p-ISSN : 2406-7733
e-ISSN : 2597-9922

IMPLEMENTASI ALGORITMA *WEIGHTED MOVING AVERAGE* DAN *EKSPONENTIAL SMOOTHING* UNTUK PREDIKSI KETERSEDIAAN STOK DARAH DI UTD PMI SULAWESI TENGGARA

Andi Nurhidaya[1], LM. Fid Aksara[2], Ilham Julian Efendi[3]
Program Studi Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Halu Oleo
Kampus Hijau Bumi Tridharma Anduonohu Kota Kendari
E-mail: *andinurhidaya11@gmail.com[1], fid.aksara@uho.ac.id[2], ilham.julian.effendi@uho.ac.id[3]

Abstrak - Ketersediaan stok darah sangat penting bagi kelancaran pelayanan transfusi, sedangkan Unit Transfusi Darah Palang Merah Indonesia Provinsi Sulawesi Tenggara masih mengelola pencatatan dan pemantauan stok secara manual dan sering menghadapi ketidakseimbangan antara persediaan dan permintaan darah. Penelitian ini bertujuan mengimplementasikan algoritma *Weighted Moving Average* dan *Exponential Smoothing* pada aplikasi web PantauDarah untuk memprediksi ketersediaan stok darah serta membandingkan kinerja keduanya. Data yang digunakan adalah data historis stok darah bulanan golongan A, B, AB, dan O periode Januari 2023 sampai April 2026 sebanyak 40 bulan. Data dihaluskan dengan *Simple Moving Average* enam periode, kemudian bobot pada *Weighted Moving Average* dan konstanta pemulusan pada *Exponential Smoothing* dioptimasi secara otomatis berdasarkan kesalahan terkecil. Akurasi dievaluasi dengan *Weighted Mean Absolute Percentage Error* sebagai metrik utama dan *Mean Absolute Error* sebagai metrik pendukung. Nilai *Weighted Mean Absolute Percentage Error* metode *Weighted Moving Average* sebesar 6,44% (golongan A), 7,32% (B), 5,24% (AB), dan 7,29% (O), sedangkan *Exponential Smoothing* sebesar 8,19%, 8,13%, 5,13%, dan 7,45%. Metode *Weighted Moving Average* lebih akurat pada golongan A, B, dan O, sedangkan *Exponential Smoothing* lebih akurat pada golongan AB, dan seluruh hasil tergolong sangat akurat. Pengujian penerimaan pengguna oleh tiga responden menghasilkan persentase 89,33% dengan kategori sangat baik. Hasil ini menunjukkan bahwa pemilihan metode terbaik secara adaptif pada setiap golongan darah dapat mendukung pengambilan keputusan dalam pengelolaan persediaan darah.

Kata Kunci: *Exponential Smoothing*, Ketersediaan Stok Darah, Prediksi, UTD PMI Sulawesi Tenggara, *Weighted Moving Average*

I. PENDAHULUAN

Ketersediaan stok darah memegang peranan vital dalam pelayanan medis, terutama bagi fasilitas kesehatan yang memberikan layanan transfusi secara intensif. Unit Transfusi Darah (UTD) Palang Merah Indonesia (PMI) Provinsi Sulawesi Tenggara sebagai pusat penyediaan darah kerap menghadapi tantangan dalam menjaga keseimbangan persediaan. Fluktuasi persediaan yang berujung pada kelangkaan maupun penumpukan darah berpotensi mengganggu efektivitas pelayanan, menimbulkan inefisiensi, dan membahayakan keselamatan pasien. Berdasarkan analisis sistem yang berjalan, pencatatan dan pemantauan stok darah di UTD PMI Provinsi Sulawesi Tenggara masih dilakukan secara manual menggunakan formulir atau *spreadsheet* sederhana. Proses tersebut bersifat reaktif karena keputusan diambil setelah terjadi kekurangan atau kelebihan stok, rawan kesalahan pencatatan, dan belum memanfaatkan data historis untuk memperkirakan kebutuhan pada periode berikutnya.

Prediksi berbasis data historis (*time series*) merupakan salah satu pendekatan untuk mendukung manajemen persediaan (Fadillah & Hendrastuty, 2025). Metode *Weighted Moving Average* (WMA) memberikan bobot yang berbeda pada data sebelumnya sehingga lebih peka terhadap perubahan tren terbaru (Aulia et al., 2026), sedangkan metode *Exponential Smoothing* (ES) menekankan bobot yang lebih besar pada observasi terkini (Nurlaela et al., 2022). Pada bidang darah, ES telah diterapkan untuk memprediksi permintaan kantong darah di PMI Malang dengan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebesar 7,75% (Putra & Hidayati, 2023) dan stok darah di PMI Semarang (Hayyannabil et al., 2024), sedangkan WMA telah diterapkan untuk memprediksi partisipasi donor darah di PMI Kabupaten Asahan (Aulia et al., 2026).

Hambatan terbesar dalam memprediksi stok darah adalah tingginya ketidakpastian dan fluktuasi permintaan. Metode WMA dan ES relevan karena mampu merespons pola terbaru secara dinamis (Juniarto et al., 2025). Namun, penelitian terdahulu pada berbagai objek menunjukkan bahwa metode yang lebih akurat dapat berbeda-beda (Tabel 1), sehingga diperlukan analisis untuk menentukan metode yang paling sesuai pada setiap kasus prediksi.

Penelitian ini bertujuan (1) merancang aplikasi prediksi ketersediaan stok darah di UTD PMI Provinsi Sulawesi Tenggara, (2) mengimplementasikan algoritma WMA dan ES dalam membangun model prediksi ketersediaan stok darah, dan (3) membandingkan kinerja kedua algoritma berdasarkan hasil pengujian akurasi. Berbeda dengan penelitian terdahulu, kedua algoritma diimplementasikan secara terpisah pada

p-ISSN : 2406-7733
e-ISSN : 2597-9922

data stok darah bulanan UTD PMI Provinsi Sulawesi Tenggara periode Januari 2023 sampai April 2026 (40 bulan) untuk golongan darah A, B, AB, dan O, kemudian akurasinya dibandingkan menggunakan *Weighted Mean Absolute Percentage Error* (WMAPE) sebagai ukuran utama dan *Mean Absolute Error* (MAE) sebagai ukuran pendukung. Sistem yang dibangun bernama PantauDarah, berbasis web, dan berfungsi sebagai model analisis prediksi yang belum terintegrasi secara langsung dengan sistem manajemen stok darah UTD PMI.

Hasil penelitian diharapkan bermanfaat bagi UTD PMI Provinsi Sulawesi Tenggara sebagai alat bantu untuk memantau ketersediaan stok darah dan mendukung pengambilan keputusan terkait perencanaan donor darah dan distribusi kebutuhan darah. Bagi peneliti selanjutnya, penelitian ini dapat menjadi rujukan dalam mengembangkan sistem prediksi yang lebih luas, misalnya dengan metode prediksi lain atau sistem yang terintegrasi dan berjalan secara *real-time*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Prediksi dan Data *Time Series*

Prediksi adalah tindakan memperkirakan kondisi yang akan terjadi dengan pendekatan ilmiah berbasis data masa lalu (Samudra et al., 2024). Metode yang umum digunakan pada data *time series* antara lain *Moving Average*, WMA, ES, dan *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA), dan pemilihan metode bergantung pada karakteristik data serta tujuan prediksi. Kinerja model prediksi umumnya dievaluasi dengan metrik seperti MAPE, WMAPE, MAE, dan *Mean Squared Error* (MSE) (Utami & Nasution, 2025).

B. Karakteristik WMA dan ES

WMA memberikan bobot menurun pada data historis sesuai urutan waktu karena data terbaru dianggap lebih berpengaruh terhadap kondisi mendatang, sehingga metode ini sensitif terhadap fluktuasi terbaru dan dapat menangkap pola kebutuhan stok darah yang fluktuatif (Aulia et al., 2026). ES menggunakan parameter pemulusan α dengan rentang 0 sampai 1: nilai α yang mendekati 1 memberikan bobot lebih besar pada data terbaru, sedangkan α yang kecil memperbesar pengaruh data masa lalu. Pemilihan α memengaruhi hasil; misalnya α = 0,9 pada prediksi penjualan *e-commerce* menghasilkan MAPE 5,61% (Mardiana et al., 2023), sedangkan α = 0,1 pada prediksi stok toko makanan ringan menghasilkan akurasi 80,9% (Yudanto & Hartanto, 2022).

C. Penelitian Terdahulu dan Celah Penelitian

Beberapa penelitian yang membandingkan WMA dan ES pada berbagai objek dirangkum pada Tabel 1.

Tabel 1. Ringkasan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Objek	Temuan
(Sadewa, 2025)	Saham Netflix (2019–2024)	ES unggul atas WMA: MAE 4,40 dan MAPE 1,08% (ES) berbanding MAE 8,65 dan MAPE 2,11% (WMA).
(Sari et al., 2022)	Persediaan produk farmasi	ES lebih baik: *Mean Square Error* (MSE) ES 40,79 dan WMA 54,95.
(Akmal et al., 2024)	Permintaan *brown sugar*	ES terbaik dengan MAPE 8,042%, mengungguli SMA (12,27%) dan WMA (13,46%).
(Wardana & Devi, 2024)	Penjualan tikar lipat	ES memiliki MAPE terendah; α = 0,9 optimal untuk tikar mesin dan α = 0,7 untuk tikar manual.
(Tamtama, 2024)	Permintaan jasa (Exist Auto Detailing)	WMA lebih unggul: MAPE 21,41%, MAD 5,13, MSE 51,71 berbanding ES dengan MAPE 28,65%, MAD 7,09, MSE 87,21.
(Marita & Darwati, 2022)	Stok amplop coklat	ES terbaik pada α = 0,1 dengan RMSE terkecil 13,616 dan prediksi 57 lembar.
(Sylvia, 2022)	Permintaan minuman kopi	ES memiliki MAPE lebih rendah daripada WMA.
(Aprilyanta et al., 2022)	Persediaan obat	ES menghasilkan MAPE lebih kecil daripada WMA.

Sebagian besar penelitian pada Tabel 1 menyimpulkan bahwa ES memberikan tingkat kesalahan prediksi yang lebih rendah, tetapi (Tamtama, 2024) menunjukkan bahwa WMA dapat lebih akurat. Perbedaan hasil tersebut menunjukkan bahwa akurasi suatu metode dipengaruhi oleh karakteristik data, pola data historis, dan objek penelitian. Pada bidang darah, penelitian yang ditelaah menerapkan ES (Putra & Hidayati, 2023; Hayyannabil et al., 2024; Liu et al., 2025) atau WMA (Aulia et al., 2026), yaitu ES pada permintaan kantong darah di PMI Malang, stok darah di PMI Semarang, dan permintaan sel darah merah di rumah sakit di Tiongkok, serta WMA pada partisipasi donor darah di PMI Kabupaten Asahan.

Penelitian lain juga menunjukkan penerapan kedua keluarga metode ini pada objek yang berbeda. (Arsy et al., 2023) membandingkan *Double Moving Average* dan *Double Exponential Smoothing* dua parameter Holt pada UMKM Biohart Yoghurt,

p-ISSN : 2406-7733
e-ISSN : 2597-9922

sedangkan Firdaus et al., (2026) menerapkan WMA berbasis web untuk prediksi ikan gabus dan mujaer.

Berdasarkan telaah tersebut, celah yang diisi penelitian ini adalah penerapan dan perbandingan langsung WMA dan ES pada data stok darah UTD PMI Provinsi Sulawesi Tenggara untuk setiap golongan darah. Kedua algoritma diimplementasikan secara terpisah, parameternya dioptimasi secara otomatis, dan tingkat akurasinya dibandingkan menggunakan WMAPE sebagai ukuran utama serta MAE sebagai ukuran pendukung.

III. METODE PENELITIAN

A. Tahapan Penelitian dan Pengembangan Sistem

Penelitian dilaksanakan pada April sampai Juli 2026 di Laboratorium *Software Engineering*, Fakultas Teknik, Universitas Halu Oleo, dan di UTD PMI Provinsi Sulawesi Tenggara. Sistem dikembangkan dengan metode *Rational Unified Process* (RUP) (Sintawati, 2022) yang terdiri atas empat fase, yaitu *inception* (analisis manfaat, tujuan, dan batasan aplikasi), *elaboration* (perancangan *Unified Modeling Language* dan antarmuka), *construction* (pembuatan antarmuka dan pengodean), serta *transition* (pengujian sistem dan perbaikan masalah yang muncul).

B. Data Penelitian

Data yang digunakan adalah data historis stok darah bulanan (jumlah kantong darah) dari UTD PMI Provinsi Sulawesi Tenggara untuk golongan darah A, B, AB, dan O pada periode Januari 2023 sampai April 2026 sebanyak 40 bulan. Data dikumpulkan melalui kajian pustaka dan wawancara langsung dengan pihak UTD untuk memvalidasi data yang digunakan. Setiap golongan darah diproses secara terpisah dan prediksi dilakukan untuk periode berikutnya, yaitu Mei 2026. Data disimpan pada basis data dan menjadi masukan sistem.

C. Alat dan Bahan

Perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan dalam pengembangan aplikasi disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi Perangkat Keras dan Perangkat Lunak

Komponen	Spesifikasi
Laptop	Acer Aspire A314-35 (14 inci)
Prosesor	Intel Celeron N5100, 1,10 GHz
Memori	RAM 16 GB
Sistem operasi	Windows 10
Text editor	Visual Studio Code 1.96.2
Web browser	Chrome 133.0.6943.127
Pemrograman	PHP 8.2.12
Web server	Apache 2.4.58
Framework	Laravel 8.83.27
Database	MySQL 10.4.32

D. Analisis Sistem dan Kebutuhan

Pada sistem yang berjalan, petugas memeriksa ketersediaan stok darah secara rutin dan mencatat jumlahnya menurut golongan darah. Jika stok aman, data disimpan sebagai arsip; jika stok menipis, petugas menghubungi unit donor untuk meminta tambahan, lalu mencatat kembali stok yang ditambahkan. Proses ini belum memiliki fitur prediksi, membutuhkan waktu lama pada rekapitulasi data dan penyusunan laporan, serta belum memantau perubahan stok setiap golongan darah secara sistematis.

Sistem yang dibangun mengatasi hal tersebut dengan fitur prediksi otomatis. Kebutuhan masukan berupa data historis stok darah bulanan golongan A, B, AB, dan O. Kebutuhan proses meliputi pemeriksaan kelengkapan, konsistensi, dan validasi data, pra-pemrosesan SMA-6, serta perhitungan prediksi WMA dan ES. Kebutuhan keluaran berupa informasi prediksi stok periode berikutnya dalam bentuk angka dan grafik. Pengguna sistem adalah petugas UTD atau admin yang dapat melakukan *login*, memantau *dashboard*, mengelola data stok bulanan, menjalankan prediksi WMA dan ES (termasuk pra-pemrosesan SMA-6 dan evaluasi WMAPE dan MAE), mengakses riwayat prediksi, mencetak laporan PDF, dan *logout*.

E. Perancangan Sistem

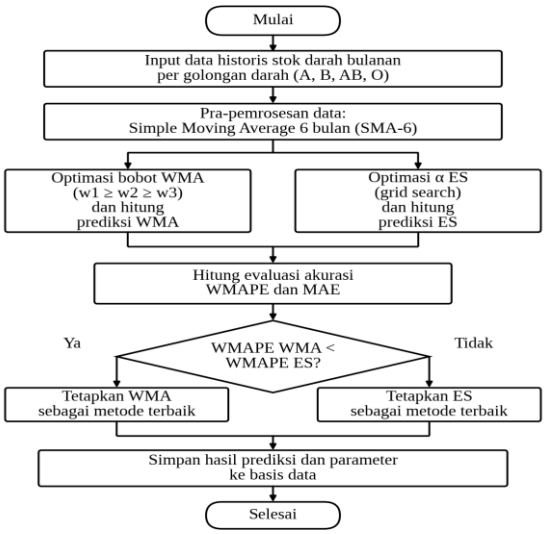
Perancangan sistem menggunakan *Unified Modeling Language* berupa *use case diagram*, *activity diagram*, dan *class diagram*. Aktor utama adalah petugas UTD atau admin. Alur kerja dimulai dari *login*, pemantauan *dashboard*, dan pengelolaan data stok bulanan. Fitur intinya adalah perhitungan prediksi WMA dan ES yang selalu menjalankan (*include*) pra-pemrosesan SMA-6 dan evaluasi akurasi WMAPE serta MAE untuk menentukan metode terbaik. Alur diakhiri dengan akses riwayat prediksi, cetak laporan PDF, dan *logout*.

Pada *activity diagram* kelola prediksi, pengguna memilih golongan darah dan menekan tombol hitung prediksi. Sistem mengambil data historis dari basis data, memeriksa kecukupan data, menjalankan pemulusan SMA-6, menentukan bobot WMA dan α ES yang optimal, menghitung prediksi serta WMAPE dan MAE, menyimpan hasilnya ke basis data, lalu menampilkan hasil prediksi. Antarmuka dirancang sederhana, informatif, dan responsif, meliputi halaman *login*, *dashboard*, profil, kelola data, kelola prediksi, dan riwayat prediksi.

p-ISSN : 2406-7733
e-ISSN : 2597-9922

F. Alur Sistem dan Pra-pemrosesan Data

Alur sistem prediksi ditunjukkan pada Gambar 1. Pengguna memilih golongan darah, kemudian sistem mengambil data historis dari basis data dan menghaluskannya dengan *Simple Moving Average* enam bulan (SMA-6) untuk mengurangi fluktuasi jangka pendek (*noise*), sebagaimana Persamaan (1). Untuk periode awal yang belum memiliki enam data sebelumnya, rata-rata dihitung dari data yang tersedia. Data hasil pemulusan menjadi masukan optimasi parameter serta perhitungan prediksi WMA dan ES.



Gambar 1. Alur Sistem Prediksi dan Pemilihan Metode Terbaik

$$Y_t = \frac{X_t + X_{t-1} + X_{t-2} + \cdots + X_{t-5}}{6} \quad (1)$$

Keterangan:
Y_t = Data hasil pra-pemrosesan (*smoothing*) pada periode ke-*t*
X_t = Data mentah/stok darah aktual pada periode ke-*t*
X_{t-1}, …, X_{t-5} = Data mentah/stok darah aktual pada 1 sampai 5 periode sebelum *t*

G. Algoritma WMA

Metode WMA memberikan bobot berbeda pada setiap periode data historis, dengan data terbaru diberi bobot terbesar. Prediksi WMA menggunakan tiga data hasil pemulusan terakhir (n = 3), sebagaimana Persamaan (2).

$$F_{t+1} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(Y_i \times W_i)}{\sum_{i=1}^{n} W_i} \quad (2)$$

Keterangan:
F_{t+1} = Nilai prediksi untuk periode berikutnya
Y_i = Data hasil pra-pemrosesan ke-*i*
W_i = Bobot ke-*i*

Bobot dioptimasi secara otomatis dengan menguji kombinasi bilangan bulat W = (w_1, w_2, w_3) pada rentang 1 sampai 9 dengan aturan $w_1 \geq w_2 \geq w_3$, dengan w_1 adalah bobot data terbaru. Setiap kombinasi digunakan untuk menghitung prediksi pada data historis, dan kombinasi yang menghasilkan WMAPE terkecil dipilih sebagai bobot optimal.

H. Algoritma ES

Pemulusan ES dihitung secara rekursif sebagaimana Persamaan (3), dengan nilai awal $S_1 = Y_1$. Nilai pemulusan terakhir digunakan sebagai prediksi periode berikutnya.

$$S_t = \alpha \cdot Y_t + (1 - \alpha) \cdot S_{t-1} \quad (3)$$

Keterangan:
S_t = Nilai pemulusan atau prediksi pada periode ke-*t*
Y_t = Data masukan (data aktual/pra-pemrosesan) periode ke-*t*
S_{t-1} = Nilai pemulusan periode sebelumnya
α = Konstanta pemulusan (*smoothing factor*), $0 < \alpha < 1$

Nilai α dioptimasi dengan metode *grid search* pada rentang 0,01 sampai 0,99 dengan kenaikan 0,01. Nilai α yang menghasilkan WMAPE terkecil dipilih sebagai α optimal.

I. Evaluasi Akurasi dan Pemilihan Metode Terbaik

Akurasi dievaluasi menggunakan WMAPE sebagai metrik utama (Persamaan 4) dan MAE sebagai metrik pendukung (Persamaan 5). WMAPE menjumlahkan seluruh galat absolut lalu membaginya dengan jumlah seluruh nilai aktual sehingga penskalaan dilakukan secara agregat. Metrik ini dipilih karena data stok darah fluktuatif dan dapat bernilai aktual kecil pada periode tertentu, padahal MAPE dapat menghasilkan galat yang sangat besar ketika nilai aktual mendekati nol (Hewamalage et al., 2022).

$$WMAPE = \frac{\sum_{t=1}^{n}|A_t - F_t|}{\sum_{t=1}^{n}|A_t|} \times 100\% \quad (4)$$

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}|A_t - F_t| \quad (5)$$

Keterangan:
A_t = Data aktual
F_t = Hasil prediksi
n = Jumlah data pengujian

Interpretasi WMAPE mengacu pada kriteria yang diadaptasi dari (Qolbu et al., 2025) pada Tabel 3. Semakin kecil WMAPE dan MAE, semakin kecil kesalahan prediksi. Nilai WMAPE dan MAE dihitung berdasarkan data hasil pemulusan. Prediksi WMA dihitung mulai dari data keempat karena memerlukan tiga data sebelumnya, sedangkan prediksi ES dihitung mulai dari data kedua. Pengujian dilakukan pada setiap golongan darah (A, B, AB, dan O). Metode terbaik pada setiap golongan darah ditentukan berdasarkan WMAPE yang lebih kecil, sedangkan MAE digunakan sebagai informasi pendukung dalam satuan kantong darah.

p-ISSN : 2406-7733
e-ISSN : 2597-9922

Tabel 3. Interpretasi Nilai WMAPE

WMAPE (%)	Interpretasi
≤ 10	Sangat Akurat
10–20	Baik
20–50	Layak (Cukup Baik)
> 50	Tidak Akurat

J. *User Acceptance Testing* (UAT)

Penerimaan pengguna diuji dengan *User Acceptance Testing* (UAT) (Aliyah dkk., 2025; Febrianti dkk., 2024) menggunakan kuesioner 20 pertanyaan dengan skala Likert lima pilihan, yaitu Sangat Tidak Setuju (skor 1), Tidak Setuju (2), Netral (3), Setuju (4), dan Sangat Setuju (5). Kuesioner diberikan kepada tiga responden setelah mencoba seluruh fitur utama aplikasi. Persentase nilai dihitung dengan Persamaan (6).

$$\text{Nilai Total (\%)} = \frac{\text{Jumlah skor yang diperoleh}}{\text{Skor maksimum}} \times 100 \quad (6)$$

Keterangan:

Skor Maksimum = Total Pertanyaan × Responden × Skor Tertinggi

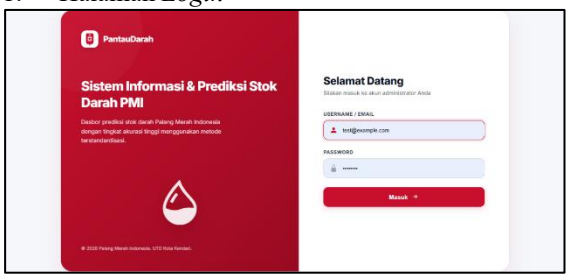
Kriteria interpretasi persentase adalah 81–100% Sangat Baik, 61–80% Baik, 41–60% Cukup, 21–40% Kurang Baik, dan 0–20% Tidak Baik.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Implementasi Aplikasi PantauDarah

Aplikasi PantauDarah dibangun berbasis web dengan basis data MySQL. Fitur utamanya meliputi *login*, *dashboard*, kelola data, kelola prediksi, riwayat prediksi, dan profil. *Dashboard* menampilkan ringkasan jumlah data historis, hasil prediksi terbaru, dan nilai akurasi WMA serta ES berdasarkan WMAPE, dan notifikasi kondisi stok darah (Aman, Waspada, dan Kritis) untuk setiap golongan darah.

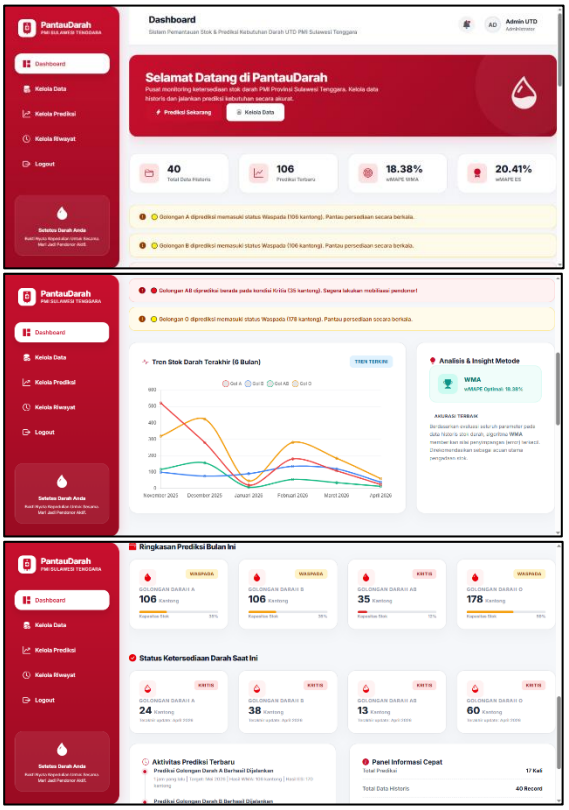
1. Halaman *Login*



Gambar 1. Halaman *Login*

Halaman *login* digunakan pengguna untuk masuk ke dalam sistem PantauDarah. Pada halaman ini, pengguna diminta memasukkan *username* dan *password* yang telah terdaftar untuk mendapatkan akses ke sistem. Tampilan halaman dirancang sederhana dan mudah dipahami dengan kombinasi ilustrasi serta *form login* agar memberikan kenyamanan dan kemudahan bagi pengguna saat melakukan proses autentikasi.

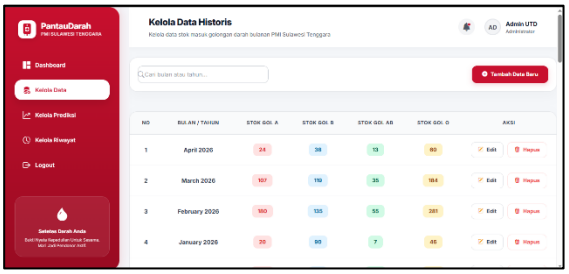
2. Halaman *Dashboard*



Gambar 2. Halaman *Dashboard*

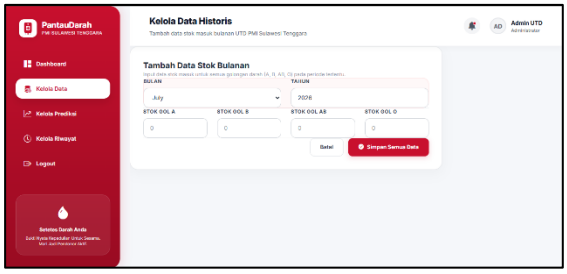
Halaman ini menampilkan ringkasan stok darah, hasil prediksi WMA dan ES, nilai WMAPE, serta status stok Aman, Waspada, dan Kritis untuk setiap golongan darah, juga menyediakan akses cepat ke fitur utama melalui banner dan menu navigasi, serta menampilkan kondisi stok dan aktivitas prediksi terbaru.

3. Halaman Kelola Data

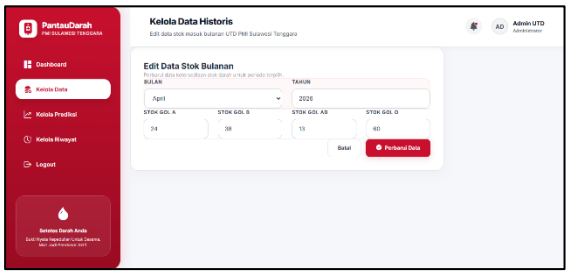


Gambar 3. Halaman Kelola Data

p-ISSN : 2406-7733
e-ISSN : 2597-9922



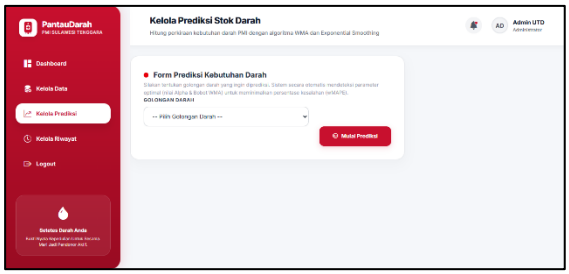
Gambar 4. Halaman Tambah Data



Gambar 5. Halaman Edit Data

Halaman Kelola Data digunakan untuk mengelola data stok darah berdasarkan golongan darah A, B, AB, dan O. Pengguna dapat mencari, menambah, mengedit, dan menghapus data berdasarkan bulan dan tahun. Data historis yang dikelola menjadi dasar dalam proses prediksi stok darah pada sistem PantauDarah.

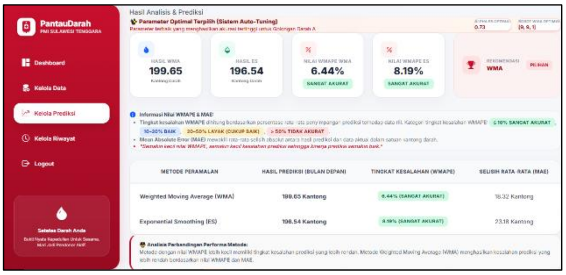
4. Halaman Kelola Prediksi



Gambar 6. Halaman Kelola Prediksi

Halaman ini digunakan untuk memprediksi stok darah menggunakan metode WMA dan ES. Pengguna memilih golongan darah, kemudian sistem secara otomatis menentukan parameter terbaik berdasarkan nilai WMAPE terkecil. Hasil prediksi ditampilkan dalam bentuk nilai prediksi, tingkat akurasi, perhitungan, dan visualisasi untuk memudahkan pemahaman hasil prediksi.

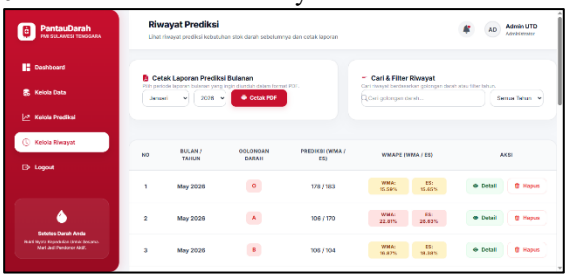
5. Halaman Hasil Prediksi



Gambar 7. Halaman Hasil Prediksi

Halaman hasil prediksi menampilkan hasil prediksi stok darah menggunakan metode WMA dan ES beserta parameter optimal (*Auto-Tuning*), nilai WMAPE, dan MAE. Hasil disajikan dalam bentuk tabel perbandingan dan grafik data aktual dengan hasil prediksi untuk memudahkan pengguna membandingkan performa kedua metode.

6. Halaman Kelola Riwayat



Gambar 8. Halaman Kelola Riwayat

Halaman ini digunakan untuk menampilkan dan mengelola riwayat hasil prediksi stok darah. Pengguna dapat melihat hasil WMA dan ES beserta nilai WMAPE, mencari dan memfilter data berdasarkan golongan darah dan tahun, melihat detail, menghapus riwayat, serta mencetak laporan.

7. Halaman Detail Riwayat

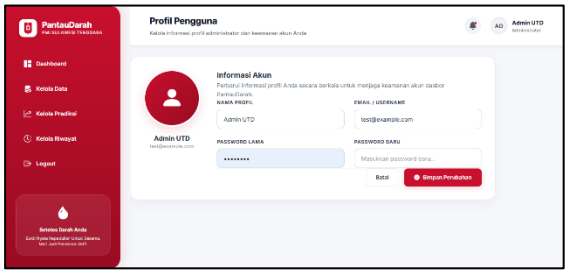


Gambar 9. Halaman Detail Riwayat Prediksi

Halaman detail riwayat menampilkan informasi lengkap hasil prediksi WMA dan ES berdasarkan golongan darah dan periode yang dipilih. Informasi meliputi nilai WMAPE, MAE, parameter algoritma, grafik perbandingan data aktual dan prediksi, serta waktu penyimpanan data. Pengguna juga dapat mengunduh grafik atau kembali ke halaman riwayat.

p-ISSN : 2406-7733
e-ISSN : 2597-9922

8. Halaman Profil



Gambar 10. Halaman Profil

Halaman Profil Pengguna menampilkan informasi akun seperti nama, email/username, dan password. Pengguna dapat memperbarui data akun melalui tombol Simpan Perubahan atau membatalkannya dengan tombol Batal untuk menjaga keamanan dan kemudahan pengelolaan akun.

B. Implementasi Algoritma

Algoritma prediksi diimplementasikan pada sisi *server* dengan bahasa PHP melalui fungsi pra-pemrosesan, optimasi bobot WMA, optimasi α ES, dan perhitungan akurasi. Untuk setiap golongan darah, tahapan yang dijalankan adalah sebagai berikut.

1. Data historis stok darah golongan yang dipilih diambil dari basis data.
2. Data dihaluskan dengan SMA-6 menggunakan jendela enam periode.
3. Bobot WMA dicari dengan menguji seluruh kombinasi bilangan bulat $w_1 = 1–9$, $w_2 = 1–w_1$, dan $w_3 = 1–w_2$; prediksi WMA dihitung mulai dari data keempat dan kombinasi dengan WMAPE terkecil disimpan.
4. Nilai α ES dicari pada rentang 0,01–0,99 dengan kenaikan 0,01, dengan nilai pemulusan awal sama dengan data pertama; nilai α dengan WMAPE terkecil disimpan.
5. Prediksi periode berikutnya dihitung, yaitu WMA dari tiga data hasil pemulusan terakhir dengan bobot optimal dan ES dari nilai pemulusan terakhir dengan α optimal.
6. WMAPE dan MAE dihitung untuk kedua metode, dan metode dengan WMAPE lebih kecil ditetapkan sebagai metode terbaik.
7. Hasil prediksi dan parameter disimpan pada tabel *predictions* di basis data, kemudian ditampilkan dalam bentuk ringkasan, tabel, dan grafik.

C. Contoh Perhitungan Golongan Darah A

Contoh perhitungan disajikan untuk golongan darah A periode Mei 2026 menggunakan data sampel Juli 2025 sampai April 2026 (Tabel 4). Data mentah terlebih dahulu dihaluskan dengan SMA-6 menurut Persamaan (1); nilai SMA-6 untuk Juli sampai November 2025 tidak disajikan pada contoh.

Perhitungan hasil pemulusan (Y_t):

$$Y_{Des25} = \frac{280 + 521 + 121 + 389 + 92 + 481}{6} = \frac{1884}{6} = 314{,}00$$

$$Y_{Jan26} = \frac{20 + 280 + 521 + 121 + 389 + 92}{6} = \frac{1423}{6} = 237{,}17$$

$$Y_{Feb26} = \frac{180 + 20 + 280 + 521 + 121 + 389}{6} = \frac{1511}{6} = 251{,}83$$

$$Y_{Mar26} = \frac{107 + 180 + 20 + 280 + 521 + 121}{6} = \frac{1229}{6} = 204{,}83$$

$$Y_{Apr26} = \frac{24 + 107 + 180 + 20 + 280 + 521}{6} = \frac{1132}{6} = 188{,}67$$

Tabel 4. Data Mentah dan Hasil Pemulusan SMA-6 Golongan Darah A

No	Bulan	Data Mentah	Hasil SMA-6 (Y_t)
1	Juli 2025	481	–
2	Agustus 2025	92	–
3	September 2025	389	–
4	Oktober 2025	121	–
5	November 2025	521	–
6	Desember 2025	280	314,00
7	Januari 2026	20	237,17
8	Februari 2026	180	251,83
9	Maret 2026	107	204,83
10	April 2026	24	188,67

Data hasil pemulusan kemudian diolah dengan WMA. Berdasarkan iterasi optimasi sistem, kombinasi bobot terbaik dengan kesalahan terkecil adalah W = [9, 9, 1] dengan total bobot 19. Prediksi WMA untuk Mei 2026 ($F_{Mei,\ WMA}$) dihitung dengan mengalikan tiga data hasil pemulusan terakhir dengan bobot masing-masing:

$$W = [9, 9, 1]$$

$$\sum W = 9 + 9 + 1 = 19$$

$$F_{Mei,\ WMA} = \frac{Y_{Apr26} \times 9 + Y_{Mar26} \times 9 + Y_{Feb26} \times 1}{9 + 9 + 1} = \frac{188{,}67 \times 9 + 204{,}83 \times 9 + 251{,}83 \times 1}{9 + 9 + 1} = \frac{1698{,}03 + 1843{,}47 + 251{,}83}{19} = \frac{3793{,}33}{19} = 199{,}65 \text{ kantong}$$

Dengan demikian, estimasi stok darah golongan A pada Mei 2026 menurut WMA adalah 199,65 kantong atau dibulatkan menjadi 200 kantong. Pada ES, nilai α terbaik adalah 0,73 dan

p-ISSN : 2406-7733
e-ISSN : 2597-9922

nilai awal pemulusan adalah $S_{Des25} = Y_{Des25}$. Iterasi menurut Persamaan (3) adalah sebagai berikut:

$$S_{Des25} = Y_{Des25} = 314{,}00$$
$$S_{Jan26} = (0{,}73 \times 237{,}17) + (0{,}27 \times 314{,}00) = 173{,}13 + 84{,}78 = 258{,}01$$
$$S_{Feb26} = (0{,}73 \times 251{,}83) + (0{,}27 \times 258{,}01) = 183{,}84 + 69{,}66 = 253{,}50$$
$$S_{Mar26} = (0{,}73 \times 204{,}83) + (0{,}27 \times 253{,}50) = 149{,}53 + 68{,}45 = 217{,}98$$
$$S_{Apr26} = (0{,}73 \times 188{,}67) + (0{,}27 \times 217{,}98) = 137{,}73 + 58{,}85 = 196{,}58$$
$$F_{\text{Mei, ES}} = S_{Apr26} = 196{,}58 = 197 \text{ kantong}$$

Dengan demikian, prediksi ES untuk golongan A pada Mei 2026 pada contoh ini adalah 196,58 kantong atau dibulatkan menjadi 197 kantong. Nilai tersebut dihitung dari lima periode sampel, sedangkan keluaran sistem pada Tabel 5 sebesar 196,54 kantong karena sistem menggunakan seluruh 40 bulan data historis.

D. Hasil Optimasi Parameter dan Prediksi

Parameter optimal dan hasil prediksi Mei 2026 untuk keempat golongan darah disajikan pada Tabel 5. Pada seluruh golongan darah, bobot terbesar (9) berada pada data terbaru, dan nilai α optimal berada pada kisaran 0,73 sampai 0,83.

Tabel 5. Parameter Optimal dan Hasil Prediksi Mei 2026 (Kantong)

Golongan	Bobot WMA	α ES	Prediksi WMA	Prediksi ES
A	9, 9, 1	0,73	199,65	196,54
B	9, 2, 1	0,82	107,79	102,78
AB	9, 2, 1	0,83	67,90	66,29
O	9, 1, 1	0,83	240,18	234,28

E. Hasil Evaluasi Akurasi

Hasil evaluasi WMAPE dan MAE untuk kedua metode disajikan pada Tabel 6. Seluruh nilai WMAPE berada di bawah 10% sehingga kedua metode tergolong Sangat Akurat pada keempat golongan darah. Metode WMA menghasilkan WMAPE lebih kecil pada golongan A, B, dan O, sedangkan metode ES lebih kecil pada golongan AB. Urutan MAE sejalan dengan urutan WMAPE pada keempat golongan darah. Berdasarkan hasil tersebut, metode terbaik yang direkomendasikan sistem untuk Mei 2026 adalah WMA pada golongan A (199,65 kantong), B (107,79 kantong), dan O (240,18 kantong), serta ES pada golongan AB (66,29 kantong).

Tabel 6. Hasil Evaluasi Akurasi WMA dan ES

Golongan	WMAPE WMA	WMAPE ES	MAE WMA	MAE ES	Metode Terbaik
A	6,44%	8,19%	18,32	23,18	WMA
B	7,32%	8,13%	16,03	17,83	WMA
AB	5,24%	5,13%	4,61	4,48	ES
O	7,29%	7,45%	32,06	32,52	WMA

F. Hasil *User Acceptance Testing*

UAT terhadap tiga responden dengan 20 pertanyaan menghasilkan perhitungan berikut:

Jumlah skor yang diperoleh = 268
Skor Maksimum = Total Pertanyaan × Responden × Skor Tertinggi
Skor Maksimum = 20 × 3 × 5 = 300
Nilai Total (%) = $\left(\frac{268}{300}\right) \times 100 = 89{,}33\%$

Nilai total sebesar 89,33% termasuk kategori Sangat Baik. Skor per pertanyaan disajikan pada Tabel 7. Nilai 100% diperoleh pada fitur *login* dengan data valid, *logout*, edit data, hapus data, dan cetak PDF, sedangkan nilai terendah, yaitu 66,66%, diperoleh pada kejelasan pesan ketika *login* gagal. Penilaian untuk penampilan hasil prediksi sebesar 80%, dan sebagian besar pertanyaan lainnya memperoleh 86,66% sampai 93,33%.

Tabel 7. Hasil UAT (Skor Maksimum per Pertanyaan = 15)

No	Pertanyaan	Skor	%
1	*User* dapat *login* menggunakan *username* dan *password* yang valid.	15	100
2	Sistem menampilkan pesan yang jelas ketika *login* gagal.	10	66,66
3	Menu pada *sidebar* mengarahkan ke halaman yang sesuai.	13	86,66
4	*Dashboard* menampilkan informasi stok darah dengan benar.	13	86,66
5	Fitur *logout* berfungsi dengan baik.	15	100
6	Formulir tambah data stok darah mudah digunakan.	14	93,33
7	Sistem memberikan validasi ketika data yang diinput tidak lengkap.	14	93,33
8	Data stok darah ditampilkan dengan benar pada halaman kelola data.	13	86,66
9	Fitur edit data stok darah berfungsi dengan baik.	15	100
10	Fitur hapus data stok darah berjalan dengan baik.	15	100
11	Sistem dapat melakukan proses prediksi sesuai parameter yang dipilih.	13	86,66
12	Hasil prediksi WMA dan ES ditampilkan dengan benar.	12	80
13	Halaman riwayat prediksi menampilkan data prediksi dengan benar.	13	86,66
14	Halaman detail riwayat menampilkan informasi prediksi secara lengkap.	13	86,66
15	Grafik hasil prediksi mudah dipahami.	13	86,66

p-ISSN : 2406-7733
e-ISSN : 2597-9922

No	Pertanyaan	Skor	%
16	Fitur cetak PDF menghasilkan laporan sesuai data yang dipilih.	15	100
17	Tampilan aplikasi mudah dipahami oleh pengguna.	13	86,66
18	Navigasi antarhalaman mudah digunakan.	13	86,66
19	Sistem merespons dengan cepat saat digunakan.	13	86,66
20	Sistem berjalan stabil tanpa mengalami error selama penggunaan.	13	86,66

G. Pembahasan

Hasil menunjukkan bahwa tidak ada satu metode yang secara mutlak lebih baik untuk seluruh golongan darah. WMA unggul pada tiga dari empat golongan darah, tetapi selisihnya pada golongan AB sangat tipis (WMAPE 5,24% berbanding 5,13%; MAE 4,61 berbanding 4,48), demikian pula pada golongan O (WMAPE 7,29% berbanding 7,45%). Selisih yang lebih besar tampak pada golongan A (6,44% berbanding 8,19%) dan B (7,32% berbanding 8,13%). Oleh karena itu, sistem memilih metode terbaik secara adaptif pada setiap golongan darah berdasarkan WMAPE terkecil, sehingga rekomendasi prediksi selalu berasal dari metode dengan kesalahan paling kecil pada golongan darah tersebut.

Temuan ini sejalan dengan telaah pustaka bahwa metode yang lebih akurat bergantung pada karakteristik data dan objek penelitian. Pada penelitian ini ES tidak selalu lebih akurat, meskipun sebagian besar penelitian pada Tabel 1 menunjukkan keunggulan ES; WMA lebih akurat pada golongan A, B, dan O. Nilai bobot optimal WMA yang menempatkan bobot terbesar pada data terbaru dan nilai α ES yang tinggi (0,73–0,83) mengindikasikan bahwa data terkini paling berpengaruh pada data yang telah dihaluskan.

Sebagai pembanding, Putra & Hidayati (2023) melaporkan MAPE sebesar 7,75% untuk ES pada permintaan kantong darah di PMI Malang, sedangkan pada penelitian ini WMAPE ES berkisar 5,13% sampai 8,19% dan WMAPE WMA berkisar 5,24% sampai 7,32%. Perbandingan ini bersifat indikatif karena objek, periode data, dan metrik yang digunakan berbeda. Keunggulan ES yang dilaporkan pada sebagian besar penelitian terdahulu (Tabel 1) juga tidak terlihat pada seluruh golongan darah dalam penelitian ini, sehingga pemilihan metode berdasarkan data setiap golongan darah lebih sesuai daripada menetapkan satu metode untuk semuanya.

Pada tingkat golongan darah, prediksi Mei 2026 dari kedua metode relatif berdekatan, yaitu 199,65 (WMA) dan 196,54 (ES) kantong untuk golongan A, 107,79 dan 102,78 untuk golongan B, 67,90 dan 66,29 untuk golongan AB, serta 240,18 dan 234,28 untuk golongan O. MAE menyatakan rata-rata selisih absolut antara prediksi dan data aktual dalam satuan kantong; misalnya pada golongan A, MAE WMA sebesar 18,32 kantong dan MAE ES sebesar 23,18 kantong. Golongan O memiliki MAE terbesar (32,06 dan 32,52 kantong) dan golongan AB terkecil (4,61 dan 4,48 kantong), padahal WMAPE keempat golongan berada pada kisaran yang mirip (5,13% sampai 8,19%). Hal ini menunjukkan bahwa MAE bergantung pada skala jumlah stok setiap golongan, sedangkan WMAPE menyatakan kesalahan secara relatif.

Informasi prediksi dan rekomendasi metode terbaik dapat membantu pihak UTD PMI dalam mengambil keputusan terkait pengelolaan stok darah, seperti perencanaan donor darah dan distribusi kebutuhan darah. Meskipun demikian, aplikasi PantauDarah pada penelitian ini berfungsi sebagai model analisis prediksi, sehingga penggunaannya sebagai pendukung keputusan tetap memerlukan pertimbangan petugas.

Beberapa hal perlu diperhatikan dalam menafsirkan hasil. Pertama, nilai WMAPE dan MAE dihitung berdasarkan data hasil pemulusan SMA-6, sedangkan data stok mentah bulanan berfluktuasi cukup lebar (misalnya 20 sampai 521 kantong pada Juli 2025 sampai April 2026 untuk golongan A). Pada contoh golongan A, hasil SMA-6 Desember 2025 sampai April 2026 berkisar antara 188,67 sampai 314,00 kantong sehingga data yang dievaluasi jauh lebih halus daripada data mentah. Kedua, optimasi parameter dan evaluasi akurasi menggunakan seluruh 40 bulan data historis, sehingga nilai kesalahan menggambarkan kesesuaian metode terhadap data historis tersebut. Ketiga, sistem yang dibangun berfungsi sebagai model analisis prediksi dan belum terintegrasi secara langsung dengan sistem manajemen stok darah UTD PMI.

Hasil UAT sebesar 89,33% menunjukkan bahwa aplikasi diterima dengan baik oleh responden. Pertanyaan dengan nilai terendah, yaitu kejelasan pesan ketika *login* gagal (66,66%), dapat menjadi bahan perbaikan antarmuka. Jumlah responden yang hanya tiga orang membatasi generalisasi hasil UAT.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berikut adalah kesimpulan yang diperoleh dari penelitian:

1. Algoritma WMA dan ES berhasil diimplementasikan pada aplikasi PantauDarah untuk memprediksi ketersediaan stok darah di UTD PMI Provinsi Sulawesi Tenggara. Sistem mengolah data historis stok darah per golongan darah, melakukan pra-pemrosesan SMA-6, menentukan parameter optimal berupa bobot WMA dan nilai α ES, serta membandingkan hasil prediksi kedua metode berdasarkan WMAPE untuk menentukan metode terbaik.

p-ISSN : 2406-7733
e-ISSN : 2597-9922

2. Hasil pengujian akurasi menunjukkan bahwa WMA lebih akurat pada golongan darah A (WMAPE 6,44%; MAE 18,32), B (7,32%; 16,03), dan O (7,29%; 32,06), sedangkan ES lebih akurat pada golongan AB (5,13%; 4,48). Seluruh hasil tergolong Sangat Akurat (WMAPE ≤ 10%), sehingga sistem menerapkan pemilihan metode terbaik secara adaptif pada setiap golongan darah.
3. Hasil UAT terhadap tiga responden dengan 20 pertanyaan memperoleh skor 268 dari 300 (89,33%) dengan kategori Sangat Baik, sehingga aplikasi dinilai telah memenuhi kebutuhan pengguna, mudah digunakan, dan mendukung proses pengelolaan serta prediksi ketersediaan stok darah.

Kelebihan sistem yang dibangun adalah optimasi parameter WMA dan ES secara otomatis, pemilihan metode terbaik yang adaptif pada setiap golongan darah, serta penyajian hasil prediksi dalam bentuk tabel, grafik, dan laporan PDF.

Kekurangan penelitian ini adalah cakupan yang terbatas pada dua algoritma dan data 40 bulan, serta sistem yang baru berfungsi sebagai model analisis prediksi dan belum terintegrasi secara langsung dengan sistem manajemen stok darah UTD PMI.

Saran

Penelitian selanjutnya diharapkan dapat membandingkan WMA dan ES dengan metode prediksi lain serta menggunakan data historis dengan periode yang lebih panjang agar diperoleh prediksi yang lebih akurat dan optimal. Sistem juga dapat dikembangkan sesuai kebutuhan pengguna dan perkembangan teknologi, misalnya menjadi sistem prediksi *real-time* yang terintegrasi, agar manfaatnya bagi pengelolaan stok darah di UTD PMI Provinsi Sulawesi Tenggara semakin luas.

DAFTAR PUSTAKA

Akmal, S., Gani, S. A., & Supriatin, S. (2024). Perencanaan Produksi Brown Sugar dengan Metode Single Moving Average, Weight Moving Average dan Single Exponential Smoothing. *Industrial Engineering Journal*, *13*(1), 62–71.

Aprilyanta, I. G. B., Lestari, A., & Christina, S. (2022). Perbandingan implementasi metode weighted moving average dan metode single exponential smoothing pada penentuan persediaan obat. *Jurnal Saintekom: Sains, Teknologi, Komputer dan Manajemen*, *12*(2), 137–145.

Arsy, S., Ramadhan, I., Saputra, A. P., & Hartati, V. (2023). Analisis perbandingan metode peramalan double moving average dan double exponential smoothing dua parameter Holt pada UMKM Biohart Yoghurt. *Jurnal Logic: Logistics & Supply Chain Center*, *2*(2), 35–44.

Aulia, K. P., Handyani, M., & Latiffani, C. (2026). *Prediksi Jumlah Donor Darah Menggunakan Pendekatan Wmadi Kantor Pmikabupaten Asahan*. *31*, 349–358.

Fadillah, B. D., & Hendrastuty, N. (2025). Prediksi Stok Barang di Toko Eko Helm Menggunakan Metode Time series Analysis. *Jurnal Informatika: Jurnal Pengembangan IT*, *10*(2), 278–291.

Firdaus, M. A., Sholihin, M., & Munif, M. (2026). Implementasi Weighted Moving Average Berbasis Web Untuk Prediksi Ikan Gabus Dan Mujaer (Studi Kasus Pasar Kiringan). *Journal Software, Hardware and Information Technology*, *6*(1), 24–34.

Hayyannabil, A. W., Tri, A., Harjanto, J., & Herlambang, B. A. (2024). *Prediction of Whole Blood Stock Using Single Exponential Smoothing : A Case Study at the Indonesian Red Cross , Semarang*. *10*(1), 9–16.

Hewamalage, H., Ackermann, K., & Bergmeir, C. (2022). Forecast Evaluation for Data Scientists : Common Pitfalls and Best. *Data Mining and Knowledge Discovery*.

Juniarto, T., Santoso, B., & Faiz, A. N. (2025). Peramalan Produksi Pupuk NPK Menggunakan Metode Moving Average, Weighted Moving Average Dan Exponential Smoothing di PT. XYZ. *INTEGRASI: Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, *10*(1), 76–85.

Liu, J., Yuan, Q., Cai, L., Cai, Z., & Xu, X. (2025). Time series forecasting of red blood cell demand in hematology patients using SARIMA and exponential smoothing models: a retrospective analysis in a Chinese tertiary hospital. *Frontiers in Medicine*, *Volume 12-2025*. https://www.frontiersin.org/journals/medicine/articles/10.3389/fmed.2025.1582277

Mardiana, A., Assegaf, M. I., & Nurdiana, N. (2023). Implementasi Algoritma Exponential Smoothing Untuk Prediksi Penjualan Pada Platform E-Commerce. *Infotech journal*, *9*(1), 97–103.

Marita, L. S., & Darwati, I. (2022). Prediksi Persediaan Barang Menggunakan Metode Weighted Moving Average, Exponential Smoothing dan Simple Moving Average. *Jurnal Tekno Kompak*, *16*(1), 56.

Nurlaela, W., Pratiwi, A. I., & Yulianti, H. T. (2022). Analisis Metode Moving Average, Exponential Smoothing, dan Arima dalam Peramalan Permintaan untuk Pengendalian Stok Floor Rear:(Studi Kasus: PT. SAI). *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan*, *1*(3), 1066–1075.

Putra, D. A. S., & Hidayati, R. (2023). Penerapan metode Single Exponential Smoothing untuk memprediksi permintaan labu darah. *Journal of Information System and Application Development*, *1*(2), 135–140.

p-ISSN : 2406-7733
e-ISSN : 2597-9922

Qolbu, S. N., Supriadi, F., & Junaedi, D. I. (2025). ANALISIS KOMPARATIF METODE Single Moving Average Dan Single Exponential Smoothing Dalam Peramalan Harga Ikan Kembung Di Kabupaten Sumedang. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, *9*(1), 1712–1718.

Sadewa, B. (2025). *Implementasi Metode Simple Exponential Smoothing Dan Weighted Moving Average Dalam Memprediksi Saham Netflix (Studi Kasus: 2019-2024)*. Universitas Malikussaleh.

Samudra, M. S. R., Marcelina, D., Yulianti, E., Coyanda, J. R., & Putri, I. P. (2024). Penerapan metode forecasting dalam menentukan prediksi jumlah mahasiswa baru dengan menggunakan Single Exponential Smoothing. *Jurnal Ilmiah Informatika Global*, *15*(2), 45–51.

Sari, N., Hasdiana, H., & Rahayu, E. (2022). Perbandingan Weight Moving Average dan Single Exponential Smoothing pada Peramalan Persediaan Produk Farmasi. *JiTEKH*, *10*(2), 75–83.

Sintawati, I. D. (2022). Komparasi Metode Rad Dengan Rup Pada Pengembangan Sistem Informasi. *Akrab Juara: Jurnal Ilmu-Ilmu Sosial*, *7*(2), 101–107.

Sylvia, S. (2022). Implementasi dan Analisa Metode Peramalan Exponential Smoothing dan Weighted Moving Average Untuk Permintaan Produk Minuman Kopi K di CV Fajar Timur Lestari. *Journal of Industrial Engineering & Management Research*, *3*(4), 139–147.

Tamtama, N. N. (2024). *Analisis Peramalan Permintaan Melalui Metode Moving Average , Weighted Moving Average dan Exponential Smoothing (Studi Kasus Pada Exist Auto Detailing)*. *1*, 1–12.

Utami, M. R., & Nasution, M. I. P. (2025). Analisis literatur prediksi tren penjualan e-commerce berbasis data time-series: Metode statistik & machine learning. *Jurnal Ilmiah Penelitian Mahasiswa*, *3*(2), 331–339.

Wardana, W. C., & Devi, P. A. R. (2024). Perbandingan Metode Time Series Untuk Prediksi Penjualan Tikar Lipat. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, *8*(3), 3726–3732.

Yudanto, B. W., & Hartanto, B. (2022). Implementasi metode single exponential smoothing dalam melakukan perkiraan stok barang di toko makanan ringan berbasis sistem informasi. *Journal of Economic, Management, Accounting and Technology (JEMATech)*, *5*(2), 188–199.