

**PENGGUNAAN METODE *SINGULAR SPECTRUM*
ANALYSIS DALAM PERAMALAN JUMLAH
KUNJUNGAN WISATAWAN MANCANEGERA KE
TAMAN NASIONAL TAKA BONERATE**

SKRIPSI



NURUL HIDAYAH MAGFIRA LAORIS

H051171313

**PROGRAM STUDI STATISTIKA DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

APRIL 2023

**PENGGUNAAN METODE *SINGULAR SPECTRUM*
ANALYSIS DALAM PERAMALAN JUMLAH
KUNJUNGAN WISATAWAN MANCANEgara KE
TAMAN NASIONAL TAKA BONERATE**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada
Program Studi Statistika Departemen Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu
Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin**

NURUL HIDAYAH MAGFIRA LAORIS

H051171313

**PROGRAM STUDI STATISTIKA DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

MAKASSAR

APRIL 2023

LEMBAR PERNYATAAN KEOTENTIKAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sungguh-sungguh bahwa skripsi yang saya buat dengan judul:

Penggunaan Metode *Singular Spectrum Analysis* Dalam Peramalan Jumlah Kunjungan Wisatawan Mancanegara ke Taman Nasional Taka Bonerate

adalah benar hasil karya saya sendiri, bukan hasil plagiat dan belum pernah dipublikasikan dalam bentuk apapun

Makassar, 11 April 2023



Nurul Hidayah Magfira Laoris

NIM H051171313

**PENGGUNAAN METODE *SINGULAR SPECTRUM ANALYSIS*
DALAM PERAMALAN JUMLAH KUNJUNGAN
WISATAWAN MANCANEGARA KE TAMAN NASIONAL
TAKA BONERATE**

Disetujui Oleh:

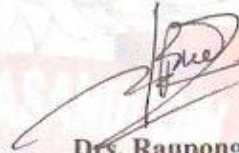
Pembimbing Utama



Sitti Sahriman, S.Si., M.Si.

NIP. 19881018 201504 2 002

Pembimbing Pendamping



Drs. Raupong, M.Si.

NIP. 19621015 198810 1 001

Ketua Program Studi



Nurfitri Supri, S.Si., M.Si.

NIP. 19720117 199703 2 002

Pada 11 April 2023

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Nurul Hidayah Magfira Laoris
NIM : H051171313
Program Studi : Statistika
Judul Skripsi : Penggunaan Metode *Singular Spectrum Analysis* Dalam
Peramalan Jumlah Kunjungan Wisatawan Mancanegara
ke Taman Nasional Taka Bonerate

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

DEWAN PENGUJI

1. Ketua : Sitti Sahriman, S.Si., M.Si. (.....)
2. Sekretaris : Drs. Raupong, M.Si. (.....)
3. Anggota : Dra. Nasrah Sirajang, M.Si. (.....)
4. Anggota : Dr. Anna Islamiyati, S.Si., M.Si (.....)

Ditetapkan di : Makassar

Tanggal : 11 April 2023

KATA PENGANTAR

AlhamdulillahRobbil'alamin, Segala Puji senantiasa disenandungkan untuk menyampaikan rasa syukur penulis kepada **Allah Subhanahu Wata'ala** atas segala limpahan rahmat, nikmat, dan hidayah yang diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan penulisan skripsi dengan judul "**Penggunaan Metode Singular Spectrum Analysis Dalam Peramalan Jumlah Kunjungan Wisatawan Mancanegara ke Taman Nasional Taka Bonerate**" sebagai salah satu syarat untuk mendapat gelar Sarjana Sains pada Program Studi Statistika Jurusan Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin Makassar.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini tidak lepas dari hambatan dan masalah namun dapat terselesaikan berkat dukungan dan bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang setulus-tulusnya serta penghargaan yang setinggi-tingginya untuk orang tua penulis, Ayahanda dan Ibunda tercinta **Odyanto Kasim** dan **Nawar Anwar**, yang telah membesarkan dan mendidik dengan penuh kesabaran, memberikan cinta dan limpahan kasih sayang, dukungan dan doa yang tulus tanpa henti kepada penulis. Rasa terima kasih juga kepada saudari tersayang **Gaitsha Zahira Chaerunnisa Laoris** dan **Afifah Afanin Dzakiyyah Laoris**, serta **Keluarga Besar** atas doa, dukungan, semangat, dan bantuannya kepada penulis.

Penghargaan yang tulus dan ucapan terima kasih dengan penuh keikhlasan juga penulis ucapkan kepada:

1. **Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc.**, selaku Rektor Universitas Hasanuddin beserta seluruh jajarannya.
2. **Bapak Dr. Eng. Amiruddin, M.Si.** selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin beserta seluruh jajarannya.
3. **Ibu Dr. Nurtiti Sunusi, S.Si., M.Si.** selaku Ketua Departemen Statistika, segenap Dosen Pengajar dan Staf Departemen Statistika yang telah membekali ilmu dan kemudahan-kemudahan kepada Penulis dalam berbagai hal selama menjadi mahasiswa di Departemen Statistika.

4. **Ibu Dra. Nasrah Sirajang, M.Si.** selaku Penasihat Akademik atas saran, nasehat, motivasi, dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis selama menjadi mahasiswa dan meluangkan waktu untuk membimbing dan memberikan masukan dalam penulisan skripsi ini.
5. **Ibu Sitti Sahrinan, S.Si., M.Si.** selaku Pembimbing Utama dan **Bapak Drs. Raupong., M.Si.** selaku Pembimbing Pertama yang telah ikhlas meluangkan waktu dan pemikirannya untuk memberikan arahan, pengetahuan, motivasi dan bimbingan ditengah kesibukan beliau serta menjadi tempat berkeluh kesah untuk penulis.
6. **Ibu Dra. Nasrah Sirajang, M.Si.** dan **Ibu Dr. Anna Islamiyati, S.Si., M.Si.** selaku Tim Penguji atas saran dan kritikan yang membangun dalam penyempurnaan penyusunan skripsi ini serta waktu yang telah diberikan kepada Penulis.
7. Sahabat seperjuangan “**Coming Soon S.Si**”, **Aii, Akil, Shafwan, Wulan, Alya, Daya, Fadli, Haura, Iklil, Irfan, Mirna, Puhe, Rahman, Salsa, Ukhti, Zaka, Kiya,** dan **Zulfa** yang telah menjadi teman terbaik sejak awal penulisan skripsi dan senantiasa mendengarkan curhatan, memberikan bantuan, dorongan, semangat, dan motivasi dalam setiap keadaan dalam penyusunan skripsi ini.
8. Sahabat terbaik **Dian, Ade** dan **Novi** yang sampai saat ini masih menjadi sahabat dan setia mendengarkan keluh kesah penulis.
9. Teman-teman **Statistika 2017**, terima kasih atas kebersamaan, suka, dan duka selama menjalani pendidikan di Departemen Statistika. Penulis senang mengenal kalian semua.
10. Keluarga besar **DISKRIT 2017**, terima kasih telah memberikan pelajaran yang berharga dan arti kebersamaan selama ini kepada penulis. Pengalaman yang berharga telah penulis dapatkan dari teman-teman selama berproses.
11. **Keluarga Mahasiswa FMIPA Unhas** terkhusus anggota keluarga **Himatika FMIPA Unhas** dan **Himastat FMIPA Unhas**, terima kasih atas ilmu yang mungkin tidak bisa didapatkan di proses perkuliahan dan telah menjadi keluarga selama penulis kuliah di Universitas Hasanuddin.

12. Teman-teman **KKN Kecamatan Bontoala Gelombang 104**. Terima kasih telah menjadi teman sekaligus keluarga selama sebulan lebih, semoga silaturahmi tetap terjalin
13. Semua pihak yang telah banyak berpartisipasi, baik secara langsung maupun tidak langsung yang tak sempat penulis sebutkan satu per satu. Terima kasih untuk segala bantuan dan dukungannya.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam skripsi ini. Untuk itu dengan segala kerendahan hati penulis memohon maaf. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Makassar, 11 April 2023

Nurul Hidayah Magfira Laoris

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Hasanuddin, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nurul Hidayah Magfira Laoris
NIM : H051171313
Program Studi : Statistika
Departemen : Statistika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Hasanuddin **Hak Bebas Royalti Non-eksklusif** (*Non-exclusive Royalty- Free Right*) atas tugas akhir saya yang berjudul:

“Penggunaan Metode *Singular Spectrum Analysis* Dalam Peramalan Jumlah Kunjungan Wisatawan Mancanegara ke Taman Nasional Taka Bonerate”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Terkait dengan hal di atas, maka pihak universitas berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Makassar pada tanggal 11 April 2023.

Yang menyatakan

(Nurul Hidayah Magfira Laoris)

ABSTRAK

Peramalan merupakan suatu proses pendugaan terhadap kejadian yang akan terjadi pada masa depan dengan memerhatikan data masa lalu maupun data saat ini. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk meramalkan data deret waktu yang mengandung komponen *trend* dan komponen *seasonal* yaitu dekomposisi. Metode analisis deret waktu yang menggunakan metode dekomposisi adalah *Singular Spectrum Analysis* (SSA). Metode SSA adalah teknik analisis deret waktu nonparametrik yang digunakan untuk peramalan. Metode *Singular Spectrum Analysis* (SSA) mendekomposisikan deret waktu asli menjadi suatu penjumlahan dari sejumlah kecil komponen yang dapat diinterpretasikan menjadi komponen *trend*, komponen *seasonal*, dan komponen *noise*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan hasil ramalan jumlah kunjungan wisatawan mancanegara ke Taman Nasional Taka Bonerate tahun 2019 menggunakan metode *Singular Spectrum Analysis* (SSA). Adapun variabel (X) sebagai jumlah kunjungan wisatawan mancanegara ke Taman Nasional Taka Bonerate dan (N) sebagai runtun waktu jumlah kunjungan wisatawan mancanegara pada bulan Januari 2011 sampai dengan bulan Desember 2018. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa peramalan jumlah kunjungan wisatawan mancanegara ke Taman Nasional Taka Bonerate memperoleh nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebesar 8,1% dengan nilai L (*window length*) terbaik adalah 38, sehingga menunjukkan bahwa tingkat keakuratan hasil peramalan yang diperoleh adalah sangat baik.

Kata Kunci: Peramalan, *Singular Spectrum Analysis*, *Window Length*, *Mean Absolute Percentage Error*

ABSTRACT

Forecasting is a process of predicting events that will occur in the future by taking into account past data and current data. One method that can be used to predict time series data that contains a trend component and a seasonal component is decomposition. The time series analysis method that uses the decomposition method is Singular Spectrum Analysis (SSA). The SSA method is a nonparametric time series analysis technique used for forecasting. The Singular Spectrum Analysis (SSA) method decomposes the original time series into a sum of a small number of components which can be interpreted as trend components, seasonal components, and noise components. The purpose of this study is to obtain forecast results for the number of foreign tourist visits to Taka Bonerate National Park in 2019 using the Singular Spectrum Analysis (SSA) method. The variables (X) as the number of foreign tourist visits to Taka Bonerate National Park and (N) as a time series of the number of foreign tourist visits from January 2011 to December 2018. The results obtained show that forecasting the number of foreign tourist visits to Taka National Park Bonerate obtained a Mean Absolute Percentage Error (MAPE) value of 8.1% with the best L (window length) value of 38, indicating that the level of accuracy of the forecast results obtained is very good.

Keywords: *Forecasting, Singular Spectrum Analysis, Window Length, Mean Absolute Percentage Error*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERNYATAAN KEOTENTIKAN.....	ii
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR	v
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	viii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Analisis <i>Time Series</i>	4
2.2 <i>Singular Spectrum Analysis</i>	4
2.2.1 Dekomposisi.....	5
2.2.2 Rekonstruksi.....	8
2.3 Ketepatan Pencapaian Peramalan	9
2.4 Taman Nasional Taka Bonerate	10
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	12
3.1 Sumber Data.....	12
3.2 Identifikasi Variabel.....	12
3.3 Metode Analisis	12

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	14
4.1 Statistik Deskriptif Data	14
4.2 Peramalan <i>Singular Spectrum Analysis</i>	15
4.2.1 Dekomposisi.....	15
4.2.2 Rekonstruksi.....	19
4.2.3 Peramalan.....	25
4.3 Akurasi Peramalan	27
BAB V PENUTUP.....	29
5.1 Kesimpulan	29
5.2 Saran.....	29
DAFTAR PUSTAKA	30
LAMPIRAN.....	32

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1 Jumlah Kunjungan Wisman ke TNTB Jan 2011-Des 2018.....	14
Gambar 4.2 Plot <i>Eigenvector</i> Data	20
Gambar 4.3 Komponen <i>Trend</i>	20
Gambar 4.4 Komponen <i>Seasonal</i>	21
Gambar 4.5 Komponen <i>Noise</i>	22
Gambar 4.6 <i>Trend</i> yang direkonstruksi	23
Gambar 4.7 <i>Seasonal</i> yang direkonstruksi	24
Gambar 4.8 <i>Noise</i> yang direkonstruksi.....	24
Gambar 4.9 Perbandingan data aktual dan ramalan	26
Gambar 4.10 Plot Data Aktual berdasarkan nilai $L = 10$	27
Gambar 4.11 Plot Data Aktual berdasarkan nilai $L = 20$	27
Gambar 4.12 Plot Data Aktual berdasarkan nilai $L = 45$	28

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Analisis Deskriptif Kunjungan Wisman ke TNTB.....	15
Tabel 4.2 Nilai MAPE berdasarkan nilai L.....	16
Tabel 4.3 Nilai <i>Eigenvalue</i> dan <i>Singular Value</i>	17
Tabel 4.4 Nilai <i>Eigenvector</i>	18
Tabel 4.5 Nilai <i>Principal Component</i>	18
Tabel 4.6 Hasil Peramalan Kunjungan Wisman ke TNTB tahun 2019	25

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Kunjungan Wisman ke TNTB.....	33
Lampiran 2. Hasil Output untuk Matriks Lintasan	34
Lampiran 3. Hasil Output untuk Matriks Simetris	40
Lampiran 4. Hasil Output untuk Nilai <i>Eigenvalue</i> dan <i>Singular Value</i>	36
Lampiran 5. Hasil Output untuk Nilai <i>Eigenvector</i>	37
Lampiran 6. Hasil Output untuk Nilai <i>Principal Component</i>	62

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pariwisata memiliki peranan penting bagi masyarakat maupun bagi suatu negara. Pariwisata merupakan salah satu sektor penunjang pembangunan nasional sekaligus salah satu faktor penting untuk meningkatkan pendapatan masyarakat. Pariwisata juga telah ditetapkan oleh pemerintah sebagai sektor penggerak utama dalam pembangunan suatu daerah atau lebih dikenal sebagai *leading sector*. Pariwisata juga tercatat menduduki peringkat kedua penyumbang devisa terbesar yang diperoleh negara setelah industri kelapa sawit. Kementerian Pariwisata (Kemenpar) mendata devisa yang diperoleh dari sektor pariwisata sebesar 9 miliar dolar AS. Nilai tersebut didukung realisasi kunjungan wisatawan mancanegara yang terus tumbuh sampai saat ini.

Indonesia merupakan salah satu negara yang banyak dikunjungi oleh wisatawan mancanegara. Indonesia sendiri menargetkan jumlah kunjungan wisatawan mancanegara lebih baik daripada jumlah kunjungan wisatawan mancanegara pada tahun kemarin. Untuk memperoleh gambaran capaian wisatawan mancanegara yang berkunjung ke Indonesia khususnya ke Taman Nasional Taka Bonerate pada tahun 2019 diperlukan suatu metode peramalan. Peramalan jumlah kunjungan wisatawan mancanegara dan ketepatan analisis deret waktu ini sangat bermanfaat bagi penetapan strategi peningkatan sektor pariwisata. Hal ini dikarenakan hasil ramalan jumlah kunjungan wisatawan mancanegara menentukan ke arah mana suatu kebijakan nantinya disusun.

Peramalan merupakan suatu proses pendugaan terhadap kejadian yang akan terjadi pada masa depan dengan memerhatikan data masa lalu maupun data saat ini. Peramalan diperlukan untuk mengetahui kapan dan bagaimana suatu peristiwa akan terjadi sehingga tindakan tepat dapat dilakukan (Makridakis *et al.*, 1999). Beberapa metode berikut yang dapat digunakan untuk meramalkan data deret waktu yang mengandung komponen *trend* dan komponen *seasonal*, yaitu *naïve*, *winters*, *time series regression*, dan *decomposition*. Berbeda dengan ketiga metode sebelumnya, metode

dekomposisi dapat memisahkan tiga komponen dari pola dasar yaitu faktor *trend*, *seasonal*, dan *noise* yang merupakan residual yang dianggap unsur acak, yang walaupun tidak dapat ditafsir tetapi dapat diidentifikasi.

Salah satu metode analisis deret waktu yang menggunakan metode dekomposisi adalah *Singular Spectrum Analysis* (SSA). Metode SSA adalah teknik analisis deret waktu nonparametrik yang digunakan untuk peramalan. Metode SSA mendekomposisikan deret waktu asli menjadi suatu penjumlahan dari sejumlah kecil komponen yang dapat diinterpretasikan seperti *trend*, *seasonal*, dan *noise* (Golyandina *et al.*, 2001). Metode SSA tidak menggunakan asumsi statistik seperti stasioneritas dari deret atau normalitas residual. Peramalan menggunakan SSA terdiri dari dua tahap yang saling melengkapi, yaitu tahap dekomposisi dan tahap rekonstruksi.

Dalam dekomposisi terdapat tahap *embedding* yakni deret satu dimensi digambarkan sebagai sebuah deret multidimensi yang disebut *window length*. Deret waktu multidimensi yang merupakan suatu urutan vektor membentuk matriks lintasan. Satu-satunya parameter pada tahap ini adalah *window length*. Langkah kedua disebut *singular value decomposition* (SVD) adalah dekomposisi nilai singular matriks lintasan menjadi suatu penjumlahan dari matriks ortogonal *rank* satu sama. Pada tahap rekonstruksi, pertama yang harus dilakukan adalah pengelompokan menggunakan parameter *effect grouping*. Besarnya nilai untuk parameter *effect grouping* ditentukan berdasarkan jumlah *eigen triple* yang mencerminkan *noise*. Langkah terakhir adalah memindahkan setiap matriks kedalam suatu deret waktu. Proses ini disebut *diagonal averaging*.

Beberapa penelitian dengan menggunakan metode SSA diantaranya yang dilakukan oleh Vile, Gillard, Harper, dan Knight (2012) mengenai peramalan ambulans menggunakan SSA, ARIMA, dan Holt-Winters menggunakan parameter *window length*. Menunjukkan hasil ramalan menggunakan metode SSA lebih baik daripada metode ARIMA dan Holt-winters. Kemudian Darmawan, Hendrawati, dan Arisanti (2015) menggunakan *Auto SSA* untuk meramalkan kejadian banjir di Bandung dan sekitarnya dengan parameter yang digunakan adalah *window length* dan *effect grouping*. Berdasarkan uraian diatas, maka penulis menyusunnya dalam sebuah

penelitian dengan judul “**Penggunaan Metode *Singular Spectrum Analysis* Dalam Peramalan Jumlah Kunjungan Wisatawan Mancanegara ke Taman Nasional Taka Bonerate**”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dibahas, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana mendapatkan hasil peramalan menggunakan metode *Singular Spectrum Analysis* dalam peramalan data jumlah kunjungan wisatawan mancanegara ke Taman Nasional Taka Bonerate tahun 2019?

1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, penulis memberikan batasan masalah Penelitian ini fokus pada kasus jumlah kunjungan wisatawan mancanegara ke Taman Nasional Taka Bonerate. Data penelitian yang digunakan adalah data sekunder yang berupa data bulanan terhitung januari 2011 sampai desember 2018. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah deret waktu *singular spectrum analysis*. Ketepatan diukur dengan menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE).

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan dari rumusan masalah tersebut, tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mendapatkan hasil peramalan menggunakan metode *Singular Spectrum Analysis* dalam peramalan jumlah kunjungan wisatawan mancanegara ke Taman Nasional Taka Bonerate

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Sebagai sumber informasi bagi penelitian selanjutnya terkait penerapan metode *Singular Spectrum Analysis*..
2. Sebagai sumber acuan bagi pemerintah dalam mengambil kebijakan, pembangunan dalam pengelolaan kunjungan wisatawan mancanegara ke Taman Nasional Taka Bonerate.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisis *Time Series*

Metode *time series* diperkenalkan pertama kali pada tahun 1970 oleh George E. P. Box dan Gwilym M. Jenkins melalui bukunya yang berjudul *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. Data deret waktu merupakan serangkaian data berdasarkan interval waktu yang tepat (Wei, 2006). Metode *time series* berupaya untuk meramalkan kondisi yang akan datang dengan menggunakan data historis dan mengekstrapolasikan pola tersebut ke masa depan. Dengan demikian tujuan analisis deret waktu adalah untuk memperoleh pola data deret waktu dengan menggunakan pengamatan sebelumnya untuk memprediksi suatu nilai pada masa yang akan datang. Data dikumpulkan secara periodik berdasarkan waktu baik itu harian, mingguan, bulanan ataupun tahunan.

Langkah penting dalam memilih suatu metode deret waktu yang tepat adalah dengan mempertimbangkan jenis pola data. Pola data dapat dibedakan menjadi 4 yaitu:

1. Pola data *stationer* dapat diartikan bilamana data berfluktuasi di sekitar nilai rata-rata yang konstan. Pola data yang sifatnya tidak berubah secara signifikan dalam jangka waktu tertentu.
2. Pola data *trend* adalah pola data yang secara umum menunjukkan kenaikan atau penurunan secara terus menerus dalam jangka waktu yang cukup lama.
3. Pola data *seasonal* adalah pola data yang terjadi secara teratur pada interval waktu yang sama setiap periode. Umumnya terkait dengan faktor-faktor lingkungan.
4. Pola data *cyclic* adalah pola perubahan data yang terjadi dalam jangka waktu yang lebih lama dari pola musiman.

Dengan memenuhi pola data, dapat ditentukan metode yang secara efektif mampu mengekstrapolasikan pola-pola tersebut (Hanke *et al.*, 2005).

2.2 *Singular Spectrum Analysis*

Singular Spectrum Analysis (SSA) adalah teknik baru dari analisis deret waktu nonparametrik yang digunakan untuk peramalan SSA terdiri dari dua tahap yang saling melengkapi, yaitu tahap dekomposisi dan tahap rekonstruksi. Pada tahap dekomposisi,

dua langkah utama yang harus dilakukan untuk memperoleh *eigen triple*, yaitu *embedding* dan *singular value decomposition*. Pada tahap rekonstruksi, dua langkah yang harus dilakukan untuk memperoleh deret yang direkonstruksi, yaitu pengelompokan dan *diagonal averaging*.

2.2.1 Dekomposisi

Dalam tahap dekomposisi terdapat dua langkah yaitu *embedding* dan *Singular Value Decomposition* (SVD). *Embedding* adalah tahap dengan menghasilkan satu dimensi diubah menjadi data multidimensi dan menghasilkan matriks lintasan. Adapun SVD adalah tahap memisahkan komponen-komponen yang memiliki karakteristik berbeda berdasarkan *eigen triple*. Parameter yang memiliki peran penting dalam dekomposisi adalah *window length* (L) (Darmawan G, 2016).

a. *Embedding*

Embedding diartikan sebagai tahap mengubah data deret waktu awal menjadi matriks lintasan (*Trajectory Matrix*), yakni mentransformasi data yang berdimensi satu (vektor) menjadi data multidimensional (matriks) (Asrof, A *et al.*, 2017). Misalkan data deret waktu dengan panjang N , tanpa data hilang dinyatakan dengan $\mathbf{X} = [\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \dots, \mathbf{x}_N]$, data di transformasi ke dalam bentuk matriks berukuran $L \times K$. Dengan L merupakan *window length* dengan $2 < L < \frac{N}{2}$. Belum ada metode khusus untuk menentukan nilai L secara pasti, sehingga untuk menentukan nilai L dilakukan dengan proses coba-coba (*trial and error*) dan $K = N - L + 1$. Dalam bentuk matriks dapat ditulis sebagai berikut (Khaeri, H *et al.*, 2017):

$$X_{LK} = \begin{bmatrix} x_1 & x_2 & x_3 & \cdots & x_K \\ x_2 & x_3 & x_4 & \cdots & x_{K+1} \\ x_3 & x_4 & x_5 & \cdots & x_{K+2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_L & x_{L+1} & x_{L+2} & \cdots & x_{LK} \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

Matriks \mathbf{X} disebut juga matriks *Hankel* yang semua elemen anti diagonalnya bernilai sama. Jadi pada tahap ini *output* yang diperoleh adalah matriks *Hankel* yang berukuran $L \times K$.

b. Singular Value Decomposition

Singular Value Decomposition (SVD) bertujuan untuk memperoleh pemisahan komponen dalam dekomposisi dari deret waktu. Dimulai dengan menghitung nilai *eigenvalue* ($\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_L$) dari matriks simetris $\mathbf{S} = \mathbf{X}\mathbf{X}^T$ dengan $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_L > 0$. Selain itu menghitung *eigenvector* ($\mathbf{U}_1, \mathbf{U}_2, \dots, \mathbf{U}_L$) dari matriks \mathbf{S} tersebut. Langkah-langkah SVD yaitu:

1. Definisikan matriks $\mathbf{S} = \mathbf{X}\mathbf{X}^T$

Dari perkalian matriks $\mathbf{X}\mathbf{X}^T$ menghasilkan matriks simetris \mathbf{S} berukuran $L \times L$ yang juga merupakan matriks kovarians.

2. Menentukan *eigenvalue* dan *eigenvector* pada matriks \mathbf{S}

Perhitungan *eigenvalue* dan *eigenvector* dari matriks persegi \mathbf{S} dapat dilakukan dengan persamaan:

$$\det(\mathbf{S} - \lambda I) = 0 \quad (2.2)$$

Selanjutnya diperoleh *eigenvalue* λ_i untuk $i = 1, 2, \dots, L$ dan $\mathbf{U}_i = (\mathbf{U}_1, \mathbf{U}_2, \dots, \mathbf{U}_L)$ adalah *eigenvector* dari *eigenvalue* yang bersesuaian.

3. Membuat matriks nilai singular

Matriks *singular value* adalah matriks diagonal dengan diagonal utamanya berisi akar positif dari *eigenvalue* ($\sqrt{\lambda_i}$) dengan urutan menurun $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_L > 0$.

$$\text{Maka } \sqrt{\lambda_i} = \begin{bmatrix} \sqrt{\lambda_i} & \dots & 0_L \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0_L & \dots & \sqrt{\lambda_L} \end{bmatrix}$$

4. Membuat matriks *principal component*

Misalkan matriks \mathbf{S} matriks real berukuran $L \times L$ bilangan real positif. Kemudian dimisalkan σ sebagai *singular value* dari matriks \mathbf{S} jika ada vektor tidak nol $\mathbf{U} \in \mathbb{R}^m$ dan $\mathbf{V} \in \mathbb{R}^m$ sehingga $\mathbf{X}\mathbf{V} = \sigma_i \mathbf{U}$ dan $\mathbf{X}^T \mathbf{U} = \sigma_i \mathbf{V}$. Vektor \mathbf{U} disebut vektor singular kiri dan vektor \mathbf{V} disebut dengan vektor singular kanan. Selanjutnya (σ, \mathbf{U}) disebut pasangan singular kiri dari \mathbf{S} dan (σ, \mathbf{V}) disebut pasangan singular kanan dari \mathbf{S} (Ariyanti G, 2010).

Dari uraian diatas diperoleh persamaan berikut:

$$\mathbf{X}\mathbf{V}_i = \sigma_i\mathbf{U}_i \text{ dan } \mathbf{X}^T\mathbf{U}_i = \sigma_i\mathbf{V}_i \quad (2.3)$$

Untuk vektor \mathbf{V}_i dengan $i = 1, 2, \dots, L$ mengikuti persamaan berikut:

$$\begin{aligned} \mathbf{X}^T\mathbf{U}_i &= \sigma_i\mathbf{V}_i \\ \mathbf{X}^T\mathbf{U}_i &= \sqrt{\lambda_i}\mathbf{V}_i \\ \mathbf{V}_i &= \frac{\mathbf{X}^T\mathbf{U}_i}{\sqrt{\lambda_i}} \end{aligned} \quad (2.4)$$

\mathbf{V}_i^T merupakan transpose dari matriks \mathbf{V}_i

$$\mathbf{V}_i^T = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & \cdots & v_{1K} \\ v_{21} & v_{22} & \cdots & v_{2K} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{K1} & v_{K2} & \cdots & v_{KK} \end{bmatrix} \quad (2.5)$$

Setelah diperoleh *singular value* (σ_i), *eigenvector* (\mathbf{U}_i), *principal component* (\mathbf{V}_i^T), maka SVD dari matriks lintasan \mathbf{X} adalah sebagai berikut:

$$\mathbf{X} = \mathbf{U}_i\sqrt{\lambda_i}\mathbf{V}_i^T \quad (2.6)$$

Dengan:

\mathbf{U}_i : matriks berukuran $L \times L$

$\sqrt{\lambda_i}$: matriks berukuran $L \times K$

\mathbf{V}_i^T : matriks berukuran $K \times K$

$$\begin{aligned} \mathbf{X} &= \begin{bmatrix} u_{11} & u_{12} & \cdots & u_{1L} \\ u_{21} & u_{22} & \cdots & u_{2L} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ u_{L1} & u_{L2} & \cdots & u_{LL} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \sigma_2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \sigma_L \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & \cdots & v_{1K} \\ v_{21} & v_{22} & \cdots & v_{2K} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{K1} & v_{K2} & \cdots & v_{KK} \end{bmatrix} \quad (2.7) \\ &= \begin{bmatrix} u_{11} \\ u_{21} \\ \vdots \\ u_{L1} \end{bmatrix} [\sigma_1][v_{11} \ v_{12} \ \cdots \ v_{1K}] + \begin{bmatrix} u_{12} \\ u_{22} \\ \vdots \\ u_{L2} \end{bmatrix} [\sigma_2][v_{21} \ v_{22} \ \cdots \ v_{2K}] + \cdots \\ &+ \begin{bmatrix} u_{1L} \\ u_{2L} \\ \vdots \\ u_{LL} \end{bmatrix} [\sigma_L][v_{K1} \ v_{K2} \ \cdots \ v_{KK}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \mathbf{U}_1\sigma_1\mathbf{V}_1^T + \mathbf{U}_2\sigma_2\mathbf{V}_2^T + \cdots + \mathbf{U}_d\sigma_d\mathbf{V}_d^T \\
&= \sum_{i=1}^d \mathbf{U}_i\sigma_i\mathbf{V}_i^T
\end{aligned} \tag{2.8}$$

Dengan $i = 1, 2, \dots, d$ dan $d = \max\{i\}$ serta $\sigma_i > 0$.

Ketiga komponen yaitu *singular value* (σ_i), *eigenvector* (\mathbf{U}_i), *principal component* (\mathbf{V}_i^T) disebut *eigen triple* ke- i dari SVD untuk matriks \mathbf{X}_i dapat dituliskan sebagai berikut (Darmawan G, 2016):

$$\mathbf{X}_i = \mathbf{X}_1 + \mathbf{X}_2 + \cdots + \mathbf{X}_d \tag{2.9}$$

2.2.2 Rekonstruksi

Parameter yang digunakan dalam tahap rekonstruksi adalah *grouping effect* (r). Fungsi dari parameter ini adalah menentukan pola pada plot data. Setelah penggunaan parameter L dalam dekomposisi, pada hasil SVD adalah menyajikan serangkaian seri awal yang telah dipisahkan dengan baik (Marwati, 2012). Dalam tahap rekonstruksi terdapat dua langkah, yaitu langkah *grouping* yang dilanjutkan dengan pembentukan deret rekonstruksi berdasarkan hasil yang diperoleh pada langkah *diagonal averaging*.

a. *Grouping*

Pada tahap ini dilakukan pengelompokan matriks \mathbf{X}_i dengan tujuan untuk memisahkan komponen *eigen triple* yang diperoleh pada tahap SVD ke dalam beberapa sub kelompok, yaitu *trend*, *seasonal*, *noise*. Proses *grouping* dilakukan dengan cara mengelompokkan set-set indeks $i = \{1, 2, \dots, d\}$ ke dalam m subset disjoint $I_1, I_2, I_3, \dots, I_m$ dengan $m = d$. Kemudian \mathbf{X}_i disesuaikan dengan kelompok $I = \{I_1, I_2, \dots, I_m\}$. Maka, $\mathbf{X}_i = \mathbf{X}_1 + \mathbf{X}_2 + \cdots + \mathbf{X}_d$ dapat dituliskan persamaan sebagai berikut:

$$\mathbf{X}_I = \mathbf{X}_{I_1} + \mathbf{X}_{I_2} + \cdots + \mathbf{X}_{I_m} \tag{2.10}$$

Tahapan untuk memilih set $I = \{I_1, I_2, \dots, I_m\}$ disebut *eigen triple grouping* yang dilakukan dengan *trial and error*. Penentuan anggota grup adalah dengan diagram pencar dari \mathbf{X}_i , dengan dibentuk suatu grup jika diagram pencar dari \mathbf{X}_I memiliki

bentuk yang sama artinya komponen-komponen tersebut memiliki karakteristik yang hampir sama (Golyandina *et al.*, 2013).

b. Diagonal Averaging

Langkah terakhir dalam proses SSA adalah mengubah setiap matriks X_t pada Persamaan (2.10) menjadi suatu runtun waktu baru dengan panjang N . Misalkan matriks Y adalah sebuah matriks sebarang berukuran $L \times K$ dengan unsur y_{ij} untuk $1 \leq i \leq L$ dan $1 \leq j \leq K$, dengan $L < K$.

$$Y = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \cdots & y_k \\ y_{21} & y_{22} & \cdots & y_{k+1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & y_{k+2} \\ y_L & y_{L+1} & y_{L+2} & y_N \end{bmatrix} \tag{2.11}$$

Diagonal averaging memindahkan matriks Y ke deret g_0, \dots, g_{N-1} dengan rumus sebagai berikut:

$$g_k = \begin{cases} \frac{1}{k} \sum_{m=1}^k y_{m,k-m+1}^* & \text{untuk } 1 \leq k \leq L^* \\ \frac{1}{L^*} \sum_{m=1}^{L^*} y_{m,k-m+1}^* & \text{untuk } L^* - 1 \leq k < K^* \\ \frac{1}{N - k + 1} \sum_{m=k-K^*+2}^{N-K^*+1} y_{m,k-m+2}^* & \text{untuk } K^* \leq k < N \end{cases} \tag{2.12}$$

Berdasarkan Persamaan (2.12), misalkan pada matriks Y dipilih untuk $k = 1$ memberikan $g_1 = y_{1,1}$, untuk $k = 2$, maka $g_2 = \frac{y_{1,2} + y_{2,1}}{2}$, untuk $k = 3$, maka $g_3 = \frac{y_{1,3} + y_{2,2} + y_{3,1}}{3}$ dan begitu seterusnya (Golyandina *et al.*, 2013)

2.3 Ketepatan Pencapaian Peramalan

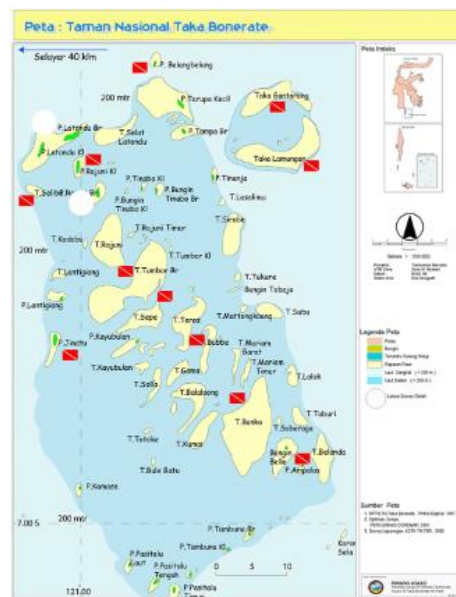
Dalam melakukan suatu peramalan yang merupakan kegiatan memprediksi masa depan dengan menggunakan data di masa lampau, hasil yang didapatkan tidaklah sama dengan data sesungguhnya. Salah satu tingkat akurasi peramalan dapat diukur dari nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) yaitu rata-rata persentase kesalahan pertama dari beberapa periode. Tingkat keakuratan dapat dijelaskan dengan

membandingkan nilai yang diproyeksikan dengan nilai aktual. Untuk melakukan peramalan maka nilai akurasi harus semakin kecil (Hardi. D. T., *et al.*, 2019).

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^N \left| \frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t} \right|}{N} \times 100\% \quad (2.13)$$

2.4 Taman Nasional Taka Bonerate

Taman Nasional Taka Bonerate merupakan salah satu kawasan pelestarian alam yang mempunyai ekosistem asli, dikelola dengan sistem zonasi untuk tujuan penelitian, ilmu pengetahuan, pendidikan, menunjang budidaya, pariwisata dan rekreasi. Status Kawasan Taka bonerate bermula sebagai cagar alam berdasarkan SK Menteri Kehutanan No. 100/KPTS-II/1989. Kemudian ditunjuk menjadi Taman Nasional berdasarkan SK Menteri Kehutanan No. 280/KTPS-II/1992, tanggal 26 Februari 1992 dan ditetapkan pada tahun 2001 hingga sekarang.



Gambar 2.1 Peta Kawasan Taman Nasional Taka Bonerate

Secara administrasi Kawasan Taman Nasional Taka Bonerate berada pada kecamatan Taka Bonerate yang sebelumnya menjadi Taman Nasional tahun 1992, Kawasan Taka Bonerate berada dalam dua wilayah administratif kecamatan, yaitu

bagian utara adalah Kepulauan Macan yang masuk ke dalam wilayah Kecamatan Pasimasunggu dan bagian selatan adalah Kepulauan Pasitallu yang masuk ke dalam wilayah Kecamatan Pasimarannu. Terdapat 5 desa dalam Kawasan Taman Nasional Taka Bonerate yaitu Desa Rajuni, Desa Latondu, Desa Tarupa, Desa Jinato dan Desa Tambuna. Taman Nasional Taka Bonerate merupakan kawasan pelestarian alam yang secara geografis terletak di Laut Flores pada pada $06^{\circ} 17' 15''$ - $07^{\circ} 06' 45''$ LS dan $120^{\circ} 53' 30''$ - $121^{\circ} 25' 00''$ BT.

Kawasan ini ditetapkan sebagai TN Laut Taka Bonerate dengan SK Menteri Kehutanan pada tanggal 15 Maret 2001. Karakteristik Kawasan berupa pulau-pulau kecil, perairan laut dengan ekosistem pantai, terumbu karang, dan biota laut lainnya. Ada sebanyak 15 buah pulau kecil-kecil di Taman Nasional Taka Bonerate yang sering digunakan untuk kegiatan menyelam, *snorkling*, serta wisata bahari lainnya. Topografi Kawasan Taman Nasional Taka Bonerate sangat unik dan menarik, yakni atoll yang terdiri dari gugusan pulau-pulau gosong karang dan rataaan terumbu yang luas dan tenggelam, membentuk pulau-pulau dengan jumlah yang cukup banyak.