



Perbandingan Algoritma Time Series Dan Fuzzy Inference System Dalam Analisis Data Deret Waktu

Fungki Wahyu¹, Billy Hendrik²

^{1,2} Universitas Putra Indonesia YPTK Padang

Email : Fungkiwahyu2@gmail.com , Billy_hendrik@upiyptk.ac.id

Abstract. Time series data analysis is a crucial process for understanding patterns and trends within temporal data. In this endeavor, two primary approaches have emerged: Time Series algorithms, which focus on statistical modeling, and the Fuzzy Inference System (FIS), which adopts fuzzy logic. This article delineates a comparison between these two approaches within the context of time series data analysis. Firstly, Time Series algorithms, such as ARIMA and ETS, offer a robust approach to modeling statistical patterns within temporal data. By considering autoregressive (AR) and moving average (MA) components, along with differencing effects within the time series, these algorithms can identify trends, seasonality, and other fluctuations. However, these algorithms tend to be more complex and rely on a profound understanding of statistics. Secondly, the Fuzzy Inference System (FIS) employs fuzzy logic principles to address uncertainty in time series analysis. Utilizing fuzzy membership functions and rule-based logic, FIS can extract information from data imbued with uncertainty, making it more suitable for situations where data is not entirely clear or structured. Nevertheless, FIS requires expert knowledge to determine appropriate fuzzy rules. The comparison between these two approaches considers several factors, including analysis complexity, data type, and dependence on expert knowledge. Time Series algorithms are better suited for in-depth statistical analysis and mathematical modeling, while FIS is more adept at handling fuzzy data and uncertainty. In some cases, combining both approaches could yield superior results, with FIS assisting in mitigating uncertainty within Time Series models. This article enhances the understanding of these approaches in time series data analysis and provides guidance for practitioners in selecting an approach aligned with their needs. Furthermore, the article underscores the potential for further development in combining the positive aspects of both approaches to tackle more intricate challenges in time series data analysis.

Keywords: Time Series Algorithms; FIS Algorithms; Time Series Analysis

Abstrak. Analisis data deret waktu adalah proses penting dalam pemahaman pola dan tren dalam data temporal. Dalam upaya ini, dua pendekatan utama telah muncul: algoritma Time Series yang berfokus pada pemodelan statistik dan Fuzzy Inference System (FIS) yang mengadopsi logika fuzzy. Artikel ini menggambarkan perbandingan antara kedua pendekatan ini dalam konteks analisis data deret waktu. Pertama, algoritma Time Series, seperti ARIMA dan ETS, menawarkan pendekatan yang kuat dalam pemodelan pola statistik dalam data temporal. Dengan memperhatikan komponen autoregressive (AR) dan moving average (MA), serta efek perbedaan dalam deret waktu, algoritma ini mampu mengidentifikasi tren, musiman, dan fluktuasi lainnya. Namun, algoritma ini cenderung lebih kompleks dan tergantung pada pemahaman statistik yang mendalam. Kedua, Fuzzy Inference System (FIS) menerapkan prinsip logika fuzzy untuk mengatasi ketidakpastian dalam analisis deret waktu. Dengan menggunakan fungsi keanggotaan fuzzy dan aturan berbasis logika, FIS dapat mengekstrak informasi dari data dengan ketidakpastian, sehingga lebih cocok untuk situasi di mana data tidak sepenuhnya jelas atau terstruktur. Namun, FIS memerlukan pengetahuan ahli dalam menentukan aturan fuzzy yang sesuai. Perbandingan antara kedua pendekatan ini mempertimbangkan beberapa faktor, termasuk kompleksitas analisis, jenis data, dan kebergantungan pada pengetahuan ahli. Algoritma Time Series cenderung lebih sesuai untuk analisis statistik mendalam dan pemodelan matematis, sementara FIS lebih mampu menangani data kabur dan ketidakpastian. Dalam beberapa kasus, penggabungan kedua pendekatan ini dapat menghasilkan hasil yang lebih baik, dengan FIS membantu mengatasi ketidakpastian dalam model Time Series. Artikel ini memberikan pemahaman yang lebih baik tentang pendekatan ini dalam analisis data deret waktu dan memberikan panduan bagi praktisi dalam memilih pendekatan yang sesuai dengan kebutuhan mereka. Selain itu, artikel ini menggarisbawahi potensi untuk pengembangan lebih lanjut dalam menggabungkan aspek-aspek positif dari kedua pendekatan ini untuk mengatasi tantangan yang lebih kompleks dalam analisis data deret waktu.

Kata Kunci: Algoritma Time Series; Algoritma FIS; Analisis Data Deret Waktu;

LATAR BELAKANG

Data deret waktu adalah urutan pengamatan yang berjarak pada jarak yang sama dalam waktu. Jenis data ini sering kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari, karena data dikumpulkan

Received Juni 30, 2023; Revised Juli 2, 2023; Accepted Agustus 12, 2023

* Fungki Wahyu, Fungkiwahyu2@gmail.com

pada interval waktu tertentu, seperti harian, mingguan, atau bulanan. Dari data yang terkumpul terlihat adanya pola. Dalam time series, pola dibagi menjadi tiga yaitu. tren, pola siklus dan musiman. Pola musiman adalah pola yang mengalami pengulangan yang sama beberapa kali dalam selang waktu tertentu [1].

Dua pendekatan penting yang mendapat perhatian luas dalam menganalisis data deret waktu adalah algoritme deret waktu dan sistem inferensi fuzzy (FIS). Algoritma deret waktu seperti ARIMA dan ETS telah terbukti berhasil dalam menganalisis dan memodelkan data deret waktu menggunakan prinsip statistik dan matematika. Pada saat yang sama, FIS menerapkan konsep logika fuzzy untuk mengatasi ketidakpastian dan data fuzzy dalam analisis deret waktu.

Di sisi lain, algoritma deret waktu memberikan pendekatan yang efisien untuk mengidentifikasi pola, tren, dan fluktuasi data deret waktu. Namun, algoritme ini seringkali membutuhkan pemahaman statistik yang mendalam dan mungkin tidak dapat menangani ketidakpastian yang terkait dengan data yang tidak terstruktur atau ambigu. Di sisi lain, FIS dapat menangani ketidakpastian dan data fuzzy menggunakan logika fuzzy, tetapi mungkin memiliki masalah dalam menentukan aturan fuzzy yang sesuai dan mungkin bergantung pada pengetahuan pakar.

Meskipun banyak penelitian telah mempertimbangkan masing-masing pendekatan ini secara terpisah, perbandingan komprehensif deret waktu dan algoritme FIS dalam konteks analisis data deret waktu belum sepenuhnya dieksplorasi. Oleh karena itu, tujuan dari makalah ini adalah untuk menyajikan analisis komprehensif tentang efektivitas dan keterbatasan kedua pendekatan tersebut dalam memecahkan tantangan data deret waktu yang kompleks dan berubah.

Dengan menganalisis kedua pendekatan tersebut secara detail, diharapkan makalah ini dapat memberikan pemahaman yang lebih baik kepada para peneliti, analis data, dan praktisi tentang pendekatan yang mereka pilih yang paling sesuai dengan karakteristik data deret waktu yang mereka hadapi. Selain itu, artikel ini mendorong pertimbangan kemungkinan menggabungkan aspek positif dari kedua pendekatan ini untuk mengembangkan metode yang lebih baik untuk menganalisis data deret waktu di masa mendatang.

KAJIAN TEORITIS

1. Algoritma time series

a) Definisi Algoritma Time Series

Algoritma time series adalah metode peramalan data yang menggunakan konsep himpunan fuzzy sebagai dasar perhitungannya. Sistem peramalan ini mengumpulkan pola dari data historis dan kemudian menggunakannya untuk memprediksi data masa depan. Prosesnya tidak memerlukan sistem yang rumit untuk dipelajari, seperti halnya algoritma genetika dan jaringan saraf, sehingga mudah digunakan dan dikembangkan. [2]

Model time series biasanya lebih sering digunakan untuk forecasting atau peramalan. Metode peramalan dengan time series memiliki dua teori utama untuk diuji, yaitu smoothing dan decomposition. Berdasarkan prinsip Averaging Smoothing past error, menjumlahkan nilai ramalan sebelumnya dan persentase kesalahan antara nilai aktual dengan nilai ramalan. Metode dekomposisi didasarkan pada ramalannya dengan membagi data waktu menjadi beberapa komponen: Trend, Cyclical, Seasonal dan Random Effects; kemudian gabungkan prediksi dari komponen-komponen tersebut (tidak termasuk efek acak yang sulit diprediksi) [3].

b) Langkah-Langkah Analysis Time Series

- 1) Pengumpulan data Time Series yang akan dianalisis. informasi ini dapat diperoleh dari sumber publik, seperti Lembaga pemerintah atau institusi akademis
- 2) Membuat plot grafik untuk memvisualisasikan data time series. Plot ini dapat membantu dalam memahami pola dan karakteristik data, seperti trend, musiman, dan fluktuasi dalam data
- 3) Melakukan analisis deskriptif pada data, seperti menghitung rata-rata, standar variasi, dan korelasi antar variabel. Analisis deskriptif ini dapat memberikan gambaran awal tentang karakteristik data.
- 4) Memeriksa stasioneritas data. Data stasioner adalah data yang memiliki statistik yang konstan seiring waktu seperti rata-rata dan varians. Stasioneritas data untuk memastikan bahwa data dapat dimodelkan dan diprediksi dengan akurat.
- 5) Memilih model time series yang tepat. Terdapat beberapa model time series yang dapat digunakan, seperti ARIMA, exponential smoothing, machine Learning Model ataupun Neural Network model. Pemilihan model yang tepat akan bergantung pada karakteristik data, seperti stasioneritas, trend, musiman, dan fluktuasi.

c) Komponen-Komponen Time series

Komponen-komponen yang ada di dalam Time series [4]:

- 1) Tren (*Trend*): Ini mencerminkan perubahan umum dalam data seiring waktu. Tren bisa naik (positif), turun (negatif), atau datar. Identifikasi tren membantu dalam memahami arah perubahan dalam jangka panjang.
- 2) Musiman (*Seasonal*): Komponen ini menunjukkan pola yang berulang dalam data pada interval waktu yang tetap, seperti harian, mingguan, atau tahunan. Musiman dapat terjadi karena faktor-faktor seperti musim atau hari libur.
- 3) Siklus (*Cyclic*): Siklus adalah perubahan berulang yang terjadi di luar pola musiman dan biasanya memiliki durasi yang lebih lama. Ini bisa disebabkan oleh faktor ekonomi atau sosial yang mempengaruhi data tetapi tidak terjadi dengan frekuensi yang tetap.
- 4) Fluktuasi Tidak Terduga (*Irregular or Residual*): Ini adalah fluktuasi acak dalam data yang tidak dapat dijelaskan oleh tren, musiman, atau siklus. Fluktuasi ini bisa disebabkan oleh faktor-faktor acak atau faktor tak terduga lainnya.
- 5) Tahapan Pembuatan

2. Algoritma FIS

a) Definisi FIS

Sistem Inferensi Fuzzy dan FIS adalah pendekatan analitis yang menggunakan logika fuzzy untuk mengoreksi ketidakpastian dan ambiguitas dalam pemodelan dan pengambilan keputusan. FIS digunakan untuk menangani informasi yang tidak sepenuhnya tepat atau tidak jelas, menggantikan konsep biner "benar" atau "salah" dengan konsep yang lebih kabur atau tidak pasti. Hal ini memungkinkan FIS membuat keputusan dalam situasi di mana informasi tidak lengkap atau terdapat ketidakpastian yang tinggi[5].

b) Komponen-Komponen FIS

Fuzzy Inference System (FIS) terdiri dari beberapa komponen utama yang bekerja bersama untuk menghasilkan hasil berdasarkan data input dan aturan fuzzy. Berikut adalah komponen-komponen kunci dari FIS[6]:

- 1) Fungsi Keanggotaan (*Membership Functions*): Komponen ini mendefinisikan sejauh mana setiap nilai input memenuhi kondisi tertentu dalam himpunan kabur. Fungsi keanggotaan ini mengubah data input yang bersifat krisis menjadi representasi yang lebih kabur atau kontinu, dengan nilai keanggotaan antara 0 hingga 1.
- 2) Aturan Fuzzy (*Fuzzy Rules*): Aturan fuzzy adalah sekumpulan pernyataan yang menghubungkan input kabur dengan output kabur. Mereka biasanya berbentuk "IF [kondisi input] THEN [aksi output]." Aturan ini menggambarkan bagaimana input mempengaruhi keluaran dalam konteks kabur.

- 3) Mesin Inferensi (*Inference Engine*): Mesin inferensi adalah komponen yang menerapkan aturan fuzzy pada data input untuk menghasilkan keluaran kabur. Ini melibatkan proses penggabungan berbagai aturan dan mempertimbangkan semua kemungkinan kombinasi input.
- 4) Fungsi Implikasi (*Implication Functions*): Fungsi ini menghubungkan nilai keanggotaan input dengan nilai keanggotaan output berdasarkan aturan fuzzy. Ini menentukan sejauh mana input akan mempengaruhi output dalam konteks kabur.
- 5) Agregasi dan Kombinasi Aturan (*Aggregation and Rule Combination*): Komponen ini menggabungkan hasil implikasi dari berbagai aturan untuk menghasilkan keluaran kabur yang terintegrasi.
- 6) Fungsi Kepentingan (*Defuzzification*): Setelah langkah-langkah inferensi selesai, langkah defuzzifikasi mengubah nilai-nilai kabur yang dihasilkan menjadi nilai yang konkrit atau tindakan yang dapat diambil. Ini melibatkan pengukuran bagaimana nilai-nilai kabur diintegrasikan menjadi satu nilai yang konsisten.
- 7) Database Aturan Fuzzy dan Fungsi Keanggotaan: Ini adalah bagian yang menyimpan semua aturan fuzzy dan fungsi keanggotaan yang diperlukan untuk proses inferensi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengadopsi pendekatan komparatif untuk menganalisis dan membandingkan efektivitas algoritma Time Series dan Fuzzy Inference System (FIS) dalam analisis data deret waktu. Metode penelitian yang digunakan meliputi tahapan-tahapan berikut:

- 1) Pengumpulan Data:

Penelitian ini menggunakan data time series dari beberapa sumber yang berbeda dan mencakup wilayah yang berbeda. Data yang dipilih harus mencakup pola tren, musiman, dan variasi yang berbeda untuk menguji kemampuan kedua pendekatan dalam menghadapi situasi yang berbeda.

- 2) Preprocessing Data:

Data deret waktu dikaji dan dipersiapkan melalui tahap preprocessing yang mencakup pengisian nilai yang hilang, detrending, deseasonalizing, dan normalisasi, sesuai dengan kebutuhan analisis.

- 3) Penerapan Algoritma Time Series:

Algoritma deret waktu seperti ARIMA dan ETS diterapkan pada data deret waktu yang diproses. Model yang dihasilkan dievaluasi berdasarkan kriteria seperti akurasi prediksi,

kemampuan untuk mengidentifikasi tren dan kemampuan untuk beradaptasi dengan fluktuasi.

4) Penerapan Fuzzy Inference System (FIS):

FIS dikonfigurasi dengan menentukan fungsi keanggotaan fuzzy, aturan-aturan, dan proses defuzzifikasi. FIS diterapkan pada data deret waktu yang sama untuk membandingkan performa dengan algoritma Time Series.

5) Analisis dan Perbandingan Hasil:

Hasil dari kedua pendekatan dianalisis secara komprehensif. Parameter kinerja seperti Mean Absolute Error (MAE), Root Mean Square Error (RMSE), dan faktor-faktor lain yang relevan digunakan untuk membandingkan akurasi dan ketepatan prediksi dari masing-masing metode.

6) Penggabungan Pendekatan:

Sebagai langkah tambahan, eksplorasi kemungkinan penggabungan aspek positif dari kedua pendekatan dilakukan untuk mengatasi ketidakpastian data deret waktu dengan lebih baik.

7) Validasi dan Uji Sensitivitas:

Validasi silang dan uji sensitivitas dilakukan untuk memastikan keandalan dan konsistensi hasil yang diperoleh dari masing-masing pendekatan.

8) Analisis Statistik:

Analisis statistik deskriptif dan inferensial digunakan untuk mengevaluasi signifikansi perbedaan antara hasil dari algoritma Time Series dan FIS.

Melalui serangkaian langkah metodologi ini, penelitian ini bertujuan untuk memberikan wawasan yang mendalam tentang keunggulan, keterbatasan, serta potensi penggabungan dari algoritma Time Series dan FIS dalam analisis data deret waktu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Analisis Performa:

Dalam penelitian ini, kami menerapkan algoritma Time Series (mewakili ARIMA dan ETS) dan Fuzzy Inference System (FIS) pada berbagai data deret waktu yang bervariasi. Setelah menganalisis performa keduanya menggunakan sejumlah metrik evaluasi, hasil berikut diperoleh:

- Algoritma Time Series mampu menghasilkan prediksi yang akurat untuk data deret waktu dengan tren dan musiman yang jelas. Penggunaan ARIMA terutama efektif dalam

mengatasi data deret waktu yang memiliki tren kuat, sementara ETS lebih adaptif terhadap fluktuasi musiman yang kompleks.

- FIS menunjukkan keunggulan dalam mengatasi ketidakpastian dalam data deret waktu yang ambigu. Pendekatan ini memberikan prediksi yang lebih baik untuk data yang memiliki noise dan variasi yang tidak terstruktur. Namun, keakuratan prediksi FIS mungkin dapat bervariasi tergantung pada kompleksitas aturan fuzzy yang ditentukan.

2. Potensi Penggabungan Pendekatan:

Dalam upaya mengatasi keterbatasan masing-masing pendekatan, kami mengeksplorasi potensi penggabungan algoritma Time Series dan FIS. Hasil eksperimen awal menunjukkan bahwa dengan menggabungkan aturan fuzzy yang tepat dengan model Time Series, kami dapat meningkatkan akurasi prediksi khususnya pada data deret waktu dengan ketidakpastian tinggi.

3. Sensitivitas terhadap Data Size dan Kondisi:

Kami juga menguji kepekaan kedua pendekatan terhadap variasi ukuran data dan kondisi data. Hasilnya menunjukkan bahwa algoritma deret waktu umumnya lebih stabil untuk data yang lebih besar dengan tren yang jelas, sedangkan FIS memiliki kinerja yang lebih baik untuk ketidakpastian yang tinggi dan fluktuasi yang kompleks.

4. Kesimpulan dan Implikasi:

Berdasarkan hasil analisis komprehensif kami, algoritma Time Series efektif dalam menganalisis data deret waktu yang memiliki tren dan musiman yang jelas, sementara FIS lebih cocok untuk mengatasi ketidakpastian dan variasi dalam data yang kabur. Penggabungan aspek positif dari keduanya dapat menghasilkan model yang lebih tangguh dan responsif terhadap berbagai karakteristik data.

Penelitian ini memiliki implikasi penting bagi praktisi dan peneliti dalam memilih metode yang sesuai dengan karakteristik data deret waktu yang mereka hadapi. Di masa depan, pengembangan lebih lanjut dalam menggabungkan algoritma Time Series dan FIS dapat membawa kemajuan dalam analisis data deret waktu, terutama dalam konteks data yang kompleks dan ketidakpastian yang tinggi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan:

Algoritma Deret Waktu dan Sistem Inferensi Fuzzy dan FIS Menganalisis data temporal, kami menemukan bahwa kedua pendekatan memiliki kelebihan dan keterbatasan. Algoritma deret waktu seperti ARIMA dan ETS efektif dalam memproses data deret waktu dengan tren dan pola musiman yang jelas. Sementara itu, FIS terbukti fleksibel untuk

menghadapi ketidakpastian dan variabilitas dalam data deret waktu fuzzy. Hasil kami juga menunjukkan bahwa aspek positif dari kedua pendekatan ini dapat digabungkan untuk memberikan model yang lebih adaptif dan akurat untuk menganalisis data deret waktu.

Saran:

Berdasarkan hasil penelitian ini, kami memberikan beberapa saran untuk praktisi dan peneliti dalam konteks analisis data deret waktu:

1. Karakteristik Data Menentukan Pilihan: Pemilihan antara algoritma Time Series dan FIS harus didasarkan pada karakteristik data yang dihadapi. Data dengan tren dan musiman yang jelas cenderung lebih cocok untuk dianalisis dengan algoritma Time Series, sementara FIS dapat menjadi pilihan yang lebih baik untuk mengatasi ketidakpastian dan variasi data yang kabur.
2. Menggabungkan pendekatan: Menggabungkan aspek positif dari deret waktu dan algoritme FIS dapat menghasilkan model yang lebih kuat dan responsif. Penelitian lebih lanjut untuk mengintegrasikan kedua pendekatan ini dapat memberikan inovasi penting dalam analisis data deret waktu.
3. Penentuan Aturan Fuzzy yang Akurat: Jika memilih pendekatan FIS, perhatikan pentingnya menentukan aturan fuzzy dengan akurat. Penerapan aturan yang tepat dapat meningkatkan kinerja FIS dalam menghadapi ketidakpastian data.
4. Uji Sensitivitas: Penting untuk menguji sensitivitas kedua pendekatan terhadap variasi ukuran data dan karakteristik data. Hal ini dapat membantu memahami di mana masing-masing pendekatan memiliki keunggulan dan kapan harus digunakan.

DAFTAR REFERENSI

- [1] A. M. Al'afi, W. Widiart, D. Kurniasari, and M. Usman, "Peramalan Data Time Series Seasonal Menggunakan Metode Analisis Spektral," *J. Siger Mat.*, vol. 1, no. 1, pp. 10–15, 2020, doi: 10.23960/jsm.v1i1.2484.
- [2] D. P. Sugumonrong and A. Handinata, "Prediksi Harga Emas Menggunakan Metode Fuzzy Time Series Model Algoritma Chen," *J. Informatics*, vol. 1, no. 1, pp. 48–54, 2019.
- [3] Faradiba, "Analisis Data Berkala," *Anal. Data*, vol. 58, p. 4, 2020, [Online]. Available: <http://repository.uki.ac.id/2864/1/bukuPengProgKulanalisisdataberkala.pdf>
- [4] N. Nafara Rofiq and A. Salim, "Prediksi Harga Bawang Merah menggunakan Algoritma Fuzzy Inference System (FIS)," *Media Online*, vol. 3, no. 4, pp. 287–295, 2023, [Online]. Available: <https://djournals.com/resolusi>
- [5] J. Komputer, "Fakultas ilmu komputer," 2013.
- [6] A. Puspitasari, "Penggunaan Fuzzy Inference System (Fis) Metode Mamdani Untuk

Menentukan Kinerja Pelayanan Pdam,” *J. Tek. Komput. AMIK BSI*, vol. III, no. 1, pp. 51–59, 2017, [Online]. Available: <http://ejournal.bsi.ac.id/ejurnal/index.php/jtk/article/view/1343/1092>