

**PENERAPAN METODE *SINGULAR SPECTRUM ANALYSIS* (SSA) UNTUK
MEMPREDIKSI RATA-RATA SUHU UDARA PROVINSI LAMPUNG**

(Skripsi)

Oleh

**ANOM WISNU SYAPUTRA
1917031073**



**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRACT

APPLICATION OF SINGULAR SPECTRUM ANALYSIS (SSA) METHOD TO PREDICT AVERAGE AIR TEMPERATURE OF LAMPUNG PROVINCE

By

ANOM WISNU SYAPUTRA

Forecasting is the science of predicting something that will happen in the future by considering existing data from the previous time. Forecasting techniques are widely applied to predict various kinds of cases, one of which is air temperature. The average air temperature data in Lampung Province is a non-stationary time series data that has a seasonal pattern. Analysis of this seasonal data pattern was carried out using the Singular Spectrum Analysis (SSA) method. SSA is a data analysis method that is able to decompose data from time to time into a simpler form so that it is good at obtaining data forecasts. The application of SSA is not bound by parametric assumptions such as stationarity, so it is quite flexible to be applied to various types of data. The purpose of this study is to identify the characteristics of time series data patterns and find out the best SSA model to predict the average air temperature for the next several periods. Based on the results of the study, 3 groups of data patterns with different periods were obtained and the best SSA model was obtained with windows length (L) of 42 and grouping effect (r) of 6 which produced the highest level of forecasting accuracy with a MAPE value of 1.19%.

Keywords: forecasting, singular spectrum analysis, air temperature

ABSTRAK

PENERAPAN METODE *SINGULAR SPECTRUM ANALYSIS* (SSA) UNTUK MEMPREDIKSI RATA-RATA SUHU UDARA PROVINSI LAMPUNG

Oleh

ANOM WISNU SYAPUTRA

Peramalan (*forecasting*) adalah ilmu untuk memprakirakan sesuatu yang akan terjadi di waktu mendatang dengan mempertimbangkan data-data yang ada dari waktu sebelumnya. Teknik peramalan banyak diterapkan untuk meramalkan berbagai macam kasus, salah satunya yaitu Suhu Udara. Data Rata-rata Suhu Udara di Provinsi Lampung merupakan data deret waktu tidak stasioner yang memiliki pola musiman. Analisis pada data berpola musiman ini dilakukan dengan Metode *Singular Spectrum Analysis* (SSA). SSA merupakan metode analisis data yang mampu menguraikan data deret waktu menjadi bentuk yang lebih sederhana sehingga baik dalam memperoleh data ramalan. Penerapan SSA tidak terikat kepada asumsi parametrik seperti stasioneritas sehingga cukup fleksibel diterapkan pada berbagai jenis data. Tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi karakteristik pola data deret waktu dan mengetahui Model SSA terbaik untuk memprediksi rata-rata suhu udara beberapa periode ke depan. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh 3 kelompok pola data dengan periode yang berbeda dan didapatkan model SSA terbaik dengan *windows length* (L) yaitu 42 dan *grouping effect* (r) yaitu 6 yang menghasilkan tingkat akurasi peramalan tertinggi dengan nilai MAPE sebesar 1,19 %.

Kata kunci: peramalan, *singular spectrum analysis*, suhu udara

**PENERAPAN METODE *SINGULAR SPECTRUM ANALYSIS* (SSA) UNTUK
MEMPREDIKSI RATA-RATA SUHU UDARA PROVINSI LAMPUNG**

Oleh

ANOM WISNU SYAPUTRA

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA MATEMATIKA**

Pada

Jurusan Matematika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung



**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

Judul Skripsi : **PENERAPAN METODE SINGULAR
SPECTRUM ANALYSIS (SSA) UNTUK
MEMPREDIKSI RATA-RATA SUHU UDARA
PROVINSI LAMPUNG**

Nama Mahasiswa : **Anom Wisnu Syaputra**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1917031073**

Jurusan : **Matematika**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



Drs. Eri Setiawan, M.Si.
NIP. 19581101 198803 1 002

Agus Sutrisno, S.Si., M.Si.
NIP. 19700831 199903 1 002

2. Ketua Jurusan Matematika

Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si.
NIP. 19740316 200501 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: **Drs. Eri Setiawan, M.Si.**



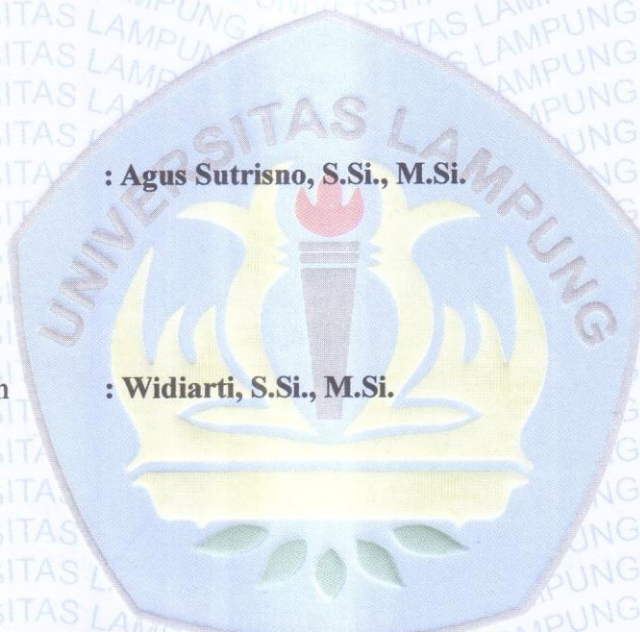

Sekretaris

: **Agus Sutrisno, S.Si., M.Si.**



Penguji Bukan
Pembimbing

: **Widiarti, S.Si., M.Si.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, S.Si. M.Si.
NIP. 19711001 200501 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **31 Mei 2023**

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Anom Wisnu Syaputra**
Nomor Pokok Mahasiswa : **1917031073**
Jurusan : **Matematika**
Judul Skripsi : **PENERAPAN METODE *SINGULAR SPECTRUM ANALYSIS* (SSA) UNTUK MEMPREDIKSI RATA-RATA SUHU UDARA PROVINSI LAMPUNG**

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri dan semua tulisan yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah karya penulisan ilmiah Universitas Lampung.

Bandar Lampung, 31 Mei 2023


30E4AAKX456697283
ANOM WISNU Syaputra
NPM. 1917031073

RIWAYAT HIDUP

Anom Wisnu Syaputra dilahirkan di Kota Lubuklinggau, Sumatera Selatan pada tanggal 19 Maret 2001, putra dari Bapak Taryono dan Ibu Sari Jumiati. Penulis merupakan anak ketiga dari empat bersaudara.

Penulis memulai pendidikan formal di SD Negeri 58 Kota Lubuklinggau pada tahun 2007-2013. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 1 Kota Lubuklinggau pada tahun 2013-2016, dan dilanjutkan di SMA Negeri 2 Kota Lubuklinggau pada tahun 2016 dan selesai pada tahun 2019.

Pada tahun yang sama, penulis terdaftar sebagai mahasiswa di program studi S1-Matematika, Fakultas MIPA di Universitas Lampung. Pada tahun 2022, penulis melaksanakan Kerja Praktik (KP) di Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Lubuklinggau. Pada tahun yang sama, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Nibung, Kecamatan Gunung Pelindung, Kabupaten Lampung Timur, Provinsi Lampung sebagai bentuk pengabdian masyarakat. Pengalaman organisasi penulis yaitu menjabat sebagai Ketua Bidang Minat dan Bakat Himpunan Mahasiswa Jurusan Matematika (HIMATIKA) Fakultas MIPA Universitas Lampung pada tahun 2021.

KATA INSPIRASI

“Sesungguhnya Tuhanku amat dekat lagi memperkenankan (doa hamba-Nya)”

(Q.S Huud: 61)

“Karena sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan, sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan”

(Q.S Al-Insyirah: 5-6)

"Angin tidak berhembus untuk menggoyangkan pepohonan, melainkan menguji kekuatan akarnya"

(Ali bin Abi Thalib)

“Setiap perjalanan pasti menuju akhir, Jangan Terburu-buru!”

(Zhongli)

"Boleh jadi keterlambatanmu dari suatu perjalanan adalah keselamatanmu”

(Quraish Shihab)

“Untuk bertahan dari kesulitan, kamu harus bersiap menghadapi kesulitan itu sendiri”

(Sangonomiya Kokomi)

PERSEMBAHAN

Puji Syukur kepada Allah SWT, Karena atas limpahan berkah, rahmat, dan karunia-Nya skripsi ini dapat diselesaikan

Ku persembahkan karya sederhana penuh kesabaran dan perjuangan ini kepada:

Ayahanda Taryono dan Ibunda Sari Jumiatí

Terima kasih telah selalu ada untukku, orang yang selalu membuatku termotivasi dan selalu menyirami kasih sayang, selalu mendoakanku, selalu menasehatiku serta selalu meridhoiku melakukan hal yang lebih baik. Terimalah Penghargaan kecil ini sebagai bukti keseriusanku untuk menjadi kebanggaan bagi ayah dan ibu.

Semoga ini menjadi langkah awal untuk membuat ayah dan ibu bahagia karena kusadar, selama ini belum bisa menjadi orang yang lebih baik untuk ayah dan ibu.

Terima kasih ayah dan ibu.

Kakak-kakak dan Keluarga tercintaku

Terima kasih banyak atas semangat, motivasi, dukungan, serta doa yang selalu kalian berikan hingga aku bisa mencapai titik ini.

Almamater yang kucinta, Universitas Lampung

SANWACANA

Penulis mengucapkan puji syukur kehadirat Allah SWT, karena dengan ridho dan karunia-Nya serta atas berkah dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Penerapan Metode *Singular Spectrum Analysis* (SSA) untuk Memprediksi Rata-rata Suhu Udara Provinsi Lampung”**.

Dalam proses penulisan skripsi ini, penulis banyak mendapat motivasi, dukungan, pengarahan, saran serta bimbingan dari berbagai pihak. Dengan segala kerendahan dan ketulusan hati penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Drs. Eri Setiawan, M.Si., selaku Dosen Pembimbing pertama serta Dosen Pembimbing Akademik atas arahan, bimbingan, serta kesabaran dalam membimbing penulis selama proses penelitian dan membimbing penulis selama menuntut ilmu di Universitas Lampung.
2. Bapak Agus Sutrisno, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing kedua yang telah memberikan saran, bimbingan, serta dukungan bagi penulis.
3. Ibu Widiarti, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan ide, kritik dan saran sehingga terselesaikannya skripsi ini.
4. Bapak Dr. Aang Nuryaman, M.Si., selaku Kepala Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung.
5. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si., selaku Dekan FMIPA Universitas Lampung.
6. Para Dosen dan Staff Jurusan Matematika FMIPA Universitas Lampung.

7. Ayah, Ibu, Kakak-kakak, dan keluarga tercinta yang selalu memberikan motivasi, semangat, dan doa yang tak terhingga kepada penulis.
8. Sahabat-sahabat penulis yaitu Agung dan Novrizal yang selalu memberikan bantuan, doa, semangat dan keceriaan pada penulis.
9. Sahabat-sahabat penulis yaitu Adjie Kusuma Prayoga, Tarisa Banowati, Aji Dwi Pangestu, Nabilla Yolanda Paramitha, dan Yeni Suci Paramitha yang telah memberikan bantuan, semangat, serta pengalaman berharga bagi penulis.
10. Keluarga penulis dari bidang Minat dan Bakat HIMATIKA FMIPA Unila yang telah memberikan dukungan, keceriaan, serta kenangan tak terlupakan selama penulis menjalankan proses pembelajaran di Universitas Lampung.
11. Sahabat-sahabat kelompok 2 KKN Desa Nibung yang telah memberikan semangat dan keceriaan bagi penulis.
12. Teman-teman pimpinan HIMATIKA FMIPA Unila periode 2021 yang telah memberikan motivasi bagi penulis.
13. Teman-teman Matematika 2019 yang menjadi semangat bagi penulis.
14. Semua pihak yang terlibat dalam penyelesaian skripsi yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa pada skripsi masih ada kekurangan dan jauh dari kesempurnaan. Akan tetapi, sedikit harapan penulis semoga karya sederhana ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, 31 Mei 2023
Penulis,

Anom Wisnu Syaputra

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Manfaat Penelitian.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Teori Matriks	4
2.2 Analisis Deret Waktu.....	6
2.3 Pola Deret Waktu.....	6
2.4 Singular Spectrum Analysis (SSA)	7
2.4.1 Dekomposisi.....	7
2.4.1.1 <i>Embedding</i>	7
2.4.1.2 <i>Singular Value.Decomposition (SVD)</i>	8
2.4.2 Rekonstruksi.....	10
2.4.2.1 <i>Grouping</i>	10
2.4.2.2 <i>Diagonal Averaging</i>	11
2.5 <i>Linear Recurrent Formula (LRF)</i>	12
2.6 Akurasi Peramalan	12
2.7 <i>Pairwise Scatterplot</i>	13
2.8 Keterpisahan.....	14
2.9 <i>Periodogram</i>	14
2.10 Suhu Udara.....	16
III. METODOLOGI PENELITIAN.....	17
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	17
3.2 Data Penelitian	17
3.3 Metode Penelitian.....	18
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	20
4.1 Deskripsi Data	20
4.2 Analisis Data	22
4.3.1 Dekomposisi.....	23

4.3.1.1	<i>Embedding</i>	24
4.3.1.2	<i>Singular Value Decomposition (SVD)</i>	24
4.3.2	Rekonstruksi.....	25
4.3.2.1	<i>Grouping</i>	26
4.3.2.2	<i>Diagonal Averaging</i>	30
4.3	Evaluasi Model.....	32
4.4	Peramalan	34
V.	KESIMPULAN	35
	DAFTAR PUSTAKA	36
	LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 4.1. Data Rata-Rata Suhu Udara Provinsi Lampung.....	20
Tabel 4.2. Nilai ADF	21
Tabel 4.3. Tabel data <i>in sample</i> rata-rata suhu udara	22
Tabel 4.4. Tabel data <i>out sample</i> rata-rata suhu udara	22
Tabel 4.5. Hasil MAPE Berdasarkan Nilai L	23
Tabel 4.6. Nilai Eigen dan Nilai Singular	24
Tabel 4.7. Vektor Singular Kiri	25
Tabel 4.8. Vektor Singular Kanan	25
Tabel 4.9. Hasil MAPE Berdasarkan Nilai r	26
Tabel 4.10. <i>Grouping</i>	30
Tabel 4.11. Hasil Rekonstruksi	31
Tabel 4.12. Koefisien <i>Linear Recurrent Formula</i>	32
Tabel 4.13. Evaluasi Model.....	33
Tabel 4.14. Hasil Prediksi Rata-Rata Suhu Udara	34

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2.1. <i>Pairwise Scatterplots</i>	13
Gambar 3.1. Diagram Alur Metode Penelitian.....	19
Gambar 4.1. Plot data rata-rata suhu udara bulanan Provinsi Lampung.....	21
Gambar 4.2. <i>Scree Plot</i> Nilai Singular	27
Gambar 4.3. Plot Deret yang Direkonstruksi	27
Gambar 4.4. <i>Pairwise Scatterplots</i> Vektor Eigen.....	28
Gambar 4.5. Plot <i>W-Correlation Eigen triple</i>	28
Gambar 4.6. <i>Periodogram</i> Deret yang Direkonstruksi <i>Eigen triple</i> 4 sampai 6... 29	
Gambar 4.7. Plot <i>W-Correlation</i> 3 kelompok	30
Gambar 4.8. Plot Hasil Rekonstruksi.....	31
Gambar 4.9. Plot Perbandingan Data Awal dan Hasil Rekonstruksi	31
Gambar 4.10. Plot Data Aktual dan Data Peramalan	33
Gambar 4.11. Plot Hasil Prediksi Rata-Rata Suhu Udara	34

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Peramalan (*forecasting*) adalah ilmu untuk memprakirakan sesuatu yang akan terjadi di waktu yang akan datang dengan mempertimbangkan data-data yang ada dari waktu sebelumnya. Analisis ini menggunakan pengamatan dari data-data yang telah dikumpulkan sebelumnya yang dinamakan data deret waktu (*time series*). Peramalan digunakan dalam pengambilan keputusan untuk memperoleh suatu tujuan tertentu dengan memprediksi kondisi di masa yang akan datang (Purnama, 2022). Banyak penelitian terdahulu menggunakan teknik peramalan untuk meramalkan berbagai macam kasus, seperti peramalan mengenai inflasi, penjualan produk, harga saham, produksi pertanian maupun mengenai cuaca.

Cuaca merupakan suatu bagian yang tidak terlepas dari keseharian manusia. Informasi mengenai cuaca dirasa sangat dibutuhkan saat ini. Informasi tersebut biasanya digunakan dalam pembuatan perencanaan serta pelaksanaan program pada berbagai sektor seperti pembangunan, pertanian, pariwisata maupun berbagai kegiatan ekonomi lain. Cuaca memiliki beberapa unsur, salah satunya adalah suhu udara. Menurut BMKG (2022), pada beberapa dekade terakhir terjadi perubahan iklim global secara ekstrem yang memperlihatkan peningkatan suhu permukaan dengan laju yang bervariasi, secara umum suhu di Indonesia mengalami kenaikan dengan besaran yang bervariasi sekitar $0.03\text{ }^{\circ}\text{C}$ setiap tahunnya. Hal ini dapat disimpulkan bahwa dalam 30 tahun akan mengalami kenaikan sebesar $0.9\text{ }^{\circ}\text{C}$. Dengan adanya perubahan suhu udara yang terus meningkat, tentunya akan menimbulkan permasalahan yang dapat mempengaruhi

berbagai hal, seperti kesehatan, pertanian, pariwisata, serta kegiatan ekonomi lainnya. Oleh karena itu, peramalan suhu udara merupakan hal yang perlu diperhatikan agar dapat dilakukan langkah berikutnya dalam meminimalisir dampak dari perubahan suhu udara yang semakin meningkat.

Dengan adanya kemajuan teknologi yang semakin maju, membuat banyak perubahan yang terjadi di tatanan kehidupan manusia. Perkembangan teknologi yang terjadi di dunia modern ini menuntut adanya penemuan-penemuan maupun inovasi-inovasi baru hadir sebagai bentuk kemajuan peradaban umat manusia. Sebenarnya banyak metode yang dapat diterapkan untuk meramal sesuatu kemungkinan yang akan datang, namun salah satu teknologi yang dikembangkan oleh para ilmuwan modern untuk meramalkan kejadian yang akan datang tersebut saat ini salah satunya yaitu *Singular Spectrum Analysis* (SSA).

SSA merupakan teknik analisis dan peramalan deret waktu yang dalam penerapannya, baik model parametrik maupun kondisi stasioneritas tidak harus diasumsikan (Golyandina, dkk., 2020). Tujuan dari SSA yaitu menguraikan rangkaian data deret waktu menjadi jumlah dari sejumlah kecil komponen-komponen independen yang dapat diinterpretasikan seperti trend, musiman, dan *noise* (Hassani, 2007). Adapun beberapa penelitian terdahulu yang menerapkan metode SSA diantaranya yaitu peramalan jumlah penumpang kereta api di Indonesia (Khaeri, dkk., 2017), peramalan curah hujan bulanan di Pos Hujan Jatisrono (Utami, dkk., 2021), peramalan curah hujan di Provinsi Gorontalo (Purnama, 2022), dan lain-lain.

Penelitian mengenai SSA ini merujuk pada penelitian Purnama, dkk. (2022) mengenai aplikasi metode SSA pada peramalan curah hujan di Provinsi Gorontalo. Pada penelitian tersebut, *windows length* (L) dan *Grouping Effect* (r) yang digunakan dipilih secara *trial and error* dengan metode peramalan *Linear Recurrent Formula* atau *R-forecasting* hingga menghasilkan tingkat keakuratan yang sangat baik dengan MAPE sebesar 2,9% (Purnama, 2022).

Adapun penelitian mengenai peramalan suhu udara Provinsi Lampung baru pertama kali dilakukan. Oleh karena itu, penulis melakukan penelitian mengenai penerapan metode *Singular Spectrum Analysis* (SSA) untuk memprediksi rata-rata suhu udara Provinsi Lampung.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi karakteristik data deret waktu rata-rata suhu udara Provinsi Lampung.
2. Mengetahui model SSA terbaik dalam meramalkan rata-rata suhu udara Provinsi Lampung berdasarkan tingkat akurasi peramalan terbaik.
3. Mengetahui hasil peramalan rata-rata suhu udara Provinsi Lampung tahun 2023.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Sebagai rujukan pengembangan ilmu matematika tentang *Singular Spectrum Analysis* (SSA).
2. Sebagai referensi tambahan bagi pembaca mengenai metode *Singular Spectrum Analysis* (SSA).

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Matriks

Matriks merupakan susunan persegi atau persegi panjang yang terdiri dari bilangan-bilangan. Bilangan-bilangan dalam susunan tersebut disebut sebagai entri matriks (Anton, 1987). Matriks juga dapat dikatakan sebagai kelompok bilangan-bilangan yang disusun secara khusus dalam bentuk baris dan kolom sehingga membentuk empat persegi panjang atau persegi yang ditulis di antara dua tanda kurung, yaitu () atau []. Matriks dapat dinyatakan dalam bentuk:

$$\mathbf{X}_{m \times n} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1j} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2j} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ x_{i1} & x_{i2} & \cdots & x_{ij} & \cdots & x_{in} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mj} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix}$$

Matriks juga dapat dinyatakan sebagai $\mathbf{x}_{m \times n} = [x_{ij}]_{m \times n}$

dimana : x_{ij} = elemen matriks
 i = 1, 2, 3, ..., m; indeks baris
 j = 1, 2, 3, ..., n; indeks kolom

Terdapat beberapa jenis matriks, diantaranya yaitu:

1. Matriks Bujur Sangkar

Sebuah matriks \mathbf{X} disebut matriks bujur sangkar apabila jumlah baris pada matriks sama dengan jumlah kolom, ordo ($n \times n$) dengan entri-entri $x_{11}, x_{22}, \dots, x_{nn}$ disebut diagonal utama dari matriks \mathbf{X} .

2. Matriks Simetris
Matriks \mathbf{X} berordo $n \times n$ disebut simetris apabila $\mathbf{X}^T = \mathbf{X}$ dan entri entri nya simetris terhadap diagonal utama, yaitu $x_{ij} = x_{ji}$.
3. Matriks Diagonal
Matriks bujur sangkar \mathbf{X} disebut sebagai matriks diagonal apabila semua entri di bawah diagonal utama dan di atas diagonal utama adalah nol.
4. Transpose Matriks.
Apabila \mathbf{X} merupakan matriks dengan ordo $m \times n$, maka transpose \mathbf{X} dinyatakan dengan \mathbf{X}^T . \mathbf{X}^T merupakan matriks $n \times m$ yang didapatkan dengan mengubah baris dan kolom \mathbf{X} ; yaitu kolom pertama dari \mathbf{X}^T adalah baris pertama dari \mathbf{X} , kolom kedua dari \mathbf{X}^T adalah baris kedua dari \mathbf{X} , dan seterusnya.
5. Invers Matriks
Apabila \mathbf{X} merupakan matriks bujur sangkar, dan apabila terdapat suatu matriks \mathbf{Y} berordo sama sedemikian sehingga $\mathbf{XY} = \mathbf{YX} = \mathbf{I}$, maka \mathbf{X} disebut *invertible* dan \mathbf{Y} disebut invers dari \mathbf{X} . Sebuah matriks bujur sangkar \mathbf{X} dapat disebut *invertible* jika dan hanya jika $\det(\mathbf{X}) \neq 0$.
6. Orthogonal dan Orthonormal
Matriks bujur sangkar \mathbf{X} disebut sebagai matriks orthogonal jika dan hanya jika $\mathbf{X}^{-1} = \mathbf{X}^T$. Untuk matriks \mathbf{X} berordo $n \times n$, pernyataan berikut ekuivalen :
 - a. \mathbf{X} adalah matriks orthogonal
 - b. $\|\mathbf{X} \mathbf{a}\| = \|\mathbf{a}\|$ untuk semua \mathbf{a} pada R^n
 - c. $\mathbf{X} \mathbf{a} \cdot \mathbf{X} \mathbf{b} = \mathbf{a} \cdot \mathbf{b}$ untuk semua \mathbf{a} dan \mathbf{b} pada R^n
 - d. Kolom-kolom dari matriks \mathbf{X} membentuk sebuah basis orthonormal di R^n
 - e. $\mathbf{X}^T \mathbf{X} = \mathbf{I}_n$
 - f. $\mathbf{X}^{-1} = \mathbf{X}^T$
7. Nilai Eigen dan Vektor Eigen
Untuk suatu matriks bujur sangkar \mathbf{X} , terdapat vektor tak nol \mathbf{a} dan suatu skalar λ sehingga $\mathbf{X} \mathbf{a} = \lambda \mathbf{a}$, $\mathbf{a} \neq 0$, Skalar λ disebut nilai eigen dari \mathbf{X} dan vektor $\mathbf{a} \neq 0$ disebut vektor eigen yang bersesuaian dengan λ .

2.2 Analisis Deret Waktu

Analisis deret waktu merupakan analisis peramalan atau prediksi menggunakan hubungan antar variabel yang diperkirakan dengan deret waktu. Runtun waktu adalah pengamatan pada suatu variabel dari waktu lampau dan dicatat secara berurutan menurut urutan waktu dengan periode yang tetap (Hanke *and* Wcihern, 2004). Data deret waktu adalah rangkaian data yang merupakan nilai pengamatan yang diukur selama beberapa waktu tertentu, berdasarkan interval waktu yang tetap (Wei, 2006).

2.3 Pola Deret Waktu

Pola data deret waktu terbagi menjadi 4 antara lain horizontal, musiman, siklis, dan trend dengan setiap pola data memiliki kriteria yang berbeda-beda (Aden, 2020). Berikut adalah pola data deret waktu:

1. Horizontal, yaitu fluktuasi data yang relatif konstan meskipun terdapat kenaikan atau penurunan, namun jika di rata-rata masih berada dalam titik rata-rata.
2. Musiman, yaitu Pola yang terbentuk apabila suatu deret data yang dipengaruhi oleh faktor musiman. Pola data musiman merupakan fluktuasi data yang berulang setiap beberapa periode tertentu, seperti hari, minggu bahkan bulan.
3. Siklis, yaitu fluktuasi seperti gelombang di sekitar trend, atau bisa disebut sebagai pola data musiman namun dalam jangka panjang.
4. Tren, yaitu komponen data deret waktu yang memperlihatkan peningkatan atau penurunan dalam jangka panjang selama periode waktu yang diamati.

2.4 Singular Spectrum Analysis (SSA)

Singular Spectrum Analysis (SSA) merupakan teknik analisis dan peramalan data deret waktu yang bersifat nonparametrik dimana dalam penerapannya asumsi parametrik tidak harus terpenuhi (Golyandina, dkk., 2020). SSA bertujuan untuk mendekomposisi sebuah rangkaian data menjadi jumlah dari sejumlah kecil komponen-komponen independen yang dapat diinterpretasikan seperti trend, musiman, dan *noise* (Hassani, 2007). Tahap dalam SSA terbagi menjadi dua yang saling melengkapi, yaitu tahap dekomposisi dan tahap rekonstruksi.

2.4.1 Dekomposisi

Parameter yang digunakan dalam tahap dekomposisi adalah *Window Length (L)* (Ischak, 2018). Fungsi dari parameter ini adalah untuk menentukan jumlah dimensi matriks lintasan. Nilai L merupakan dimensi dari matriks lintasan yang merupakan matriks dari perkalian Hankel. *Window length (L)* dipilih berdasarkan *trial and error*. Langkah utama dalam dekomposisi terbagi menjadi dua, yaitu *Embedding* dan *Singular Value Decomposition (SVD)*.

2.4.1.1 *Embedding*

Embedding adalah proses dimana data deret waktu asli diubah menjadi *Trajectory matrix* (matriks lintasan), artinya data asli yang merupakan data satu dimensi diubah menjadi bentuk multidimensi (Asrof, dkk., 2017). Matriks lintasan \mathbf{X} berordo $L \times K$. L adalah *windows length* yang menjadi jumlah baris matriks, sedangkan K akan menjadi jumlah kolom matriks dimana $K = N - L + 1$. Pemilihan *window length (L)* pada langkah ini dengan rentang $2 < L < \frac{N}{2}$.

Menurut Khaeri, dkk. (2017), belum ada metode khusus untuk menentukan nilai L secara pasti, sehingga untuk menentukan nilai L dilakukan dengan proses *trial and error*. Menurut Hassani (2007), untuk mendapatkan keterpisahan yang lebih baik disarankan untuk mengambil nilai L yang sebanding dengan periode musiman dari data deret waktu. Matriks lintasan \mathbf{X} yang dibentuk dapat disebut matriks hankel dimana semua elemen anti diagonalnya memiliki nilai yang sama, dengan demikian dapat dituliskan sebagai:

$$\mathbf{X} = (\mathbf{x}_n)_{L \times K} = [x_1, x_2, \dots, x_N] = \begin{bmatrix} x_1 & x_2 & x_3 & \cdots & x_k \\ x_2 & x_3 & x_4 & \cdots & x_{k+1} \\ x_3 & x_4 & x_5 & \cdots & x_{k+2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_L & x_{L+1} & x_{L+2} & \cdots & x_N \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

2.4.1.2 Singular Value Decomposition (SVD)

Setelah melakukan langkah *embedding* sehingga menghasilkan matriks hankel, langkah selanjutnya adalah SVD. Golub dan Loan (2013) mengemukakan bahwa jika \mathbf{X} adalah matriks $L \times K$ dengan entri bilangan real, maka terdapat matriks ortogonal $\mathbf{U} = [\mathbf{u}_1 | \dots | \mathbf{u}_K] \in \mathbb{R}^{L \times L}$ dan $\mathbf{V} = [\mathbf{v}_1 | \dots | \mathbf{v}_K] \in \mathbb{R}^{K \times K}$ sedemikian rupa Sehingga

$$\mathbf{U}^T \mathbf{X} \mathbf{V} = \mathbf{\Sigma} = \text{diag}(\sigma_1, \dots, \sigma_d) \in \mathbb{R}^{L \times K}, \quad d = \min \{L, K\} \quad (2.2)$$

Dengan $\sigma_i = \sqrt{\lambda}$ adalah nilai singular dari matriks \mathbf{X} , \mathbf{u}_i adalah vektor singular kiri dari matriks \mathbf{X} yang merupakan vektor eigen dari matriks $\mathbf{X}\mathbf{X}^T$ yang telah ternormalisasi terhadap panjangnya, dan \mathbf{v}_i adalah vektor singular kanan dari matriks \mathbf{X} yang merupakan vektor eigen dari matriks $\mathbf{X}^T\mathbf{X}$ yang telah ternormalisasi terhadap panjangnya.

Sebagai contoh diberikan matriks \mathbf{X} berukuran $L \times K$ dimana $L = \min \{L, K\}$ dengan entri bilangan real. Sehingga SVD dari matriks \mathbf{X} divisualisasikan sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & \cdots & v_{1L} \\ v_{21} & v_{22} & \cdots & v_{2L} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{K1} & v_{K2} & \cdots & v_{KL} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sigma_1}(x_{11}u_{11} + \cdots + x_{L1}u_{L1}) & \cdots & \frac{1}{\sigma_L}(x_{11}u_{1L} + \cdots + x_{L1}u_{LL}) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{1}{\sigma_1}(x_{1K}u_{11} + \cdots + x_{LK}u_{L1}) & \cdots & \frac{1}{\sigma_L}(x_{1K}u_{1L} + \cdots + x_{LK}u_{LL}) \end{bmatrix}$$

Apabila $\mathbf{V} = [\mathbf{v}_1 | \dots | \mathbf{v}_L]$, maka vektor \mathbf{v}_i dapat ditulis sebagai :

$$\begin{bmatrix} v_{1i} \\ v_{2i} \\ \vdots \\ v_{Ki} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sigma_i}(x_{11}u_{1i} + \cdots + x_{L1}u_{Li}) \\ \vdots \\ \frac{1}{\sigma_i}(x_{1K}u_{1i} + \cdots + x_{LK}u_{Li}) \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} v_{11} \\ v_{21} \\ \vdots \\ v_{K1} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sigma_i} \left(\begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1K} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{L1} & x_{L2} & \cdots & x_{LK} \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} u_{1i} \\ \vdots \\ u_{Li} \end{bmatrix} \right)$$

$$\mathbf{v}_i = \frac{1}{\sigma_i} (\mathbf{X}^T \mathbf{u}_i), \quad i = 1, 2, \dots, d \quad (2.5)$$

2.4.2 Rekonstruksi

Rekonstruksi merupakan tahapan dimana data direkonstruksi menjadi data deret waktu yang baru. *Grouping effect* (r) merupakan parameter yang memiliki peran penting dalam rekonstruksi yaitu banyaknya *eigen triple* pertama yang terlibat yang dipilih secara *trial and error* berdasarkan MAPE minimum. Dua langkah yang harus dilakukan dalam memperoleh deret yang direkonstruksi, yaitu *grouping* dan *diagonal averaging*.

2.4.2.1 Grouping

Pada langkah *grouping*, dilakukan pengelompokan matriks \mathbf{X}_i yang bertujuan untuk memisahkan komponen *eigen triple* yang diperoleh dari tahap dekomposisi ke dalam beberapa sub kelompok, yaitu trend, musiman, dan *noise* (Darmawan, 2016). Menurut Sodikin, dkk. (2021), proses *grouping* dilakukan dengan cara mengelompokkan set-set indeks $i = \{1, 2, \dots, d\}$ ke dalam m subset disjoint I_1, I_2, \dots, I_m . Jika $I = \{i_1, i_2, \dots, i_p\}$, sehingga matriks \mathbf{X}_i disesuaikan dengan

kelompok I didefinisikan sebagai $\mathbf{X}_I = \mathbf{X}_{I_1} + \dots + \mathbf{X}_{I_p}$. Matriks ini dihitung untuk $I = I_1 + I_2 + \dots + I_m$ sehingga persamaan (2.4) dapat diekspansi menjadi

$$\mathbf{X} = \mathbf{X}_{I_1} + \mathbf{X}_{I_2} + \dots + \mathbf{X}_{I_m} \quad (2.6)$$

Tahapan untuk memilih set $I = \{I_1, I_2, \dots, I_m\}$ disebut *eigentriple grouping*.

2.4.2.2 Diagonal Averaging

Menurut Asrof, dkk. (2017), *diagonal averaging* merupakan tahapan mengubah setiap kelompok dari langkah *grouping* menjadi data deret waktu baru berukuran N . Misalkan \mathbf{X} adalah sebuah matriks sembarang berordo $L \times K$ dengan unsur x_{ij} dengan $1 \leq i \leq L$ dan $1 \leq j \leq K$.

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1K} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2K} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{L1} & x_{L2} & \dots & x_{LK} \end{bmatrix} \quad (2.7)$$

Misalkan $L^* = \min(L, K)$ dan $K^* = \max(L, K)$, $N = L + K - 1$. Misalkan $x_{ij}^* = x_{ij}$ jika $L \leq K$ dan $x_{ij}^* = x_{ji}$ jika $L > K$. Kemudian mengubah matriks \mathbf{X} menjadi deret $\tilde{x}_1, \tilde{x}_2, \dots, \tilde{x}_N$ melalui *diagonal avergaing* dengan persamaan berikut:

$$\tilde{x}_n = \begin{cases} \frac{1}{n} \sum_{m=1}^n x_{m,n-m+1}^* & , 1 \leq n < L^* \\ \frac{1}{L^*} \sum_{m=1}^{L^*} x_{m,n-m+1}^* & , L^* \leq n \leq K^* \\ \frac{1}{N-n+1} \sum_{m=n-K^*+1}^{N-K^*+1} x_{m,n-m+1}^* & , K^* < n \leq N \end{cases} \quad (2.8)$$

jika diaplikasikan pada matriks resultan \mathbf{X}_I , akan terbentuk sebuah deret $\tilde{X}^{(i)} = (\tilde{x}_1^{(i)}, \tilde{x}_2^{(i)}, \dots, \tilde{x}_N^{(i)})$ sehingga deret asli didekomposisi menjadi jumlah dari m deret yang direkonstruksi sebagai berikut :

$$\tilde{x}_n = \sum_{i=1}^m \tilde{x}_n^{(i)} \quad (2.9)$$

2.5 Linear Recurrent Formula (LRF)

Menurut Asrof, dkk. (2017), Peramalan yang digunakan dalam metode SSA adalah *Linear Recurrent Formula (LRF)* atau *R forecasting*. Deret waktu yang digunakan dalam peramalan adalah deret hasil dari tahap rekonstruksi. Kemudian ditentukan M periode yang akan diramalkan. Model peramalannya adalah sebagai berikut :

$$\hat{x}_i = \begin{cases} \tilde{x}_i & \text{untuk } i = 0, \dots, N \\ \sum_{j=1}^{L-1} \mathbf{a}_j \hat{x}_{i-j} & \text{untuk } i = N + 1, \dots, N + M \end{cases} \quad (2.10)$$

R-forecasting berkaitan dengan penaksiran *Linear Recurrent Formula (LRF)* yaitu a_1, \dots, a_{L-1} menggunakan vektor eigen yang diperoleh dari tahapan SVD.

Misalkan $\mathbf{u}_i = (u_{1i}, u_{2i}, \dots, u_{(L-1)i}, u_{Li})$, $\mathbf{u}_i^\nabla = (u_{1i}, u_{2i}, \dots, u_{(L-1)i})$, dan π adalah komponen terakhir dari *eigenvector* \mathbf{u} atau dapat ditulis $\pi_i = u_{Li}$.

Sehingga koefisien LRF dapat dihitung dengan :

$$\mathfrak{R} = (a_{L-1}, a_{L-2}, \dots, a_1) = \frac{1}{1-v^2} \sum_{i=1}^L \pi_i \mathbf{u}_i^\nabla \quad (2.11)$$

Dengan $v^2 = \sum_{i=1}^L \pi_i^2$.

2.6 Akurasi Peramalan

Menurut Lewis (1982), mengetahui tingkat kesalahan pada suatu peramalan dapat menggunakan metode *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)* yaitu rata-rata dari keseluruhan persentase kesalahan antara data aktual dengan hasil prediksi. Adapun nilai MAPE dapat diperoleh menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{MAPE} = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n \left| \frac{x_i - \hat{x}_i}{x_i} \right| \quad (2.12)$$

Dimana x_i : Nilai observasi

\hat{x}_i : Nilai Peramalan

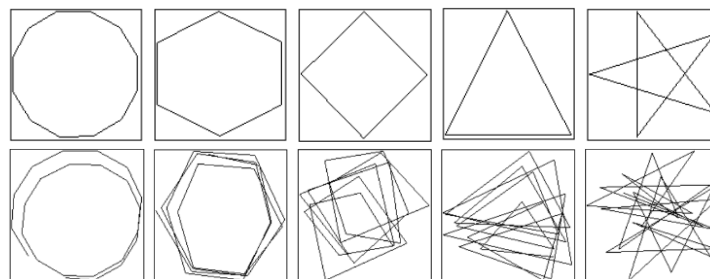
n : Jumlah data

Nilai MAPE yang dihasilkan mempunyai interpretasi sebagai berikut:

1. MAPE < 10% : peramalan sangat akurat
2. MAPE 10% – 20% : peramalan akurat
3. MAPE 20% – 50% : peramalan cukup
4. MAPE > 50% : peramalan tidak akurat.

2.7 *Pairwise Scatterplot*

Menurut Hassani (2007), nilai singular dari dua *eigen triple* yang membentuk komponen musiman seringkali sangat dekat satu sama lain, sehingga dapat memudahkan identifikasi komponen musiman. *Pairwise Scatterplots* memudahkan identifikasi secara visual pasangan *eigen triple* yang memiliki komponen musiman dengan periode yang sama. Vektor singular dari pasangan *eigen triple* yang memiliki komponen musiman dengan kemiripan periode akan membentuk membentuk sebaran titik-titik dengan pola tertentu yang terletak pada lingkaran. Adapun visualisasi *pairwise scatterplots* ditampilkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. *Pairwise Scatterplots*
(Sumber: Hassani, 2007)

Gambar 2.1 menggambarkan contoh *scatterplot* beberapa pasangan vektor eigen dengan pola yang bersesuaian dengan periode berturut-turut adalah periode 12, 6, 4, 3, dan 2,5.

2.8 Keterpisahan

Hassani (2007) mengemukakan bahwa konsep utama pada SSA adalah Keterpisahan, yang menunjukkan seberapa baik komponen yang berbeda dapat dipisahkan satu sama lain. Dekomposisi SSA dari suatu deret waktu dikatakan baik apabila deret-deret hasil dekomposisi dapat dipisahkan atau tidak memiliki korelasi satu sama lain. *Weighted Correlation* atau *W-Correlation* adalah ukuran kedekatan antara dua deret $\tilde{X}^{(1)}$ dan $\tilde{X}^{(2)}$ diperoleh dengan persamaan sebagai berikut :

$$\rho_{12}^{(w)} = \frac{(\tilde{X}^{(1)}, \tilde{X}^{(2)})_w}{\|\tilde{X}^{(1)}\|_w \|\tilde{X}^{(2)}\|_w} \quad (2.13)$$

dimana $\|\tilde{X}^{(i)}\|_w = \sqrt{(\tilde{X}^{(i)}, \tilde{X}^{(i)})_w}$ dan $(\tilde{X}^{(i)}, \tilde{X}^{(j)})_w = \sum_{k=1}^N w_i x_i^{(i)} x_i^{(j)}$.

Sedangkan

$$w_i = \begin{cases} i & , 1 \leq i < L^* \\ L^* & , L^* \leq i \leq K^* \\ N - i + 1 & , K^* < i \leq N \end{cases}$$

dimana $L^* = \min(L, K)$ dan $K^* = \max(L, K)$.

2.9 Periodogram

Menurut Golyandina, dkk. (2020), untuk mendeskripsikan deret waktu $X_n = (x_1, \dots, x_N)$ dalam frekuensi (ω_k), akan lebih mudah menggunakan ekspansi *fourier* dari X_n . Wei (2006) mengemukakan ekspansi *fourier* dari X_n sebagai berikut:

$$x_n = \sum_{k=1}^{\lfloor N/2 \rfloor} (C_k \cos(2\pi n k/N) + S_k \sin(2\pi n k/N))$$

dimana

$$C_k = \begin{cases} \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N x_n \cos(2\pi n k/N) & , k = 0 \text{ dan } k = \frac{N}{2} \text{ jika } N \text{ genap} \\ \frac{2}{N} \sum_{n=1}^N x_n \cos(2\pi n k/N) & , k = 1, 2, \dots, \left[\frac{N-1}{2} \right], \end{cases}$$

dan

$$S_k = \frac{2}{N} \sum_{n=1}^N x_n \sin(2\pi n k/N) \quad , k = 1, 2, \dots, \left[\frac{N-1}{2} \right]$$

C_k dan S_k adalah koefisien *Fourier*.

Nilai *Periodogram* didefinisikan sebagai:

$$I(\omega_k) = \begin{cases} NC_0^2 & , k = 0 \\ \frac{N}{2} (C_k^2 + S_k^2) & , 0 < k \leq [(N-1)/2] \\ NC_{N/2}^2 & , k = N/2 \text{ jika } N \text{ genap} \end{cases} \quad (2.14)$$

Periode yang diperoleh dari nilai periodogram $I^{(1)}(\omega_{(1)}) = \max(I(\omega_k))$, selanjutnya akan diuji apakah terdapat komponen periodik yang dilakukan menggunakan uji *Fisher Exact* dengan statistik uji yaitu:

$$T = \frac{I^{(1)}(\omega_{(1)})}{\sum_{k=1}^{\left[\frac{N}{2} \right]} I(\omega_k)} \quad (2.15)$$

dengan Hipotesis sebagai berikut:

H_0 : tidak terdapat komponen periodik pada frekuensi ω_k

H_1 : terdapat komponen periodik pada frekuensi ω_k

Kriteria keputusan, untuk $[N/2] (1 - g_\alpha)^{[N/2]-1} = \alpha$ dengan $\alpha = 0,05$. Jika nilai T lebih besar dari g_α , maka tidak terima H_0 .

2.10 Suhu Udara

Menurut Achmad (2006), suhu didefinisikan sebagai ukuran pergerakan tenaga kinetik individu molekul yang terdapat pada suatu unsur. Suhu merupakan derajat panas atau dingin yang diukur berdasarkan skala tertentu. Suhu udara berkaitan dengan proses pertukaran energi yang berlangsung pada atmosfer namun suhu udara tidak berkaitan langsung dengan rasa yang diterima oleh indera manusia (Lakitan, 2002).

Menurut Atmaja (2009), suhu udara di permukaan bumi dipengaruhi oleh faktor-faktor berikut:

1. Jumlah radiasi matahari yang diterima bumi
2. Pengaruh daratan atau lautan
3. Pengaruh dari panas laten
4. Pengaruh perbedaan ketinggian tempat
5. Pengaruh angin secara tidak langsung
6. Pengaruh tipe atau jenis tanah dipermukaan bumi
7. Pengaruh dari sudut datang sinar matahari

Dari pendapat tersebut, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa radiasi matahari, kecepatan angin dan curah hujan mempengaruhi suhu udara pada permukaan bumi.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada semester ganjil tahun akademik 2022/2023 bertempat di Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

3.2 Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yaitu data historis bulanan rata-rata suhu udara di Provinsi Lampung periode Januari 2010 sampai Desember 2022 yang diperoleh dari website resmi Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Lampung <https://lampung.bps.go.id/indicator/151/238/1/rata-rata-suhu-udara.html> dengan jumlah data sebanyak 156 data. Satuan suhu yang digunakan yaitu *Celcius*. Pada penelitian ini, data dibagi menjadi 2 bagian yaitu data *in sample* untuk membuat matriks lintasan X dan data *out sample* untuk memvalidasi keakuratan peramalan. Untuk proses pembagian data *in sample* dan data *out sample* adalah sebagai berikut:

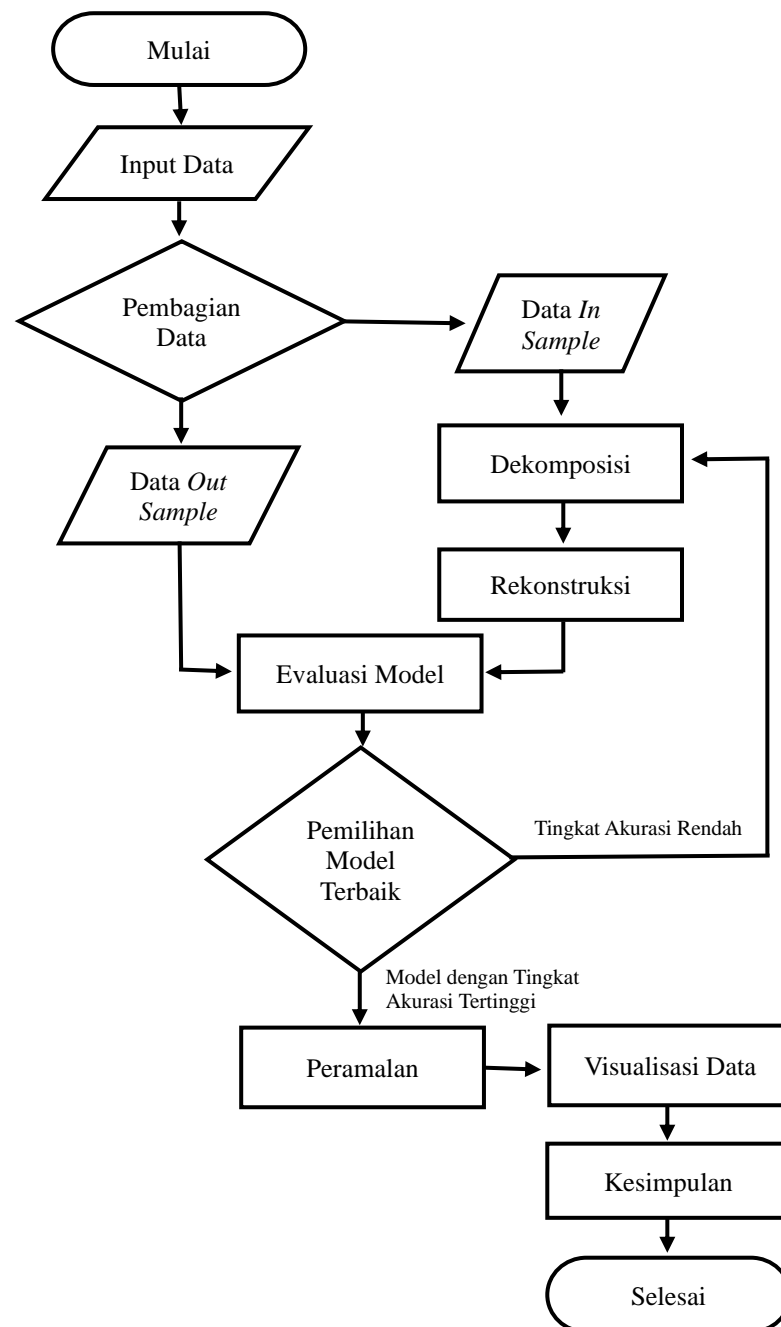
1. Data *in sample* : Januari 2010 – Desember 2020
2. Data *out sample* : Januari 2021 – Desember 2022

3.3 Metode Penelitian

Dalam penelitian ini dilakukan analisis menggunakan *Singular Spectrum Analysis* (SSA) untuk memprediksi rata-rata suhu udara provinsi lampung periode 2023 dengan bantuan program *R Studio*. Adapun langkah-langkah yang dilakukan sebagai berikut :

1. Deskripsi Data
 - a. Data Penelitian
 - b. Plot data
 - c. Struktur Data
2. Penerapan Metode Singular Spectrum Analysis (SSA) yang dilakukan melalui tahapan sebagai berikut :
 - a. Dekomposisi, tahap ini dibagi menjadi dua langkah yaitu
 - 1) *Embedding*, pada langkah ini dibentuk matriks lintasan \mathbf{X} berukuran $L \times K$ dari data deret waktu dengan penentuan *Windows Length* (L) yang memenuhi $2 < L < \frac{N}{2}$ dan $K = N - L + 1$.
 - 2) *Singular Value Decomposition* (SVD). Pada tahap ini, diperoleh *eigentriple* dari matriks \mathbf{X} .
 - b. Rekonstruksi, tahap ini dibagi menjadi dua langkah yaitu :
 - 1) *Grouping*, pada tahap ini dilakukan pengelompokkan *eigentriple* berdasarkan karakteristik masing-masing komponen.
 - 2) *Diagonal Averaging*, pada tahap ini dilakukan rekonstruksi pada masing-masing kelompok menjadi data deret waktu baru dengan panjang N .
3. Melakukan evaluasi model menggunakan data *out sample* sehingga akan diperoleh nilai MAPE
4. Melakukan perbandingan model yang dihasilkan dengan cara *trial and error* dalam penentuan parameter *Windows Length* (L) dan *Gruping effect* (r). Model dengan MAPE terkecil merupakan model terbaik.

5. Menghitung hasil prediksi dari data deret waktu hasil *Diagonal averaging* untuk beberapa waktu ke depan dengan metode *R-forecasting* menggunakan bantuan program *R Studio*.
6. Melihat visualisasi dari data hasil prediksi.
7. Memaparkan kesimpulan.



Gambar 3.1. Diagram Alur Metode Penelitian

V. KESIMPULAN

Dari pembahasan pada bab sebelumnya, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Data rata-rata suhu udara Provinsi Lampung mengalami trend naik dalam periode januari 2010 dengan rata-rata suhu sebesar $26,73^{\circ}\text{C}$ hingga september 2016 dengan rata-rata suhu sebesar $27,08^{\circ}\text{C}$. Kemudian data mengalami trend turun secara perlahan hingga juli 2019 dengan rata-rata suhu sebesar $27,03^{\circ}\text{C}$. Kemudian data kembali mengalami trend naik hingga desember 2022 dengan rata-rata suhu sebesar $27,13^{\circ}\text{C}$.
2. Data rata-rata suhu udara Provinsi Lampung juga diidentifikasi memiliki lebih dari satu pola musiman. Fluktuasi data mengalami kenaikan dan penurunan berulang setiap 6 bulan sekali dan 44 bulan sekali.
3. Model SSA yang diperoleh adalah model dengan nilai *Windows Length* $L=42$ dan *Grouping Effect* $r=6$ dengan metode peramalan *R forecasting* pada data tidak stasioner menghasilkan nilai MAPE sebesar 1,19% sehingga memiliki tingkat akurasi yang baik dan dapat digunakan untuk memprediksi rata-rata suhu udara di Provinsi Lampung beberapa periode berikutnya.
4. Berdasarkan hasil prakiraan rata-rata suhu udara di Provinsi Lampung tahun 2023, terlihat bahwa rata-rata suhu terendah terjadi pada bulan agustus 2023 sebesar $26,88758^{\circ}\text{C}$ dan rata-rata suhu udara tertinggi akan terjadi di bulan april 2023 sebesar $27,76630^{\circ}\text{C}$.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, R. 2006. *Kimia Lingkungan*. Andi, Yogyakarta.
- Aden. 2020. *Forecasting The Exponential Smoothing Methods*. Unpam Press, Tangerang Selatan.
- Anton, H. 1987. *Aljabar Linear Elementer*. Ed. ke-5. Erlangga, Jakarta.
- Asrof, A., Ischak, R., and Darmawan. G. 2017. Peramalan Produksi Cabai Merah di Jawa Barat Menggunakan Metode Singular Spectrum Analysis (SSA). *Jurnal Statistika*. **17**(2): 77-87
- Atmaja. 2009. *Optimasi Suhu dan Kelembaban untuk Inkubasi*. Yogyakarta.
- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) diakses dari <https://www.bmkg.go.id/berita/?p=bmkg-panas-dan-sumuk-di-sebagian-wilayah-indonesia-diampifikasi-oleh-tertahannya-udara-panas-akibat-pusaran-kembar-di-samudera-hindia-barat-sumatera&lang=ID&tag=apps-info-bmkg> pada tanggal 9 februari 2023 pada jam 10.00 WIB.
- Darmawan. G. 2016. Identifikasi Pola Data Curah Hujan pada *Proses Grouping* dalam Metode *Singular Spectrum Analysis*, hlm. 3. Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Matematika, Bandung.
- Golub, G.H. and Loan, C.F.V. 2013. *Matrix Computation*. Ed. ke-4. The Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Golyandina, N. dan Zhigljavsky, A. 2020. *Singular Spectrum Analysis for Time Series*. Ed. Ke-2. Springer, Berlin.

- Hanke, J.E. and Winchern, D.W. 2004. *Business Forecasting*. Ed. ke-8. Pearson Education Inc., United States of Amerika.
- Hassani, H. 2007. *Singular Spectrum Analysis: Methodology and Comparison*. *Journal Data Science*. **5**: 239–257.
- Ischak, R. 2018. Peramalan Rata-Rata Harga Beras di Tingkat Penggilingan Menggunakan Model *Singular Spectrum Analysis* (SSA). *Jurnal Statistika Terapan*. **4**(1): 57–64.
- Khaeri, H., Yulian, E., dan Darmawan, G. 2017. Penerapan Metode *Singular Spectrum Analysis* (SSA) pada Peramalan Jumlah Kereta Api di Indonesia Tahun 2017. *jurnal Euclid*. **5**(1): 1-133
- Lakitan, B. 2002. *Dasar-Dasar Klimatologi*. Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- Lewis, C.D. 1982. *Industrial and business forecasting methods*. Butterworths, London.
- Purnama, E. 2022. Aplikasi Metode *Singular Spectrum Analysis* (SSA) pada Peramalan Curah Hujan di Provinsi Gorontalo. *Jambura Journal of Probability and Statistics*. **3**(2): 161-170.
- Sodiqin, M.A., Sulandari, W., and Respatiwan. 2021. The Application Of *Singular Spectrum Analysis* Method in Forecasting the Number of Foreign Tourists Visit to Special Capital Region of Jakarta. *Jurnal Riset dan Aplikasi Matematika*. **5**(2): 92-102
- Utami, N. A. G., Sulandari, W., & Handajani, S. S. 2021. Peramalan Curah Hujan Bulanan di Pos Hujan Jatisrono Dengan Metode (SSA), hlm. 84-93. Prosiding SNAST, Yogyakarta.
- Wei, W.W. 2006. *Time Series Analysis Univariate and Multivariate Methods*. 2nd Edition. Pearson Education, Canada.