

IMPLEMENTASI ALGORITMA FUZZY TSUKAMOTO DALAM SISTEM INFORMASI INVENTORI BERBASIS WEB UNTUK OPTIMASI PERSEDIAAN STOK BARANG (STUDI KASUS TOKO KINTAN)

Muhammad Bayu Wisnu Aji, Endang Lestariningsih
Teknik Informatika, Universitas Stikubank Semarang
Jalan Tri Lomba Juang Semarang, Indonesia
mbayuwisnuaji@gmail.com

ABSTRAK

Pengelolaan stok barang yang optimal merupakan kunci efektivitas operasional dalam usaha dagang. Saat ini, Toko Kintan di Kabupaten Kendal yang menjual bahan kue masih mengandalkan pencatatan manual. Hal ini memicu permasalahan berupa ketidaksesuaian data, keterlambatan informasi, serta kesulitan dalam menentukan jumlah persediaan yang ideal. Penelitian ini bertujuan membangun sistem informasi inventori berbasis web dengan implementasi algoritma Fuzzy Tsukamoto untuk optimasi persediaan. Metode pengembangan sistem menggunakan model Waterfall, dibangun dengan bahasa PHP framework CodeIgniter dan basis data MySQL. Algoritma Fuzzy Tsukamoto diterapkan untuk memprediksi kebutuhan stok periode mendatang berdasarkan data historis penjualan dan persediaan. Pengujian sistem dilakukan melalui metode Black Box dan User Acceptance Test (UAT). Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem berhasil meningkatkan efisiensi pengelolaan inventori. Selain itu, akurasi prediksi kebutuhan stok tergolong sangat baik dengan nilai Mean Absolute Percentage Error (MAPE) sebesar 1,05%, sehingga sistem ini layak digunakan sebagai pendukung keputusan manajemen.

Kata kunci : Inventori, Fuzzy Tsukamoto, Prediksi Stok, Sistem Informasi

1. PENDAHULUAN

Kemajuan pesat di bidang teknologi informasi mengharuskan dunia usaha untuk mengadopsi sistem operasional yang lebih terpadu dan digital. Dalam ekosistem ritel, terutama bagi penyedia bahan pangan, manajemen persediaan (*inventory management*) merupakan elemen fundamental untuk menjamin stabilitas siklus bisnis. Kegagalan dalam mengelola stok dapat memicu risiko serius, seperti kerugian finansial yang disebabkan oleh penumpukan barang (*overstock*) atau hilangnya peluang penjualan akibat ketersediaan barang yang habis (*stockout*) di tengah tingginya permintaan konsumen [1].

Toko Kintan, sebuah UMKM di Kabupaten Kendal yang berfokus pada penjualan bahan roti dan perlengkapan kue, saat ini masih mengandalkan metode konvensional dalam pengelolaan inventarisnya. Berdasarkan pengamatan awal, pencatatan transaksi barang masuk maupun keluar dilakukan secara manual. Pendekatan ini memiliki kelemahan mendasar, yakni tingginya potensi kesalahan manusia (*human error*), lambatnya proses audit data, serta ketidakmampuan untuk memantau riwayat transaksi secara *real-time* [2]. Kondisi ini menyebabkan pemilik toko sering mengalami kesulitan dalam menetapkan volume pengadaan ulang (*restock*) yang presisi akibat ketiadaan data historis yang terorganisir.

Tantangan krusial yang dihadapi adalah fluktuasi permintaan pasar yang sulit diprediksi. Pola konsumsi yang dinamis menyebabkan metode peramalan standar sering kali menghasilkan data yang kurang akurat. Guna mengatasi ketidakpastian (samar) tersebut, penerapan kecerdasan buatan berbasis logika Fuzzy dinilai sebagai langkah efektif. Secara spesifik, metode

Fuzzy Tsukamoto dipilih karena karakteristik penalarannya yang monoton, di mana setiap konsekuensi pada aturan *IF-THEN* direpresentasikan dengan nilai tegas (*crisp value*). Hal ini memungkinkan hasil prediksi dapat langsung digunakan sebagai landasan pengambilan keputusan manajerial [3], [4].

Penelitian ini bertujuan untuk membangun sistem informasi inventori berbasis web yang tidak hanya mendigitalkan pencatatan transaksi, namun juga memiliki kapabilitas prediktif. Sistem ini dirancang menggunakan *Framework CodeIgniter* dan basis data MySQL, serta mengintegrasikan algoritma Fuzzy Tsukamoto untuk memproyeksikan kebutuhan stok pada periode mendatang dengan variabel masukan berupa data persediaan dan penjualan historis. Melalui penelitian ini, diharapkan tercipta solusi komprehensif bagi Toko Kintan guna meningkatkan efisiensi operasional serta akurasi dalam perencanaan pengadaan barang.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Manajemen Inventori dan Urgensi Digitalisasi

Persediaan barang merupakan aset lancar yang vital bagi perusahaan untuk menunjang kegiatan penjualan pada periode tertentu. Pengelolaan inventori yang tidak efektif sering kali menjadi faktor utama pembengkakan biaya operasional. Mengacu pada pandangan Amrullah [5], fluktuasi data penjualan yang tidak diawasi dengan sistem pemantauan yang mumpuni akan menyulitkan keputusan pembelian kembali (*restock*), yang pada akhirnya meningkatkan beban biaya penyimpanan.

Transformasi digital pada sistem inventori hadir sebagai solusi untuk menjembatani kesenjangan antara

stok fisik dan pencatatan administratif. Huda [6] menegaskan bahwa adopsi sistem informasi terintegrasi memfasilitasi pengawasan stok secara *real-time*, mempercepat proses audit, serta memitigasi risiko pembusukan bahan baku (*spoilage*) akibat penyimpanan berlebih, khususnya pada komoditas pangan yang memiliki batas kedaluwarsa.

2.2. Logika Fuzzy Metode Tsukamoto

Konsep logika *Fuzzy* dikembangkan untuk memetakan ruang input ke output dengan mengadopsi pola pikir manusia yang adaptif terhadap ketidakpastian. Dalam konteks sistem pendukung keputusan (SPK) untuk produksi dan persediaan, metode Tsukamoto menjadi pilihan populer karena fleksibilitasnya. Wicaksono [7] menjelaskan bahwa metode ini beroperasi dengan membangun basis aturan yang menghubungkan variabel input (seperti permintaan dan persediaan) dengan output yang diharapkan.

Pada metode Tsukamoto, setiap aturan memiliki nilai tegas (*crisp*) yang diperoleh dari komposisi aturan. Nilai akhir (Z) dihitung menggunakan metode rata-rata terpusat (*Weighted Average*) dengan persamaan sebagai berikut [8]:

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n (\alpha_i \times z_i)}{\sum_{i=1}^n \alpha_i}$$

Keterangan:

- Z = Hasil prediksi (defuzzifikasi)
- α_i = Nilai predikat (derajat keanggotaan) aturan ke- i
- z_i = Nilai tegas (*crisp output*) dari aturan ke- i
- n = Jumlah aturan yang aktif

Studi yang dilakukan oleh Santoso dan Putri [9] membuktikan efektivitas metode ini pada sektor *e-commerce*, di mana penerapan *Fuzzy Tsukamoto* mampu mendongkrak akurasi prediksi persediaan secara signifikan dibandingkan metode rata-rata bergerak, sehingga sangat relevan untuk diimplementasikan pada studi kasus ini.

2.3. Pengembangan Sistem Berbasis Web

Platform berbasis web menawarkan keunggulan aksesibilitas karena dapat dioperasikan lintas perangkat melalui peramban. Dalam ekosistem pengembangan web, *Framework CodeIgniter* (CI) sering menjadi preferensi utama karena penerapan arsitektur *Model-View-Controller* (MVC). Pratama dan Hidayat [10] memaparkan bahwa konsep MVC memisahkan logika bisnis, tampilan antarmuka, dan manajemen data secara tegas, menghasilkan struktur kode yang rapi, aman, dan mudah dalam perawatan (*maintainable*).

Sebagai fondasi penyimpanan data, digunakan MySQL yang berfungsi sebagai *Database*

Management System (DBMS) relasional. Nur Rohman [11] mendefinisikan basis data sebagai repositori informasi yang terstruktur sistematis guna memungkinkan akses dan pengolahan cepat secara komputasi. Kolaborasi antara PHP (CI) dan MySQL terbukti andal dalam menangani operasi manipulasi data (CRUD) dengan beban kinerja yang efisien.

2.4. Metode Waterfall

Model pengembangan perangkat lunak yang diadopsi dalam riset ini adalah *Waterfall*. Widianoro [12] menjabarkan *Waterfall* sebagai pendekatan linier dan sistematis, dimulai dari fase analisis kebutuhan, perancangan, pengkodean, pengujian, hingga pemeliharaan. Kelebihan fundamental model ini terletak pada dokumentasi yang terstruktur di setiap fasenya, yang berfungsi meminimalisir kesalahan logika sistem sebelum tahap implementasi dijalankan.

2.5. Pengujian Sistem

Guna memastikan reliabilitas perangkat lunak, serangkaian metode pengujian mutlak diperlukan. *Black Box Testing* difokuskan pada validasi fungsionalitas input-output tanpa mengevaluasi struktur kode internal. Selanjutnya, *User Acceptance Test* (UAT) dilaksanakan untuk memverifikasi kesesuaian sistem dengan kebutuhan pengguna akhir. Anjani [13] menekankan bahwa UAT memegang peran krusial dalam implementasi sistem bisnis untuk mengukur tingkat penerimaan dan kegunaan (*usability*) sebelum serah terima sistem dilakukan.

2.6. Penelitian Terdahulu

Penelitian ini dikembangkan dengan merujuk pada sejumlah studi sebelumnya yang relevan dengan topik manajemen inventori dan kecerdasan buatan. Saputra dan Desnelita [1] sebelumnya telah mengembangkan sistem informasi inventori berbasis web untuk toko roti yang berhasil mendigitalkan proses pencatatan stok, namun sistem tersebut belum dilengkapi dengan fitur prediksi cerdas. Di sisi lain, implementasi algoritma untuk optimasi stok telah dikaji oleh Rini dan Sumiati [4] yang menerapkan metode *Fuzzy Tsukamoto* untuk menentukan kuantitas produksi berdasarkan variabel persediaan dan permintaan, di mana hasilnya terbukti efektif memberikan rekomendasi yang optimal. Temuan serupa juga disampaikan oleh Sari, Ridwan, dan Riza [8] yang mengonfirmasi bahwa algoritma *Tsukamoto* mampu menghasilkan nilai prediksi yang presisi dalam sistem pendukung keputusan persediaan barang. Berdasarkan kajian literatur tersebut, penelitian ini bertujuan mengisi celah pengembangan dengan mengintegrasikan sistem pencatatan inventori berbasis web (seperti pada studi Saputra) dengan kemampuan prediktif *Fuzzy Tsukamoto* (seperti pada studi Rini dan Sari) guna menghasilkan solusi manajemen stok yang komprehensif bagi Toko Kintan.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Kerangka Penelitian

Penelitian ini dirancang sebagai penelitian terapan (*applied research*) yang berfokus pada pengembangan sistem cerdas untuk optimasi persediaan barang. Pendekatan yang digunakan mengintegrasikan metode pengembangan perangkat lunak terstruktur dengan algoritma kecerdasan buatan. Alur penelitian dimulai dari identifikasi permasalahan stok stokastik, akuisisi data, perancangan model inferensi *Fuzzy Tsukamoto*, implementasi kode program, hingga validasi sistem melalui pengujian standar industri.

3.2. Metode Pengumpulan Data

Basis data yang valid diperlukan untuk membentuk himpunan fuzzy dan aturan inferensi yang akurat. Teknik akuisisi data yang diterapkan dalam studi kasus di Toko Kintan meliputi:

- Observasi Lapangan (*Field Observation*)**
Pengamatan dilakukan secara langsung terhadap ekosistem bisnis yang berjalan. Fokus utama observasi adalah memetakan alur sirkulasi barang (*inventory cycle*) untuk mengidentifikasi variabel input yang signifikan dalam penentuan stok, serta menemukan titik inefisiensi pada sistem manajemen manual yang sedang berjalan.
- Wawancara Mendalam (*In-depth Interview*)**
Komunikasi intensif dilakukan dengan pemangku kepentingan (*stakeholder*) terkait. Instrumen wawancara dirancang untuk menggali parameter domain masalah, seperti batas minimum persediaan, tren fluktuasi permintaan bulanan, dan kendala operasional yang mempengaruhi akurasi pencatatan stok.
- Studi Literatur** Landasan teoritis dibangun melalui kajian komparatif terhadap penelitian terdahulu dan literatur akademik. Fokus kajian meliputi implementasi logika *Fuzzy Tsukamoto* pada manajemen rantai pasok, normalisasi basis data, dan teknik pengujian perangkat lunak berbasis web.

3.3. Metode Pengembangan Sistem

Arsitektur perangkat lunak dalam penelitian ini dikonstruksi melalui pendekatan model *Waterfall*. Pemilihan model ini didasarkan pada karakteristiknya yang sekuensial dan sistematis, di mana setiap fase pengembangan harus diselesaikan secara tuntas dan terdokumentasi sebelum beralih ke tahapan berikutnya, sehingga meminimalisir risiko kegagalan struktural pada sistem.

Tahap inisiasi dimulai dengan analisis kebutuhan guna mendefinisikan spesifikasi teknis yang mampu mendukung beban komputasi algoritma *fuzzy*. Dari aspek lingkungan pengembangan, sistem dibangun di atas infrastruktur perangkat keras dengan spesifikasi pemrosesan setara Intel Core i3 Generasi ke-10 dan alokasi memori sebesar 8GB untuk menjamin efisiensi proses kompilasi. Sementara itu, arsitektur perangkat

lunak diimplementasikan menggunakan bahasa pemrograman PHP berbasis *Framework CodeIgniter 3* (CI3) yang menerapkan pola desain *Model-View-Controller* (MVC), serta disandingkan dengan MySQL sebagai sistem manajemen basis data relasional (RDBMS). Secara fungsional, sistem dirancang untuk mengakomodasi operasi manipulasi data dasar (*Create, Read, Update, Delete*) sekaligus mengeksekusi fungsi prediksi stok secara *real-time*.

Memasuki fase perancangan sistem, logika prosedural dimodelkan menggunakan standar *Unified Modeling Language* (UML). Visualisasi interaksi pengguna dipetakan melalui *Use Case Diagram*, sedangkan aliran data antar objek digambarkan menggunakan *Sequence Diagram*. Bersamaan dengan itu, struktur basis data dirancang menggunakan *Entity Relationship Diagram* (ERD) untuk menjamin integritas relasi antar entitas, khususnya pada tabel riwayat penjualan dan hasil prediksi. Rancangan desain tersebut kemudian ditransformasikan ke dalam algoritma pemrograman pada tahap konstruksi kode. Fokus utama fase ini terletak pada penyusunan modul *Fuzzy Inference System* (FIS) agar mampu memproses variabel input menjadi keluaran rekomendasi stok yang presisi. Rangkaian pengembangan diakhiri dengan fase pengujian untuk memverifikasi bahwa perangkat lunak telah bebas dari kesalahan sintaksis maupun logika, serta memenuhi standar kelayakan sebelum diimplementasikan secara penuh.

3.4. Implementasi Algoritma Fuzzy Tsukamoto

Mekanisme komputasi utama dalam sistem ini bertujuan untuk mengkalkulasi jumlah stok barang yang harus disediakan guna menjaga ketersediaan barang di periode mendatang. Algoritma *Fuzzy Tsukamoto* diterapkan karena kemampuannya memetakan ketidakpastian antara data penjualan dan persediaan yang fluktuatif menjadi sebuah keputusan kuantitas yang pasti. Proses perhitungan diawali dengan tahap fuzzifikasi, yaitu konversi data numerik menjadi derajat keanggotaan (μ). Variabel masukan yang diolah terdiri dari data Penjualan Bulan Lalu (x) dan posisi Stok Terakhir (y), yang kemudian dipetakan menggunakan representasi kurva keanggotaan linear untuk menentukan derajat keanggotaan masing-masing variabel pada himpunan linguistik yang telah ditetapkan.

Setelah nilai keanggotaan teridentifikasi, sistem menjalankan mesin inferensi untuk menentukan berapa jumlah stok yang harus diadakan berdasarkan aturan logika "JIKA-MAKA" (*IF-THEN Rules*). Logika ini mensimulasikan penalaran manajemen inventori, misalnya jika penjualan bulan lalu tinggi namun stok terakhir menipis, maka sistem akan merekomendasikan penambahan stok dalam jumlah besar. Pada tahap ini, nilai bobot atau α -predikat untuk setiap aturan dihitung menggunakan fungsi implikasi MIN (irisan) dengan persamaan berikut:

$$\alpha_i = \min(\mu_{\text{Penjualan}}[x], \mu_{\text{Stok}}[y])$$

Tahap akhir dari komputasi adalah defuzzifikasi, yang berfungsi mengubah hasil inferensi menjadi nilai tegas (Z) sebagai output final perhitungan. Nilai Z inilah yang merepresentasikan volume stok barang yang direkomendasikan sistem untuk diadakan pada bulan berjalan. Metode penegasan yang digunakan adalah Rata-rata Terpusat (*Weighted Average*), di mana hasil hitung diperoleh melalui pembagian antara total perkalian α -predikat dengan nilai tegas aturan terhadap jumlah total α -predikat, sebagaimana diformulasikan berikut:

$$Z = \left(\sum_{i=1}^n (\alpha_i \cdot z_i) \right) / \left(\sum_{i=1}^n \alpha_i \right)$$

Dimana Z adalah kuantitas stok yang harus di-restock, z_i adalah nilai tegas output stok dari aturan ke- i , dan n adalah jumlah aturan yang aktif dalam proses kalkulasi.

3.5. Metode Pengujian dan Validasi Sistem

Validasi kualitas perangkat lunak dilakukan melalui dua tahapan evaluasi komprehensif untuk menjamin keandalan fungsi dan penerimaan pengguna. Tahap pertama difokuskan pada pengujian fungsional menggunakan pendekatan *Black Box Testing*. Metode ini bekerja dengan mengabaikan struktur internal kode program dan berkonsentrasi pada verifikasi kesesuaian antara masukan data (*input*) dengan keluaran sistem (*output*). Lingkup pengujian meliputi validasi pada formulir antarmuka, fungsi pelaporan data, serta yang paling krusial adalah pembuktian akurasi aritmatika algoritma *Fuzzy Tsukamoto* dalam menghasilkan angka rekomendasi stok yang presisi.

Selanjutnya, tahap kedua dilakukan melalui *User Acceptance Test (UAT)* yang bertujuan untuk mengukur tingkat akseptabilitas dan kelayakan sistem saat diimplementasikan pada lingkungan operasional nyata di Toko Kintan. Instrumen evaluasi yang digunakan adalah kuesioner tertutup dengan Skala Likert 5 poin untuk merekam persepsi pengguna akhir. Data hasil kuesioner kemudian dianalisis secara kuantitatif untuk mendapatkan nilai persentase kelayakan (P) melalui persamaan berikut:

$$P = \left(\left(\sum S_{aktual} \right) / \left(\sum S_{maksimal} \right) \right) \times 100\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, kelayakan sistem diinterpretasikan menggunakan klasifikasi interval skor. Perangkat lunak dinyatakan memenuhi standar kelayakan implementasi apabila skor akumulatif melampaui ambang batas 60% ("Layak"), dan dikategorikan "Sangat Layak" jika skor berada di atas 80%.

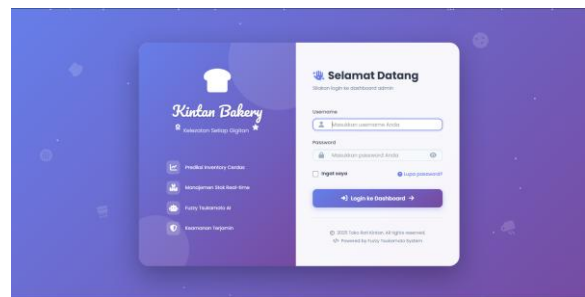
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Implementasi Sistem

Tahap implementasi merupakan realisasi teknis dari perancangan sistem yang telah dilakukan sebelumnya. Sistem informasi inventori ini dikembangkan untuk menangani masalah pencatatan manual di Toko Kintan yang rentan kesalahan. Pembangunan sistem menggunakan bahasa pemrograman PHP dengan *Framework CodeIgniter* dan basis data MySQL, serta menerapkan algoritma *Fuzzy Tsukamoto* untuk fungsi prediksi. Berikut adalah detail implementasi antarmuka pengguna (*user interface*) yang dihasilkan:

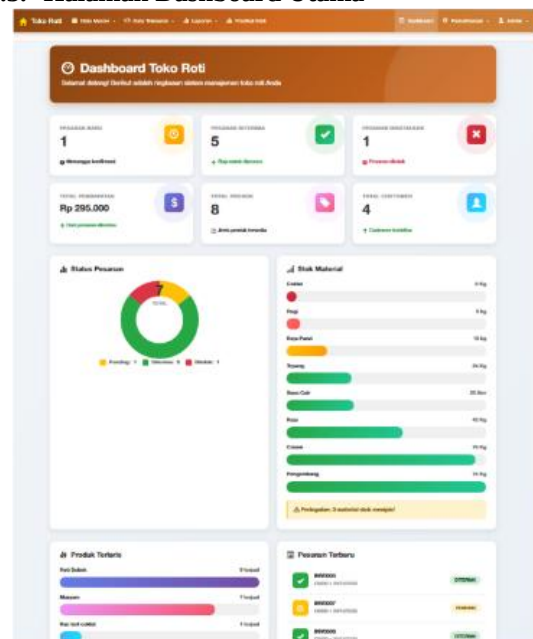
4.2. Halaman Login

Halaman *login* dirancang sebagai gerbang keamanan utama untuk membatasi akses pengguna ke dalam sistem. Fitur ini memvalidasi hak akses antara admin dan petugas gudang guna menjaga integritas data inventori. Pengguna diwajibkan memasukkan kredensial yang valid sebelum dapat mengakses fitur utama.



Gambar 1. Tampilan halaman login

4.3. Halaman Dashboard Utama

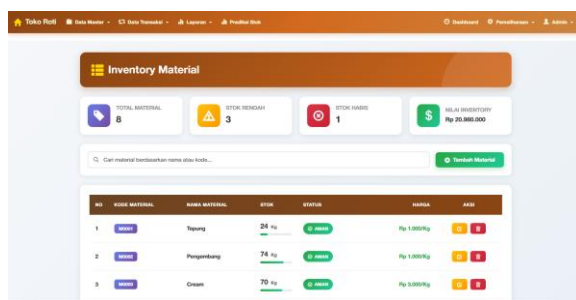


Gambar 2. Tampilan dashboard system

Setelah proses autentikasi berhasil, pengguna diarahkan ke *Dashboard*. Halaman ini menyajikan visualisasi data penting secara *real-time* untuk memudahkan pemantauan. Informasi yang ditampilkan meliputi ringkasan total stok barang, notifikasi barang yang hampir habis, serta grafik tren penjualan bulanan yang membantu manajemen dalam pengambilan keputusan cepat.

4.4. Halaman Data Inventori

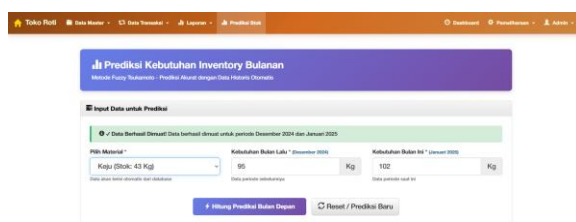
Sub-sistem ini berfungsi untuk mengelola data master barang. Pengguna dapat melakukan operasi *Create, Read, Update, dan Delete* (CRUD) terhadap data bahan baku kue. Setiap entitas barang mencakup atribut kode, nama barang, harga, dan jumlah stok fisik terkini di gudang Toko Kintan.



Gambar 3. Tampilan halaman data inventori

4.5. Halaman Prediksi Stok

Halaman ini merupakan implementasi inti dari algoritma kecerdasan buatan. Sistem memproses variabel input berupa data penjualan bulan lalu dan posisi stok terakhir. Pengguna cukup menekan tombol proses, dan sistem akan menjalankan mesin inferensi *Fuzzy Tsukamoto* untuk menghasilkan *output* berupa rekomendasi jumlah barang yang harus dipesan (*restock*) untuk periode berikutnya.

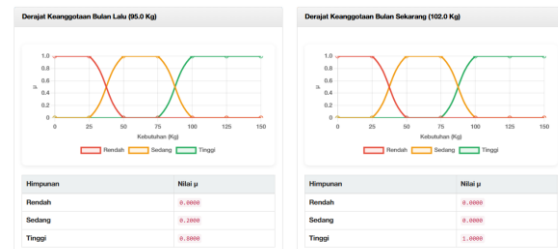


Gambar 4. Tampilan halaman prediksi stok

4.6. Analisis Perhitungan dan Pengujian Akurasi

Validasi keandalan sistem dilakukan melalui analisis komparatif yang mendalam (*tracing*) antara hasil komputasi algoritma dengan perhitungan manual. Sampel data yang digunakan adalah material Keju (Kode: M0004) dengan data permintaan bulan lalu (x) sebesar 95 Kg dan permintaan bulan berjalan (y) sebesar 102 Kg. Langkah pertama dalam perhitungan adalah proses fuzzifikasi, yaitu pemetaan nilai tegas (*crisp input*) ke dalam derajat keanggotaan (μ). Berdasarkan kurva representasi linear yang digunakan sistem, nilai input bulan lalu sebesar 95 Kg

berada pada area interseksi himpunan fuzzy "Sedang" dan "Tinggi". Melalui fungsi keanggotaan, diperoleh nilai derajat keanggotaan $\mu_{\text{Sedang}}[95] = 0.2$ dan $\mu_{\text{Tinggi}}[95] = 0.8$. Sementara itu, input bulan berjalan sebesar 102 Kg berada sepenuhnya pada himpunan "Tinggi" dengan nilai $\mu_{\text{Tinggi}}[102] = 1.0$. Visualisasi grafik keanggotaan ini dapat dilihat pada Gambar 5.



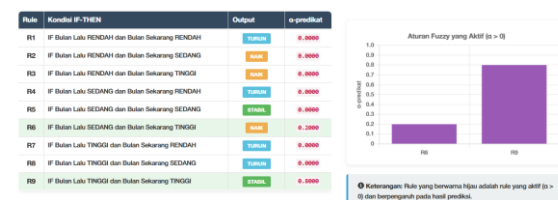
Gambar 5. Grafik fuzzifikasi variabel input permintaan

Setelah nilai derajat keanggotaan diperoleh, tahap selanjutnya adalah evaluasi aturan (*inference*) menggunakan metode implikasi MIN. Sistem mendeteksi dua aturan aktif yang relevan dengan kondisi input tersebut. Aturan pertama (Rule-6) menyatakan implikasi: "JIKA Permintaan Bulan Lalu Sedang DAN Bulan Ini Tinggi, MAKA Prediksi Naik". Dengan batas bawah domain "Naik" yang menghasilkan nilai tegas (z_1) sebesar 110, perhitungan α -predikat untuk aturan ini adalah sebagai berikut:
 $\alpha_1 = \min(\mu_{\text{Sedang}}[95], \mu_{\text{Tinggi}}[102]) = \min(0.2, 1.0) = 0.2$

Aturan kedua (Rule-9) menyatakan: "JIKA Permintaan Bulan Lalu Tinggi DAN Bulan Ini Tinggi, MAKA Prediksi Stabil". Dengan nilai tegas (z_2) untuk himpunan "Stabil" sebesar 90, maka perhitungan α -predikatnya adalah:

$$\alpha_2 = \min(\mu_{\text{Tinggi}}[95], \mu_{\text{Tinggi}}[102]) = \min(0.8, 1.0) = 0.8$$

Rincian aturan yang aktif beserta nilai bobotnya ditampilkan oleh sistem sebagaimana terlihat pada Gambar 5.



Gambar 6. Evaluasi aturan fuzzy yang aktif

Tahap akhir dari komputasi adalah penegasan (*defuzzification*) untuk mendapatkan nilai tunggal rekomendasi stok. Metode yang diterapkan adalah Rata-rata Terpusat (*Weighted Average*), di mana hasil akhir (Z) diperoleh dari penjumlahan perkalian antara α -predikat dan nilai tegas (z) dibagi dengan total α -

predikat. Proses kalkulasi manual dilakukan sebagai berikut:

$$Z = \frac{(\alpha_1 \times z_1) + (\alpha_2 \times z_2)}{\alpha_1 + \alpha_2}$$

$$Z = \frac{(0.2 \times 110) + (0.8 \times 90)}{0.2 + 0.8}$$

$$Z = \frac{22 + 72}{1.0} = 94.00 \text{ Kg}$$

Hasil perhitungan manual sebesar 94.00 Kg ini konsisten dengan luaran sistem, yang membuktikan bahwa algoritma *Fuzzy Tsukamoto* telah terimplementasi dengan benar secara logika matematis.

Rule	α (predikat)	Z_i	$\alpha_i \times Z_i$
R1	0.2000	110.00	22.0000
R2	0.8000	90.00	72.0000
Total:			94.00 / 1.0000

Hasil Prediksi Bulan Depan: 94.00 Kg

Gambar 7. Hasil Akhir Prediksi Sistem

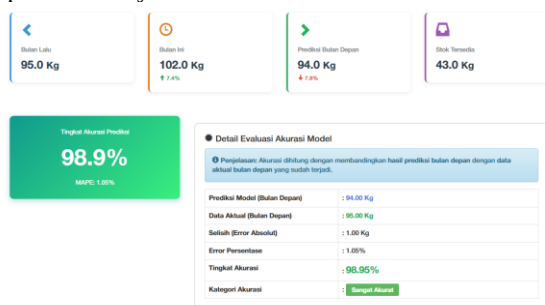
Selain verifikasi logika, akurasi prediksi dievaluasi menggunakan metode *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dengan membandingkan hasil prediksi (Z) terhadap data aktual realisasi bulan depan ($A = 95 \text{ Kg}$). Persamaan galat dihitung sebagai berikut:

$$\text{MAPE} = \frac{|A - Z|}{A} \times 100\%$$

$$\text{MAPE} = \frac{|95 - 94|}{95} \times 100\%$$

$$\text{MAPE} = \frac{1}{95} \times 100\% = 1.05\%$$

Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 7, nilai MAPE sebesar 1.05% (atau tingkat akurasi 98.95%) mengindikasikan bahwa sistem memiliki kinerja "Sangat Baik" karena tingkat kesalahan berada jauh di bawah ambang batas toleransi 10%. Hal ini menegaskan kelayakan model untuk diterapkan dalam operasional nyata.



Gambar 8. Hasil Evaluasi Akurasi dengan MAPE

4.7. Pengujian dan Validasi Sistem

Tahap penutup dalam proses pengembangan perangkat lunak ini diarahkan pada kegiatan pengujian dan validasi sistem guna memastikan bahwa aplikasi yang dibangun memiliki kualitas yang baik, berfungsi sesuai kebutuhan, serta dapat diterima oleh pengguna sebelum diterapkan secara menyeluruh. Metode pengujian yang digunakan terbagi ke dalam dua tahapan utama, yaitu pengujian fungsional dengan pendekatan *Black Box Testing* dan pengujian penerimaan pengguna melalui *User Acceptance Test* (UAT).

4.8. Pengujian Fungsional (Black Box Testing)

Pengujian fungsional dilakukan dengan menerapkan metode *Black Box Testing*, yaitu teknik pengujian yang berfokus pada kesesuaian keluaran sistem terhadap masukan yang diberikan tanpa melibatkan analisis terhadap struktur internal kode program. Metode ini digunakan untuk memastikan bahwa setiap fungsi dalam sistem telah berjalan sesuai dengan spesifikasi kebutuhan yang telah ditetapkan pada tahap perancangan, meliputi proses autentikasi pengguna, pengelolaan data persediaan, hingga proses perhitungan prediksi.

Pengujian dilakukan melalui sejumlah skenario uji (*test case*) yang mencerminkan kondisi penggunaan normal maupun kondisi tertentu yang berpotensi menimbulkan kesalahan. Pada modul keamanan, sistem diuji dengan berbagai kombinasi data login, baik yang valid maupun tidak valid. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menolak akses yang tidak sah serta memberikan hak akses sesuai dengan peran pengguna, baik sebagai administrator maupun petugas gudang.

Pada modul pengelolaan data, seluruh fungsi *Create, Read, Update, dan Delete* (CRUD) diuji untuk memastikan bahwa data barang dapat disimpan, ditampilkan, diperbarui, dan dihapus secara konsisten di dalam basis data MySQL. Sementara itu, pada fitur prediksi, pengujian dilakukan dengan mengeksekusi tombol prediksi untuk memastikan algoritma *Fuzzy Tsukamoto* dapat dijalankan dengan baik dan menghasilkan output yang sesuai dengan data historis yang digunakan. Berdasarkan hasil rekapitulasi pengujian, seluruh skenario uji dinyatakan berhasil dan sistem tidak menunjukkan adanya kesalahan teknis yang signifikan.

Tabel 1. Hasil pengujian *black box*

Skenario Uji	Hasil Diharapkan	Hasil Pengujian	Status
Login dengan kredensial tidak valid	Sistem menolak akses dan menampilkan pesan <i>login gagal</i>	Akses ditolak oleh sistem	Valid
Login dengan kredensial valid	Pengguna diarahkan ke dashboard sesuai hak akses	Berhasil masuk ke dashboard	Valid
Input data barang	Data barang tersimpan dan tampil pada inventori	Data berhasil disimpan	Valid
Pembaruan stok barang	Jumlah stok diperbarui sesuai input	Stok terupdate	Valid
Proses prediksi Fuzzy Tsukamoto	Sistem menampilkan hasil rekomendasi stok	Hasil prediksi ditampilkan	Valid
Validasi input negatif	Sistem menolak nilai stok negatif	Input angka negatif diblokir	Valid

4.9. Uji Penerimaan Pengguna

Setelah sistem dinyatakan berfungsi dengan baik secara teknis, tahapan berikutnya adalah melakukan *User Acceptance Test* (UAT) untuk menilai tingkat penerimaan sistem oleh pengguna akhir. UAT bertujuan untuk memastikan bahwa sistem yang dikembangkan telah sesuai dengan kebutuhan operasional dan ekspektasi pengguna di lingkungan kerja Toko Kintan. Pengujian ini menjadi indikator penting dalam menentukan kesiapan sistem untuk diimplementasikan secara nyata.

Metode pengujian dilakukan dengan menyebarkan kuesioner kepada responden yang terdiri dari pemilik toko dan staf operasional. Kuesioner disusun menggunakan skala Likert lima tingkat untuk mengukur penilaian responden terhadap aspek tampilan antarmuka, kemudahan penggunaan sistem, serta keandalan informasi yang dihasilkan. Data hasil kuesioner kemudian diolah secara kuantitatif dengan membandingkan skor yang diperoleh terhadap skor maksimal yang mungkin dicapai.

Berdasarkan hasil pengolahan data, sistem memperoleh nilai persentase keseluruhan sebesar 86%. Mengacu pada kriteria penilaian kelayakan, nilai tersebut termasuk dalam kategori "Sangat Layak". Hasil ini menunjukkan bahwa sistem dinilai mudah digunakan, memiliki tampilan yang informatif, serta mampu membantu pengguna dalam mengelola dan memprediksi kebutuhan stok barang secara lebih efektif dibandingkan dengan metode pencatatan manual yang sebelumnya digunakan. Oleh karena itu, sistem informasi inventori berbasis metode Fuzzy Tsukamoto ini dapat dinyatakan layak untuk diterapkan sebagai solusi operasional di Toko Kintan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, serta pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem informasi inventori berbasis web dengan penerapan algoritma Fuzzy Tsukamoto berhasil dikembangkan dan mampu menjawab permasalahan pengelolaan stok barang di Toko Kintan. Sistem ini tidak hanya mempermudah proses pencatatan dan pengelolaan data inventori secara terintegrasi, tetapi juga mampu menghasilkan rekomendasi jumlah stok yang lebih akurat berdasarkan data penjualan dan persediaan sebelumnya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berjalan sesuai dengan kebutuhan fungsional, memiliki tingkat akurasi prediksi yang sangat baik dengan nilai MAPE sebesar 1,05%, serta memperoleh tingkat penerimaan pengguna sebesar 86% yang termasuk dalam kategori sangat layak untuk diimplementasikan. Meskipun demikian, penelitian ini masih memiliki keterbatasan pada jumlah variabel input yang digunakan dalam proses prediksi. Oleh karena itu, disarankan pada penelitian selanjutnya untuk menambahkan variabel lain seperti tren musiman, waktu kedaluwarsa barang, atau faktor promosi, serta melakukan perbandingan dengan

metode kecerdasan buatan lainnya guna meningkatkan akurasi dan fleksibilitas sistem dalam mendukung pengambilan keputusan manajemen persediaan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. A. Saputra and Y. Desnelita, "Perancangan Sistem Informasi Inventory Barang Berbasis Web Pada Toko Roti," *Jurnal Vokasi Informatika (JAVIT)*, vol. 2, no. 1, pp. 15-22, 2022.
- [2] D. Kurniawan, "Web Development for Small Medium Enterprises using CodeIgniter Framework," *International Journal of Software Engineering*, vol. 5, no. 2, pp. 30-38, 2021.
- [3] S. Kusumadewi and H. Purnomo, *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*, 2nd ed. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2013.
- [4] A. S. Rini and D. R. S. Sumiati, "Penerapan Metode Fuzzy Tsukamoto Untuk Menentukan Jumlah Produksi Barang Berdasarkan Data Persediaan Dan Jumlah Permintaan," *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Asia*, vol. 15, no. 1, pp. 45-54, 2021.
- [5] F. Amrullah and D. T. Wibowo, "Analisis Ketidakstabilan Penjualan dan Pengaruhnya Terhadap Manajemen Persediaan Barang di Sektor Ritel," *Jurnal Manajemen dan Bisnis Indonesia*, vol. 8, no. 2, pp. 112-120, 2021.
- [6] M. Huda, "Optimasi Manajemen Stok Bahan Baku Menggunakan Pendekatan Sistem Informasi Terintegrasi," *Jurnal Teknik Industri dan Manajemen*, vol. 19, no. 1, pp. 45-53, 2023.
- [7] A. Wicaksono, "Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Jumlah Produksi Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto," *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIIK)*, vol. 9, no. 3, pp. 567-574, 2022.
- [8] I. P. Sari, A. H. Ridwan, and F. A. F. Riza, "Implementasi Metode Fuzzy Tsukamoto Dalam Sistem Pendukung Keputusan Prediksi Persediaan Barang," *Jurnal Algoritma*, vol. 18, no. 2, pp. 450-459, 2021.
- [9] B. Santoso and S. M. Putri, "Implementasi Logika Fuzzy Tsukamoto untuk Prediksi Persediaan Barang pada E-Commerce," *Indonesian Journal of Computer Science*, vol. 11, no. 2, pp. 201-210, 2024.
- [10] R. Pratama and T. Hidayat, "Penerapan Arsitektur MVC Menggunakan Framework CodeIgniter 3 Pada Sistem Informasi Penjualan," *Jurnal Komputasi dan Informatika*, vol. 7, no. 1, pp. 88-95, 2023.
- [11] N. Rohman and A. Fauzi, "Perancangan Basis Data Relasional untuk Sistem Informasi Manufaktur," *Jurnal Sistem Informasi Bisnis*, vol. 12, no. 1, pp. 10-18, 2022.
- [12] H. Widianoro, *Metodologi Penelitian Sistem Informasi dan Pengembangan Perangkat Lunak*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2022.
- [13] L. Anjani and F. Nugraha, "Analisis Pengujian Sistem Informasi Menggunakan Metode Black Box dan User Acceptance Test (UAT)," *Jurnal Ilmiah Teknologi Sistem Informasi*, vol. 9, no. 4, pp. 55-62, 2023.