

Implementasi Metode *Weighted Moving Average* (WMA) dan *Safety Stock* untuk Prediksi Permintaan dan Rekomendasi Persediaan Barang (Studi Kasus: UD. AA Jaya)

Ilma Nur Hidayah¹, Asmunin²

Program Studi Manajemen Informatika, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya
Jl. Ketintang, Kec. Gayungan, Kota Surabaya, Universitas Negeri Surabaya

¹ilmanur.22064@mhs.unesa.ac.id

²asmunin@unesa.ac.id

Abstrak - UD. AA Jaya masih mencatat penjualan dan pengadaan barang secara manual, dengan keputusan jumlah pengadaan yang dibuat berdasarkan pengalaman tanpa perhitungan sistematis, sehingga berpotensi menimbulkan ketidakseimbangan stok. Penelitian ini bertujuan mengimplementasikan sistem informasi prediksi permintaan dan rekomendasi persediaan berbasis web yang mengintegrasikan metode *Weighted Moving Average* (WMA) untuk memprediksi permintaan dan *Safety Stock* sebagai stok cadangan. Hasil *white box testing* menunjukkan seluruh 51 skenario berstatus PASS dan *black box testing* memperoleh validitas 100% dari 54 skenario. Uji akurasi menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) pada seluruh barang selama empat periode (Januari–April 2026) dengan *lead time* 2 hari menunjukkan metode WMA menghasilkan MAPE antara 3,19% hingga 34,06%, sedangkan integrasi WMA dengan *Safety Stock* menghasilkan MAPE sebesar 0,86% hingga 17%, yang tergolong baik hingga sangat akurat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu menghasilkan rekomendasi persediaan yang baik hingga sangat akurat dan dapat meminimalkan risiko *stockout* maupun *overstock*.

Kata kunci: Peramalan, Manajemen Persediaan, *Weighted Moving Average*, *Safety Stock*, Sistem Informasi.

Abstract - UD. AA Jaya still records sales and procurement manually, with procurement quantity decisions made based on experience rather than systematic calculations, potentially leading to stock imbalance. This study aims to implement a web-based demand forecasting and inventory recommendation information system integrating the *Weighted Moving Average* (WMA) method for demand prediction with *Safety Stock* as a buffer stock. *White box testing* results show all 51 scenarios achieved PASS status, and *black box testing* obtained 100% validity across 54 scenarios. Accuracy testing using *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) across all items over four periods (January–April 2026) with a *lead time* of 2 days shows that the WMA method produced MAPE values ranging from 3.19% to 34.06%, while the integration of WMA with *Safety Stock* yielded MAPE values ranging from 0.86% to 17%, classified as good to highly accurate. These results indicate that the system is capable of producing good to highly accurate inventory recommendations and can minimize the risk of *stockout* and *overstock*.

Keywords: *Forecasting*, *Inventory Management*, *Weighted Moving Average*, *Safety Stock*, *Information System*.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan ekonomi digital mendorong pelaku usaha retail memanfaatkan teknologi dalam kegiatan operasional mereka [1], termasuk dalam pengelolaan persediaan. Rofi'i [2] menemukan sekitar 75% responden UMKM telah menggunakan sistem informasi manajemen untuk aktivitas administrasi dan pencatatan stok. Pada usaha retail seperti toko bangunan, permintaan yang tidak stabil dapat menimbulkan ketidakseimbangan persediaan yang berpotensi menyebabkan kerugian dan menurunnya kepuasan pelanggan. UD. AA Jaya adalah salah satu contoh usaha di sektor retail yang berdiri sejak 2024 dan masih mengandalkan pencatatan manual menggunakan buku catatan fisik. Selain itu, jumlah pengadaan barang masih diputuskan berdasarkan pengalaman penjualan bulan sebelumnya tanpa perhitungan yang sistematis, sehingga rentan mengalami *stockout* maupun *overstock*. Untuk mengatasi masalah tersebut, diperlukan sistem informasi prediksi permintaan dan rekomendasi persediaan barang berbasis web yang dapat mendukung pengelolaan persediaan secara lebih terstruktur. Dalam hal ini, perencanaan kebutuhan sumber daya di masa depan yang lebih efektif dan pengambilan keputusan yang tepat dapat memanfaatkan alat bantu berupa peramalan [3].

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk memprediksi permintaan adalah *Weighted Moving Average* (WMA). Setiap data historis yang digunakan dalam metode ini memiliki bobot yang berbeda, dengan data terbaru mendapat bobot lebih besar daripada data yang lama [4]. Pemilihan metode WMA didasarkan pada kondisi UD. AA Jaya yang baru beroperasi sejak tahun 2024, sehingga memiliki keterbatasan panjang data historis penjualan. Penelitian terdahulu oleh Riandi dkk. [5] membuktikan metode WMA efektif digunakan pada dataset pendek dengan nilai MAPE kurang dari 10% pada usaha UMKM dengan data penjualan kurang dari dua tahun. Dalam penelitian lain, terbukti bahwa pemberian bobot lebih besar

pada data terbaru membuat metode ini lebih responsif terhadap perubahan tren [6]. Di sisi lain, penelitian oleh Welda dkk. [1] menunjukkan bahwa penerapan metode WMA menghasilkan tingkat akurasi yang lebih tinggi dibandingkan metode sederhana seperti SMA.

Namun, hasil prediksi permintaan dengan metode WMA tidak selalu sepenuhnya sesuai dengan kondisi aktual, terutama jika terjadi lonjakan permintaan yang tidak terduga. Untuk mengantisipasi risiko tersebut, diperlukan *Safety Stock* sebagai cadangan persediaan untuk mengantisipasi terjadinya kekurangan persediaan selama durasi pengiriman atau *lead time* [7][8]. Penelitian Putra [9] menunjukkan bahwa integrasi *Safety Stock* pada hasil peramalan menggunakan metode *Simple Moving Average* (SMA) mampu meningkatkan akurasi dari 76% menjadi 82%, meskipun masih terbatas pada metode SMA yang sederhana dan belum mengeksplorasi metode yang lebih adaptif terhadap perubahan tren, seperti *Weighted Moving Average* (WMA).

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini mengimplementasikan sistem informasi prediksi permintaan dan rekomendasi persediaan berbasis web yang mengintegrasikan metode WMA dengan *Safety Stock*. Metode WMA berperan untuk memprediksi permintaan berdasarkan data historis penjualan, sedangkan metode *Safety Stock* berfungsi untuk mengetahui jumlah cadangan persediaan. Dengan kehadiran sistem ini, diharapkan mampu menghasilkan rekomendasi jumlah persediaan yang lebih terukur, mengurangi risiko *stockout* dan *overstock*, serta mendukung pengambilan keputusan jumlah pengadaan barang di UD. AA Jaya.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan langkah-langkah yang sistematis, mulai dari identifikasi masalah hingga pengujian, dengan alur penelitian pada Gambar 1.



Gambar 1 Alur Penelitian

A. Identifikasi Masalah

Tahapan identifikasi masalah dilakukan melalui wawancara langsung dengan petugas toko UD. AA Jaya yang terlibat langsung dalam proses pencatatan penjualan dan pengelolaan persediaan, menghasilkan temuan berupa ketidaktepatan jumlah pengadaan barang, stok kosong yang menyebabkan ketidakpuasan pelanggan, dan tidak adanya perhitungan sistematis dalam menentukan jumlah persediaan. Selain itu, juga diketahui adanya kebutuhan terhadap sistem yang mampu memprediksi permintaan dan memberikan rekomendasi jumlah persediaan yang lebih terukur.

B. Studi Literatur

Tahapan studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan referensi yang relevan untuk memahami konsep, teori, dan temuan penelitian terdahulu yang masih berkaitan dengan topik penelitian ini. Kajian mencakup konsep sistem informasi, peramalan, metode rata-rata bergerak dalam peramalan, metode *Weighted Moving Average* (WMA), pengujian akurasi hasil prediksi, *inventory management*, metode *Safety Stock*, metodologi *Software Development Life Cycle* (SDLC) dalam pengembangan perangkat lunak, hingga pengujian sistem. Hasil kajian ini menjadi dasar penerapan kedua metode tersebut pada studi kasus UD. AA Jaya dan memastikan implementasinya memiliki landasan teori yang jelas.

C. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui wawancara langsung terhadap petugas toko dan dokumentasi internal UD. AA Jaya. Data yang diperoleh mencakup informasi terkait proses pengelolaan persediaan, mekanisme pencatatan yang digunakan, kendala operasional, proses pengambilan keputusan jumlah persediaan, dan data historis penjualan periode Januari 2025 hingga April 2026 yang memuat informasi tanggal penjualan, nama barang, harga satuan, jumlah terjual, dan total harga sebagai dasar perhitungan sistem.

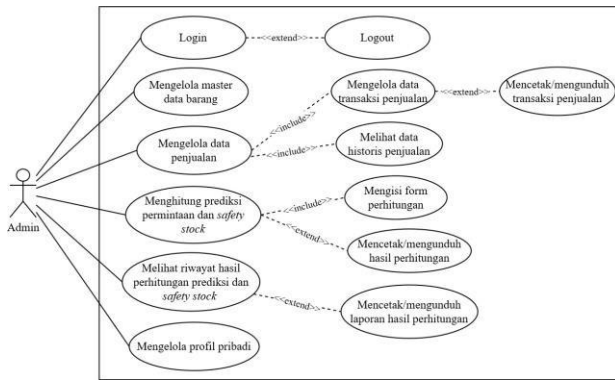
D. Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan sistem yang diperlukan. Tahapan ini menghasilkan tiga rumusan penting, yaitu kebutuhan fungsional, kebutuhan non-fungsional, dan spesifikasi kebutuhan perangkat. Kebutuhan fungsional berisi daftar fitur utama yang harus disediakan dalam sistem. Kebutuhan non-fungsional berisi gambaran mengenai bagaimana sistem ini seharusnya bekerja. Sementara itu, spesifikasi kebutuhan perangkat terdiri dari rincian perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan selama proses implementasi hingga pengujian sistem.

E. Desain Sistem

Hasil analisis kebutuhan kemudian diterapkan ke dalam rancangan yang lebih terstruktur pada tahap desain sistem, sebagai dasar dalam implementasi sistem.

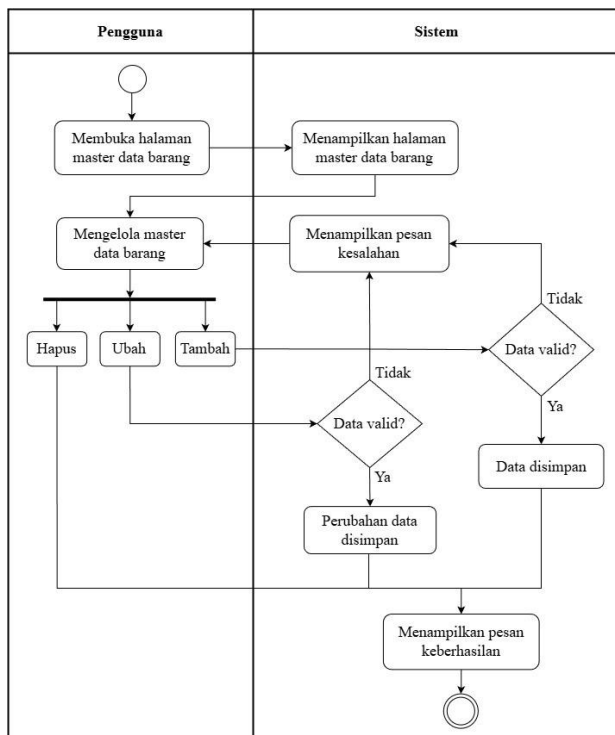
1) Use Case Diagram



Gambar 2 Use Case Diagram

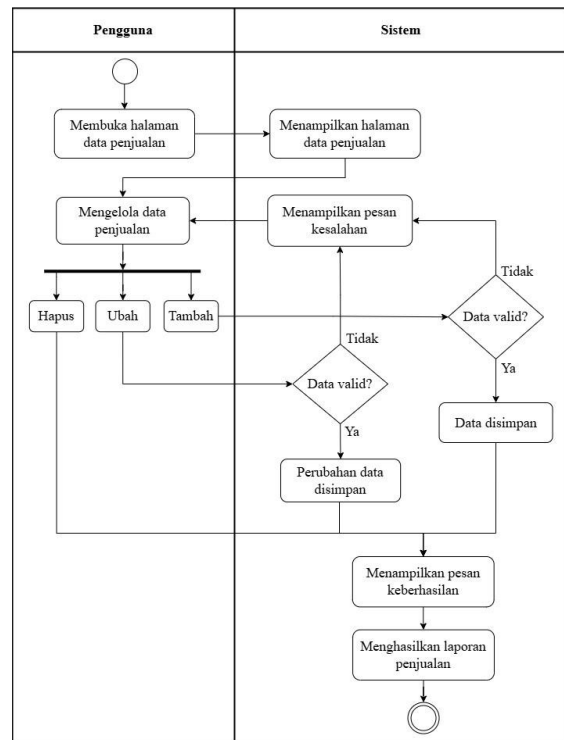
Gambar 2 menggambarkan interaksi antara aktor Admin dengan sistem, di mana Admin adalah pengguna itu sendiri. Admin dapat melakukan *login*, mengelola data barang, penjualan, menghitung prediksi permintaan, *Safety Stock*, melihat riwayat perhitungan, dan mengelola profil pribadi.

2) Activity Diagram



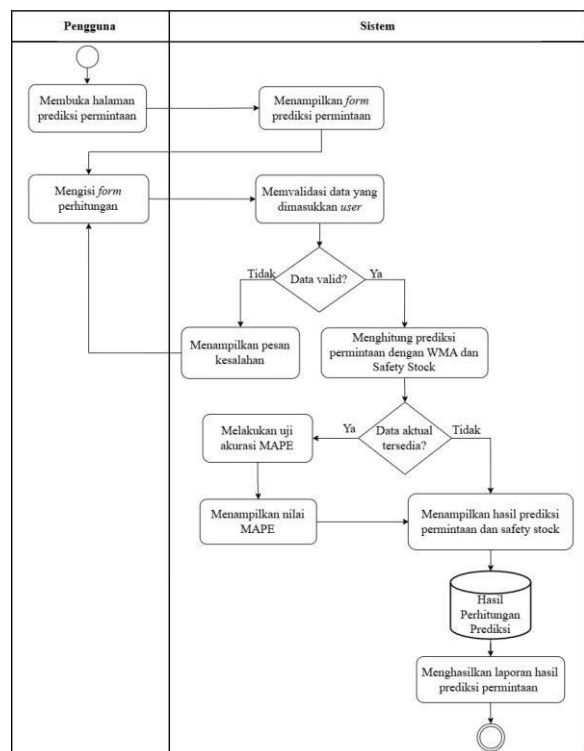
Gambar 3 Activity Diagram Mengelola Data Barang

Gambar 3 menggambarkan alur kerja pengguna dalam pengelolaan data barang yang meliputi tambah, ubah dan hapus data. Ketika berhasil menambahkan, mengubah, atau menghapus data, proses diakhiri dengan menampilkan pesan keberhasilan.



Gambar 4 Activity Diagram Mengelola Data Penjualan

Gambar 4 menggambarkan alur kerja pengelolaan data penjualan yang meliputi tambah, ubah, dan hapus data. Proses ini diakhiri dengan menampilkan pesan keberhasilan dan menghasilkan laporan penjualan yang dapat dicetak atau diunduh oleh pengguna.

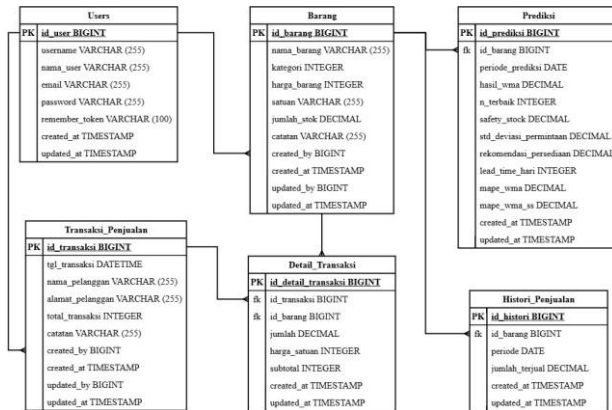


Gambar 5 Activity Diagram Menghitung Prediksi Permintaan dan Safety Stock

Gambar 5 menggambarkan proses perhitungan prediksi permintaan dan *Safety Stock*, mulai dari pengguna mengisi *form* perhitungan hingga sistem menghasilkan laporan hasil perhitungan.

3) Entity Relationship Diagram (ERD)

Rancangan struktur *database* dalam sistem direpresentasikan melalui *Entity Relationship Diagram* (ERD) yang menggambarkan hubungan antar entitas dalam basis data yang digunakan. Dalam *database* yang digunakan pada sistem ini, entitas tersebut terdiri dari Users, Barang, Transaksi_Penjualan, Detail_Transaksi, Histori_Penjualan, dan Prediksi yang ditampilkan pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6 Entity Relationship Diagram (ERD)

F. Implementasi

Setelah desain sistem selesai dirancang, tahap selanjutnya adalah implementasi sistem. Sistem diimplementasikan berbasis web menggunakan *framework* Laravel dan MySQL sebagai manajemen basis data. Implementasi sistem ini terdiri dari dua bagian utama, yaitu implementasi metode *Weighted Moving Average* (WMA) dan implementasi metode *Safety Stock*.

1) Implementasi Metode *Weighted Moving Average*

Sistem mengevaluasi empat skenario Panjang periode WMA, yaitu $n = 2, 3, 4$, dan 5 , menggunakan bobot linear yang dinormalisasi dengan data terbaru mendapat bobot terbesar. Berikut adalah empat skenario panjang periode yang dievaluasi.

- Skenario Panjang Periode A ($n = 2$): bobot data terbaru ($t-1$) sebesar $2/3$ dan bobot data sebelumnya ($t-2$) sebesar $1/3$
- Skenario Panjang Periode B ($n = 3$): bobot data terbaru ($t-1$) sebesar $3/6$, data periode sebelumnya ($t-2$) sebesar $2/6$, dan data periode terlama ($t-3$) sebesar $1/6$
- Skenario Panjang Periode C ($n = 4$): bobot data terbaru ($t-1$) sebesar $4/10$, data periode sebelumnya ($t-2$) sebesar $3/10$, data dua periode sebelumnya sebesar $2/10$ dan data periode terlama ($t-3$) sebesar $1/10$

- Skenario Panjang Periode D ($n = 5$): bobot data terbaru ($t-1$) sebesar $5/15$, data periode sebelumnya ($t-2$) berbobot $4/15$, data dua periode sebelumnya ($t-3$) berbobot $3/15$, data tiga periode sebelumnya ($t-4$) berbobot $2/15$, dan bobot data periode terlama ($t-5$) sebesar $1/15$

Prediksi permintaan WMA dihitung dengan menjumlahkan hasil perkalian data penjualan dengan bobotnya masing-masing, menggunakan Persamaan 1 [10].

$$WMA = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i \times W_i)}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (1)$$

Di mana P_i adalah nilai penjualan pada periode ke- i , W_i adalah bobot untuk periode ke- i , n adalah jumlah bobot dari keseluruhan periode yang digunakan.

Evaluasi dilakukan dengan memprediksi bulan terakhir yang telah memiliki data aktual pada masing-masing skenario, kemudian dihitung nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) setiap skenario. Skenario dengan MAPE terkecil dipilih sebagai panjang periode terbaik untuk memprediksi permintaan periode berikutnya. Sistem hanya mendukung prediksi satu bulan ke depan dari data aktual terakhir untuk menghindari akumulasi kesalahan prediksi. Selanjutnya, akurasi hasil prediksi dievaluasi menggunakan metrik MAPE melalui Persamaan 2 [11].

$$MAPE = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \frac{|A_t - F_t|}{A_t} \times 100 \quad (2)$$

Di mana A_t adalah data aktual pada periode ke- t , F_t adalah data peramalan pada periode ke- t , dan N adalah jumlah data. Hasil prediksi hanya dapat diuji akurasi menggunakan metrik MAPE ketika data aktual pada periode target telah tersedia. Interpretasi nilai MAPE ditunjukkan pada tabel berikut [11].

TABEL 1
INTERPRETASI NILAI MAPE

Nilai MAPE	Interpretasi
≤ 10	Hasil peramalan sangat akurat
$10 - 20$	Hasil peramalan baik
$20 - 50$	Hasil peramalan layak (cukup baik)
> 50	Hasil peramalan tidak akurat

2) Implementasi Metode *Safety Stock*

Safety Stock dihitung menggunakan data historis penjualan 12 bulan terakhir dengan *service level* 90% yang menghasilkan *Z Score* sebesar 1,3. *Service level* 90% dipilih karena mampu mencapai keseimbangan antara biaya persediaan dan risiko *stockout* [12]. Nilai *lead time* yang dikirimkan pengguna pada *form* perhitungan dikonversi ke satuan bulan, dengan asumsi satu bulan terdiri dari 30 hari. Selanjutnya, standar deviasi permintaan dihitung menggunakan Persamaan 3 [13].

$$\sigma_{Demand} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}} \quad (3)$$

Di mana x_i adalah permintaan pada periode ke- i , $\bar{x}$ adalah rata-rata permintaan dan n adalah jumlah periode. Nilai *Safety Stock* kemudian dihitung menggunakan Persamaan 4 berikut [14].

$$Safety\ Stock = Z \times \sigma_{Demand} \times \sqrt{m} \quad (4)$$

Di mana Z adalah faktor pelayanan, σ_{Demand} adalah standar deviasi permintaan, dan m adalah *lead time* dalam satuan bulan. Kemudian, rekomendasi persediaan akhir diperoleh dari penjumlahan hasil prediksi WMA dan nilai *Safety Stock*, dikurangi stok barang yang masih tersedia.

G. Pengujian

Pengujian sistem dilakukan untuk memastikan bahwa sistem yang diimplementasikan dapat berfungsi sesuai kebutuhan dan rancangan yang telah ditetapkan. Metode pengujian yang digunakan meliputi *White Box Testing* dan *Black Box Testing*. *White Box Testing* dilakukan melalui *unit testing* Laravel untuk mengevaluasi logika internal sistem pada empat modul utama. Sedangkan, *Black Box Testing* dilakukan untuk menguji fungsionalitas sistem dari perspektif pengguna tanpa melihat struktur kode program melalui beberapa skenario pengujian.

III. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Implementasi Sistem

Sistem prediksi permintaan dan rekomendasi persediaan barang di UD. AA Jaya berhasil diimplementasikan sesuai dengan rancangan yang telah dibuat. Implementasi sistem dilakukan menggunakan bahasa pemrograman PHP Laravel *framework*, *text editor Visual Studio Code*, dan basis data MySQL. Hasil implementasi sistem ini mencakup dua aspek utama, yaitu implementasi *database* dan integrasi sistem.

1) Hasil Implementasi Database

Database dalam sistem diimplementasikan menggunakan Laravel Eloquent ORM sehingga struktur tabel didefinisikan melalui Model Laravel dan dimigrasi secara langsung tanpa menuliskan rumus SQL satu-persatu, sesuai dengan struktur yang telah dirancang sebelumnya. Struktur database yang telah diimplementasikan terdiri dari enam tabel utama yang ditunjukkan melalui Tabel 2 berikut.

TABEL 2
HASIL IMPLEMENTASI DATABASE

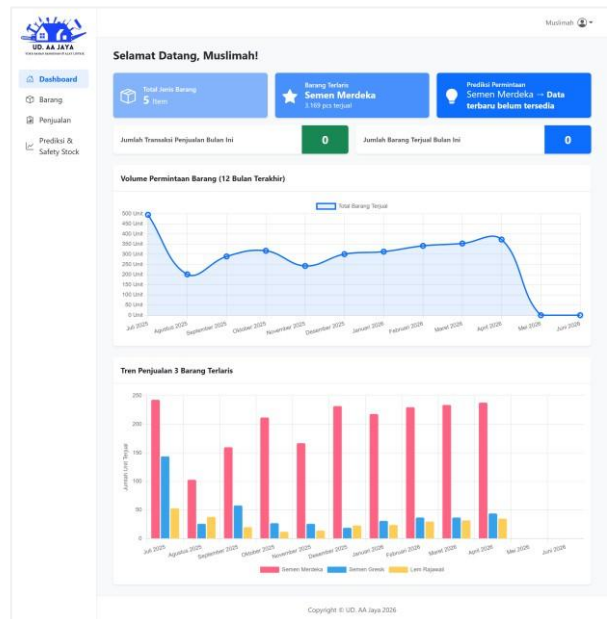
No	Tabel	Penjelasan
1	Users	Menyimpan data akun pengguna dengan <i>username</i> dan email harus unik
2	Barang	Menyimpan data barang yang berelasi ke tabel Users
3	Transaksi_Penjualan	Menyimpan data transaksi penjualan yang berelasi ke tabel Users
4	Detail_Transaksi	Menyimpan rincian item setiap transaksi yang berelasi ke tabel Transaksi_Penjualan
5	Histori_Penjualan	Menyimpan rekap penjualan barang setiap bulan dan berelasi ke tabel Barang
6	Prediksi	Menyimpan hasil perhitungan prediksi dan rekomendasi persediaan

2) Hasil Integrasi Sistem

Dari hasil implementasi *database* dan pengkodean sistem yang telah dilakukan, seluruh komponen sistem telah terhubung dan menghasilkan sebuah sistem yang

fungsional dengan tampilan antarmuka pengguna pada setiap halaman hasil integrasi sistem sebagai berikut.

• Halaman Dashboard



Gambar 7 Halaman Dashboard

Gambar 7 merupakan tampilan halaman *dashboard* yang menyajikan informasi ringkas sebagai tampilan awal sistem. Informasi tersebut meliputi jumlah barang yang terdapat dalam sistem, barang terlaris, dan hasil prediksi permintaan untuk barang terlaris pada periode berikutnya menggunakan metode *Weighted Moving Average* (WMA). Selain itu juga terdapat jumlah barang terjual dan jumlah transaksi penjualan pada bulan yang sedang berjalan, serta grafik *volume* permintaan barang dan grafik tren penjualan tiga barang terlaris selama 12 bulan terakhir.

• Halaman Barang

The *Barang* page displays a table of items with the following columns:

No	Nama Barang	Kategori	Satuan	Harga	Jumlah	Aksi
1	Semen Merdeka	Bahan Bangunan	pcs	Rp 46.000	20	[Edit] [Hapus]
2	Semen Gresik	Bahan Bangunan	pcs	Rp 59.000	15	[Edit] [Hapus]
3	Semen Merah Putih	Bahan Bangunan	pcs	Rp 45.000	25	[Edit] [Hapus]
4	Lem Rajawali	Bahan Bangunan	pcs	Rp 22.000	30	[Edit] [Hapus]
5	Paku	Bahan Bangunan	kg	Rp 20.000	10	[Edit] [Hapus]

Gambar 8 Halaman Barang

Gambar 8 merupakan halaman *Barang* yang menampilkan daftar barang dalam bentuk tabel dengan beberapa kolom, seperti nama barang, kategori, satuan, harga, dan jumlah stok barang saat ini.

- Halaman Transaksi Penjualan

No	Tanggal	Nama Pelanggan	Nama Barang	Total Transaksi	Aksi
1	30/04/2026	-	Lem Rajawali 1	Rp 22.000	[Edit] [Hapus] [Detail]
2	30/04/2026	-	Paku 625	Rp 5.000	[Edit] [Hapus] [Detail]
3	30/04/2026	-	Paku 1	Rp 20.000	[Edit] [Hapus] [Detail]
4	30/04/2026	-	Semen Mendeka 1	Rp 46.000	[Edit] [Hapus] [Detail]
5	30/04/2026	-	Semen Mendeka 5	Rp 230.000	[Edit] [Hapus] [Detail]
6	30/04/2026	-	Lem Rajawali 1	Rp 110.000	[Edit] [Hapus] [Detail]
7	30/04/2026	-	Lem Rajawali 4	Rp 88.000	[Edit] [Hapus] [Detail]
8	30/04/2026	-	Semen Mendeka 2	Rp 92.000	[Edit] [Hapus] [Detail]
9	30/04/2026	-	Semen Mendeka 1	Rp 46.000	[Edit] [Hapus] [Detail]
10	29/04/2026	-	Semen Mendeka 6	Rp 276.000	[Edit] [Hapus] [Detail]

Gambar 9 Halaman Transaksi Penjualan

Gambar 9 merupakan halaman Transaksi Penjualan yang menampilkan daftar transaksi penjualan di UD. AA Jaya dengan kolom berupa tanggal transaksi, nama pelanggan, nama barang dengan jumlahnya, dan total transaksi.

- Halaman Historis Penjualan

No	Periode	Nama Barang	Jumlah Terjual	Diperbarui pada
1	April 2026	Semen Mendeka	238	20/04/2026
2	April 2026	Lem Rajawali	35	20/04/2026
3	April 2026	Semen Merah Putih	29	20/04/2026
4	April 2026	Paku	27	20/04/2026
5	April 2026	Semen Gresik	44	20/04/2026
6	Maret 2026	Semen Merah Putih	26	20/04/2026
7	Maret 2026	Lem Rajawali	32	20/04/2026
8	Maret 2026	Paku	24.45	20/04/2026
9	Maret 2026	Semen Mendeka	234	20/04/2026
10	Maret 2026	Semen Gresik	37	20/04/2026
11	Februari 2026	Semen Mendeka	230	20/04/2026
12	Februari 2026	Semen Merah Putih	23	20/04/2026
13	Februari 2026	Lem Rajawali	30	20/04/2026

Gambar 10 Halaman Histori Penjualan

Gambar 10 merupakan tampilan halaman Historis Penjualan yang menampilkan daftar historis penjualan yang telah dikelompokkan berdasarkan periodenya.

- Halaman Prediksi Permintaan dan Safety Stock

Prediksi Permintaan & Safety Stock

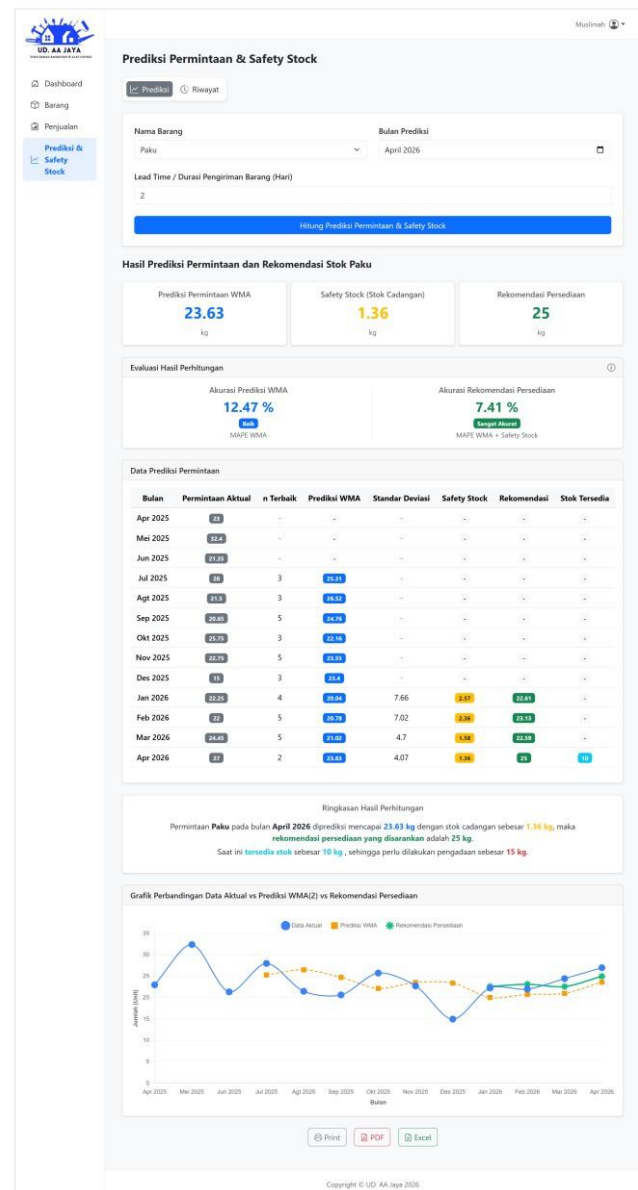
Nama Barang: Bulan Prediksi:

Lead Time / Durasi Pengiriman Barang (Hari):

Gambar 11 Halaman Prediksi Permintaan dan Safety Stock

Gambar 11 merupakan halaman Prediksi Permintaan dan *Safety Stock* yang memuat *form* perhitungan. Pengguna diminta memilih nama barang dan bulan prediksi serta memasukkan nilai *lead time*.

- Halaman Hasil Perhitungan



Gambar 12 Halaman Hasil Perhitungan

Gambar 12 merupakan halaman hasil Prediksi Permintaan dan *Safety Stock* yang menampilkan ringkasan hasil perhitungan dalam bentuk bentuk ringkasan yang meliputi nilai prediksi permintaan, *Safety Stock*, rekomendasi persediaan, dan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) beserta kategori akurasi. Selain itu, sistem juga menampilkan tabel histori perhitungan dan grafik perbandingan antara data aktual, hasil prediksi, dan rekomendasi persediaan untuk memudahkan pengguna dalam menganalisis pola permintaan barang. Halaman ini juga dilengkapi dengan

fitur cetak laporan hasil perhitungan serta ekspor data dalam format PDF dan Excel.

- Halaman Riwayat Perhitungan

No	Nama Barang	Periode Prediksi	Prediksi WMA	Safety Stock	Rekomendasi Persediaan	Lead Time (Hari)	MAPE WMA	MAPE WMA+SS	Terakhir Diperbarui
1	Semen Merah Putih	April 2026	8,98	14,10	23,08	2 hari	0,96%	0,96%	18 Juni 2026, 00:43
2	Semen Gresik	April 2026	6,25	19,45	25,70	2 hari	0,94%	0,94%	18 Juni 2026, 00:43
3	Semen Merah Putih	April 2026	8,98	14,10	23,08	2 hari	0,96%	0,96%	18 Juni 2026, 00:43
4	Lem Rajawali	April 2026	11,13	0	11,13	2 hari	0,46%	0,46%	18 Juni 2026, 00:43
5	Paku	April 2026	16,15	1,36	17,51	2 hari	0,67%	0,67%	18 Juni 2026, 00:43
6	Semen Merah Putih	Maret 2026	8,98	14,10	23,08	2 hari	0,96%	0,96%	18 Juni 2026, 00:43
7	Semen Gresik	Maret 2026	6,25	19,45	25,70	2 hari	0,94%	0,94%	18 Juni 2026, 00:43

Gambar 13 Halaman Riwayat Perhitungan

Gambar 13 merupakan tampilan halaman Riwayat Perhitungan yang menampilkan daftar riwayat perhitungan yang telah dilakukan pengguna.

B. Hasil Implementasi Metode Weighted Moving Average (WMA)

Sistem menjalankan perhitungan metode WMA dengan menggunakan data historis penjualan yang diambil dari *input* transaksi penjualan oleh pengguna. Data diurutkan dari periode terbaru ke periode terlama dan dibatasi sesuai jumlah periode yang dibutuhkan.

1) Penentuan Panjang Periode Terbaik

Sebelum perhitungan dijalankan, sistem mengevaluasi empat skenario panjang periode dengan rincian bobot ternormalisasi sebagai berikut.

- Skenario A (n = 2): bobot t-1 = 0,667 dan t-2 = 0,333
- Skenario B (n = 3): bobot t-1 = 0,5; t-2 = 0,333; t-3 = 0,167
- Skenario C (n = 4): bobot t-1 = 0,4; t-2 = 0,3; t-3 = 0,2; t-4 = 0,1
- Skenario D (n = 5): bobot t-1 = 0,333; t-2 = 0,267; t-3 = 0,2; t-4 = 0,133; t-5 = 0,067

Evaluasi dilakukan menggunakan data periode sebelum bulan yang diprediksi, kemudian menghitung nilai MAPE masing-masing skenario. Skenario dengan nilai MAPE terkecil dipilih sebagai panjang periode terbaik.

Untuk memprediksi permintaan bulan April 2026, maka dilakukan evaluasi panjang periode terbaik pada bulan Maret 2026, dengan hasil pada Tabel 2.

TABEL 3
HASIL EVALUASI PANJANG PERIODE TERBAIK PADA MARET 2026

Barang	MAPE A	MAPE B	MAPE C	MAPE D	MAPE Terkecil
Semen Merdeka	1,71	3,27	5,77	7	1,71
Semen Gresik	2,7	13,52	17,57	19,82	2,7

Semen Merah Putih	8,98	25,01	29,61	25,61	8,98
Lem Rajawali	6,25	16,15	21,25	26,05	6,25
Paku	4,84	14,46	15,13	14,04	4,84

Berdasarkan Tabel 2, skenario A (n = 2) menghasilkan MAPE terkecil untuk seluruh barang pada evaluasi bulan Maret 2026, sehingga digunakan sebagai panjang periode terbaik untuk prediksi April 2026. Hasil ini bersifat dinamis dan dapat berbeda pada setiap periode prediksi bergantung pada pola data historis yang digunakan.

2) Perhitungan Metode Weighted Moving Average (WMA)

Sistem menghitung prediksi WMA berdasarkan Persamaan 1 dengan bobot yang dihitung otomatis dan dinormalisasi agar jumlah keseluruhan bobot bernilai satu. Berikut perhitungan prediksi WMA untuk Paku menggunakan panjang periode terbaik n = 2 untuk prediksi permintaan bulan April 2026. Data yang digunakan adalah dua bulan sebelum periode target, yaitu bulan Maret 2026 sebagai periode terbaru (t-1) dengan bobot 0,667 dan bulan Februari 2026 sebagai periode terlama (t-2) dengan bobot 0,333.

$$WMA(2) = \frac{(24,45 \times 0,667) + (22 \times 0,333)}{0,667 + 0,333}$$

$$WMA(2) = \frac{16,30 + 7,33}{1} = 23,63 \text{ kg}$$

TABEL 4
HASIL PREDIKSI WMA UNTUK PERMINTAAN PAKU PERIODE APRIL 2026

No	Periode	Penjualan (kg)	n Terbaik	Prediksi WMA (kg)
1	Januari 2025	35,45	-	-
2	Februari 2025	41,35	-	-
3	Maret 2025	14,55	-	-
4	April 2025	23	-	-
5	Mei 2025	32,4	-	-
6	Juni 2025	21,35	-	-
7	Juli 2025	28	3	25,31
8	Agustus 2025	21,5	3	26,52
9	September 2025	20,65	5	24,76
10	Oktober 2025	25,75	3	22,16
11	November 2025	22,75	5	23,55
12	Desember 2025	15	3	23,4
13	Januari 2026	22,25	4	20,04
14	Februari 2026	22	5	20,78
15	Maret 2026	24,45	5	21,02
16	April 2026	27	2	23,63

Berdasarkan Tabel 4, prediksi permintaan Paku untuk April 2026 menghasilkan nilai sebesar 23,63 kg.

3) Uji Akurasi Hasil Prediksi

Akurasi hasil prediksi diuji menggunakan metrik MAPE berdasarkan Persamaan 2. Pengujian akurasi hanya dapat dilakukan jika data aktual pada periode target telah tersedia.

Tabel 5 berikut menunjukkan hasil uji akurasi MAPE untuk prediksi permintaan Paku.

TABEL 5
HASIL UJI AKURASI MAPE UNTUK PREDIKSI PERMINTAAN PAKU

No	Periode	Penjualan (kg)	Prediksi WMA (kg)	MAPE (%)
1	Januari 2025	35,45	-	-
2	Februari 2025	41,35	-	-
3	Maret 2025	14,55	-	-
4	April 2025	23	-	-
5	Mei 2025	32,4	-	-
6	Juni 2025	21,35	-	-
7	Juli 2025	28	25,31	9,6
8	Agustus 2025	21,5	26,52	23,34
9	September 2025	20,65	24,76	19,90
10	Oktober 2025	25,75	22,16	13,94
11	November 2025	22,75	23,55	3,52
12	Desember 2025	15	23,4	56
13	Januari 2026	22,25	20,04	9,93
14	Februari 2026	22	20,78	5,56
15	Maret 2026	24,45	21,02	14,04
16	April 2026	27	23,63	12,47
Rata-rata MAPE				16,83

Berdasarkan hasil uji akurasi pada Tabel 5, nilai MAPE prediksi permintaan Paku bervariasi di setiap periodenya, dengan rata-rata MAPE sebesar 16,83% yang tergolong baik.

C. Hasil Implementasi Metode Safety Stock

Metode *Safety Stock* dijalankan menggunakan data historis selama 12 bulan terakhir. Apabila data historis kurang dari 12 bulan, maka sistem tidak dapat menjalankan perhitungan *Safety Stock* dan menampilkan pesan kesalahan kepada pengguna. Selanjutnya, nilai *lead time* yang dimasukkan pengguna dikonversi ke satuan bulan.

1) Perhitungan Standar Deviasi Permintaan

Proses perhitungan standar deviasi permintaan dilakukan sistem dengan menghitung jumlah kuadrat selisih antara setiap nilai permintaan aktual dengan rata-ratanya kemudian membaginya dengan jumlah data dan diakarkan. Hasil perhitungan standar deviasi permintaan untuk Paku menggunakan data historis 12 bulan terakhir untuk periode April 2026 ditunjukkan pada Tabel 6 berikut.

TABEL 6
HASIL PERHITUNGAN STANDAR DEVIASI PERMINTAAN PAKU UNTUK PERIODE APRIL 2026

No	Periode	Penjualan (kg)	$(xi - \bar{x})$	$(xi - \bar{x})^2$
1	April 2025	23	-0,26	0,07
2	Mei 2025	32,4	9,14	83,54
3	Juni 2025	21,35	-1,91	3,65
4	Juli 2025	28	4,74	22,47
5	Agustus 2025	21,5	-1,76	3,1
6	September 2025	20,65	-2,61	6,81
7	Oktober 2025	25,75	2,49	6,2
8	November 2025	22,75	-0,51	0,26

9	Desember 2025	15	-8,26	68,23
10	Januari 2026	22,25	-1,01	1,02
11	Februari 2026	22	-1,26	1,59
12	Maret 2026	24,45	1,19	1,42
Jumlah		279,1		198,36
Rata-rata		23,26		
Standar deviasi permintaan		4,07		

Berdasarkan Tabel 6 di atas, diperoleh standar deviasi permintaan Paku sebesar 4,07 kg untuk periode April 2026.

2) Perhitungan Metode Safety Stock

Safety Stock dihitung menggunakan Persamaan 4 berdasarkan data historis 12 bulan terakhir dengan *service level* 90% yang menghasilkan *Z Score* 1,3 dan nilai *lead time* yang dikonversi ke satuan bulan. Nilai *lead time* 2 hari dikonversi ke satuan bulan menjadi 0,0667 bulan. Dengan standar deviasi permintaan sebesar 4,07 kg dan *Z Score* sebesar 1,3, nilai *Safety Stock* dihitung sebagai berikut.

$$Safety\ Stock = 1,3 \times 4,07 \times \sqrt{0,0667}$$

$$Safety\ Stock = 1,3 \times 4,07 \times 0,2582 = 1,36\ kg$$

Hasil perhitungan tersebut dirangkum pada Tabel 7.

TABEL 7
HASIL PERHITUNGAN SAFETY STOCK UNTUK PAKU PERIODE APRIL 2026

Nama Barang	Periode	Standar Deviasi Permintaan	Lead Time (bulan)	Z Score	Safety Stock
Paku	April 2026	4,07	0,0667	1,3	1,36

3) Penentuan Rekomendasi Jumlah Persediaan

Rekomendasi jumlah persediaan dihitung dengan menambahkan hasil prediksi WMA dan nilai *Safety Stock*. Jika stok barang masih tersedia, maka rekomendasi jumlah persediaan akan dikurangi dengan stok saat ini. Hasil penentuan rekomendasi jumlah persediaan untuk Paku pada periode April 2026 dengan *lead time* 2 hari ditunjukkan pada Tabel 8.

TABEL 8
HASIL PERHITUNGAN REKOMENDASI JUMLAH PERSEDIAAN PAKU PERIODE APRIL 2026

Periode	Aktual	n Terbaik	WMA	Std Deviasi	Safety Stock	Rekomendasi
April 2026	27	2	23,63	4,07	1,36	24,99 $\approx$ 25

Berdasarkan Tabel 8, rekomendasi jumlah persediaan Paku untuk periode April 2026 adalah sebesar 25 kg. Kemudian, apabila saat ini stok masih tersedia, maka ringkasan hasil perhitungan ditampilkan seperti pada Gambar 14 berikut.

Ringkasan Hasil Perhitungan					
Permintaan Paku pada bulan April 2026 diprediksi mencapai 23.63 kg dengan stok cadangan sebesar 1.36 kg, maka rekomendasi persediaan yang disarankan adalah 25 kg.					
Saat ini tersedia stok sebesar 10 kg, sehingga perlu dilakukan pengadaan sebesar 15 kg.					

Gambar 14 Tampilan Ringkasan Hasil Perhitungan

Berdasarkan Gambar 14, stok Paku yang tersedia saat ini adalah sebesar 10 kg, sehingga jumlah persediaan akhir yang disarankan untuk April 2026 adalah 15 kg.

D. Hasil Uji Akurasi Integrasi Metode

Pengujian akurasi metode dilakukan untuk mengevaluasi tingkat ketepatan hasil rekomendasi jumlah persediaan yang diperoleh dari integrasi metode WMA dengan *Safety Stock* menggunakan metrik MAPE sesuai Persamaan 2. Pengujian dilakukan untuk seluruh barang pada periode Januari 2026 hingga April 2026 dengan *lead time* 2 hari.

TABEL 9
HASIL UJI AKURASI PREDIKSI WMA DAN REKOMENDASI JUMLAH
PERSEDIAAN PERIODE JANUARI 2026

Nama Barang	MAPE WMA (%)	MAPE WMA + SS (%)
Semen Merdeka	3,52	2,53
Semen Gresik	31,18	17
Semen Merah Putih	31,48	10,79
Lem Rajawali	20,83	8,13
Paku	9,93	1,62

Berdasarkan Tabel 9, nilai MAPE integrasi WMA dengan *Safety Stock* periode Januari 2026 berada pada rentang 1,62% hingga 17% yang tergolong baik hingga sangat akurat.

TABEL 10
HASIL UJI AKURASI PREDIKSI WMA DAN REKOMENDASI JUMLAH
PERSEDIAAN PERIODE FEBRUARI 2026

Nama Barang	MAPE WMA (%)	MAPE WMA + SS (%)
Semen Merdeka	3,19	2,63
Semen Gresik	24,14	10,63
Semen Merah Putih	34,06	0,86
Lem Rajawali	21,11	2,72
Paku	5,56	5,15

Berdasarkan Tabel 10, nilai MAPE integrasi WMA dengan *Safety Stock* periode Februari 2026 berada pada rentang 0,86% hingga 10,63% yang tergolong sangat akurat hingga baik.

TABEL 11
HASIL UJI AKURASI PREDIKSI WMA DAN REKOMENDASI JUMLAH
PERSEDIAAN PERIODE MARET 2026

Nama Barang	MAPE WMA (%)	MAPE WMA + SS (%)
Semen Merdeka	3,42	2,41
Semen Gresik	19,82	9,48
Semen Merah Putih	25,64	3,61
Lem Rajawali	12,5	7,8
Paku	14,04	7,6

Berdasarkan Tabel 11, nilai MAPE integrasi WMA dengan *Safety Stock* periode Maret 2026 berada pada rentang 2,41% hingga 9,48% yang tergolong sangat akurat.

TABEL 12
HASIL UJI AKURASI PREDIKSI WMA DAN REKOMENDASI JUMLAH
PERSEDIAAN PERIODE APRIL 2026

Nama Barang	MAPE WMA (%)	MAPE WMA + SS (%)
Semen Merdeka	3,36	2,59
Semen Gresik	15,91	8,65
Semen Merah Putih	13,79	11,94
Lem Rajawali	10,48	6,67
Paku	12,47	7,41

Berdasarkan Tabel 12, nilai MAPE integrasi WMA dengan *Safety Stock* periode April 2026 berada pada rentang 2,59% hingga 11,94% yang tergolong baik hingga sangat akurat.

Secara keseluruhan, hasil uji akurasi pada keempat periode menunjukkan bahwa integrasi metode WMA dengan *Safety Stock* mampu meningkatkan akurasi rekomendasi jumlah persediaan dibandingkan penggunaan metode WMA saja. Semen Merdeka memperoleh nilai MAPE integrasi WMA dengan *Safety Stock* di rentang 2,41% hingga 2,63% di seluruh periode, tergolong sangat akurat. Di periode awal, Semen Gresik dan Semen Merah Putih mencatat MAPE yang relatif tinggi saat penerapan WMA saja, kemudian menurun setelah *Safety Stock* diterapkan. Lem Rajawali dan Paku memperoleh MAPE integrasi WMA dengan *Safety Stock* di bawah 10% pada seluruh periode yang diuji, tergolong sangat akurat. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem layak digunakan untuk membantu pengambilan keputusan jumlah pengadaan barang di UD. AA Jaya.

E. Hasil Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan menggunakan metode *White Box Testing* dan *Black Box Testing*. *White Box Testing* dilakukan dengan 51 skenario pengujian yang mencakup modul autentikasi, pengelolaan data barang dan penjualan, hingga algoritma prediksi.

Tests: 51 passed (132 assertions)
Duration: 2.58s

Gambar 15 Hasil White Box Testing

Berdasarkan Gambar 15, seluruh skenario *White Box Testing* berhasil dijalankan dengan status *PASSED* dan memberikan hasil sesuai dengan yang diharapkan.

Black Box Testing dilakukan dengan 54 skenario yang mencakup 4 skenario *login*, 6 skenario halaman *dashboard*, 5 skenario master data barang, 10 skenario master data penjualan, 15 skenario fitur hitung prediksi permintaan WMA dan *Safety Stock*, 10 skenario fitur ubah profil, dan 4 skenario *logout*. Seluruh skenario pengujian berhasil dilakukan dengan hasil valid, dengan tingkat validitas sebagai berikut.

$$\text{Validitas} = \frac{\text{Jumlah Skenario Valid}}{\text{Total Skenario}} \times 100\%$$

$$\text{Validitas} = \frac{54}{54} \times 100\% = 100\%$$

Tingkat validitas 100% yang diperoleh menunjukkan 54 skenario berhasil dijalankan tanpa *error* dan sistem telah memenuhi semua kebutuhan fungsional yang telah ditentukan.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Sistem informasi prediksi permintaan dan rekomendasi persediaan barang di UD. AA Jaya berhasil diimplementasikan menggunakan *framework* Laravel dan basis data MySQL, dengan mengintegrasikan metode *Weighted Moving Average* (WMA) untuk memprediksi permintaan dan *Safety Stock* untuk menentukan stok cadangan. Keberhasilan implementasi dibuktikan melalui hasil *White Box Testing* dengan 51 skenario yang seluruhnya berstatus *PASSED* dan *Black Box Testing* dengan 54 skenario menghasilkan tingkat validitas 100%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa logika internal sistem telah berjalan sesuai harapan dan sistem telah memenuhi semua kebutuhan fungsional yang telah ditentukan.
- 2) Pengujian akurasi dilakukan menggunakan metrik *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) pada empat periode, yaitu Januari 2026 – April 2026, dengan *lead time* 2 hari. Metode WMA menghasilkan nilai MAPE berkisar antara 3,19% hingga 34,06%. Sedangkan, hasil integrasi WMA dengan *Safety Stock* memperoleh nilai MAPE berkisar antara 0,86% hingga 17%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa integrasi kedua metode pada sistem mampu memberikan rekomendasi persediaan dengan tingkat akurasi yang baik hingga sangat akurat dan dapat membantu meminimalkan risiko *stockout* maupun *overstock* serta layak digunakan untuk mendukung pengambilan keputusan jumlah pengadaan di UD. AA Jaya.

B. Saran

Meskipun sistem informasi prediksi permintaan dan rekomendasi persediaan ini telah berjalan dengan baik, masih terdapat beberapa hal yang dapat dikembangkan. Sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan fitur pendukung operasional bisnis seperti manajemen keuangan, pencatatan pengadaan barang dari pemasok, modul penjualan yang lebih lengkap, serta menyediakan akses khusus bagi pelanggan ke dalam sistem untuk memantau status pesanan secara *real-time*. Seiring bertambahnya *volume* data historis penjualan, penelitian selanjutnya juga dapat mempertimbangkan penggunaan metode peramalan lain yang sejenis, seperti *Exponential Smoothing* atau *Double Exponential Smoothing* sebagai pembanding.

REFERENSI

- [1] W. Welda, I. G. E. Dharsika, dan I. B. G. Sarasvananda, "Optimization of Stock Forecasting in Bali Retail Businesses to Support the Digital Economy Using Weighted Moving Average (WMA) Approach," *Sinkron : Jurnal dan Penelitian Teknik Informatika*, vol. 8, no. 4, hlm. 2519–2530, Okt 2024, doi: 10.33395/sinkron.v8i4.14149.
- [2] Y. U. Rofi'i, "The Role of Business Size and Technology Adoption in Enhancing MSME Financial Performance," *International Journal of Management Science and Information Technology*, vol. 5, no. 1, hlm. 201–209, Mar 2025, doi: 10.35870/ijmsit.v5i1.3833.
- [3] M. P. Maharani dan T. Sari, "Pengendalian Persediaan Bahan Baku Menggunakan Metode Analisis ABC, Peramalan, dan Economic Order Quantity (EOQ) pada PT. XYZ," *J@ti Undip: Jurnal Teknik Industri*, vol. 20, no. 2, hlm. 95–103, 2025, doi: https://doi.org/10.14710/jati.20.2.95-103.
- [4] M. Rizqi, A. Cahya Prihandoko, dan N. El Maidah, "Implementasi Metode Weighted Moving Average untuk Sistem Peramalan Penjualan Markas Coffee," *Informatics Journal*, vol. 6, no. 3, hlm. 154–159, 2021.
- [5] M. H. Riandi, N. T. Wiyani, dan D. Arigawati, "Prediksi Penjualan Melalui Metode Weighted Moving Average (WMA) pada UMKM 'Nasi Bakar,'" *Jurnal Riset Entrepreneurship*, vol. 7, no. 2, hlm. 190–205, Sep 2024, doi: 10.30587/jre.v7i2.8459.
- [6] D. A. Hidayanti, H. Syafwan, dan A. Akmal, "Penerapan Metode Weighted Moving Average pada Sistem Peramalan Stok Bahan Laundry," *Edumatic: Jurnal Pendidikan Informatika*, vol. 8, no. 1, hlm. 153–162, Jun 2024, doi: 10.29408/edumatic.v8i1.25636.
- [7] R. A. Brahmantyo, J. Wibowo, dan V. Nurcahyawati, "Manajemen Persediaan Menggunakan Metode Safety Stock dan Reorder Point," *Jurnal Sains dan Informatika*, vol. 9, no. 1, hlm. 89–99, Agu 2023, doi: 10.34128/jsi.v9i1.431.
- [8] N. N. Ramadina dan Asmunin, "Pengembangan Sistem Informasi Manajemen Persediaan Barang Berbasis Website Menggunakan Metode Safety Stock dan Reorder Point (Studi kasus UD. AL-BAROKAH)," *Jurnal Manajemen Informatika*, vol. 12, no. 2, hlm. 1–13, 2023.
- [9] M. D. A. Putra, "Implementasi Metode Simple Moving Average dan Safety Stock pada Sistem Informasi Obat," Universitas Muhammadiyah Magelang, 2025.
- [10] D. L. Suryani, K. Frouq, dan M. Munif, "Penerapan Algoritma Weighted Moving Average untuk peramalan Penjualan LPG Bersubsidi di Pangkalan Ranba Lamongan," *Jurnal Pendidikan dan Teknologi Indonesia*, vol. 5, no. 8, hlm. 2416–2432, Agu 2025, doi: 10.52436/1.jpti.972.
- [11] H. A. Khoiri, *Analisis Deret Waktu Univariat*. UNIPMA PRESS, 2023.
- [12] D. E. Kim, D. A. Farmaciawaty, dan A. Nizar, "Strategic Safety Stock Level for High Import Dependence Manufacturing Supply Chain for Enhanced Force Majeure Preparedness," *Journal of Universal Studies*, vol. 5, no. 7, hlm. 9080–9097, 2025, [Daring]. Tersedia pada: <http://eduvest.greenvest.co.id>
- [13] N. N. Farhana, W. F. Yahya, dan K. Mubarak, "Analisis Safety Stock dan Reorder Point Persediaan Produk Wheel-Grinding, 4" di PT XYZ," *JATRI - Jurnal Teknik Industri*, vol. 3, no. 1, hlm. 80–88, 2025.
- [14] R. Ramadan, R. Fitriani, J. H. Ronggo Waluyo, T. Timur, dan J. Barat, "Perencanaan Safety Stock Menggunakan Metode Peramalan pada Proses Produksi Kemasan PT Empat Perdana Karton," *Journal of Industrial Engineering Scientific Journal on Research and Application of Industrial System*, vol. 10, no. 1, hlm. 54–65, 2025, doi: 10.33021/jie.v10i01.83.