkah berikutnya adalah preprocessing data untuk memastikan bahwa data siap digunakan dalam model prediksi. Pembersihan data dilakukan dengan menghilangkan data yang tidak lengkap, mengatasi inkonsistensi dalam pencatatan stok, serta menghapus data yang mengandung kesalahan pencatatan seperti duplikasi atau nilai yang tidak wajar [10].

Normalisasi data dilakukan agar semua variabel memiliki skala yang seragam dan dapat digunakan dalam sistem fuzzy [11]. Misalnya, jumlah stok darah yang berkisar antara 0 hingga 500 kantong akan dinormalisasi ke dalam rentang 0 hingga 1 agar kompatibel dengan fungsi keanggotaan fuzzy. Proses normalisasi ini penting untuk memastikan bahwa model dapat mengolah berbagai variabel dengan tingkat kepentingan yang setara. Setelah proses pembersihan dan normalisasi selesai, data yang telah diolah akan digunakan untuk membangun model fuzzy dan mendefinisikan aturan-aturan prediksi dalam sistem inferensi fuzzy.

Sistem ini terdiri dari beberapa komponen utama:

- 1) Input (Variabel Masukan), Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kebutuhan kantung darah, misalnya:
 - a. Stok Darah Saat Ini (Jumlah kantung darah yang tersedia).
 - b. Tren Permintaan (Data historis kebutuhan darah)
 - c. Jumlah Pendorong Aktif (Ketersediaan pendonor di sekitar)
 - d. Musim atau Peristiwa Khusus (Hari libur, bencana, atau pandemi yang bisa mempengaruhi permintaan darah)
- 2) Fuzzy Inference System (FIS)
 - a. Fuzzifikasi: Mengubah data numerik dari input menjadi nilai keanggotaan fuzzy [12]. Setiap variabel input dikonversi menjadi nilai keanggotaan fuzzy menggunakan fungsi keanggotaan seperti:

Tabel 2. Himpunan Fuzzy

Data Variabel	Nilai Keanggotaan	Range
Stok Darah	Rendah	
	Sedang	
	Tinggi	
Jumlah Donor	Rendah	
	Sedang	
	Tinggi	
Permintaan	Rendah	
	Sedang	
	Tinggi	

Pada domain himpunan fuzzy di atas, kita akan mencari himpunan keanggotaannya untuk data persediaan dengan persamaan (1) (rumus fungsi keanggotaan persediaan rendah:

$$\mu(\text{psd_rendah}) = \begin{cases} 1; & x \leq a \\ (x-a)/(b-a); & a \leq x \leq b \\ 0; & x \geq b \end{cases} \quad (1)$$

Untuk mencari himpunan keanggotaan dengan persediaan sedang menggunakan persamaan (2):

$$\mu(\text{psd_sedang}) = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ (x-a)/(b-a); & a \leq x \leq b \\ (d-x)/(d-c) & b \leq x \leq c \\ 0; & x \geq d \end{cases} \quad (2)$$

Untuk mencari himpunan keanggotaan dengan persediaan tinggi menggunakan persamaan (3):

$$\mu(\text{psd_tinggi}) = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ (x-a)/(b-a); & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases} \quad (3)$$

Pada domain himpunan fuzzy diatas, selanjutnya mencari himpunan keanggotaanya untuk permintaan darah rendah pada persamaan (4):

$$\mu(\text{prm_rendah}) = \begin{cases} 1; & x \leq a \\ (x-a)/(b-a); & a \leq x \leq b \\ 0; & x \geq b \end{cases} \quad (4)$$

Untuk mencari himpunan keanggotaan dengan permintaan darah sedang menggunakan persamaan (5):

$$\mu(\text{prm_sedang}) = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ (x-a)/(b-a); & a \leq x \leq b \\ (d-x)/(d-c) & b \leq x \leq c \\ 0; & x \geq d \end{cases} \quad (5)$$

Untuk mencari himpunan keanggotaan dengan permintaan darah tinggi menggunakan persamaan (6)

$$\mu(\text{prm_tinggi}) = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ (x-a)/(b-a); & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases} \quad (6)$$

Pada domain himpunan fuzzy diatas, selanjutnya mencari himpunan keanggotaanya untuk jumlah darah rendah pada persamaan (7):

$$\mu(\text{pro_rendah}) = \begin{cases} 1; & x \leq a \\ (x - a)/(b - a); & a \leq x \leq b \\ 0; & x \geq b \end{cases} \quad (7)$$

Untuk mencari himpunan keanggotaan dengan permintaan darah sedang menggunakan persamaan (8):

$$\mu(\text{pro_sedang}) = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ (x - a)/(b - a); & a \leq x \leq b \\ (d - x)/(d - c); & b \leq x \leq c \\ 0; & x \geq d \end{cases} \quad (8)$$

Untuk mencari himpunan keanggotaan dengan permintaan tinggi sedang menggunakan persamaan (9):

$$\mu(\text{prm_tinggi}) = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ (x - a)/(b - a); & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases} \quad (9)$$

3) Penerapan Aturan Fuzzy

Pembentukan aturan fuzzy, dengan menyatakan relasi antara input dan output. Operator yang digunakan untuk menghubungkan dua input adalah operator AND dan memetakan antara input dan output adalah IF-THEN, dengan format berikut:

- Jika stok darah rendah dan tren permintaan meningkat, maka kebutuhan darah tinggi.
[R1] **IF** stok darah rendah **AND** permintaan meningkat **THEN** kebutuhan darah tinggi
- Jika stok darah sedang dan jumlah pendonor banyak, maka kebutuhan darah rendah.
[R2] **IF** stok darah sedang **AND** jumlah pendonor banyak **THEN** kebutuhan darah rendah.
- Jika stok darah tinggi tetapi ada peristiwa khusus, maka kebutuhan darah tetap meningkat.
[R3] **IF** stok darah tinggi **AND** ada peristiwa khusus **THEN** kebutuhan darah tetap meningkat.

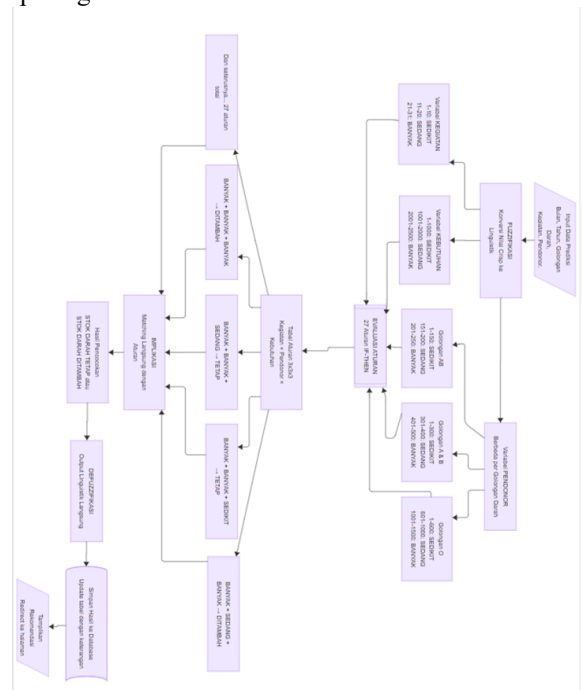
3. Perancangan model

Perancangan model Fuzzy Mamdani dimulai dengan mendefinisikan variabel input dan output yang relevan dengan prediksi stok darah [10]. Variabel input meliputi jumlah stok darah saat ini, tren permintaan, jumlah pendonor aktif, serta faktor eksternal seperti kejadian luar biasa atau musim tertentu yang mempengaruhi kebutuhan darah. Variabel output adalah jumlah stok darah yang direkomendasikan.

a. Flowchart sistem

Flowchart merupakan representasi grafis dari alur kerja atau proses dalam sistem prediksi stok kantong darah. Melalui flowchart, setiap tahapan proses, mulai dari penerimaan data jumlah donor dan permintaan harian, proses fuzzifikasi, inferensi berbasis aturan fuzzy, hingga tahap defuzzifikasi untuk menghasilkan prediksi stok, dapat digambarkan secara

jas dan terstruktur. Adapun flowchart sistem yang dapat dilihat pada gambar berikut.



Gbr. 2 Flowchart sistem

Flowchart ini menggambarkan alur kerja sistem prediksi stok kantong darah yang dikembangkan menggunakan metode Fuzzy Mamdani. Diagram ini menunjukkan bagaimana data diproses secara bertahap untuk menghasilkan output prediksi yang dapat digunakan oleh PMI Kabupaten Magetan.

1) Mulai

Proses dimulai ketika petugas membuka aplikasi prediksi stok darah. Sistem bersiap menerima input yang diperlukan untuk melakukan perhitungan kebutuhan.

2) Input Data Stok Darah, Permintaan, dan Donor

Pada tahap ini, petugas PMI memasukkan data harian yang terdiri dari:

- Jumlah stok kantong darah untuk setiap golongan (A, B, AB, O),
- Permintaan darah dari rumah sakit,
- Jumlah pendonor aktif pada hari tersebut.

Data ini bisa dimasukkan secara manual atau diambil dari sistem manajemen database jika tersedia.

3) Fuzzifikasi Data

Data numerik yang telah dimasukkan kemudian diubah menjadi bentuk linguistik menggunakan fungsi keanggotaan fuzzy. Misalnya:

Stok = “rendah”, “sedang”, “tinggi”

Permintaan = “rendah”, “tinggi”

Donor = “sedikit”, “banyak”

Tahap ini memungkinkan sistem untuk menangani ketidakpastian dan variasi yang umum dalam data real-world.

4) Evaluasi Aturan Fuzzy

Nilai-nilai linguistik hasil fuzzifikasi kemudian diproses dengan aturan IF-THEN yang telah ditetapkan sebelumnya. Sistem mengevaluasi kombinasi input terhadap basis aturan fuzzy untuk menentukan derajat keanggotaan dari kemungkinan output.

5) Defuzzifikasi

Output fuzzy dari proses inferensi kemudian dikonversi menjadi angka konkret (numerik). Proses ini dikenal sebagai defuzzifikasi, biasanya menggunakan metode centroid, untuk menghasilkan prediksi dalam bentuk jumlah kantung darah yang direkomendasikan.

6) Output Prediksi Kebutuhan Darah

Hasil defuzzifikasi ditampilkan sebagai prediksi kebutuhan darah. Output bisa berupa nilai absolut (misalnya “85 kantung darah”) atau klasifikasi kondisi (seperti “stok aman”, “waspada”, “kritis”).

7) Simpan & Tampilkan Hasil

Prediksi yang dihasilkan disimpan ke dalam sistem dan ditampilkan pada antarmuka pengguna. Petugas dapat mencetak atau membagikan hasilnya sebagai dasar pengambilan keputusan/

8) Selesai

Proses selesai. Sistem siap untuk menerima input data berikutnya atau diakhiri sesuai kebutuhan pengguna

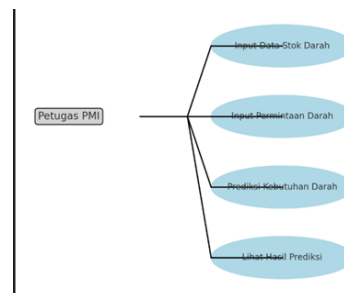
b. Use Case Diagram

Use Case Diagram yang ditampilkan menggambarkan interaksi antara pengguna utama sistem, yaitu Petugas PMI, dengan fitur-fitur utama yang tersedia dalam aplikasi prediksi stok darah berbasis Fuzzy Mamdani [13]. Diagram ini dirancang untuk mempermudah pemahaman mengenai alur interaksi sistem dan bagaimana sistem dapat digunakan dalam konteks operasional sehari-hari di PMI Kabupaten Magetan.

Aktor utama dalam diagram ini adalah Admin (petugas PMI) yang bertanggung jawab atas pengelolaan data stok dan prediksi kebutuhan darah. Aktor ini akan berinteraksi dengan empat use case utama dalam sistem, yaitu:

1. Input Data Stok Darah
2. Input Permintaan Darah
3. Prediksi Kebutuhan Darah
4. Lihat Hasil Prediksi

Pada use case pertama, Input Data Stok Darah, petugas PMI diminta untuk menginputkan data persediaan darah harian berdasarkan golongan darah (A, B, AB, dan O). Informasi ini menjadi salah satu parameter utama dalam sistem fuzzy yang digunakan untuk menganalisis kondisi stok saat ini.



Gbr. 3 Use case diagram admin/petugas

Selanjutnya, Input Permintaan Darah memungkinkan petugas memasukkan data permintaan harian yang berasal dari rumah sakit atau kebutuhan mendesak. Permintaan ini bisa bersifat harian, mingguan, atau berdasarkan peristiwa khusus seperti bencana, kecelakaan massal, atau kegiatan donor massal. Data permintaan ini penting dalam perhitungan model fuzzy sebagai representasi kebutuhan mendatang.

Use case ketiga, Prediksi Kebutuhan Darah, merupakan inti dari sistem berbasis Fuzzy Mamdani. Setelah data input dimasukkan, sistem akan memproses data tersebut melalui tahapan inferensi fuzzy. Proses ini melibatkan fungsi keanggotaan dari masing-masing variabel input, aturan fuzzy (IF-THEN), serta defuzzifikasi untuk menghasilkan nilai prediksi konkret. Hasilnya adalah estimasi jumlah kantung darah yang ideal untuk disiapkan pada bulan berikutnya, guna mencegah kekurangan atau kelebihan stok.

Terakhir, melalui Lihat Hasil Prediksi, petugas PMI dapat melihat hasil prediksi dalam format yang mudah dipahami, baik dalam bentuk angka, grafik, maupun status kategori (misal: aman, waspada, atau kritis). Tampilan ini akan membantu pengambilan keputusan strategis seperti penjadwalan donor darah, pengiriman stok antar wilayah, atau pembatasan permintaan dari rumah sakit jika stok menipis.

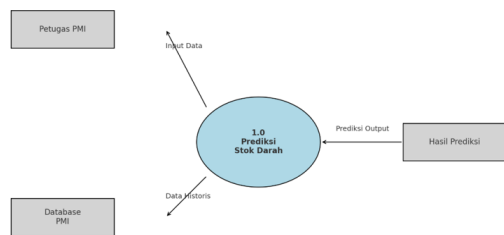
Dengan struktur diagram ini, dapat dilihat bahwa sistem tidak hanya bersifat pasif dalam mencatat data, tetapi juga aktif dalam memberikan rekomendasi berbasis kecerdasan buatan. Penggunaan logika fuzzy memungkinkan sistem untuk mempertimbangkan ketidakpastian dan variasi dalam data, yang umumnya sulit ditangani oleh metode konvensional.

Secara keseluruhan, use case diagram ini menggambarkan sistem aplikasi yang praktis, efisien, dan adaptif terhadap kebutuhan operasional PMI. Implementasi aplikasi berbasis Fuzzy Mamdani diharapkan dapat meningkatkan akurasi prediksi stok darah dan mendukung keberlangsungan pelayanan kesehatan yang lebih baik di Kabupaten Magetan.

c. Data Flow Diagram

Data Flow Diagram (DFD) merupakan representasi grafis yang menggambarkan aliran data, proses pengolahan informasi, serta interaksi antara entitas eksternal dengan sistem prediksi kantong darah [14]. Melalui gambar 3.2 DFD dibawah ini, alur data dari proses penerimaan informasi jumlah donor dan permintaan darah, pengolahan prediksi berbasis Fuzzy Mamdani, hingga hasil prediksi ketersediaan kantong darah dapat divisualisasikan secara terstruktur. DFD membantu dalam memahami bagaimana data mengalir dan

diproses di dalam sistem, sehingga mempermudah proses perancangan, analisis, dan pengembangan sistem prediksi yang lebih efektif dan efisien.



Gbr. 4 DFD level 0 sistem prediksi

Data Flow Diagram (DFD) Level 0 menggambarkan alur data utama dalam sistem prediksi stok kantung darah berbasis metode Fuzzy Mamdani yang dikembangkan di lingkungan PMI Kabupaten Magetan. Diagram ini menunjukkan entitas eksternal, aliran data, dan proses utama yang membentuk sistem.

1) Entitas Eksternal

Terdapat dua entitas eksternal dalam sistem ini:

Admin / Petugas PMI: Bertindak sebagai pengguna utama sistem. Petugas ini bertugas memasukkan data terkini mengenai stok darah dan permintaan darah ke dalam sistem. Petugas juga akan menggunakan sistem untuk mendapatkan rekomendasi prediksi jumlah stok yang dibutuhkan.

Database PMI: Merupakan sumber data historis yang berisi informasi tentang jumlah permintaan darah, jumlah donor, dan stok darah pada periode-periode sebelumnya. Data ini menjadi masukan penting untuk proses inferensi fuzzy dalam sistem.

2) Proses Utama-Prediksi Stok Darah (Proses 1.0)

Pusat dari DFD ini adalah proses “1.0 Prediksi Stok Darah”. Proses ini merupakan inti dari sistem, di mana:

- Data input berupa stok darah saat ini, jumlah permintaan darah, dan jumlah pendonor aktif dimasukkan oleh Petugas PMI.
- Sistem kemudian mengambil data historis dari Database PMI untuk melengkapi data pelatihan yang digunakan dalam prediksi.
- Model Fuzzy Mamdani memproses semua input melalui mekanisme fuzzy inference (fuzzifikasi, rule evaluation, dan defuzzifikasi) untuk menghasilkan nilai prediksi.

3) Alur Data

- Input Data mengalir dari Petugas PMI menuju ke proses 1.0. Ini mencakup data real-time yang diinputkan secara manual atau melalui antarmuka aplikasi.
- Data Historis mengalir dari Database PMI menuju proses 1.0 sebagai acuan pola permintaan sebelumnya.

- Prediksi Output dihasilkan dari proses fuzzy dan dikirimkan kembali ke Petugas PMI dalam bentuk hasil prediksi, baik dalam angka maupun kategori (misalnya: stok aman, perlu ditambah, atau kritis).

4) Output-Hasil Prediksi

Hasil dari proses ini adalah “Hasil Prediksi”, yang dapat digunakan oleh petugas untuk mengambil tindakan seperti melakukan permintaan donor massal, mendistribusikan stok antar unit, atau mempertahankan kondisi stok saat ini.

d. DFD Level 1

DFD Level 1 menyajikan rincian dari proses utama “Prediksi Stok Darah” yang sebelumnya digambarkan dalam DFD Level 0. Diagram ini memperinci alur data antar sub-proses dalam sistem prediksi stok darah berbasis logika Fuzzy Mamdani, yang menjadi inti dalam pembuatan aplikasi pendukung keputusan di PMI Kabupaten Magetan.

a. Entitas Eksternal

Petugas PMI: Berperan sebagai inputter data stok dan permintaan darah. Mereka memasukkan data melalui antarmuka aplikasi yang kemudian diproses oleh sistem.

Database Historis: Berisi data historis stok, permintaan, dan jumlah donor yang menjadi referensi penting untuk evaluasi fuzzy.

Laporan Prediksi: Output akhir sistem yang berupa hasil prediksi jumlah stok darah yang dibutuhkan dalam periode tertentu.

b. Sub-Proses Sistem

1.1 Fuzzifikasi Data

Tahapan pertama dalam sistem adalah mengubah nilai numerik (stok darah, permintaan, jumlah donor) menjadi nilai linguistik (rendah, sedang, tinggi) berdasarkan fungsi keanggotaan. Proses ini memungkinkan sistem menangani input yang tidak pasti atau bersifat kabur.

1.2 Evaluasi Aturan Fuzzy

Nilai linguistik hasil fuzzifikasi kemudian digunakan dalam rangkaian aturan fuzzy IF-THEN yang telah dirancang sebelumnya. Misalnya, “Jika stok rendah dan permintaan tinggi, maka kebutuhan tinggi.” Evaluasi aturan ini menentukan output fuzzy.

1.3 Defuzzifikasi

Output fuzzy (berbentuk linguistik) dari proses sebelumnya diubah kembali menjadi nilai numerik konkret, seperti “prediksi kebutuhan: 85 kantong darah.” Proses defuzzifikasi menggunakan metode centroid atau metode lainnya yang sesuai.

1.4 Tampilkan Hasil Prediksi

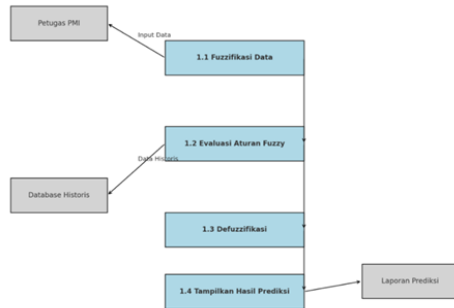
Nilai hasil defuzzifikasi ditampilkan kepada pengguna dalam bentuk laporan prediksi. Laporan ini dapat disajikan dalam bentuk tabel, grafik tren, atau status visual seperti aman, waspada, dan kritis.

c. Alur Data

Input Data dari petugas PMI masuk ke proses fuzzifikasi.

Data Historis dari database digunakan saat evaluasi aturan fuzzy untuk memperkuat logika prediksi.

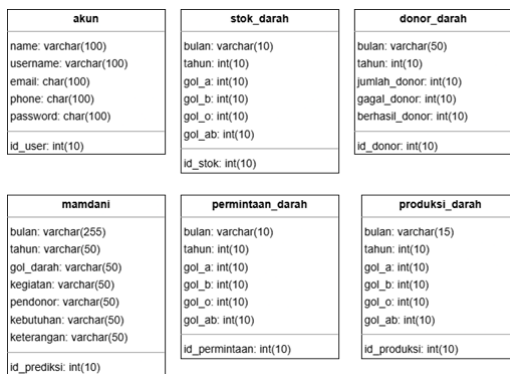
Output dari proses defuzzifikasi dialirkan ke layar/antarmuka laporan agar dapat diakses kembali oleh petugas.



Gbr. 5 DFD level 1 sistem prediksi

e. Entity Relationship Diagram

Entity Relationship Diagram (ERD) merupakan model grafis yang digunakan untuk merepresentasikan hubungan antar-entitas dalam sistem prediksi kantong darah [15]. ERD memetakan komponen-komponen penting seperti data pendonor, permintaan darah, prediksi stok, dan hasil pengolahan fuzzy ke dalam bentuk entitas yang saling berelasi. Dengan menggunakan ERD pada gambar 3.6, struktur basis data sistem dapat dirancang secara terstruktur dan mudah dipahami, sehingga mendukung proses penyimpanan dan pengambilan data secara efisien dalam implementasi sistem prediksi kantong darah di PMI.



Gbr. 6 Entity relationship diagram

ERD ini menggambarkan struktur basis data dari aplikasi prediksi persediaan kantong darah, yang mencakup lima entitas utama.

5) Implementasi model

Model Fuzzy Mamdani yang telah dirancang kemudian diimplementasikan dalam sebuah aplikasi berbasis web atau desktop menggunakan bahasa pemrograman seperti Python dengan pustaka skfuzzy, atau MATLAB untuk keperluan simulasi [12]. Aplikasi ini akan memungkinkan PMI untuk

memasukkan data stok darah dan mendapatkan rekomendasi jumlah stok yang diperlukan.

Proses implementasi melibatkan pengembangan antarmuka pengguna (UI) yang intuitif agar mudah digunakan oleh petugas PMI. Perancangan antarmuka merupakan tahap penting dalam pengembangan sistem prediksi kantong darah, di mana tampilan interaksi antara pengguna dan sistem dirancang secara intuitif dan user-friendly. Antarmuka yang baik akan memudahkan pengguna dalam memasukkan data jumlah donor dan permintaan darah, mengakses hasil prediksi stok, serta memantau ketersediaan kantong darah di setiap golongan. Melalui perancangan yang sistematis, diharapkan proses prediksi menjadi lebih efisien dan akurat, sehingga mendukung pengelolaan stok darah yang optimal di PMI.

Selain itu, dilakukan integrasi dengan database untuk menyimpan data historis stok darah guna memperbarui prediksi secara real-time. Setelah aplikasi dikembangkan, dilakukan pengujian untuk memastikan bahwa model berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Pengujian dilakukan dengan memasukkan data historis sebagai input dan memverifikasi apakah output yang dihasilkan sesuai dengan tren yang telah diamati sebelumnya.

a. Pengujian Black Box

Pengujian perangkat lunak dilakukan melalui metode black box testing, yang berfokus pada fungsionalitas eksternal perangkat lunak tanpa memperhatikan struktur internal kode. Metode ini melibatkan pengujian terhadap input dan output yang diharapkan dari perangkat lunak, serta kemampuan sistem untuk menghasilkan hasil yang sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan. Pengujian black box mencakup skenario penggunaan umum dan edge case untuk memastikan bahwa perangkat lunak berfungsi dengan benar dari perspektif pengguna akhir.

Jika ditemukan masalah selama pengujian black box, fokus utamanya adalah pada hasil yang tidak sesuai atau perilaku yang tidak diharapkan dari perangkat lunak, yang kemudian akan diperbaiki oleh pengembang. Dengan menggunakan black box testing, perangkat lunak diuji secara menyeluruh dari sudut pandang fungsionalitas eksternalnya, memastikan bahwa sistem dapat beroperasi dengan baik sesuai dengan kebutuhan pengguna.

6) Validasi dan evaluasi

Validasi model dilakukan dengan mengukur tingkat akurasi prediksi menggunakan Mean Absolute Percentage Error (MAPE). MAPE dihitung dengan membandingkan hasil prediksi model dengan data aktual stok darah yang tersedia. Semakin kecil nilai MAPE, semakin tinggi akurasi model.

Evaluasi juga mencakup perbandingan antara hasil prediksi model dengan metode konvensional yang saat ini digunakan oleh PMI. Jika model fuzzy memberikan hasil yang lebih baik dalam mengantisipasi kebutuhan stok darah, maka model ini dapat diimplementasikan sebagai sistem pendukung keputusan bagi PMI Kabupaten Magetan.

Selain pengukuran MAPE, dilakukan analisis kesalahan prediksi untuk memahami faktor-faktor yang menyebabkan deviasi hasil prediksi dari data aktual. Dengan cara ini, model

dapat terus diperbaiki agar memberikan hasil yang lebih presisi.

7) Analisis hasil & kesimpulan

Setelah model diuji dan divalidasi, dilakukan analisis terhadap hasil prediksi untuk mengidentifikasi pola kebutuhan darah yang lebih baik. Analisis ini mencakup perbandingan prediksi dengan pola permintaan sebenarnya serta evaluasi dampak dari penerapan model dalam perencanaan stok darah.

Berdasarkan hasil analisis, dibuat kesimpulan mengenai efektivitas metode Fuzzy Mamdani dalam optimasi stok darah. Jika hasil menunjukkan bahwa model ini dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan stok darah, maka direkomendasikan untuk mengadopsi sistem berbasis fuzzy ini di PMI Kabupaten Magetan. Kesimpulan akhir mencakup rekomendasi untuk pengembangan lebih lanjut, seperti integrasi model dengan sistem berbasis IoT atau pengembangan lebih lanjut menggunakan metode machine learning untuk meningkatkan akurasi prediksi.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Implementasi Algoritma

Implementasi algoritma Fuzzy Mamdani pada sistem prediksi kantong darah bertujuan untuk mengoptimalkan perhitungan stok berdasarkan data jumlah pendonor dan permintaan darah setiap harinya [7], [16]. Melalui pendekatan berbasis logika fuzzy, sistem dapat menangani ketidakpastian data dan menghasilkan prediksi yang lebih akurat dibandingkan dengan metode konvensional [17]. Proses implementasi meliputi tahapan fuzzifikasi, pembentukan aturan fuzzy, inferensi, dan defuzzifikasi yang diintegrasikan secara menyeluruh ke dalam sistem, sehingga mampu membantu PMI dalam mengelola ketersediaan darah secara efektif dan efisien.

```
function ShowDataPrediksi() //untuk menampilkan tabel di halaman awal
{
    $data = $this->db->get('prediksi_mamdani');
    return $data;
}

function darah($id_prediksi)
{
    $sql = $this->db->query("SELECT * FROM prediksi_mamdani WHERE id_prediksi='$id_prediksi'");
    return $sql->result();
}

function input() //untuk menambahkan data berdasarkan database
{
    $data = array(
        'bulan' => $this->input->post('bulan'),
        'tahun' => $this->input->post('tahun'),
        'gol_darah' => $this->input->post('gol_darah'),
        'kegiatan' => $this->input->post('kegiatan'),
        'pendonor' => $this->input->post('pendonor'),
        'kebutuhan' => $this->input->post('kebutuhan')
    );

    $this->db->insert('prediksi_mamdani',$data); //name database
}

function DeleteDataPrediksi($id_prediksi) //hapus data berdasarkan id
{
    $this->db->where('id_prediksi',$id_prediksi);
    return $this->db->delete('prediksi_mamdani');
}

function get_data_laporan_stok_darah_selected($id_prediksi) //mengambil data dari database
{
    $this->db->where('id_prediksi',$id_prediksi);
    return $this->db->get('prediksi_mamdani'); //name database
}
```

Gbr. 7 Coding fuzzy

```
function proses($id_prediksi)
{
    //proses homomorf dari semua kepada kriteria LULUS ATAU TIDAK
    $data['prediksi_mamdani'] = $this->M_mamdani->prediksi_mamdani($id_prediksi);

    foreach($data['prediksi_mamdani'] as $row)
    {
        $id_prediksi = $row->id_prediksi;
        $bulan = $row->bulan;
        $tahun = $row->tahun;
        $gol_darah = $row->gol_darah;
        $kegiatan = $row->kegiatan;
        $pendonor = $row->pendonor;
        $kebutuhan = $row->kebutuhan;

        if($kegiatan == "BANYAK" && $pendonor == "BANYAK" && $kebutuhan == "BANYAK")
        {
            $hasil = "STOK DARAH DITAMBAH";
        }
        elseif($kegiatan == "BANYAK" && $pendonor == "BANYAK" && $kebutuhan == "SEDANG")
        {
            $hasil = "STOK DARAH TETAP";
        }
        elseif($kegiatan == "BANYAK" && $pendonor == "BANYAK" && $kebutuhan == "SEDikit")
        {
            $hasil = "STOK DARAH TETAP";
        }
        elseif($kegiatan == "BANYAK" && $pendonor == "SEDANG" && $kebutuhan == "BANYAK")
        {
            $hasil = "STOK DARAH DITAMBAH";
        }
        elseif($kegiatan == "BANYAK" && $pendonor == "SEDANG" && $kebutuhan == "SEDANG")
        {
            $hasil = "STOK DARAH TETAP";
        }
    }
}
```

Gbr. 8 Fungsi prediksi pada proses prediksi

B. Implementasi Database

Implementasi database menggunakan MySQL pada sistem prediksi kantong darah berperan penting dalam mengelola data secara terstruktur dan efisien. MySQL dipilih karena kemampuannya dalam mengolah data dalam skala besar, performa yang tinggi, serta dukungan terhadap transaksi yang aman dan andal. Pada sistem ini, database akan menyimpan informasi terkait pendonor, permintaan darah, stok darah setiap golongan, serta hasil prediksi yang dihasilkan oleh algoritma fuzzy.

1. Tabel akun

#	Name	Type
☐ 1	id_user	int(10)
☐ 2	name	varchar(100)
☐ 3	username	varchar(100)
☐ 4	email	char(100)
☐ 5	phone	char(100)
☐ 6	password	char(100)

Gbr. 9 Tabel akun

2. Tabel donor darah

#	Name	Type
☐ 1	id_donor	int(10)
☐ 2	bulan	varchar(50)
☐ 3	tahun	int(10)
☐ 4	jumlah_donor	int(10)
☐ 5	gagal_donor	int(10)
☐ 6	berhasil_donor	int(10)

Gbr. 10 Tabel donor darah

3. Tabel mamdani

#	Name	Type
☐ 1	id_prediksi	int(10)
☐ 2	bulan	varchar(255)
☐ 3	tahun	varchar(50)
☐ 4	gol_darah	varchar(50)
☐ 5	kegiatan	varchar(50)
☐ 6	pendonor	varchar(50)
☐ 7	kebutuhan	varchar(50)
☐ 8	keterangan	varchar(50)

Gbr. 11 Tabel mamdani

4. Tabel permintaan darah

#	Name	Type
☐ 1	id_permintaan	int(10)
☐ 2	bulan	varchar(10)
☐ 3	tahun	int(10)
☐ 4	gol_a	int(10)
☐ 5	gol_b	int(10)
☐ 6	gol_o	int(10)
☐ 7	gol_ab	int(10)

Gbr. 12 Tabel permintaan darah

5. Tabel produksi darah

#	Name	Type
☐ 1	id_produksi	int(10)
☐ 2	bulan	varchar(15)
☐ 3	tahun	int(10)
☐ 4	gol_a	int(10)
☐ 5	gol_b	int(10)
☐ 6	gol_o	int(10)
☐ 7	gol_ab	int(10)

Gbr. 13 Tabel produksi darah

6. Tabel stok darah

#	Name	Type
☐ 1	id_stok	int(10)
☐ 2	bulan	varchar(10)
☐ 3	tahun	int(10)
☐ 4	gol_a	int(10)
☐ 5	gol_b	int(10)
☐ 6	gol_o	int(10)
☐ 7	gol_ab	int(10)

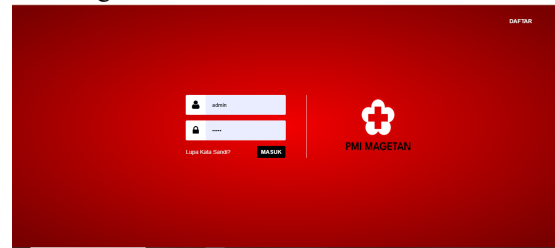
Gbr. 14 Tabel stok darah

C. Implementasi Antarmuka

Implementasi User Interface (UI) pada sistem prediksi kantong darah bertujuan untuk mempermudah interaksi antara pengguna dan sistem secara intuitif dan responsif [18]. Antarmuka yang dirancang meliputi fitur input data pendonor dan permintaan darah, tampilan hasil prediksi stok kantong darah, serta informasi ketersediaan darah berdasarkan golongan. Dengan desain yang sederhana dan informatif,

pengguna dapat dengan mudah mengakses informasi yang dibutuhkan, sehingga proses monitoring dan pengambilan keputusan di PMI menjadi lebih cepat dan efisien.

1. Halaman login



Gbr. 15 Halaman login

2. Halaman beranda



Gbr. 16 Halaman beranda

3. Halaman tabel donor darah

No.	Bulan	Tahun	Jumlah Donor	Golup Darah	Reaksi Darah	Adas
1	April	2023	3800	675	1700	Donating
2	Mei	2023	3400	688	2867	Donating
3	Juni	2023	625	163	462	Donating
4	Juli	2023	2271	654	1617	Donating
5	Agustus	2023	2841	750	2100	Donating
6	September	2023	2140	447	1693	Donating
7	Oktober	2023	2140	440	2042	Donating
8	November	2023	2760	160	1600	Donating
9	Desember	2023	1840	676	1164	Donating
10	Januari	2024	2240	670	1600	Donating
11	Februari	2024	2270	630	1638	Donating
12	Maret	2024	2000	600	1400	Donating

Gbr. 17 Halaman tabel donor darah

4. Halaman grafik donor darah



Gbr. 18 Halaman grafik donor darah

5. Halaman grafik produksi darah



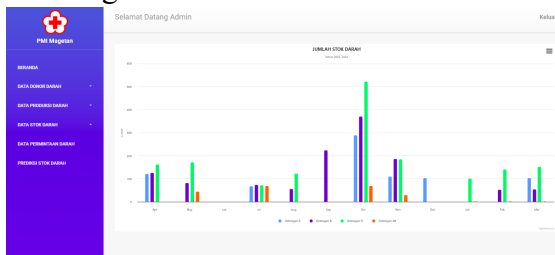
Gbr. 19 Halaman grafik produksi darah

6. Halaman tabel stok darah

No.	Bulan	Tahun	Colongkan A	Colongkan B	Colongkan C	Colongkan AB	Status	Aksi
1	April	2023	120	120	111	111	Stok	Hapus
2	Mei	2023	140	140	112	112	Stok	Hapus
3	Juni	2023	150	150	113	113	Stok	Hapus
4	Juli	2023	160	160	114	114	Stok	Hapus
5	Agustus	2023	170	170	115	115	Stok	Hapus
6	September	2023	180	180	116	116	Stok	Hapus
7	Oktober	2023	190	190	117	117	Stok	Hapus
8	November	2023	200	200	118	118	Stok	Hapus
9	Desember	2023	210	210	119	119	Stok	Hapus
10	Januari	2024	220	220	120	120	Stok	Hapus
11	Februari	2024	230	230	121	121	Stok	Hapus
12	Maret	2024	240	240	122	122	Stok	Hapus

Gbr. 20 Halaman tabel stok darah

7. Halaman grafik stok darah



Gbr. 21 Halaman grafik stok darah

8. Halaman data permintaan darah

No.	Bulan	Tahun	Colongkan A	Colongkan B	Colongkan C	Colongkan AB	Status	Aksi
1	April	2023	24	400	150	100	Stok	Hapus
2	Mei	2023	744	140	750	110	Stok	Hapus
3	Juni	2023	411	440	470	120	Stok	Hapus
4	Juli	2023	405	410	490	110	Stok	Hapus
5	Agustus	2023	559	537	537	101	Stok	Hapus
6	September	2023	628	676	610	246	Stok	Hapus
7	Oktober	2023	613	490	490	100	Stok	Hapus
8	November	2023	441	300	410	100	Stok	Hapus
9	Desember	2023	441	470	500	110	Stok	Hapus
10	Januari	2024	611	300	470	142	Stok	Hapus
11	Februari	2024	431	300	400	100	Stok	Hapus
12	Maret	2024	352	300	400	110	Stok	Hapus

Gbr. 22 Halaman data permintaan darah

9. Halaman prediksi stok darah

No.	Bulan	Tahun	Colongkan A	Colongkan B	Colongkan C	Colongkan AB	Status	Aksi
1	April	2023	A	BA000A	BA000A	BA000A	STOK DARAH TETAP	Hapus
2	Mei	2023	B	BA000A	BA000A	BA000A	STOK DARAH TETAP	Hapus
3	Juni	2023	C	BA000A	BA000A	BA000A	STOK DARAH TETAP	Hapus
4	Juli	2023	AB	BA000A	BA000A	BA000A	STOK DARAH TETAP	Hapus
5	Agustus	2023	A	BA000A	BA000A	BA000A	STOK DARAH TETAP	Hapus
6	September	2023	B	BA000A	BA000A	BA000A	STOK DARAH TETAP	Hapus
7	Oktober	2023	C	BA000A	BA000A	BA000A	STOK DARAH TETAP	Hapus
8	November	2023	AB	BA000A	BA000A	BA000A	STOK DARAH TETAP	Hapus
9	Desember	2023	A	BA000A	BA000A	BA000A	STOK DARAH TETAP	Hapus
10	Januari	2024	B	BA000A	BA000A	BA000A	STOK DARAH TETAP	Hapus
11	Februari	2024	C	BA000A	BA000A	BA000A	STOK DARAH TETAP	Hapus
12	Maret	2024	AB	BA000A	BA000A	BA000A	STOK DARAH TETAP	Hapus
13	April	2024	A	BA000A	BA000A	BA000A	STOK DARAH TETAP	Hapus

Gbr. 23 Halaman prediksi stok darah

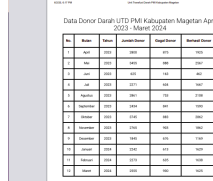
D. Pengujian Sistem

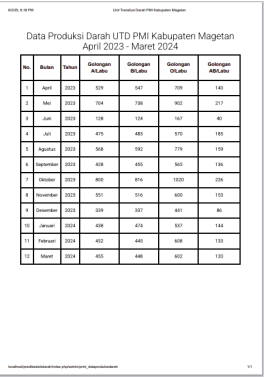
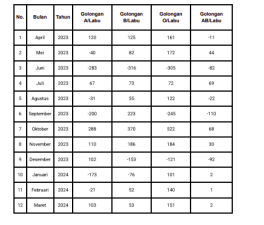
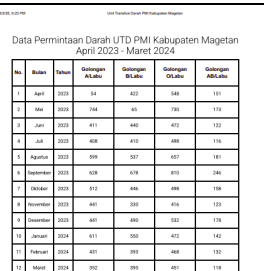
Perangkat lunak diuji menggunakan spesifikasi fungsionalnya selama pengujian "kotak hitam", yang tidak termasuk pengujian cara kerja atau kode internal program. Hal ini menunjukkan bahwa kode atau skrip perangkat lunak tidak disentuh selama pengujian hanya fungsi, antarmuka, dan aliran yang diperiksa. Berikut skenario pengujian Sistem Prediksi Stok kantong Darah :

1. admin login dengan meng-input-kan username dan password
2. admin dapat menambahkan data donor darah
3. admin dapat mencetak laporan data donor darah
4. admin dapat menambah data produksi darah
5. admin dapat mencetak laporan produksi darah
6. admin dapat menambah data stok darah
7. admin dapat mencetak laporan stok darah
8. admin dapat menambah data permintaan darah
9. admin dapat mencetak laporan permintaan darah
10. admin dapat memproses data prediksi darah
11. admin dapat menghapus data prediksi darah
12. admin dapat menambah data prediksi stok darah
13. admin dapat mencetak laporan data prediksi stok darah

Proses pengujian dengan menggunakan metode blackbox dapat dilihat pada tabel pengujian berikut:

Tabel 3. Pengujian blak box

Skenario Pengujian	Hasil yang diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
 input username dan password pada halaman login	Login sesuai dengan username dan password dan masuk halaman beranda	Sesuai	Valid
 Admin dapat menambahkan data donor darah	Input data donor darah dan tampil pada tabel dan grafik data donor darah	Sesuai	Valid
 Admin dapat mencetak laporan data donor darah	Menampilkan laporan data donor darah	Sesuai	Valid
 Admin dapat menambahkan data	Input data produksi darah dan tampil pada tabel dan grafik data	Sesuai	Valid

produksi darah	produksi darah				Proses perhitungan prediksi stok darah	Sesuai	Valid
Admin dapat mencetak laporan data produksi darah	Menampilkan laporan data produksi darah	Sesuai	Valid		Admin dapat menghapus data proses prediksi stok darah	Sesuai	Valid
Admin dapat menambah data stok darah	Input data stok darah dan tampil pada tabel dan grafik data stok darah	Sesuai	Valid		Input data yang akan diproses pada perhitungan prediksi stok darah	Sesuai	Valid
Admin mencetak data stok darah	Menampilkan laporan data stok darah	Sesuai	Valid		Admin dapat menambahkan data untuk diproses prediksi stok darah	Sesuai	Valid
Admin dapat menambah data permintaan darah	Input data permintaan darah dan tampil pada tabel dan grafik data permintaan darah	Sesuai	Valid		Admin dapat mencetak laporan hasil akhir prediksi stok darah	Sesuai	Valid
Admin dapat mencetak data permintaan darah	Menampilkan laporan data permintaan darah	Sesuai	Valid				

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai prediksi stok kantung darah di PMI Kabupaten Magetan menggunakan metode Fuzzy Mamdani, dapat disimpulkan bahwa pendekatan ini efektif dalam mengatasi ketidakpastian dan fluktuasi permintaan serta ketersediaan darah yang dinamis. Model prediksi yang dikembangkan mampu menghasilkan estimasi kebutuhan darah yang akurat berdasarkan input variabel seperti stok darah, jumlah pendonor, dan permintaan harian, yang kemudian diolah melalui proses fuzzifikasi, evaluasi aturan fuzzy, dan defuzzifikasi untuk menghasilkan output numerik yang konkret. Sistem ini telah terbukti valid melalui pengujian black box dan perhitungan akurasi dengan MAPE yang menunjukkan tingkat kesalahan prediksi yang rendah. Dengan adanya prediksi yang lebih presisi dan real-time, PMI dapat mengoptimalkan manajemen distribusi dan pengadaan darah, mengurangi risiko kekurangan atau kelebihan stok, serta meningkatkan efisiensi pelayanan kesehatan. Untuk pengembangan lebih lanjut, disarankan agar sistem ini diperluas dengan menambahkan variabel eksternal seperti

musim dan hari besar, mengintegrasikan dengan perangkat IoT untuk pembaruan data otomatis, memperluas uji coba ke berbagai cabang PMI dengan karakteristik demografis yang berbeda, serta menyempurnakan antarmuka pengguna agar lebih responsif dan mudah digunakan oleh petugas lapangan. Pendekatan ini tidak hanya memperkuat basis pengambilan keputusan di PMI, tetapi juga menjadi kontribusi signifikan dalam penerapan sistem cerdas berbasis logika fuzzy untuk manajemen inventori yang kritis di sektor kesehatan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Jurusan Teknik Informatika atas segala ilmu dan bimbingan yang telah dicurahkan kepada penulis. Selain itu, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Palang Merah Indonesia (PMI) Kabupaten Magetan atas kesempatan, kerjasama, serta data yang diberikan selama proses penelitian. Kontribusi dan kepercayaan yang diberikan sangat berarti bagi kelancaran pengumpulan data serta validasi model prediksi yang dikembangkan.

REFERENSI

- [1] A. Aditia, V. S. Samwidya, A. Nuswantoro, H. Djohan, S. Supriyanto, and N. Reza, "Kajian Tentang Penurunan Jumlah Donor Darah Akibat Pandemi Covid-19: Data Selama 4 Tahun Dari Udd Pmi Kota Pontianak," *Media Penelitian Dan Pengembangan Kesehatan*, vol. 32, no. 4, pp. 16–22, 2022, doi: 10.34011/jmp2k.v32i4.1890.
- [2] N. Ni'mah and G. Sukarno, "Pengabdian Donor Darah Pada Masyarakat Di Kabupaten Sidoarjo Oleh PT Telkom Akses," *Unggulan*, vol. 1, no. 3, pp. 27–32, Jul. 2024, doi: 10.62951/unggulan.v1i3.294.
- [3] N. W. Astuti, N. Purnamaningsih, and T. Sunarsih, "Overview of Blood Stocks and Demand During the COVID-19 Pandemic in Blood Donation Unit PMI Sleman Yogyakarta," *Jurnal Profesi Medika: Jurnal Kedokteran Dan Kesehatan*, vol. 15, no. 1, 2021, doi: 10.33533/jpm.v15i1.2910.
- [4] I. S. Ramadani, R. F. Sari, and H. Cipta, "Fuzzy Mamdani Forecasting of Blood Bag Supply At Indonesian Red Cross Blood In Deli Serdang Regency Unit," p. 10, 2022.
- [5] S. Raghu, L. B. D Souza, M. N. Raghu, and A. Yashovardhan, "Availability of Blood Components and Utilization in a Teaching Hospital Blood Center," *QAI Journal for Healthcare Quality and Patient Safety*, vol. 3, no. 2, pp. 37–43, 2022, doi: 10.4103/QAIJ.QAIJ_19_22.
- [6] S. TIME and E. Edi, "Perancangan Sistem Prediksi Kebutuhan Stok Darah Bagi Organisasi Non Profit Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani," *Majalah Ilmiah METHODA*, vol. 13, no. 3, pp. 261–267, 2023, doi: 10.46880/methoda.Vol13No3.pp261-267.
- [7] V. A. Putri and S. Sitepu, "Perbandingan Akurasi Metode Fuzzy Mamdani dan Fuzzy Sugeno dalam Memprediksi Kebutuhan Darah PMI Kota Medan," *FARABI: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, vol. 7, no. 2, pp. 152–162, 2024, doi: 10.47662/farabi.v7i2.757.
- [8] E. R. Wulan, G. Sandi, S. Shahira, M. D. Firdaus, and Y. Saputra, "The fuzzy Mamdani implementation to predict blood stock needs in blood transfusion unit of Palang Merah Indonesia (PMI) in Bandung district," in *Journal of Physics: Conference Series*, 2019, p. 066107. doi: 10.1088/1742-6596/1402/6/066107.
- [9] S. Sophian, "Sistem Informasi Palang Merah Indonesia (PMI) Dengan Menggunakan Visual Basic.Net," *EI*, vol. 2, no. 2, pp. 192–202, Feb. 2017, doi: 10.22202/ei.2016.v2i2.1463.
- [10] R. Saatchi, "Fuzzy Logic Concepts, Developments and Implementation," *Information*, vol. 15, no. 10, p. 656, 2024, doi: 10.3390/info15100656.
- [11] R. Anggari, M. Ifandi, N. Arianto, and A. Septiarini, "Penerapan Fuzzy Inference System Metode Tsukamoto untuk Pengukuran Tingkat Inflasi Suatu Negara," *Journal of Computer Science and Information Technology*, vol. 2, no. 3, 2025.
- [12] S. Kusuma and H. Purnomo, *Logika fuzzy Untuk Pendukung Keputusan Edisi 2*, 2nd ed. Graha Ilmu, 2013.
- [13] R. P. Manik, A. R. Perdanakusuma, and M. C. Saputra, "Evaluasi Biaya Perangkat Lunak Menggunakan Metode Fuzzy Use Case Point".
- [14] M. Rahmadan and C. E. Gunawan, "Perancangan Data Flow Diagram Aplikasi Tabungan Sampah Pt Pusri Palembang," vol. 3, 2024.
- [15] S. M. Pulungan, R. Febrianti, T. Lestari, N. Gurning, and N. Fitriana, "Analisis Teknik Entity-Relationship Diagram Dalam Perancangan Database," *JEMB Jurnal Ekonomi Manajemen dan Bisnis*, vol. 1, no. 2, pp. 98–102, Feb. 2023, doi: 10.47233/jemb.v1i2.533.
- [16] M. D. D. Haque and Sriani, "Penerapan Logika Fuzzy Mamdani Untuk Optimasi Persediaan Stok Makanan Hewan," *KLIK: Kajian Ilmiah Informatika dan Komputer*, vol. 4, no. 1, pp. 427–437, doi: 10.30865/klik.v4i1.1160.
- [17] C. V. S. Babu, K. Bhavana, and M. Samnatha, "Fuzzy Logic in Multi-Criteria Decision Making: Recent Advances and Applications," in *Advances in Computational Intelligence and Robotics*, S. Aouadni and I. Aouadni, Eds., IGI Global, 2024, pp. 399–424. doi: 10.4018/979-8-3693-6502-1.ch014.
- [18] M. Rafif, V. Effendy, and A. Gandhi, "User Interface Design for Blood Donor Information Media Using User-Centered Design Method (Case Study UTD PMI Pontianak)," in *2022 1st International Conference on Software Engineering and Information Technology (ICoSEIT)*, Bandung, Indonesia: IEEE, Nov. 2022, pp. 156–161. doi: 10.1109/icoseit55604.2022.10029978.