

Prediksi Nilai Tukar Petani di Provinsi Sumatera Utara Menggunakan Metode Fuzzy Time Series Lee

Rini Paramita Panjaitan¹⁾, Hanna Dewi Marina Hutabarat²⁾

¹⁾Ilmu Komputer, Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan

²⁾Matematika, Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan

¹⁾rinyprmita@gmail.com ✉, ²⁾hanahutabarat@unimed.ac.id

ABSTRACT

The agricultural sector can be a source of employment and the main source of income that is useful as one way to prevent poverty. In this study, a prediction of the farmer's exchange rate from the food crop sub-sector in North Sumatra Province was carried out using the Lee Fuzzy Time Series model method based on the web. The dataset used in this study was taken from the period January 2018 to December 2022 which was taken from the North Sumatra Central Statistics Agency. The results of this study are a prediction system that helps in predicting the exchange rate of farmers and other categories using the Lee Fuzzy Time Series forecasting method. This study produced a very good forecast because the MAPE value obtained was 0.78%. The results of black box testing on the application for predicting the exchange rate of farmers in the food crop sub-sector in North Sumatra Province showed that the system or application could run well and function according to the expected specifications. So, the Lee Fuzzy Time Series method can be said to be very good in predicting the farmer's exchange rate.

Keywords: prediction, farmer exchange rate, fuzzy time series lee

ABSTRAK

Sektor pertanian dapat menjadi sumber lapangan pekerjaan dan sumber pendapatan utama yang berguna sebagai salah satu cara dalam mencegah kemiskinan. Pada penelitian ini, dilakukan prediksi nilai tukar petani dari subsektor tanaman pangan di Provinsi Sumatera Utara menggunakan metode Fuzzy Time Series model Lee dengan berbasis web. Dataset yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari periode Januari 2018 hingga Desember 2022 yang diambil dari Badan Pusat Statistik Sumatera Utara. Hasil dari penelitian ini adalah sebuah sistem prediksi yang membantu dalam memprediksi nilai tukar petani maupun kategori lain dengan menggunakan metode peramalan Fuzzy Time Series Lee. Dalam penelitian ini menghasilkan peramalan yang sangat baik karena nilai MAPE yang didapatkan yaitu sebesar 0.78%. Hasil pengujian black box pada aplikasi prediksi nilai tukar petani subsektor tanaman pangan di Provinsi Sumatera Utara menunjukkan bahwa sistem atau aplikasi dapat berjalan dengan baik dan berfungsi sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Sehingga metode Fuzzy Time Series Lee dapat dikatakan sangat baik dalam memprediksi nilai tukar petani.

Kata kunci: prediksi, nilai tukar petani, fuzzy time series lee

I. PENDAHULUAN

Sektor pertanian memiliki peranan yang esensial sebagai salah satu sektor ekonomi demi terjaganya ketahanan pangan dan perekonomian di Indonesia. Provinsi Sumatera Utara menjadi satu diantara beberapa provinsi di Indonesia dengan sektor pertanian yang cukup besar. Dalam konteks pembangunan sektor pertanian, fokus utamanya adalah meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Sektor yang berguna sebagai salah satu cara dalam mencegah kemiskinan. Sehingga,

untuk memahami sejauh mana tingkat kesejahteraan petani, penting untuk memiliki indikator yang relevan. Nilai tukar petani (NTP) ialah satu diantara beberapa indikator yang menjadi parameter taraf kesejahteraan petani [1]. NTP merupakan perbandingan antara indeks harga yang diperoleh petani (Ib) yaitu harga jual hasil pertanian dengan indeks harga yang dibayar petani (Ib) yaitu harga konsumsi dan kebutuhan produksi [1]. Semakin tinggi NTP, semakin baik pula daya tukar petani, maka tingkat kesejahteraan petani akan semakin baik. Selaras dengan perolehan data Badan Pusat

Statistik (BPS) Provinsi Sumatera Utara, NTP subsektor tanaman pangan pada Juli 2022 tercatat 93,44, dimana nilai tersebut merupakan nilai terendah dalam tahun 2022 lalu. Sedangkan, NTP subsektor tanaman pangan pada Desember 2022 tercatat 94,02, dimana jumlahnya mengalami jika dibandingkan dengan nilai pada Agustus hingga November pada tahun tersebut. Dalam hal tersebut, dapat diketahui bahwa NTP subsektor tanaman pangan di Provinsi Sumatera Utara tidak selalu mengalami kenaikan. Penurunan NTP dapat mempengaruhi tingkat kesejahteraan masyarakat, karena dengan menurunnya NTP akan menyebabkan pendapatan petani menurun karena menurunnya produksi pertanian masyarakat. NTP subsektor tanaman pangan di Provinsi Sumatera Utara pada periode Januari 2018 hingga Desember 2022 tidak pernah menginjak nilai 100, yang berarti selalu mengalami penurunan dalam hal produksi pertanian. Berdasarkan penjelasan di atas, maka perlu diperlukan prediksi terhadap NTP subsektor tanaman pangan guna membantu pemerintah Provinsi Sumatera Utara dalam mengantisipasi dan mengoptimalkan kebijakan-kebijakan guna untuk membangun kesejahteraan para petani di masa depan.

Sudah banyak penelitian NTP yang menjelaskan pentingnya melakukan prediksi untuk membantu meningkatkan kesejahteraan masyarakat dan mengambil kebijakan untuk meningkatkan sektor pertanian guna untuk menghasilkan NTP yang lebih tinggi. Beberapa diantaranya ialah penelitian mengenai prediksi nilai tukar petani dengan menggunakan metode Fuzzy Time Series Lee dengan menghitung nilai Mean Absolute Percentage Error (MAPE) [2]. Adapun hasil dari penelitian menunjukkan bahwa hasil prediksi nilai tukar petani menggunakan metode Fuzzy Time Series Lee mendapat hasil yang sangat bagus karena nilai MAPE kurang dari 10%. Selanjutnya penelitian mengenai perbandingan metode Fuzzy Time Series Lee dengan metode Holt Winters Exponential Smoothing dalam memprediksi nilai tukar petani mendapat hasil penelitian yang menunjukkan kemampuan metode Fuzzy Time Series Lee merupakan metode yang paling akurat jika dibandingkan dengan metode Holt Winters Exponential Smoothing dalam memprediksi nilai tukar petani [3]. Penelitian mengenai Fuzzy Time Series selanjutnya ialah perbandingan metode Fuzzy Time Series Chen dan metode Fuzzy Time Series Lee untuk memprediksi harga beras [4]. Adapun hasil dari penelitian menyatakan bahwa metode Fuzzy Time Series Lee memiliki tingkat akurasi tertinggi jika dibandingkan dengan metode Fuzzy Time Series Chen dimana selisih tingkat akurasi tersebut adalah 0,66%. Penelitian lain dilakukan oleh Ade Setyani Nurmara Sari dan Ezra Putranda setiawan pada tahun 2024, yaitu penelitian ini membahas penerapan metode Fuzzy Time Series Lee untuk memprediksi nilai ekspor Indonesia. Penelitian ini menggunakan data dari Januari 2021 hingga Februari 2024 dan mengukur akurasi dengan Mean Absolute Percentage Error (MAPE). Hasilnya menunjukkan MAPE sebesar 5.1568%, yang dikategorikan sebagai sangat baik [5].

Satu diantara metode yang dapat digunakan yakni metode prediksi NTP subsektor tanaman pangan menggunakan data masa lalu adalah Fuzzy Time Series. Pada tahun 1993, Fuzzy Time Series dicetuskan oleh Song dan Chissom. Fuzzy Time Series merupakan metode untuk melakukan prediksi dengan menggunakan himpunan Fuzzy sebagai dasar pemodelan peramalan. Penelitian ini menggunakan metode Fuzzy Time Series Lee untuk memprediksi nilai tukar petani dan menghitung hasil akurasi prediksi menggunakan Mean Absolute Percentage Error (MAPE). Dimana, diharapkan bahwa hasil penelitian ini mampu membantu dan memberikan manfaat bagi petani, pemerintah, dan masyarakat dengan memberikan informasi yang dibutuhkan untuk mengambil kebijakan-kebijakan yang optimal guna mempertahankan kondisi nilai tukar petani dalam kondisi yang menguntungkan.

II. METODE

A. Prediksi

Prediksi adalah suatu proses memperkirakan secara sistematis tentang sesuatu yang paling mungkin terjadi di masa depan berdasarkan informasi masa lalu dan sekarang yang dimiliki, agar kesalahannya (selisih antara sesuatu yang terjadi dengan hasil perkiraan) dapat diperkecil [6]. Prediksi berguna untuk membantu dalam mengantisipasi peristiwa-peristiwa yang mungkin akan terjadi di masa mendatang yang diyakini dapat mempermudah dalam mengambil sebuah keputusan. Metode prediksi dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu [7]:

- 1) Hasil pendapat dari pihak lain yang tidak dapat dinyatakan dalam bentuk nilai atau angka merupakan dasar dari penggunaan metode prediksi secara kualitatif. Hasil dari prediksi kualitatif bersumber dari sebuah pikiran, pengetahuan, pengalaman, serta pendapat beberapa pihak yang terlibat.
- 2) Penggunaan data historis yang dapat dinyatakan dengan perhitungan dan pengukuran berbasis nilai atau angka merupakan metode prediksi secara kuantitatif. Metode time series atau metode runtun waktu menjadi satu diantara jenis ragam metode kuantitatif. Time series ialah rangkaian kegiatan observasi data yang diurutkan sesuai dengan waktu, dan data time series yakni data yang diperoleh secara berurutan dalam suatu kurun waktu tertentu.

Prediksi terbagi menjadi tiga kategori jangka waktu, yaitu [8]:

- 1) Prediksi yang hanya mencapai maksimum selama tiga bulan disebut dengan prediksi waktu jangka pendek.
- 2) Prediksi dengan alokasi waktu antara 3 bulan sampai 3 tahun disebut dengan prediksi waktu menengah.

- 3) Prediksi dengan alokasi waktu lebih dari tiga tahun disebut dengan prediksi jangka waktu yang Panjang.

B. Logika Fuzzy

Teori logika fuzzy merupakan bagian dari soft computing yang diperkenalkan oleh Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965 untuk mengatasi masalah ketidakpastian menggunakan alat matematika [9]. Logika fuzzy merupakan representasi nilai yang tidak tidak serta merta menunjukkan salah atau benarnya saja, melainkan memiliki nilai kekaburan diantara keduanya [10]. Nilai keanggotaan dalam logika fuzzy berada dalam rentang antara 0 (nol) hingga 1 (satu) yang mengindiukasikan sejauh mana suatu nilai benar atau salah. Dengan menggunakan logika fuzzy maka bisa dilihat sejauh mana nilai tersebut benar atau salah. Teori logika fuzzy menyediakan langkah-langkah untuk mewakili konsep linguistik seperti “banyak”, “sedikit”, “rendah”, “tinggi” yang didasarkan atas konsep derajat keanggotaan relatif.

C. Fuzzy Time Series

Fuzzy Time Series merupakan metode Prediksi data dengan menggunakan prinsip fuzzy, dimana himpunan fuzzy menunjukkan nilai Time Series [11]. Metode ini bekerja dengan mengidentifikasi pola dari data historis untuk memprediksi data masa depan [12]. Fuzzy Time Series pertama kali di perkenalkan oleh Song dan Chissom pada tahun 1993 untuk mengatasi masalah prediksi atau forecasting. pada tahun 1996, metode ini dikembangkan lebih lanjut oleh Chen dengan memperkenalkan operasi aritmetika untuk meningkatkan akurasi dalam peramalan. Fuzzy Time Series terbagi menjadi beberapa model, diantaranya adalah Fuzzy Time Series Song, Fuzzy Time Series Chissom, Fuzzy Time Series Chen, Fuzzy Time Series Lee, Fuzzy Time Series Markov chain, dan model lainnya.

D. Fuzzy Time Series Lee

Fuzzy Time Series Lee adalah salah satu model dari metode Fuzzy Time Series yang dikembangkan dari kerja Song dan Chissom untuk menangani masalah peramalan. Metode ini merupakan evolusi dari pendekatan yang sebelumnya dikembangkan oleh Song dan Chissom, Cheng, dan Chen dalam memprediksi nilai di masa depan. Fuzzy Time Series Lee mengikuti langkah-langkah umum yang digunakan dalam Fuzzy Time Series lainnya, namun memiliki perbedaan utama dalam pembentukan Fuzzy Logical Relationship Group (FLRG) [13].

- 1) Pembentukan himpunan semesta pembicaran (U)

$$U = [D_{min} - D_1, D_{max} + D_2]$$
 (1)
 Dimana D_1 dan D_2 adalah sembarang bilangan positif.
- 2) Pembentukan interval dengan langkah pertama menentukan rerata nilai selisih (lag) mutlak, dengan rumus:

$$mean = \frac{\sum_{t=1}^{N-1} |(D_{t+1}) - D_t|}{N-1}$$
 (2)

- 3) Menghitung panjang kelas interval (l), dengan rumus:

$$l = \frac{mean}{2}$$
 (3)

- 4) Menentukan banyak kelas interval dengan rumus:

$$\frac{D_{max} + D_2 - D_{min} - D_1}{l}$$
 (4)

- 5) Menentukan nilai tengah (m_i) dari setiap himpunan fuzzy, dengan rumus:

$$m_i = \frac{(Batas\ bawah\ U_i + (Batas\ atas\ U_i))}{2}$$
 (5)

- 6) Kemudian, himpunan U dibagi ke dalam beberapa kelas interval dengan panjang kelas interval yang sama, yang diperoleh dengan rumus berikut:

$$u_1 = [D_{min} - D_1; D_{min} - D_1 + l]$$

$$u_2 = [D_{min} - D_1 + l; D_{min} - D_1 + 2l]$$

$$\vdots$$

$$u_n = [D_{min} - D_1 + (n - 1)l; D_{min} - D_1 + nl]$$

- 7) Proses fuzzifikasi ialah proses mengubah input sistem yang memiliki nilai tegas (numeris) menjadi variabel linguistik. Proses fuzzifikasi dilakukan berdasarkan interval. Dari data awal, kemudian dikelompokkan. Jika data pertama dimasukan pada interval u_i maka hasil fuzzifikasinya adalah A_i .

- 8) Menyusun fuzzy logical relationship (FLR) berdasarkan data aktual. Langkah ini menentukan hubungan logika fuzzy yaitu $A_i \rightarrow A_j$. Dimana A_i adalah *current state* $D_{(t-1)}$ dan A_j adalah *next state* pada waktu D_t . FLR menghubungkan relasi antara nilai linguistik pada proses fuzzifikasi sebelumnya.

- 9) Menyusun fuzzy logical relationship group (FLRG) Lee. FLRG dilaksanagn dengan tekni membagi fuzzyfikasi ke dalam beberapa kelompok yang mempunyai *current state* yang sama, kemudian dilakukan pengelompokkan menjadi satu grup pada *next state*. Pada Fuzzy Time Series Lee, semua FLR dikelompokkan menjadi FLRG yang saling berhubungan. Misal, $AA_1: A_1 \rightarrow A_2, A_1 \rightarrow A_2$ dan $A_1 \rightarrow A_3$. Dari 3 *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) dapat dikelompokkan menjadi 1 $A_1 \rightarrow A_2, A_2, A_3$, Lee akan menghasilkan $A_1 \rightarrow A_2, A_1 \rightarrow A_2$ dan $A_1 \rightarrow A_3$. Menurut Lee jika $A_1 \rightarrow A_2$ muncul dua kali, maka hal ini dapat memberikan pengaruh nilai peramalan dan nilai tersebut harus dihitung.

- 10) Melakukan defuzzifikasi: Proses fuzzifikasi mengubah output fuzzy menjadi nilai tegas dengan menggunakan nilai keanggotaan yang sesuai dengan saat fuzzyfikasi dilakukan. Pada tahap ini, output fuzzy diubah menjadi nilai tegas, atau nilai numerik, untuk menghasilkan nilai prediksi.

E. Ketepatan Nilai Prediksi

Kegiatan membagi kesalahan secara mutlak di setiap periode dengan perolehan nilai sebenarnya dari

kegiatan observasi dapat ditentukan dari Mean Absolute Percentage Error (MAPE). MAPE digunakan agar dapat melakukan pengukuran terhadap besarnya kesalahan dalam peramalan yang mana nilai asli sebagai perbandingannya [14]. Semakin kecil nilai MAPE yang didapat, semakin akurat hasil peramalan tersebut. Sebaliknya, semakin besar nilai MAPE, semakin besar pula kesalahan hasil peramalannya [15]. Rumus MAPE adalah:

$$MAPE = \left(\frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \frac{|D_t - \hat{y}_t^{(m)}|}{D_t} \right) \times 100\% \quad (7)$$

Dimana N adalah banyak data, D_t adalah data waktu ke-t dan $\hat{y}_t^{(m)}$ adalah nilai peramalan orde ke- m periode ke- t .

F. Website

Website merupakan platform yang terdiri dari beberapa halaman yang berkaitan atau berhubungan, yang bertujuan untuk Memuat informasi dalam berbagai bentuk seperti teks, gambar, suara, video, atau kombinasi dari semua itu [14]. Website bersifat multiplatform yang artinya dapat dibuka dari berbagai perangkat (device) melalui web browser yang terhubung dengan internet seperti Opera, mozilla, Chrome, dan lainnya. Umumnya website dibangun 17 dengan menggunakan Hypertext Markup Language (HTML) serta sering kali menggunakan bahasa pemrograman seperti Hypertext Preprocessor (PHP) [14].

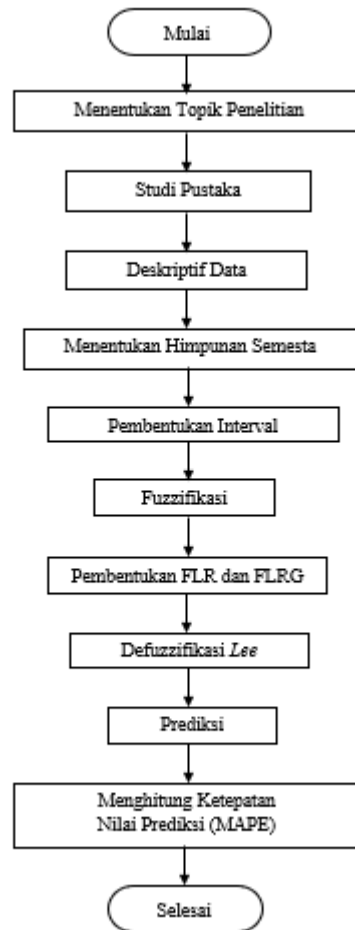
G. PHP dan MySQL

Pada tahun 1995, Rasmus Lerdorf pertama kali mengembangkan PHP, awalnya dikenal dengan nama Form Interpreted (FI). Pada saat itu, PHP merupakan kumpulan script yang digunakan untuk memproses data formulir dari web [12]. PHP adalah bahasa pemrograman open source yang dapat digunakan dalam berbagai software komputer dan bisa dioperasikan secara runtime melalui console serta memiliki kemampuan untuk menjalankan perintah-perintah sistem [12]. PHP sering digunakan para pengembang perangkat lunak untuk membuat situs web yang dinamis karena sifatnya yang gratis dan berguna dalam merancang aplikasi web [13]. Sekitar tahun 1994-1995, perusahaan Swedia yang dikenal sebagai TcX Data Konsult AB dikelan sebagai perusahaan yang mengembangkan MySQL [12]. MySQL adalah sebuah server database yang mengakomodasi bahasa pencarian database SQL. MySQL merupakan perangkat lunak sistem manajemen basis data SQL (DBMS) yang bersifat multithread dan multi-user. SQL sendiri adalah sebuah konsep untuk mengoperasikan database, terutama dalam hal pengambilan dan penambahan data, yang memungkinkan pengolahan data secara efisien dan otomatis [7]. Sebagai database server, MySQL diakui memiliki keunggulan dalam melakukan query data dibandingkan dengan database server lainnya [13].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Diagram Alir Penelitian

Pada sistem ini dimulai dengan menenti data penjualan dan grafik penjualan. Kemudian admin melakukan input data penjualan dan data barang. Selanjutnya admin bisa melihat hasil perhitungan prediksi penjualan barang per bulan.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

B. Use Case Diagram

Use Case Diagram adalah representasi visual dari sejumlah skenario interaksi dalam bentuk teks. Use case mendukung pengembang perangkat lunak memahami interaksi. Aktor dalam sebuah sistem melakukan banyak use case, dan use case mungkin bisa memiliki banyak aktor [16].

Pada gambar di bawah ini, terdapat tiga user yaitu pimpinan, admin, dan pengunjung. Pimpinan memiliki hak untuk login ke dalam sistem, mengakses proses peramalan fuzzy time series lee, mengakses hasil peramalan, mengakses menu ganti password, dan logout dari sistem. Admin memiliki hak untuk login ke dalam sisrem, mengelola data kategori dan data periode, mengakses proses peramalan fuzzy time series lee, mengakses hasil peramalan, mengakses menu ganti password, dan logout dari sistem. Sedangkan pengunjung hanya memiliki akses dari menu

peramlaan fuzzy time series lee tanpa perlu login ke dalam sistem.



Gambar 2. Use Case Diagram

C. Deskriptif dan Analisis Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data nilai tukar petani subsektor tanaman pangan di Provinsi Sumatera Utara periode Januari 2018 hingga Desember 2022. Data nilai tukar petani adalah data periode bulanan dalam satuan indeks harga, dengan jumlah data sebanyak 60 data. Data diperoleh melalui situs Badan Pusat Statistik Sumatera Utara yaitu <https://sumut.bps.go.id>.

Tabel 1. Data Nilai Tukar Petani Tanaman Pangan

Bulan	2018	2019	2020	2021	2022
Januari	93,93	97,52	98,23	94,28	97,79
Februari	92,83	97,52	98,1	94,85	97,18
Maret	92,53	97,52	96,95	94,67	96,16
April	91,82	97,52	96,44	95,6	95,68
Mei	92,67	97,52	96,92	96,41	95,73
Juni	92,62	91,96	97,56	96,72	94,35
Juli	93,52	91,96	96,95	96,05	93,44
Agustus	93,85	91,96	96,9	96,66	95,14
September	94,18	91,96	96,87	96,94	95,32
Oktober	94,1	91,96	96,61	97,56	95,43
November	96	91,92	96,38	97,68	95,05
Desember	96,58	91,92	94,98	97,88	94,02

D. Perhitungan Fuzzy Time Series Lee

Langkah pertama adalah menentukan himpunan semesta (U), dimana D_1 dan D_2 adalah nilai sembarang.

$$U = [D_{min} - D_1, D_{max} + D_2]$$

$$U = [91,82 - 0,82, 98,23 + 0,77]$$

$$U = [91, 99]$$

Selanjutnya menentukan panjang interval menggunakan aturan average based length. Menghitung rata-rata nilai selisih (lag) mutlak data aktual yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. Selisih Nilai Mutlak Data Aktual

Periode	NTPP	Lag
Januari 2018	93,93	1,1
Februari 2018	92,83	0,3
Maret 2018	92,53	0,71
April 2018	91,82	0,85
Mei 2018	92,67	0,05
...
Agustus 2022	95,14	0,18
September 2022	95,32	0,11
Oktober 2022	95,43	0,38
November 2022	95,05	1,03
Desember 2022	94,02	-
Total		39,41

Berdasarkan tabel 2 didapatkan hasil jumlah selisih mutlak data aktual sebesar 39,41. Dimana nilai selisih mutlak data aktual tersebut digunakan untuk menghitung rata-rata selisih mutlak data aktual (mean), dan didapatkan nilai mean sebesar 0,667966 dengan panjang interval 0,333983 dan banyak kelas interval yaitu 24 kelas.

Setelah itu himpunan semesta U dibagi kedalam 24 interval dengan panjang setiap kelas interval 0,333983. Adapun himpunan semesta pembicaraan U yaitu $u_1, u_2, u_3, \dots, u_{24}$. Interval dan nilai tengah untuk seluruh himpunan semesta pembicaraan U dapat dilihat pada tabel 3 berikut:

Tabel 3. Interval Himpunan Semesta (U)

U _i	NTPP	mi
U ₁	[91; 91,33398]	91,16699
U ₂	[91,33398; 91,66797]	91,50097
U ₃	[91,66797; 92,00195]	91,83496
U ₄	[92,00195; 92,33593]	92,16894
...
U ₂₁	[97,67966; 98,01364]	97,84665
U ₂₂	[98,01364; 98,34763]	98,18064
U ₂₃	[98,34763; 98,68161]	98,51462
U ₂₄	[98,68161; 99,01559]	98,8486

Selanjutnya adalah proses fuzzifikasi, fuzzifikasi merupakan proses untuk menentukan nilai linguistik dari seriap data historis, dimana nilai linguistik ditentukan berdasarkan interval yang telah dibentuk sebelumnya dan dibandingkan dengan derajat keanggotaan yang sesuai. Misalkan pada data aktual Januari 2018 sebesar 93,93 termasuk diantara nilai interval $u_9 = [93,67; 94,005]$, dengan demikian himpunan fuzzy pada periode tersebut berada di interval u_9 yaitu A_9 , cara yang sama dilakukan untuk mencari fuzzifikasi untuk periode lain. Hasil fuzzifikasi periode Januari 2018 hingga Desember 2022 dapat dilihat pada tabel 4 berikut:

Tabel 4. Fuzzifikasi

Periode Waktu	NTPP	Fuzzifikasi
Januari 2018	93,93	A ₉
Februari 2018	92,83	A ₆
Maret 2018	92,53	A ₅
April 2018	91,82	A ₃
...
September 2022	95,32	A ₁₃
Oktober 2022	95,43	A ₁₄

November 2022	95,05	A13
Desember 2022	94,02	A10

Setelah selesai melakukan fuzzifikasi, maka tahapan selanjutnya adalah menentukan FLR. Tahap ini menetapkan hubungan logika fuzzy ialah $A_i \rightarrow A_j$, yang dimana A_i adalah current state sedangkan A_j adalah next state. Pada tabel 5 periode Februari 2018, A9 merupakan current state dan A6 merupakan next state dan begitu pula untuk periode yang lainnya. Untuk hasil FLR seluruh periode dapat dilihat pada tabel 5 berikut:

Tabel 5. Hasil FLR

Periode Waktu	Fuzzifikasi	FLR
Januari 2018	A9	NA \rightarrow A9
Februari 2018	A6	A9 \rightarrow A6
Maret 2018	A5	A6 \rightarrow A5
April 2018	A3	A5 \rightarrow A3
...
September 2022	A13	A13 \rightarrow A13
Oktober 2022	A14	A13 \rightarrow A14
November 2022	A13	A14 \rightarrow A13
Desember 2022	A10	A13 \rightarrow A10

FLRG dibentuk dengan mengelompokkan perpindahan state, yaitu dari current state ke next state. Seperti pada penjelasan sebelumnya, semua next state yang sama tetap harus dikelompokkan dan dihitung, yang dapat ditentukan melalui tabel 5 pada fuzzifikasi sebelumnya. Current state untuk A1 tidak memiliki next state, begitu juga dengan current state A2, A4, A7, A23 dan A24. Untuk seluruh hasil FLRG pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 6 berikut:

Tabel 6. Hasil FLRG

Group	Current State	Next State
1	A1	-
2	A2	-
3	A3	A6,A3,A3,A3,A3,A3,A3,A22
4	A4	-
5	A5	A3,A8
6	A6	A5,A5
7	A7	-
8	A8	A9,A13
9	A9	A6,A10
10	A10	A10,A15,A12
11	A11	A14,A8
12	A12	A10,A11
13	A13	A13,A14,A10
14	A14	A17,A13
15	A15	A17,A15,A11
16	A16	A17,A15
17	A17	A20,A18,A17,A12,A18,A18
18	A18	A17,A20,A18,A18,A17,A16,A20
19	A19	A16
20	A20	A20,A20,A20,A20,A3,A18,A21
21	A21	A21,A21,A19
22	A22	A22,A18
23	A23	-
24	A24	-

Langkah berikutnya adalah melakukan defuzzifikasi dan menentukan hasil prediksi. Pada tahap ini, output fuzzy diubah menjadi nilai tegas menggunakan aturan logika fuzzy menggunakan nilai keanggotaan yang sesuai dengan hasil fuzzifikasi, bertujuan untuk melakukan perhitungan hasil prediksi.

Hasil prediksi pada Januari 2023 dapat dihitung dengan menggunakan FLRG yang sudah terbentuk sebelumnya. Sebelum menentukan FLRG yang terbentuk, terlebih dahulu melakukan proses fuzzifikasi. Pada Desember 2022 berdasarkan tabel 4.6 nilai fuzzifikasi yang terbentuk yaitu A10, berdasarkan tabel 4.7 nilai fuzzifikasi A10 membentuk FLR $A13 \rightarrow A10$. Menurut tabel 6 perolehan FLR itu meliputi pada defuzzifikasi group FLRG ke 10 melalui perolehan prediksi 94,95213. Sehingga didapatkan hasil prediksi untuk nilai tukar petani subsektor tanaman pangan di Provinsi Sumatera Utara periode Januari 2023 sebesar 94,95213.

Barikut merupakan beberapa hasil prediksi nilai tukar petani subsektor tanaman pangan di Provinsi Sumatera Utara periode Januari 2018 – Desember 2022. Hasil peramalan menggunakan metode Fuzzy Time Series Lee menunjukkan analisis pola data bahwa NTP cenderung lebih rendah pada periode Februari 2018 – Juni 2018 dan pada periode Juni 2019 – Desember 2019. Sedangkan untuk periode lainnya, NTP cenderung lebih stabil dan berada di kisaran netral, menunjukkan pola yang lebih teratur. Stabilitas ini mungkin dipengaruhi oleh aktivitas panen di sebagian besar wilayah agraris, yang meningkatkan pendapatan petani dan mengurangi tekanan biaya produksi.

Tabel 7. Hasil Prediksi

Periode Waktu	Data Aktual	Prediksi
Januari 2018	93,93	-
Februari 2018	92,83	93,50487
Maret 2018	92,53	92,50292
April 2018	91,82	92,66992
...
September 2022	95,32	94,95213
Oktober 2022	95,43	94,95213
November 2022	95,05	95,84275
Desember 2022	94,02	94,95213
Januari 2023	-	94,95213

E. Ketepatan Nilai Prediksi

Berikut merupakan hasil perhitungan MAPE untuk hasil prediksi nilai tukar petani subsektor tanaman pangan di Provinsi Sumatera Utara Periode Januari 2018 hingga Desember 2022.

$$MAPE = \left(\frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \frac{|D_t - \hat{y}_t^{(m)}|}{D_t} \right) \times 100\%$$

$$MAPE = \left(\frac{0,00727 + 0,000293 + \dots + 0,009914}{60} \right) \times 100\%$$

$$MAPE = 0,78 \%$$

Didapatkan nilai MAPE dari perhitungan tersebut sebesar 0,78%, Nilai MAPE ini menunjukkan bahwa hasil prediksi nilai tukar petani subsektor tanaman pangan di Provinsi Sumatera Utara mendapat hasil yang sangat layak jika menggunakan metode Fuzzy Time Series Lee. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang

dilakukan oleh Putri, Debataraja, dan Imro'ah (2021), di mana metode yang sama digunakan untuk memprediksi harga emas dan menghasilkan MAPE sebesar 0,387% [17]. Kesamaan ini menegaskan keandalan metode Fuzzy Time Series Lee dalam menangani data deret waktu yang bersifat fluktuatif. Selain itu, penelitian ini mendukung temuan dari Nurul Hani Pajriati (2021), yang juga melaporkan performa tinggi metode ini dalam konteks peramalan harga emas di PT. X dengan nilai MAPE sebesar 0,4364% [18].

F. Implementasi Sistem

Tahap implementasi merupakan tahapan penerapan rancangan aplikasi ke dalam bentuk nyata, yaitu berupa aplikasi yang berjalan pada platform web [19]. Berikut tampilan hasil yang ada pada sistem.

1) Tampilan Halaman Login

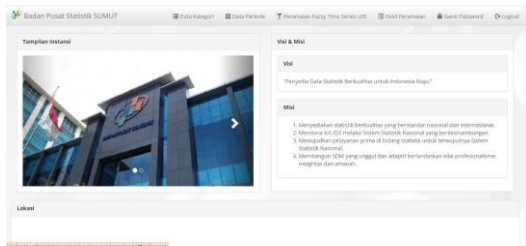
Fitur login merupakan antarmuka pengguna yang dirancang untuk mengautentikasi pengguna sebelum memberikan akses ke sistem.



Gambar 3. Tampilan Halaman Login

2) Tampilan Halaman Utama

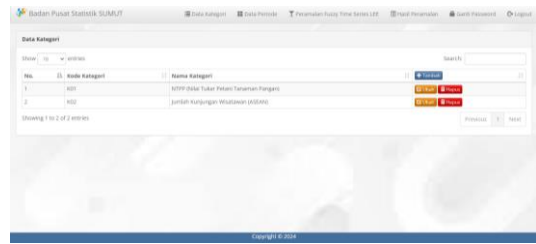
Fitur halaman utama merupakan antarmuka awal yang ditampilkan kepada pengguna setelah berhasil login atau masuk ke sistem.



Gambar 4. Tampilan Halaman Utama

3) Tampilan Halaman Data Kategori

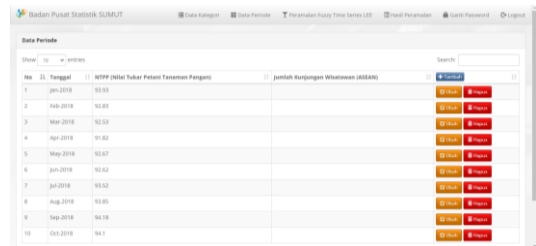
Fitur ini merupakan antarmuka dalam sistem yang dirancang untuk menampilkan informasi atau item yang dikelompokkan berdasarkan kategori tertentu. Halaman ini memudahkan pengguna untuk menelusuri, mencari, dan mengakses data yang relevan sesuai dengan klasifikasi yang telah ditentukan.



Gambar 5. Tampilan Data Kategori

4) Tampilan Halaman Data Periode

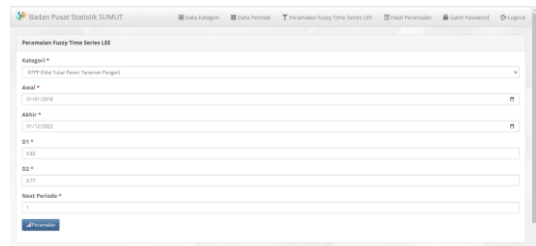
Fitur ini merupakan antarmuka dalam sistem yang dirancang untuk menampilkan informasi yang dikelompokkan berdasarkan periode tertentu.



Gambar 6. Tampilan Data Periode

5) Tampilan Halaman Peramalan FTS Lee

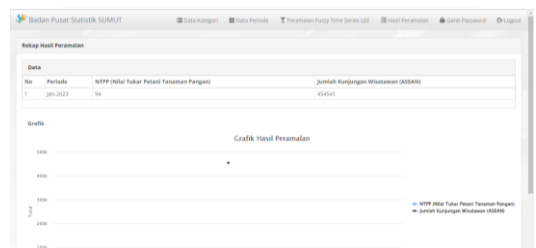
Fitur ini merupakan antarmuka yang dirancang untuk menampilkan proses perhitungan peramalan data dengan menggunakan metode Fuzzy Time Series Lee.



Gambar 7. Tampilan Peramalan FTS Lee

6) Tampilan Halaman Hasil Peramalan

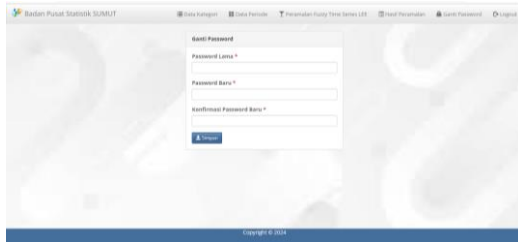
Fitur ini merupakan antarmuka yang dirancang untuk menampilkan hasil peramalan data dengan menggunakan metode Fuzzy Time Series Lee.



Gambar 8. Tampilan Hasil Peramalan

7) Tampilan Halaman Ganti Password

Fitur ini merupakan antarmuka dalam sistem yang dirancang untuk memungkinkan pengguna untuk mengganti password.



Gambar 9. Tampilan Ganti Password

G. Pengujian Sistem

Pada penelitian ini menggunakan nilai D1 yaitu 0,82 dan D2 yaitu 0,77. Berikut merupakan gambar dari perbandingan data aktual dengan hasil prediksi yang dilakukan oleh sistem. Grafik ini menunjukkan perbandingan antara hasil prediksi dan data aktual untuk nilai tukar petani periode Januari 2018 hingga Desember 2022. Sumbu horizontal mewakili bulan, sedangkan sumbu vertikal menunjukkan nilai tukar petani. Secara keseluruhan, hasil prediksi sangat mendekati data aktual, dengan pola yang hampir sama setiap periodenya. Grafik menunjukkan bahwa model prediksi mampu menangkap tren utama dengan baik.



Gambar 10. Grafik Data Aktual dan Hasil Prediksi

H. Pengujian Black Box

Dalam proses pengembangan perangkat lunak, pengujian *black box* digunakan untuk memverifikasi bahwa perangkat lunak berfungsi sesuai spesifikasi. Pengujian ini tidak memerlukan pengetahuan tentang implementasi internal, sehingga fokus pada validasi *input-output*. Pada pengujian formulir *login* adalah dengan memasukan *username* dan *password*, jika *username* dan *password* benar maka *user* akan masuk ke halaman utama, dan sebaliknya jika *username* dan *password* salah maka *user* akan kembali ke halaman *login*. Pada pengujian ini hasil aktual sesuai dengan hasil yang diharapkan. Begitu selanjutnya untuk rancangan *input-output* pada pengujian *black box* ini.

Tabel 8. Pengujian Black Box

Rancangan Input/Output	Hasil yang Diharapkan	Hasil Aktual
Login (Username/Password) benar	Masuk ke halaman utama	Berhasil
Login (Username/Password) salah	Kembali ke halaman login	Berhasil
Klik data kategori	Menampilkan halaman data kategori	Berhasil
Klik tambah data kategori	Menampilkan form tambah data kategori	Berhasil
Klik simpan pada form tambah data kategori	Menyimpan data kategori dan kembali ke halaman data kategori	Berhasil

Klik kembali pada form tambah data kategori	Kembali ke halaman data kategori	Berhasil
Klik ubah data kategori	Menampilkan form ubah data kategori	Berhasil
Klik simpan pada form ubah data kategori	Menyimpan data kategori dan kembali ke halaman data kategori	Berhasil
Klik kembali pada form ubah data kategori	Kembali ke halaman data kategori	Berhasil
Klik hapus pada data kategori	Menghapus data kategori	Berhasil
Klik data periode	Menampilkan halaman data periode	Berhasil
Klik tambah data periode	Menampilkan form tambah data periode	Berhasil
Klik simpan pada form tambah data periode	Menyimpan data periode dan kembali ke halaman data periode	Berhasil
Klik kembali pada form tambah data periode	Kembali ke halaman data periode	Berhasil
Klik ubah data periode	Menampilkan form ubah data periode	Berhasil
Klik simpan pada form ubah data periode	Menyimpan data periode dan kembali ke halaman data periode	Berhasil
Klik kembali pada form ubah data periode	Kembali ke halaman data periode	Berhasil
Klik hapus pada data periode	Menghapus data periode	Berhasil
Klik peramalan Fuzzy Time Series Lee	Menampilkan halaman peramalan Fuzzy Time Series Lee	Berhasil
Klik peramalan pada Fuzzy Time Series Lee	Menampilkan hasil peramalan Fuzzy Time Series Lee	Berhasil
Klik cetak pada peramalan Fuzzy Time Series Lee	Mencetak hasil dalam bentuk pdf	Berhasil
Klik hasil peramalan	Menampilkan halaman hasil peramalan	Berhasil
Klik ganti password	Menampilkan halaman form ganti password	Berhasil
Klik simpan pada form ganti password	Mengubah password	Berhasil
Klik logout	Keluar dari sistem	Berhasil

IV. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan pada penelitian ini berdasarkan uraian dan pembahasan sebelumnya, yaitu peramalan nilai tukar petani subsektor tanaman pangan di Provinsi Sumatera Utara menghasilkan peramalan yang sangat baik karena nilai MAPE yang didapatkan yaitu sebesar 0.78%. Hasil pengujian *black box* pada aplikasi prediksi nilai tukar petani subsektor tanaman pangan di Provinsi Sumatera Utara menunjukan bahwa sistem atau aplikasi dapat berjalan dengan baik dan berfungsi sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan.

Saran untuk penelitian selanjutnya ialah diharapkan dapat menggunakan metode lain atau menggabungkan dengan metode peramalan lainnya, sehingga diharapkan dapat meramalkan nilai tukar petani subsektor tanaman pangan menjadi lebih tepat lagi.

REFERENSI

- [1] BPS, *Statistik Nilai Tukar Petani Provinsi Sumatera Utara*. Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Utara, 2020.
- [2] M. Muhammad, S. Wahyuningsih, and M. Siringoringo, "Peramalan Nilai Tukar Petani Subsektor Peternakan Menggunakan Fuzzy Time Series Lee," vol. 3, no. 1, pp. 1–15, 2021.
- [3] A. Habibie, L. Yahya, and I. K. Hasan, "ANALISIS PERBANDINGAN FUZZY TIME SERIES LEE DENGAN HOLT WINTERS EXPONENTIAL SMOOTHING UNTUK MERAMALKAN NILAI TUKAR PETANI DI PROVINSI GORONTALO," vol. 4, no. 1, 2023.
- [4] A. F. Khofi, D. Arifianto, and I. Saifudin, "PERBANDINGAN MODEL CHEN DAN MODEL LEE PADA METODE FUZZY TIME SERIES UNTUK PERAMALAN HARGA BERAS," vol. 3, no. 2, pp. 140–146, 2022.
- [5] A. S. N. Sari and E. P. Setiawan, "Comparison of Fuzzy Time Series Lee, Chen, and Singh on Forecasting Foreign Tourist Arrivals to Indonesia in 2023," vol. 21, no. 1, pp. 10–32, 2024, doi: 10.20956/j.v21i1.34914.
- [6] Rahmadini, E. E. Lorencislubis, A. Priansyah, R. W. N. Yolanda, and T. Meutia, "PENERAPAN DATA MINING UNTUK MEMPREDIKSI HARGA BAHAN PANGAN DI INDONESIA MENGGUNAKAN ALGORITMA K-NEAREST NEIGHBOR," vol. 4, pp. 223–235, 2023.
- [7] J. Radjabaycolle and R. Pulungan, "PREDIKSI PENGGUNAAN BANDWIDTH MENGGUNAKAN PREDICTIONS OF BANDWIDTH USING ELMAN RECURRENT NEURAL NETWORK," *J. Ilmu Mat. dan Terap.*, vol. 10, no. 2, pp. 127–135, 2016.
- [8] R. A. F. Saputri, "PENERAPAN METODE FUZZY TIME SERIES UNTUK PREDIKSI PENJUALAN BERBASIS WEB PADA TOKO GROSIR 3 RODA SENGKALING," vol. 3, no. 1, pp. 290–297, 2019.
- [9] S. Kusumadewi and H. Purnomo, *APLIKASI LOGIKA FUZZY untuk Pendukung keputusan*, 2nd ed. Graha Ilmu, 2013.
- [10] B. Setia and A. Ramadan, "Penerapan Logika Fuzzy pada Sistem Cerdas," vol. 02, pp. 61–66, 2019.
- [11] S. C. Wahyuni, D. Ariflanto, and I. Saifudin, "Peramalan Jumlah Penduduk Miskin Di Pulau Jawa Menggunakan Metode Fuzzy Time Series Chen _ Wahyuni _ Jurnal Smart Teknologi.pdf." pp. 133–139, 2022.
- [12] A. N. Haikal, E. Vianita, M. Sam'an, B. Surarso, and S. Hariyanto, "Triangular Fuzzy Time Series for Two Factors High-order based on Interval Variations," *J. Teor. dan Apl. Mat.*, vol. 6, no. 3, pp. 759–776, 2022.
- [13] D. Ismiarti, S. Nafisah, E. Alisah, and I. Sujarwo, "Perbandingan Uji Akurasi Fuzzy Time Series Model Cheng dan Lee dalam Memprediksi Perkembangan Harga Cabai Rawit," vol. 2, no. April, pp. 154–160, 2023.
- [14] A. Solichin, "Pemrograman Web dengan PHP dan MySQL," no. January 2005, 2014.
- [15] A. P. Ella and D. Arifianto, "PENERAPAN FUZZY TIME SERIES DALAM PERAMALAN HARGA MINYAK SERAI PADA CV AGAM JAYA ATSIRI," pp. 1–8, 2020.
- [16] L. Setiyani, "Desain Sistem : Use Case Diagram Pendahuluan," no. September, pp. 246–260, 2021.
- [17] D. E. Putri, N. N. Debatara, and N. Imro'ah, "PREDIKSI HARGA EMAS MENGGUNAKAN FUZZY TIME SERIES LEE," vol. 12, no. 2, pp. 151–160, 2021.
- [18] N. H. Pajriati, "Penerapan Metode Average Based Fuzzy Time Series Lee Untuk Peramalan Harga Emas di PT. X," *J. Ris. Mat.*, vol. 1, no. 1, pp. 73–81, 2021.
- [19] A. I. Hamdani, Y. A. Pranoto, and N. Vendyansyah, "PENERAPAN METODE FUZZY TIME SERIES UNTUK PREDIKSI PENJUALAN BERBASIS WEB PADA CV . AGVA KOTA PASURUAN," *J. Mhs. Tek. Inform.*, vol. 4, no. 1, pp. 35–41, 2020.