



**PERAMALAN JUMLAH PENUMPANG PENERBANGAN
DOMESTIK DI BANDARA INTERNASIONAL JENDERAL
AHMAD YANI SEMARANG MENGGUNAKAN METODE
*HYBRID SINGULAR SPECTRUM ANALYSIS-NEURAL
NETWORK (SSA-NN)***

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Statistika

Oleh

TRESIANI YUNITASARI

B2A018020

**PROGRAM STUDI S1 STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SEMARANG
2023**

HALAMAN JUDUL



**PERAMALAN JUMLAH PENUMPANG PENERBANGAN
DOMESTIK DI BANDARA INTERNASIONAL JENDERAL
AHMAD YANI SEMARANG MENGGUNAKAN METODE
*HYBRID SINGULAR SPECTRUM ANALYSIS-NEURAL
NETWORK (SSA-NN)***

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Statistika

Oleh

TRESIANI YUNITASARI

B2A018020

**PROGRAM STUDI S1 STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SEMARANG
2023**

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi dengan Judul “Peramalan Jumlah Penumpang Penerbangan Domestik Di Bandara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang Menggunakan Metode *Hybrid Singular Spectrum Analysis-Neural Network (SSA-NN)*” yang disusun oleh:

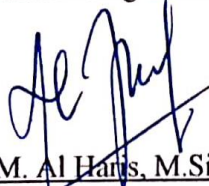
Nama : Tresiani Yunitasari

NIM : B2A018020

Program Studi : S1 Statistika

telah disetujui oleh dosen pembimbing pada tanggal: 24 Februari 2023

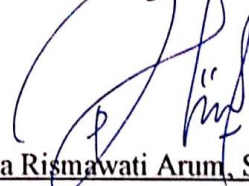
Pembimbing Utama



M. Al Haris, M.Si

NIK. 28.6.1026.442

Pembimbing Pendamping

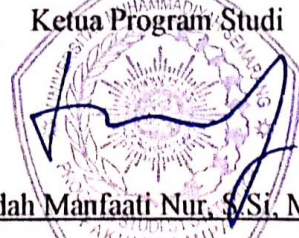


Prizka Rismawati Arum, S.Si, M.Stat

NIK. 28.6.1026.441

Mengetahui

Ketua Program Studi



Indah Manfaati Nur, S.Si, M.Si

NIK. 28.6.1026.221

PENGESAHAN KELULUSAN

Skripsi dengan Judul “Peramalan Jumlah Penumpang Penerbangan Domestik Di Bandara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang Menggunakan Metode *Hybrid Singular Spectrum Analysis-Neural Network (SSA-NN)*” yang disusun oleh:

Nama : Tresiani Yunitasari

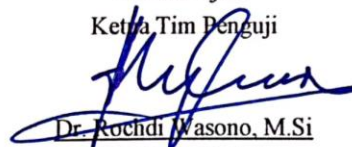
NIM : B2A018020

Program Studi : S1 Statistika

telah diujikan dalam Sidang Panitia Ujian Skripsi Program Sarjana Statistika, Universitas Muhammadiyah Semarang pada tanggal : 24 Februari 2023

Panitia Ujian

Ketua Tim Penguji



Dr. Rochdi Masono, M.Si

NIK. 28.6.1026.119

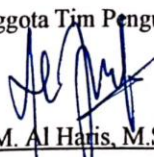
Anggota Tim Penguji I



Fatkhurokhman Fauzi, S.Si, M.Stat

NIK. 28.6.1026.468

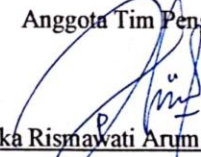
Anggota Tim Penguji II



M. Al Haris, M.Si

NIK. 28.6.1026.442

Anggota Tim Penguji III



Prizka Rismawati Arum, S.Si, M.Stat

NIK. 28.6.1026.441

Mengetahui

Ketua Program Studi



Indah Manfaati Nur, S.Si, M.Si

NIK. 28.6.1026.221

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis saya, skripsi ini, adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister, dan/atau doktor), baik di Universitas Muhammadiyah Semarang maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Tim Pembimbing dan masukan Tim Penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, 24 Februari 2023

Ya
ataan,



Trestani Yunitasari

B2A018020

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT dan mengharapkan ridho yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Peramalan Jumlah Penumpang Penerbangan Domestik Di Bandara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang Menggunakan Metode *Hybrid Singular Spectrum Analysis-Neural Network (SSA-NN)*”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan meraih gelar Sarjana Statistika pada Program Studi Statistika Universitas Muhammadiyah Semarang. Shalawat dan salam disampaikan kepada junjungan alam Nabi Muhammad SAW, mudah-mudahan kita semua mendapatkan safaat-Nya di yaumul akhir nanti, Amin.

Penelitian ini diangkat sebagai upaya untuk merealisasikan pembelajaran yang berpusat pada siswa (*Student Centered*), keterlibatan siswa dalam proses mempelajari prinsip dan konsep statistika, menumbuh kembangkan keterampilan proses dan memicu keaktifan siswa dalam proses pembelajaran.

Penulis menyadari sepenuhnya, bahwa dalam penyelesaian skripsi ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Ibu Dr. Eny Winaryati, M.Pd, selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Muhammadiyah Semarang.
2. Ibu Indah Manfaati Nur, M.Si, selaku Ketua Program Studi Statistika Fakultas Matemati dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Muhammadiyah Semarang.
3. Bapak M. Al Haris, M.Si dan Ibu Prizka Rismawati Arum, S.Si., M.Stat, selaku Dosen Pembimbing I dan Dosen Pembimbing II yang telah banyak meluangkan waktu dan dengan sabar memberikan bimbingan, pengarahan, saran, dukungan dan motivasi selama proses penyusunan skripsi.
4. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Muhammadiyah Semarang, yang telah

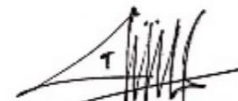
memberikan bekal ilmu yang bermanfaat kepada penulis sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari akan segala keterbatasan dan kekurangan dari isi maupun tulisan skripsi ini. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak akan diterima dengan senang hati. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi bagi pengembangan pembelajaran statistika.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb

Semarang, 24 Februari 2023

Penulis



Tresiani Yunitasari
B2A018020



ABSTRAK

Tresiani Yunitasari, 2023, Peramalan Jumlah Penumpang Penerbangan Domestik Menggunakan Di Bandara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang Metode *Hybrid Singular Spectrum Analysis-Neural Network* (SSA-NN). Skripsi, Program Studi Statistika, Universitas Muhammadiyah Semarang. Pembimbing: I. M. Al Haris, M.Si, II. Prizka Rismawati Arum, S.Si, M.Stat.

Transportasi merupakan sarana yang sangat penting dalam menunjang pertumbuhan ekonomi masyarakat dan pembangunan ekonomi suatu negara. Dampak pandemi covid-19 yang terjadi pada tahun 2020 kemarin mengakibatkan pergerakan jumlah penumpang di Bandara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang mengalami penurunan yang cukup drastis. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pemodelan dan peramalan jumlah penumpang yang mana nantinya dapat digunakan sebagai bahan acuan dalam pengambilan kebijakan dengan menggunakan metode *Hybrid SSA-NN*. Metode SSA diharapkan mampu mendekomposisikan berbagai pola pada data jumlah penumpang ke dalam sub pola *trend*, musiman dan *noise*, sedangkan metode NN digunakan untuk menganalisis data yang mempunyai pola hubungan *nonlinear* pada jumlah penumpang di Bandara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode terbaik adalah gabungan metode SSA dengan *windows length* 40 dan metode NN dengan arsitektur jaringan 6-8-1 (6 *neuron input*, 8 *neuron hidden* dan 1 *neuron output*) untuk komponen *trend*, 11-15-1 (11 *neuron input*, 15 *neuron hidden* dan 1 *neuron output*) untuk komponen musiman, serta 10-15-1 (10 *neuron input*, 15 *neuron hidden* dan 1 *neuron output*) untuk komponen *noise*. Tingkat kesalahan prediksi berdasarkan nilai MAPE sebesar 0,54% atau akurasi sebesar 99,46%.

Kata Kunci: *Hybrid SSA-NN*, Penumpang, Peramalan, Transportasi.

ABSTRACT

Tresiani Yunitasari, 2023, Forecasting the number of passengers using domestic flights at Jenderal Ahmad Yani International Airport, Semarang using the *Hybrid Singular Spectrum Analysis-Neural Network (SSA-NN)* method. Thesis, Statistics Study Program, University of Muhammadiyah Semarang. Supervisor: I. M. Al Haris, M.Si, II. Prizka Rismawati Arum, S.Si, M.Stat.

Transportation is a very important means of supporting the economic growth of society and the economic development of a country. The impact of the Covid-19 pandemic that occurred in 2020 yesterday resulted in the movement of the number of passengers at Jenderal Ahmad Yani International Airport, Semarang, which decreased quite drastically. This study aims to determine the modeling and forecasting of the number of passengers which can later be used as reference material in policy making using the Hybrid SSA-NN method. The SSA method is expected to be able to decompose various patterns in the number of passengers into a trend, seasonality, and noise sub-patterns, while the NN method is used to analyze data that has a nonlinear relationship pattern to the number of passengers at Jenderal Ahmad Yani International Airport Semarang. The results showed that the best method was a combination of the SSA method with a window length of 40 and the NN method with a 6-8-1 network architecture (6 input neurons, 8 hidden neurons, and 1 output neuron) for the trend component, 11-15-1 (11 neurons input, 15 hidden neurons, and 1 output neuron) for the seasonal component, and 10-15-1 (10 input neurons, 15 hidden neurons, and 1 output neuron) for the noise component. The prediction error rate based on the MAPE value is 0.54% or an accuracy of 99.46%.

Keywords: Forecasting, Hybrid SSA-NN, Passengers, Transportation.

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| Halaman | |
| HALAMAN JUDUL | i |
| PERSETUJUAN PEMBIMBING | ii |
| PENGESAHAN KELULUSAN | iii |
| PERNYATAAN KEASLIAN | iv |
| KATA PENGANTAR | v |
| ABSTRAK | vii |
| <i>ABSTRACT</i> | viii |
| DAFTAR ISI | ix |
| DAFTAR TABEL | xi |
| DAFTAR GAMBAR | xii |
| DAFTAR SIMBOL | xiii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xiv |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 6 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 6 |
| 1.4 Manfaat Penelitian | 7 |
| 1.5 Batasan Masalah | 8 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 9 |
| 2.1 <i>Time Series</i> | 9 |
| 2.2 Peramalan | 11 |
| 2.3 <i>Singular Spectrum Analysis</i> | 11 |
| 2.4 <i>Neural Network</i> | 15 |
| 2.5 <i>Hybrid Singular Spectrum Analysis-Neural Network</i> | 18 |
| 2.6 Evaluasi Kebaikan Model | 18 |

| | | |
|-------------------------------------|---|----|
| 2.7 | Transportasi | 19 |
| 2.8 | Penumpang | 19 |
| 2.9 | Bandar Udara | 20 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | | 21 |
| 3.1 | Sumber Data | 21 |
| 3.2 | Variabel Penelitian | 21 |
| 3.3 | Langkah Penelitian | 22 |
| 3.4 | Diagram Alir Penelitian | 24 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | | 25 |
| 4.1 | Analisis Deskriptif | 25 |
| 4.2 | Metode <i>Hybrid Singular Spectrum Analysis-Neural Network</i> | 27 |
| 4.2.1 | <i>Embedding</i> | 27 |
| 4.2.2 | <i>Singular Value Decomposition (SVD)</i> | 29 |
| 4.2.3 | <i>Grouping</i> | 31 |
| 4.2.4 | <i>Diagonal Averaging</i> | 36 |
| 4.2.5 | Hasil Prediksi Menggunakan Metode <i>Singular Spectrum Analysis</i> | 38 |
| 4.2.6 | Penentuan Variabel <i>Input</i> pada Arsitektur <i>Neural Network</i> | 39 |
| 4.2.7 | Penentuan Arsitektur <i>Neural Network</i> | 42 |
| 4.2.8 | Pembentukan Model Pada Setiap Komponen | 44 |
| 4.2.9 | Penjumlahan Kembali Komponen <i>Trend</i> , Musiman dan <i>Noise</i> | 52 |
| 4.2.10 | Hasil Prediksi Metode <i>Hybrid Singular Spectrum Analysis-Neural Network</i> | 53 |
| 4.2.11 | Perbandingan Hasil Prediksi | 54 |
| 4.3 | Hasil Peramalan <i>Hybrid Singular Spectrum Analysis-Neural Network</i> | 54 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | | 57 |
| 5.1 | Kesimpulan | 57 |
| 5.2 | Saran | 58 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 59 |
| LAMPIRAN | | 62 |

DAFTAR TABEL

| Tabel | Halaman |
|---|---------|
| Tabel 2.1 Kriteria Keباikan Model Berdasarkan Nilai MAPE | 19 |
| Tabel 3.1 Struktur Data | 21 |
| Tabel 4.1 Statistika Deskriptif Jumlah Penumpang Penerbangan Domestik di Bandara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang | 25 |
| Tabel 4.2 Hasil MAPE <i>Window Length</i> 1 | 28 |
| Tabel 4.3 Hasil <i>Tracking</i> MAPE <i>Window Length</i> | 28 |
| Tabel 4.4 Nilai <i>Eigenvalues</i> dan <i>Singular Values</i> | 29 |
| Tabel 4.5 Nilai <i>Eigenvectors</i> | 30 |
| Tabel 4.6 Nilai <i>Principal Component</i> | 30 |
| Tabel 4.7 Hasil <i>Grouping</i> | 33 |
| Tabel 4.8 Pengelompokkan Komponen <i>Eigen triple</i> | 35 |
| Tabel 4.9 Hasil <i>Diagonal Averaging</i> | 36 |
| Tabel 4.10 Penentuan Arsitektur <i>Neural Network</i> Terbaik | 42 |
| Tabel 4.11 Arsitektur Terbaik pada Data <i>Testing</i> | 44 |
| Tabel 4.12 Perbandingan Akurasi Prediksi | 54 |
| Tabel 4.13 Hasil Peramalan Metode <i>Hybrid Singular Spectrum Analysis-Neural Network</i> | 55 |

DAFTAR GAMBAR

| Gambar | Halaman |
|---|---------|
| Gambar 1.1 Grafik Perkembangan Jumlah Penumpang | 2 |
| Gambar 2.1 Tipe Pola Data Horizontal | 9 |
| Gambar 2.2 Tipe Pola Data Musiman | 10 |
| Gambar 2.3 Tipe Pola Data <i>Trend</i> | 10 |
| Gambar 2.4 Tipe Pola Data Siklis | 11 |
| Gambar 2.5 Arsitektur <i>Feed Forward Neural Network</i> | 17 |
| Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian | 24 |
| Gambar 4.1 Grafik Jumlah Penumpang Penerbangan Domestik di Bandara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang | 26 |
| Gambar 4.2 Plot Nilai <i>Singular</i> | 31 |
| Gambar 4.3 Plot Rekonstruksi 20 <i>Eigentriple</i> | 32 |
| Gambar 4.4 Plot Komponen <i>Trend</i> | 37 |
| Gambar 4.5 Plot Komponen Musiman | 37 |
| Gambar 4.6 Plot Komponen <i>Noise</i> | 38 |
| Gambar 4.7 Plot Hasil Prediksi Menggunakan Metode SSA | 39 |
| Gambar 4.8 Plot ACF dan PACF Komponen <i>Trend</i> | 40 |
| Gambar 4.9 Plot ACF dan PACF Komponen <i>Trend</i> Setelah Stasioner | 40 |
| Gambar 4.10 Plot ACF dan PACF Komponen Musiman | 41 |
| Gambar 4.11 Plot ACF dan PACF Komponen <i>Noise</i> | 41 |
| Gambar 4.12 Arsitektur <i>Neural Network</i> Komponen <i>Trend</i> | 46 |
| Gambar 4.13 Arsitektur <i>Neural Network</i> Komponen Musiman | 49 |
| Gambar 4.14 Arsitektur <i>Neural Network</i> Komponen <i>Noise</i> | 52 |
| Gambar 4.15 Perbandingan Data Aktual dengan Hasil Prediksi Data <i>Testing</i> | 53 |
| Gambar 4.16 Plot Hasil Peramalan <i>Hybrid Singular Spectrum Analysis-Neural Network</i> | 56 |

DAFTAR SIMBOL

Singular Spectrum Analysis

| | |
|------------------------------|--|
| F | Deret waktu |
| F_N | Deret waktu dengan panjang N |
| $F_{i,j}$ | Subderet dari suatu deret waktu F_N |
| L | <i>Window length</i> |
| K | Jumlah L -lagged vectors dari F_N |
| X_i | L -lagged vectors dari F_N |
| X | Matriks lintasan dengan kolom X_i |
| X^T | Matriks X yang ditranspose |
| <i>Neural Network</i> | |
| $X_{i(k)}$ | Variabel <i>input</i> |
| $\hat{y}_{(k)}$ | Nilai dugaan dari variabel <i>output</i> |
| k | Indeks pasangan data <i>input-target</i> |
| w_{ji}^h | Bobot dari <i>input</i> ke- i yang menuju <i>neuron</i> ke- j pada lapis tersembunyi |
| b_j^h | Bias pada <i>neuron</i> ke- j pada lapis tersembunyi |
| f_j^h | Fungsi aktivasi di <i>neuron</i> ke- j pada lapis tersembunyi |
| w_j^o | Bobot dari <i>neuron</i> ke- j di lapis tersembunyi yang menuju <i>neuron</i> pada lapis <i>output</i> |
| b^o | Bias pada <i>neuron</i> di lapis <i>output</i> |
| f^o | Fungsi aktivasi pada <i>neuron</i> di lapis <i>output</i> |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|--|-----|
| Lampiran 1. Data Jumlah Penumpang Penerbangan Domestik di Bandara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang Periode Januari 2006-Desember 2021 | 62 |
| Lampiran 2. <i>Syntax</i> Peramalan Jumlah Penumpang Penerbangan Domestik Menggunakan Metode <i>Hybrid Singular Spectrum Analysis-Neural Network</i> ... | 68 |
| Lampiran 3. Statistika Deskriptif | 84 |
| Lampiran 4. Plot Data Jumlah Penumpang Penerbangan Domestik | 85 |
| Lampiran 5. <i>Eigentriple</i> | 85 |
| Lampiran 6. <i>Singular Value</i> (λ_i) | 86 |
| Lampiran 7. <i>Eigenvector</i> (U_i) | 87 |
| Lampiran 8. <i>Principal Component</i> (V_i) | 93 |
| Lampiran 9. Hasil <i>Diagonal Averaging</i> | 100 |
| Lampiran 10. Plot Hasil Prediksi Metode <i>Singular Spectrum Analysis</i> | 105 |
| Lampiran 11. Plot Hasil Prediksi Data <i>Testing</i> | 106 |
| Lampiran 12. Plot Hasil Peramalan <i>Hybrid SSA-NN</i> | 106 |