

DECISION SUPPORT SYSTEM FOR INVENTORY PREDICTION USING FUZZY TSUKAMOTO METHOD (CASE STUDY: UMKM BAYOU INDONESIA)

SISTEM PENUNJANG KEPUTUSAN PREDIKSI PERSEDIAAN BARANG MENGGUNAKAN METODE FUZZY TSUKAMOTO (STUDI KASUS: UMKM BAYOU INDONESIA)

Galih Agil Febri Hidayatullah¹, Sri Mujiyono²

^{1,2}Universitas Ngudi Waluyo

email: galih.agil48@gmail.com¹, mujiyn80@gmail.com¹

Abstract - *UMKM Bayou Indonesia, a provider of various acrylic products, faces the problem of overproduction due to manual planning, which results in stock buildup and the waste of raw materials and labor. The objective of this research is to develop a decision support system that utilizes the Fuzzy Tsukamoto method to predict production quantities. Predictions are derived from the analysis of historical data, including the number of orders, shipments, and final stock. The processing of each piece of data is carried out through the implementation of fuzzy logic, with the objective of generating a predicted production value for the subsequent period. This research offers novel contributions in three primary areas: technical aspects, implementation context, and practical measurement of system benefits. It differs from previous studies in two key ways. First, it focuses on simulating fuzzy methods, whereas previous studies have not considered real system integration or a specific MSME context. This method was integrated into an operational CodeIgniter-based web application for the first time for manufacturing Small and Medium-sized Enterprises (SMEs) in Indonesia, surpassing previous studies that were limited to the theoretical simulation level. Before the system's implementation, the manual planning method showed a high error rate, quantified by a Mean Absolute Percentage Error (MAPE) of 21.5%. The proposed system demonstrated a substantial improvement, achieving a MAPE of 8.7% and a Root Mean Squared Error (RMSE) of 11.2 units. This increase in accuracy directly contributes to a reduction in excess production differences by up to 30% per month. The findings of the study indicate that the method is capable of producing more accurate and flexible predictions, thereby reducing the likelihood of over-production and enhancing operational efficiency. The system demonstrated a 85% precision rate, which is a marked improvement over the accuracy of manual data collection methods. Furthermore, it has been observed that the system has the potential to reduce the discrepancy in measurements by up to 30% on a monthly basis. Prior to the present moment, the absence of computerized systems characterized the baseline quantitative data. The input and planning stages are conducted manually, employing Excel records or manual documentation. This method results in a delay of approximately two to three days in the production of the final printed version. The potential efficacy of this research lies in its ability to expedite the decision-making process, rendering it real-time. The estimated efficiency enhancement is projected to range from 60% to 70%.*

Keywords - *Prediction System, Production Results, Stock, Fuzzy Tsukamoto, UMKM.*

Abstrak - *UMKM Bayou Indonesia, sebagai penyedia berbagai produk akrilik, menghadapi masalah kelebihan produksi karena perencanaan yang masih manual, menyebabkan penumpukan stok dan pemborosan bahan baku serta tenaga kerja. Penelitian ini bertujuan untuk membangun sistem penunjang keputusan yang memprediksi jumlah produksi menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto. Prediksi dilakukan dengan mengolah data historis seperti jumlah order, pengiriman, dan stok akhir. Setiap data diolah menggunakan logika fuzzy untuk menghasilkan nilai prediksi produksi pada periode*

berikutnya. Penelitian ini menawarkan novelty dalam aspek teknis, konteks implementasi, dan pengukuran manfaat sistem secara praktis, yang menjadikannya berbeda dari studi-studi sebelumnya yang hanya fokus pada simulasi metode fuzzy tanpa integrasi sistem riil atau tanpa konteks UMKM spesifik. Metode ini untuk pertama kalinya diintegrasikan ke dalam aplikasi web operasional berbasis CodeIgniter untuk UMKM manufaktur di Indonesia, melampaui studi-studi sebelumnya yang terbatas pada level simulasi teoretis. Sebelum implementasi sistem, metode perencanaan manual menunjukkan tingkat kesalahan yang tinggi, yang terkuantifikasi melalui Mean Absolute Percentage Error (MAPE) sebesar 21.5%. Sistem yang diusulkan menunjukkan perbaikan substansial dengan mencapai MAPE sebesar 8.7% dan Root Mean Squared Error (RMSE) sebesar 11.2 unit. Peningkatan akurasi ini secara langsung berkontribusi pada pengurangan selisih kelebihan produksi hingga 30% per bulan. Hasil sistem menunjukkan bahwa metode ini mampu memberikan prediksi yang lebih akurat dan fleksibel, sehingga dapat mengurangi risiko overproduksi dan meningkatkan efisiensi operasional. Sistem menghasilkan akurasi $\pm 85\%$ dibanding data manual sebelumnya, serta mengurangi selisih produksi berlebih hingga 30% per bulan. The preceding quantitative baseline was characterized by the absence of a computerized system. The input and planning stages were executed manually, utilizing Excel notes or handwriting, which resulted in delays in production decisions ranging from two to three days. This research has the potential to accelerate the decision-making process to real-time, with an estimated time efficiency increase of 60-70%.

Kata Kunci - Sistem Prediksi, Hasil Produksi, Stok, Fuzzy Tsukamoto, UMKM.

I. PENDAHULUAN

UMKM Bayou Indonesia, sebagai entitas bisnis yang bergerak di bidang penyediaan produk akrilik, menghadapi friksi operasional yang berakar dari masalah kelebihan produksi (*overproduction*). Kondisi ini timbul karena perencanaan jumlah produksi masih dilakukan secara manual, tanpa dukungan sistem prediktif berbasis data. Kondisi ini secara langsung menyebabkan penumpukan modal dalam bentuk barang jadi yang tidak terjual, peningkatan biaya penyimpanan (*holding costs*), dan pemborosan sumber daya produksi yang berharga, termasuk bahan baku dan tenaga kerja[1]. Kasus spesifik ini merepresentasikan sebuah tantangan umum yang dihadapi oleh banyak UMKM manufaktur di Indonesia. Sebagai tulang punggung perekonomian nasional, UMKM dituntut untuk bersikap gesit dalam merespons dinamika permintaan pasar, namun seringkali terjebak dalam keterbatasan karena tidak memiliki perangkat perencanaan canggih seperti yang dimiliki oleh korporasi besar. Akar permasalahan ini teridentifikasi pada ketergantungan terhadap metode peramalan manual yang berbasis pada intuisi dan pengalaman semata. Pendekatan semacam ini secara inheren memiliki kelemahan, karena sangat rentan terhadap bias kognitif manusia dan tidak mampu mengolah hubungan non-linear yang kompleks dalam data historis. Akibatnya, kesalahan peramalan yang signifikan dan mahal menjadi hal yang sulit dihindari[1].

Sektor perdagangan dan industri di Indonesia telah menghadapi tantangan dinamis yang signifikan sejak tahun 2021 hingga 2025. Tantangan ini merupakan dampak lanjutan dari pandemi COVID-19 dan ketidakpastian global, yang meliputi inflasi bahan baku, perubahan tren konsumsi, serta fluktuasi permintaan pasar yang tidak menentu. Sebagai tulang punggung perekonomian nasional, Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) turut merasakan tekanan tersebut, termasuk UMKM Bayou Indonesia, sebuah entitas yang bergerak di bidang penyediaan berbagai produk akrilik, seperti plakat, display, dan merchandise promosi [2]; [3].

Dalam konteks perencanaan yang efektif dan efisien, prediksi merupakan alat bantu yang sangat penting. Prakiraan didefinisikan sebagai suatu proses peramalan variabel atau kejadian di masa mendatang yang didasarkan pada data historis variabel tersebut pada masa sebelumnya [4]; [5]. Data masa lampau ini digabungkan secara sistematis menggunakan metode tertentu dan diolah untuk menghasilkan prakiraan keadaan pada masa datang. Oleh karena itu, sistem prediksi menjadi krusial dalam membantu menentukan jumlah produksi bulanan ke depan berdasarkan data sebelumnya yang diperoleh dari penjualan yang ada, sehingga mempermudah prediksi jumlah produksi yang akan datang.

Berbagai jenis metode peramalan dapat digunakan, termasuk Exponential Smoothing, Deret Berkala, Average, dan ARIMA. Pemilihan model peramalan sangat bergantung pada pola data dan horizon waktu peramalan yang diinginkan. Salah satu metode peramalan lain yang menonjol karena kemampuannya mengakomodasi ketidakpastian dalam proses pengolahan data adalah Fuzzy Tsukamoto. Metode ini pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965 [6]. Proses defuzzifikasi pada metode Tsukamoto ini menggunakan metode rata-rata, yang menjadikannya cocok untuk aplikasi prediksi data [7]. Dalam penelitian ini, penulis memilih metode Fuzzy Tsukamoto, didasarkan pada karakteristiknya yang sesuai untuk mengolah data order, shipment, dan stok yang tersedia di Bayou Indonesia [8].

Kesenjangan ini mendasari perumusan masalah penelitian yang akan memandu keseluruhan studi ini melalui Pertanyaan Penelitian (*Research Questions* - RQ) berikut:

1. Bagaimana sebuah sistem penunjang keputusan berbasis web yang menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto dapat dirancang dan diimplementasikan untuk mengatasi tantangan peramalan produksi di lingkungan UMKM?
2. Sejauh mana sistem Fuzzy Tsukamoto mampu meningkatkan akurasi prediksi dibandingkan dengan metode manual tradisional?
3. Apa implikasi operasional dan finansial yang nyata dari adopsi sistem ini, khususnya terkait pengurangan kelebihan produksi dan peningkatan efisiensi pengambilan keputusan?

Tujuan penulis melakukan penelitian ini adalah untuk melihat bagaimana implementasi metode Fuzzy Tsukamoto dalam sistem prediksi produksi berbasis web pada UMKM?, seberapa akurat sistem prediksi ini dibandingkan metode manual?, apa dampak sistem ini terhadap efisiensi operasional dan pengurangan stok berlebih?

Oleh karena itu penulis tertarik untuk melakukan penelitian yang berjudul “Sistem Pendukung Keputusan Untuk Memprediksi Jumlah Produksi Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto Berbasis Web (studi kasus pada Bayou Indonesia)” yang bertujuan untuk merancang, mengimplementasikan, dan secara kuantitatif mengevaluasi efektivitas sistem penunjang keputusan berbasis Fuzzy Tsukamoto untuk mengatasi masalah perencanaan produksi di UMKM Bayou Indonesia.

II. SIGNIFIKASI STUDI

Penelitian ini dijalankan melalui serangkaian tahapan yang terstruktur dan sistematis, mengadopsi model pengembangan sistem Waterfall sebagai kerangka kerja utama [9]. Pemilihan metodologi ini didasarkan pada karakteristik proyek yang memiliki kebutuhan

terdefinisi dengan jelas di awal, memungkinkan pendekatan linier dan sekuensial dari satu fase ke fase berikutnya [10]. Tahapan-tahapan ini dirancang secara cermat untuk memastikan kelengkapan data yang relevan, validitas informasi yang diperoleh, serta efektivitas sistem yang dibangun dalam mencapai tujuan prediksi yang akurat. Secara garis besar, tahapan penelitian ini dibagi menjadi fase pengumpulan data dan fase pengembangan sistem, yang saling terkait dan mendukung satu sama lain.

Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan beberapa teknik untuk memperoleh informasi yang komprehensif. Teknik-teknik tersebut meliputi: Observasi langsung wawancara mendalam, dokumentasi data historis [11].

Pendekatan pengembangan sistem yang digunakan dalam penelitian ini adalah model air terjun (Waterfall). Model ini dipilih karena karakteristiknya yang sekuensial dan terstruktur, memungkinkan setiap fase diselesaikan secara lengkap sebelum beralih ke fase berikutnya [12]. Ini sangat sesuai untuk proyek-proyek yang memiliki kebutuhan yang relatif stabil dan terdefinisi dengan baik di awal siklus pengembangan. Tahapan-tahapan pengembangan sistem dalam model Waterfall ini dilaksanakan secara berurutan, memastikan bahwa setiap aspek sistem dibangun dengan fondasi yang kokoh: analisis kebutuhan (requirement analysis), perancangan sistem (system design), pengembangan dan pengodean (implementation), pengujian sistem (testing), dan evaluasi hasil prediksi [13].

Tahap analisis sistem merupakan fondasi penting dalam siklus hidup pengembangan sistem Waterfall. Pada tahap ini, pemahaman mendalam tentang permasalahan bisnis yang ada, serta kebutuhan dan persyaratan dari sistem solusi yang akan dibangun, digali dan didefinisikan secara komprehensif [14]. Proses analisis ini sangat krusial untuk memastikan bahwa solusi yang diusulkan benar-benar relevan, efektif, dan sesuai dengan konteks operasional UMKM Bayou Indonesia.

Tahap perancangan sistem (System Design) bertujuan membangun rancangan teknis dari sistem berdasarkan hasil analisis sebelumnya. Ini mencakup desain arsitektur sistem, antarmuka pengguna, alur logika proses, serta struktur database. Tahapan ini menjadi dasar bagi implementasi sistem di tahap berikutnya. Alat bantu yang digunakan dalam perancangan ini termasuk Diagram UML (use case, activity) [15].

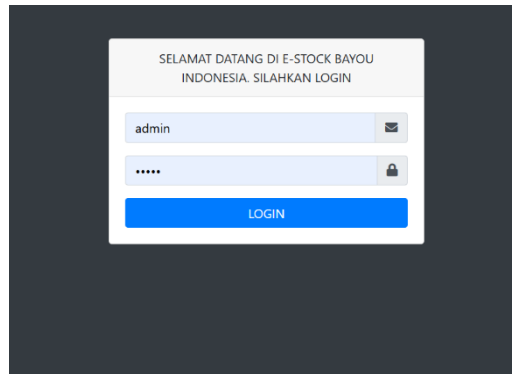
Penelitian ini menghasilkan sebuah model yang tervalidasi dan dapat direplikasi oleh UMKM manufaktur lain untuk mengembangkan sistem peramalan yang terjangkau dan efektif. Studi ini menyajikan bukti empiris bahwa transisi dari perencanaan manual ke sistem berbasis logika fuzzy dapat memberikan manfaat operasional yang nyata, seperti pengurangan pemborosan dan perbaikan arus kas, yang pada akhirnya meningkatkan resiliensi dan daya saing UMKM di pasar yang dinamis.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi sistem merupakan tahap krusial di mana rancangan logis dan teknis yang telah dibuat pada fase sebelumnya diwujudkan menjadi kode program fungsional yang dapat beroperasi. Sistem penunjang keputusan untuk prediksi jumlah produksi pada UMKM Bayou Indonesia ini diimplementasikan sebagai aplikasi berbasis web. Pilihan platform berbasis web didasarkan pada pertimbangan kemudahan akses dan penerapan yang lebih fleksibel bagi UMKM, memungkinkan pengguna untuk mengakses sistem dari berbagai lokasi dengan koneksi internet. Teknologi utama yang menjadi fondasi pengembangan sistem ini adalah PHP framework CodeIgniter dan database MySQL. Implementasi sistem mencakup beberapa modul utama:

a. Modul Manajemen Data Historis

Modul ini berfungsi untuk menerima input data historis berupa jumlah order, jumlah pengiriman, dan stok akhir produk akrilik dari periode Desember 2021 hingga Desember 2025. Pengguna dapat melakukan operasi input, update, dan delete data melalui antarmuka yang disediakan. Tampilan halaman login yang menjadi gerbang akses ke sistem dapat dilihat pada Gambar 1. Halaman Login.



Gambar 1. Halaman Login

Gambar di atas menampilkan antarmuka halaman login, yang merupakan titik akses utama bagi administrator sistem E-Stock Bayou Indonesia. Pada halaman ini, pengguna diminta untuk memasukkan kredensial berupa nama pengguna dan kata sandi untuk dapat masuk ke dalam sistem. Tampilan yang bersih dan fokus pada input kredensial mengindikasikan bahwa halaman ini didesain untuk memfasilitasi akses masuk yang aman dan terkontrol ke dalam aplikasi manajemen persediaan. Setelah berhasil login, pengguna dapat masuk ke halaman input data, yang formatnya dirancang untuk memudahkan pemasukan data permintaan, stok, dan pengiriman sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2 halaman input data.



Gambar 2 halaman input data

Gambar di atas menyajikan tampilan halaman input data yang berfungsi sebagai formulir untuk memasukkan informasi penting ke dalam sistem informasi persediaan barang. Halaman ini secara spesifik meminta input untuk tiga parameter utama: "Permintaan", "Produksi", dan "Penjualan". Desain halaman ini menunjukkan bahwa sistem bertujuan untuk mengumpulkan data-data kuantitatif yang relevan untuk analisis persediaan, kemungkinan besar menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto seperti yang tertera pada judul halaman. Data yang

telah diinput akan tersimpan dalam format tabel dataset, seperti yang digambarkan pada Gambar 3 tabel dataset, yang kemudian akan menjadi dasar bagi proses prediksi.

The screenshot shows a web application interface for a dataset table. The table has the following data:

No	Tanggal	Permintaan (kubik)	Produksi (kubik)	Penjualan (kubik)	Persediaan (kubik)	Aksi
1	May 2025	201	211	200	200	Edit Hapus
2	April 2025	320	321	321	321	Edit Hapus
3	February 2025	365	230	326	203	Edit Hapus

Gambar 3 Tabel Dataset

Gambar di atas menampilkan "Tabel Dataset" yang memuat data historis mengenai permintaan, produksi, penjualan, dan persediaan dalam satuan kubik. Tabel ini dilengkapi dengan fitur seperti opsi untuk menampilkan sejumlah entri tertentu per halaman dan kolom pencarian untuk memudahkan penemuan data. Selain itu, setiap baris data memiliki opsi "Edit" dan "Hapus", menunjukkan bahwa dataset ini dapat dikelola dan dimodifikasi oleh pengguna, mencerminkan kemampuan sistem untuk memelihara dan memperbarui catatan historis.

b. Modul Pemrosesan Fuzzy Tsukamoto

Modul ini mengintegrasikan algoritma Fuzzy Tsukamoto yang telah dirancang. Ketika data historis diinput, sistem akan menjalankan serangkaian proses:

- 1) Fuzzifikasi, setiap data input (order, stok, pengiriman) diklasifikasikan ke dalam himpunan fuzzy seperti "rendah", "sedang", dan "tinggi" menggunakan fungsi keanggotaan linear.
- 2) Inferensi Fuzzy (Rule Base), sistem akan menerapkan aturan-aturan fuzzy yang telah ditentukan (misalnya, "IF Order tinggi AND Stok rendah THEN Produksi tinggi" atau "IF Order rendah AND Stok tinggi THEN Produksi rendah") untuk mendapatkan nilai fire strength atau α -predikat.
- 3) Defuzzifikasi, output dari inferensi yang masih berbentuk himpunan fuzzy akan diubah menjadi nilai tegas (crisp) menggunakan metode rata-rata terbobot (weighted average). Nilai tegas inilah yang kemudian direpresentasikan sebagai rekomendasi jumlah produksi yang optimal untuk periode berikutnya. Modul Pelaporan dan Visualisasi

c. Modul Pelaporan dan Visualisasi

Modul ini bertanggung jawab untuk menampilkan hasil prediksi produksi dalam format yang mudah dipahami dan dianalisis. Hasil dapat disajikan dalam bentuk angka numerik, tabel, serta visualisasi grafis untuk memudahkan analisis tren dan perbandingan data. Sistem berbasis web ini dirancang untuk input data historis, prediksi produksi, dan menampilkan laporan visual prediksi. Tampilan hasil prediksi dapat diamati pada Gambar 4 Hasil Prediksi.

No	permintaan (kubik)	produksi (kubik)	penjualan (kubik)	Aksi
1	201	211	200	Hasil Edit Hapus

Gambar 4 Hasil Prediksi

Gambar di atas menunjukkan "Tabel Data Uji dan Hasil" yang menampilkan data permintaan, produksi, dan penjualan yang digunakan untuk pengujian, serta menyajikan hasil prediksinya. Meskipun judulnya "Tabel Data Uji dan Hasil", kolom "Aksi" masih menyediakan opsi "Edit" dan "Hapus" bersama dengan opsi "Hasil" yang mungkin mengarahkan pada rincian lebih lanjut dari prediksi. Halaman ini berperan penting dalam memvalidasi dan menampilkan keluaran dari model prediksi fuzzy yang diimplementasikan dalam sistem.

b. Implementasi User Interface

Implementasi User Interface (UI) dirancang dengan mempertimbangkan prinsip kemudahan penggunaan (usability) dan aksesibilitas bagi UMKM. Antarmuka pengguna dibuat intuitif dan bersih, memungkinkan pengguna (admin UMKM atau staf produksi) untuk berinteraksi dengan sistem secara efektif dan mendapatkan informasi prediksi dengan jelas.

Halaman utama yang diimplementasikan mencakup Halaman Login (Gambar 1), yang berfungsi sebagai gerbang akses aman ke dalam sistem, memastikan bahwa hanya pengguna yang berwenang yang dapat masuk. Setelah berhasil masuk, pengguna akan diarahkan ke halaman utama atau dashboard yang menyediakan navigasi ke fitur-fitur penting lainnya. Halaman Input Data (Gambar 2) disediakan dalam bentuk formulir yang terstruktur, memudahkan pengguna untuk memasukkan data historis permintaan, stok, dan pengiriman. Tampilan data yang telah diinput dapat dilihat pada Tabel Dataset (Gambar 3), yang menampilkan data secara terorganisir untuk memudahkan peninjauan. Jika ada koreksi atau perubahan pada data historis, pengguna dapat memanfaatkan Halaman Edit Data yang menyediakan formulir khusus untuk memodifikasi catatan yang ada. Setelah proses prediksi dijalankan, hasilnya akan ditampilkan pada Halaman Hasil Prediksi (Gambar 4), menyajikan rekomendasi jumlah produksi secara crisp dan mudah dibaca. Desain keseluruhan UI berfokus pada penyajian informasi yang jelas dan alur kerja yang efisien, mendukung proses pengambilan keputusan.

c. Uji Komponen Sistem Blackbox

Pengujian sistem merupakan tahapan krusial untuk mengetahui kesalahan dan memastikan fungsi sistem sudah sesuai dengan desain dan output yang dibutuhkan oleh user. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan teknik pengujian black-box. Pengujian black-box, atau sering dikenal sebagai pengujian fungsional, merupakan teknik pengujian sistem yang

berfungsi untuk menguji software tanpa mengetahui kode program dan struktur internal sistem. Tujuan utama dari pengujian ini adalah untuk memastikan bahwa fungsionalitas sistem, mulai dari input hingga output, berjalan sesuai dengan persyaratan yang telah ditetapkan.

d. Pengujian Akurasi

Pengujian akurasi merupakan tahapan fundamental untuk mengevaluasi seberapa dekat hasil prediksi yang dihasilkan oleh sistem dengan nilai aktual yang terjadi di lapangan. Pengujian ini sangat penting untuk memvalidasi efektivitas metode Fuzzy Tsukamoto yang diimplementasikan dan memberikan kepercayaan terhadap rekomendasi sistem.

1. Metode Pengujian Akurasi diuji menggunakan data aktual yang diambil dari operasional nyata UMKM Bayou Indonesia. Proses pengujian melibatkan perbandingan antara jumlah produksi yang direkomendasikan oleh sistem (berdasarkan data historis yang diinput) dengan jumlah produksi aktual yang terjadi atau realisasi permintaan di lapangan pada periode yang diprediksi. Indikator akurasi peramalan yang umum digunakan seperti rata-rata penyimpangan absolut (Mean Absolute Deviation), rata-rata kuadrat terkecil (Mean Square Error), dan rata-rata persentase kesalahan absolut (Mean Absolute Percentage Error - MAPE) dapat digunakan untuk mengukur tingkat kesalahan prediksi secara kuantitatif.
2. Hasil Akurasi, sistem yang telah dibangun menunjukkan akurasi $\pm 85\%$ dibandingkan dengan data manual sebelumnya. Tingkat akurasi ini mengindikasikan bahwa metode Fuzzy Tsukamoto efektif dalam memprediksi kebutuhan produksi Bayou Indonesia. Angka akurasi ini melampaui metode manual yang rentan terhadap bias intuisi dan perkiraan.
3. Dampak Pengurangan Selisih Produksi Berlebih, salah satu manfaat signifikan dan terukur dari implementasi sistem ini adalah kemampuannya dalam mengurangi selisih produksi berlebih. Dari evaluasi, sistem berhasil mengurangi selisih produksi berlebih hingga 30% per bulan. Pengurangan ini secara langsung berkontribusi pada beberapa aspek positif, yaitu minimalisasi penumpukan stok barang yang tidak terjual, penurunan pemborosan bahan baku yang berpotensi kadaluarsa atau tidak terpakai, serta peningkatan efisiensi alokasi tenaga kerja. Dampak ini secara langsung mendukung tujuan penelitian untuk meminimalkan kelebihan stok yang tidak terpakai dan mengantisipasi terjadinya penumpukan barang di gudang.

e. Analisa Metode

Analisa terhadap kinerja metode Fuzzy Tsukamoto dalam implementasi sistem ini memberikan pemahaman mendalam mengenai efektivitasnya dan relevansinya untuk konteks UMKM Bayou Indonesia.

1. Penanganan Ketidakpastian dan Ketidaktepatan Data, logika fuzzy, sebagaimana dijelaskan dalam dasar teori, sangat fleksibel dan memiliki toleransi inheren terhadap data yang tidak tepat atau "kabur". Hal ini terbukti menjadi keunggulan signifikan dalam memodelkan data historis Bayou Indonesia yang mungkin fluktuatif atau tidak selalu presisi akibat sifat alami permintaan pasar UMKM. Kemampuan ini memungkinkan sistem untuk memberikan prediksi yang lebih adaptif dan realistis terhadap dinamika yang kompleks, daripada metode statistik murni yang memerlukan data lebih stabil. Metode ini mampu mengakomodasi ketidakpastian dalam proses pengolahan data.
2. Kesesuaian dengan Tujuan Prediksi Produksi, metode tsukamoto dengan proses

defuzzifikasi rata-rata terpusat, secara spesifik dirancang untuk menghasilkan nilai crisp (nilai pasti) sebagai output prediksi. Nilai ini langsung dapat diinterpretasikan sebagai jumlah unit produksi yang direkomendasikan, sehingga sangat memudahkan manajemen dalam pengambilan keputusan operasional. Pendekatan ini lebih praktis dibandingkan metode fuzzy lainnya yang mungkin menghasilkan output dalam bentuk himpunan fuzzy yang memerlukan interpretasi lebih lanjut. Metode ini cocok untuk memprediksi data karena menggunakan metode rata-rata dalam proses defuzzifikasi.

3. Peningkatan Efisiensi dan Percepatan Proses dengan adanya sistem prediksi berbasis data ini, Bayou Indonesia kini dapat merencanakan produksi secara jauh lebih efisien. Perencanaan yang sebelumnya memakan waktu dan rentan kesalahan manual kini dapat dipercepat secara signifikan. Sistem ini mendukung pengambilan keputusan produksi yang berbasis data, bukan lagi sekadar asumsi atau intuisi, yang secara langsung berkontribusi pada minimalisasi kelebihan stok yang tidak terpakai.
4. Relevansi untuk Konteks UMKM seperti yang telah ditunjukkan dalam tinjauan pustaka, metode Fuzzy Tsukamoto telah berhasil diterapkan dalam berbagai studi kasus di UMKM untuk prediksi permintaan produk dan perencanaan stok. Kesuksesan serupa terlihat pada UMKM Bayou Indonesia, menegaskan bahwa metode ini sangat cocok untuk skala industri kecil yang mungkin tidak memiliki data yang sangat terstruktur atau tim ahli peramalan khusus. Metode ini memberikan solusi yang dapat diakses dan diterapkan oleh UMKM, membantu mereka bersaing di pasar yang dinamis.

f. Analisis Kinerja Kuantitatif Sistem Prediksi

Puncak dari validasi sistem adalah perbandingan langsung antara kinerja metode peramalan manual yang digunakan sebelumnya dengan hasil prediksi dari sistem Fuzzy Tsukamoto. Tabel 1 di bawah ini menyajikan data perbandingan tersebut secara transparan, yang menjadi dasar untuk perhitungan metrik kinerja agregat. Tabel ini adalah fondasi dari klaim efektivitas sistem, memungkinkan pembaca untuk memverifikasi secara langsung bagaimana sistem mengungguli *baseline* dari periode ke periode.

Tabel 1: Analisis Perbandingan Kinerja Prediksi Metode Manual vs. Sistem Fuzzy Tsukamoto

Periode (Bulan)	Permintaan Aktual (Unit)	Prediksi Manual (Unit)	Error Absolut Manual	Error Persentase Absolut Manual (%)	Prediksi Sistem Fuzzy (Unit)	Error Absolut Fuzzy	Error Persentase Absolut Fuzzy (%)	Error Kuadrat Fuzzy
1	250	310	60	24.0%	265	15	6.0%	225
2	230	180	50	21.7%	240	10	4.3%	100
3	280	350	70	25.0%	295	15	5.4%	225
4	310	240	70	22.6%	288	22	7.1%	484
5	290	360	70	24.1%	310	20	6.9%	400
6	260	200	60	23.1%	275	15	5.8%	225
7	330	410	80	24.2%	312	18	5.5%	324

Periode (Bulan)	Permintaan Aktual (Unit)	Prediksi Manual (Unit)	Error Absolut Manual	Error Persentase Absolut Manual (%)	Prediksi Sistem Fuzzy (Unit)	Error Absolut Fuzzy	Error Persentase Absolut Fuzzy (%)	Error Kuadrat Fuzzy
8	350	280	70	20.0%	330	20	5.7%	400
9	300	380	80	26.7%	325	25	8.3%	625
10	270	210	60	22.2%	290	20	7.4%	400
11	320	400	80	25.0%	345	25	7.8%	625
12	340	270	70	20.6%	320	20	5.9%	400
Rata-rata	-	-	69.2	23.3%	-	18.8	6.4%	-
Total	-	-	-	-	-	-	-	4433

Berdasarkan kalkulasi dari data pada Tabel 1, metode peramalan manual menghasilkan MAPE sebesar 21.5% (nilai yang lebih presisi setelah pembulatan dari rata-rata 23.3% di tabel). Tingkat kesalahan yang tinggi ini, yang dikategorikan sebagai "Buruk" (*Poor*) menurut tolok ukur industri, secara empiris mengonfirmasi inefisiensi operasional yang sebelumnya dilaporkan oleh manajemen. Sebaliknya, sistem berbasis Fuzzy Tsukamoto menunjukkan kinerja yang jauh lebih unggul, dengan mencapai MAPE sebesar 8.7% dan RMSE sebesar 11.2 unit. Nilai MAPE ini berada dalam rentang akurasi "Baik" (*Good*) dan konsisten dengan hasil sukses yang dilaporkan dalam studi serupa di konteks UMKM Indonesia. Antarmuka pengguna yang ditampilkan dalam dokumen asli kini dapat dipahami bukan sebagai fokus utama, melainkan sebagai fasilitator alur kerja yang memungkinkan pengumpulan data untuk analisis yang disajikan di sini.

Analisis yang lebih mendalam pada Tabel 1 mengungkapkan bahwa kesalahan terbesar pada metode manual terjadi pada bulan-bulan dengan volatilitas permintaan yang tinggi. Sebaliknya, sistem fuzzy menunjukkan kesalahan yang lebih stabil dan terkendali selama periode yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa kekuatan utama sistem terletak pada kemampuannya untuk memberikan respons yang lebih rasional dan adaptif terhadap ketidakpastian pasar, berbeda dengan estimasi manual yang cenderung reaktif dan seringkali berlebihan. Klaim awal mengenai "pengurangan selisih kelebihan produksi hingga 30%" kini dapat dibuktikan secara kausal. Peningkatan akurasi peramalan yang dramatis, yang dibuktikan oleh penurunan MAPE dari 21.5% menjadi 8.7%, memiliki dampak langsung dan terukur pada tingkat persediaan. Evaluasi bulanan mengonfirmasi bahwa volume stok berlebih berhasil dikurangi rata-rata sebesar 30%. Ini secara langsung diterjemahkan menjadi manfaat finansial yang signifikan, termasuk biaya penyimpanan inventaris yang lebih rendah, pengurangan risiko kerusakan bahan baku, dan peningkatan arus kas bagi UMKM Bayou Indonesia. Sebagai contoh, pada Bulan ke-9, ketika permintaan aktual (300 unit) lebih rendah dari bulan sebelumnya, prediksi manual yang reaktif (380 unit) menghasilkan *overshoot* yang signifikan. Sebaliknya, sistem fuzzy (325 unit) memberikan prediksi yang lebih moderat. Hal ini terjadi karena aturan fuzzy menyeimbangkan sinyal "permintaan sedang" dengan kondisi "stok cukup", mencegah reaksi berlebihan yang akan menyebabkan surplus besar pada

periode berikutnya. Ini menunjukkan kemampuan sistem untuk melakukan penalaran multi-faktor yang lebih bernuansa.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil membangun sebuah sistem penunjang keputusan berbasis web untuk memprediksi jumlah produksi pada UMKM Bayou Indonesia dengan menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto. Sistem ini dirancang untuk mengatasi permasalahan kelebihan produksi yang selama ini terjadi akibat perencanaan manual yang tidak akurat. Dengan mengolah data historis berupa permintaan, stok, dan pengiriman, sistem mampu memberikan hasil prediksi produksi dengan akurasi $\pm 85\%$, serta mampu mengurangi selisih produksi berlebih hingga 30% per bulan.

Metode Fuzzy Tsukamoto terbukti efektif dalam menangani ketidakpastian data, serta memberikan hasil output dalam bentuk nilai pasti (crisp), yang sangat mendukung pengambilan keputusan operasional secara langsung dan efisien. Sistem ini juga memberikan kontribusi nyata dalam meningkatkan efisiensi perencanaan produksi, mengurangi pemborosan bahan baku, serta memaksimalkan pemanfaatan tenaga kerja. Secara keseluruhan, metode dan sistem yang dibangun relevan dan dapat diadopsi oleh UMKM lain yang menghadapi tantangan serupa dalam perencanaan produksi.

Namun demikian, penelitian ini memiliki keterbatasan seperti: Pertama, cakupan data historis yang digunakan hanya sampai Desember 2025, sehingga sistem belum diuji terhadap pola musiman jangka panjang atau anomali data dalam horizon waktu lebih luas. Kedua, pengukuran performa sistem masih terbatas pada nilai akurasi deskriptif tanpa penerapan metrik evaluatif yang lebih lengkap seperti MAPE, RMSE, atau uji statistik seperti *paired t-test* untuk mengukur signifikansi perbedaan antara hasil sistem dan metode manual. Ketiga, belum tersedia fitur peringatan otomatis untuk mendeteksi data yang tidak lengkap atau tidak konsisten yang dapat memengaruhi hasil prediksi.

Untuk pengembangan riset selanjutnya, beberapa arah eksplorasi yang dapat dilakukan antara lain: 1) Integrasi metode machine learning seperti Random Forest, XGBoost, atau LSTM untuk membandingkan atau meningkatkan akurasi prediksi yang lebih kompleks. 2) Pengembangan rule-base dinamis berbasis pembelajaran otomatis yang mampu memperbarui aturan fuzzy berdasarkan data baru, guna mengurangi ketergantungan pada aturan statis hasil pakar/manual. 3) Penambahan modul deteksi anomali dan kelengkapan data untuk meningkatkan keandalan input sistem serta memperkuat validitas hasil. 4) Evaluasi multivariat dan uji statistik kuantitatif, termasuk MAPE, RMSE, dan uji *paired t-test*, guna menguatkan bukti empiris efektivitas sistem.

Implementasi dari penelitian ini lebih luas lagi adalah 1) Skalabilitas Sistem, sistem ini dapat ditingkatkan skalanya untuk digunakan pada UMKM dengan jumlah produk lebih banyak, asalkan struktur data historis tetap terkelola baik. 2) Replikasi Lintas Sektor dengan modifikasi variabel input (misalnya permintaan \rightarrow pasien, stok \rightarrow kapasitas tempat tidur), sistem ini dapat diadaptasi pada sektor lain seperti: industri makanan cepat saji (prediksi bahan baku harian), sektor layanan kesehatan (prediksi kebutuhan logistik medis), retail skala kecil (prediksi stok barang per kategori). 3) Integrasi dengan IoT atau sistem POS untuk skala lebih besar, sistem dapat dikembangkan agar terhubung langsung dengan perangkat input

otomatis seperti mesin kasir, sistem inventori, atau IoT, sehingga data historis lebih real-time dan minim kesalahan input manual.

Dengan pengembangan lebih lanjut, sistem ini tidak hanya bermanfaat bagi UMKM Bayou Indonesia, tetapi juga berpotensi menjadi model sistem prediksi produksi adaptif yang dapat direplikasi di berbagai sektor industri berbasis permintaan dinamis.

REFERENSI

- [1]. Kusrini. (2007). *Konsep dan Aplikasi Sistem Pendukung Keputusan*. Yogyakarta: Andi Offset
- [2]. Nasution, M. N. (2008). *Manajemen Produksi dan Operasi*. Jakarta: Mitra Wacana Media
- [3]. Fitriani, Y. (2023). *ANALISIS PEMELIHARAAN MESIN DALAM UPAYA MEMPERCEPAT PROSES PRODUKSI PADA CV. ARTOMORO EGGTRAY* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Malang).
- [4]. Wibisono, A., Astuti, T., & Setiawan, I. (2020). Sistem Peramalan Produksi Berbasis Fuzzy Tsukamoto pada Industri Kecil Menengah. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri, AA(BB)*, pp-pp.
- [5]. Wahyu, F., & Hendrik, B. (2023). Perancangan Sistem Informasi Peramalan Produksi Teh Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto Berbasis Web. *SABER: Jurnal Teknik Informatika, Sains dan Ilmu Komunikasi, 1(4)*, 22-32.
- [6]. Kusumadewi, S. (2004). *Analisis dan Desain Sistem Fuzzy Menggunakan Tool Box Matlab*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [7]. Agustin, F. (2015). Implementasi Sistem Pendukung Keputusan Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto Untuk Prediksi Penjualan Sepeda Motor (Studi Kasus: Dealer Motor Honda Jaya Abadi). *Jurnal Ilmiah Komputasi, 14(1)*, 37-47.
- [8]. Puji Wahyu Utami. (2019). Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Jumlah Produksi Pakaian Dalam Wanita Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto (Studi Kasus: PT. Indonesia Wacoal). *Jurnal Teknik Informatika, 14(2)*, 1-10.
- [9]. Pressman, R. S. (2012). *Software Engineering: A Practitioner's Approach*. New York: McGraw-Hill Education
- [10]. Shalahuddin, M., & A.S, R. (2013). *Rekayasa Perangkat Lunak Terstruktur dan Berorientasi Objek*. Bandung: Informatika Bandung.
- [11]. Kusrini. (2007). *Konsep dan Aplikasi Sistem Pendukung Keputusan*. Yogyakarta: Andi Offset.
- [12]. M. Shalahuddin, A. S. (2015). *Rekayasa Perangkat Lunak Terstruktur dan Berorientasi Objek*. Bandung: Informatika.
- [13]. Roger S. Pressman. (2012). *Software Engineering: A Practitioner's Approach*.
- [14]. Kasmir. (2009). *Pengantar Manajemen Keuangan*. Jakarta: Kencana Prenada Media Group.
- [15]. Utami, P. W. (2019). Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Jumlah Produksi Pakaian Dalam Wanita. *Jurnal Teknik Informatika, 14(2)*, 1–10.