



**PREDIKSI TINGGI MUKA AIR SUNGAI SIAK
MENGUNAKAN METODE *TRIPLE EXPONENTIAL
SMOOTHING***

TUGAS AKHIR

Disusun Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada Jurusan Teknik Informatika

Oleh

SALSABILA

NIM. 12050121662



UIN SUSKA RIAU

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
PEKANBARU
2024**

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

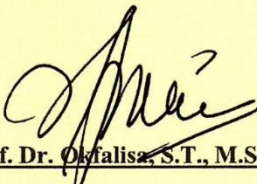
LEMBAR PERSETUJUAN**PREDIKSI TINGGI MUKA AIR SUNGAI SIAK
MENGUNAKAN METODE *TRIPLE EXPONENTIAL
SMOOTHING*****TUGAS AKHIR**

Oleh:

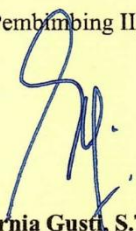
SALSABILA**12050121662**

Telah diperiksa dan disetujui sebagai Laporan Tugas Akhir
di Pekanbaru, pada tanggal 13 Juni 2024

Pembimbing I,


Prof. Dr. Okfalisa, S.T., M.Sc.
NIP. 19771028 200312 2 004

Pembimbing II,


Siska Kurnia Gusti, S.T., M.Sc.
NIP. 19861009 202203 2 001



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PENGESAHAN

**PREDIKSI TINGGI MUKA AIR SUNGAI SIAK
MENGUNAKAN METODE *TRIPLE EXPONENTIAL
SMOOTHING***

Oleh:

SALSABILA

12050121662

Telah dipertahankan di depan sidang dewan penguji
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
pada Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

Pekanbaru, 13 Juni 2024

Mengesahkan,

Ketua Jurusan,

Dekan,

DR. HARTONO, M.Pd.

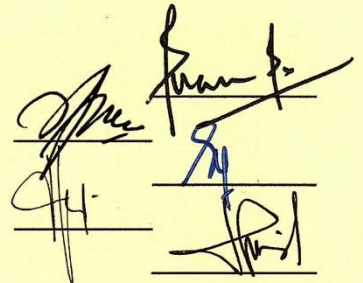
NIP. 19640301 199203 1 003

IWANISKANDAR, M.T.

NIP. 19821216 201503 1 003

DEWAN PENGUJI

Ketua : Iwan Iskandar, M.T.
Pembimbing I : Prof. Dr. Okfalisa, S.T., M.Sc.
Pembimbing II : Siska Kurnia Gusti, S.T., M.Sc.
Penguji I : Dr. Elin Haerani, S.T., M.Kom
Penguji II : Suwanto Sanjaya, S.T., M.Kom



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Salsabila
NIM : 12050121662
Tempat/Tgl. Lahir : Pekanbaru/23 April 2002
Fakultas : Sains dan Teknologi
Prodi : Teknik Informatika
Judul Skripsi : **Prediksi Tinggi Muka Air Sungai Siak menggunakan Metode *Triple Exponential Smoothing***

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa:

1. Penulisan Skripsi dengan judul sebagaimana tersebut di atas adalah hasil pemikiran dan penelitian saya sendiri.
2. Semua kutipan pada karya tulis saya ini sudah disebutkan sumbernya.
3. Oleh karena itu Skripsi saya ini, saya nyatakan bebas dari plagiat.
4. Apabila dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam penulisan Skripsi saya tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan perundang-undangan.

Demikianlah Surat Pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan dari pihak manapun juga.

Pekanbaru, 13 Juni 2024
Yang membuat pernyataan,



Salsabila
NIM.12050121662



LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

Tugas Akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau adalah terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta pada penulis. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Penggandaan atau penerbitan sebagian atau seluruh Tugas Akhir ini harus memperoleh izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan yang meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman dan tanggal pinjam

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis terdapat dalam naskah ini dan disebutkan di dalam daftar pustaka.

Pekanbaru, 13 Juni 2024

Yang membuat pernyataan,

SALSABILA

NIM. 12050121662

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



ABSTRAK

Sungai Siak merupakan sungai strategis nasional yang berada di Provinsi Riau dengan karakteristik daerah aliran sungai yang kritis karena fluktuasi tinggi muka air sungai. Kondisi ini perlu diprediksi guna memahami pola data yang dapat digunakan dalam pengelolaan sumber daya air di wilayah tersebut. Metode *Triple Exponential Smoothing* digunakan untuk memprediksi tinggi muka air Sungai Siak dengan model aditif. Metode ini diterapkan pada data historis selama 11 tahun, dari Januari 2013 hingga 31 Desember 2023 pada tiga stasiun, yaitu Stasiun Pantai Cermin, Stasiun Senapelan, dan Stasiun Tandun dengan periode pengamatan dalam bentuk kuartal. Output penelitian adalah prediksi sebanyak 4 kuartal di masa mendatang. Model prediksi ini kemudian dievaluasi menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) untuk mengetahui ketepatan metode dengan dataset melalui nilai persentase. Hasil penelitian menunjukkan nilai error sebesar 26.55% pada Stasiun Pantai Cermin, 20.68% pada Stasiun Senapelan, dan 23.4% pada Stasiun Tandun yang dikategorikan "cukup baik".

Kata Kunci: MAPE, Model Aditif, Prediksi, Tinggi Muka Sungai, *Triple Exponential Smoothing*

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

ABSTRACT

Siak River is a national strategic river located in Riau Province with critical watershed characteristics due to fluctuations in its basin. This condition needs to be predicted in order to understand data patterns that can be used in water resources management in the region. The Triple Exponential Smoothing method is used to predict the Siak River basin with an additive model. The method was applied to historical data for 11 years, from January 1, 2013 to December 31, 2023 located at three stations, namely Pantai Cermin Station, Senapelan Station, and Tandun Station with the observation period in the form of quarters. The research output includes predictions for the next four quarters. This prediction model is then evaluated using the Mean Absolute Percentage Error (MAPE) to determine the accuracy of the method with the dataset through percentage values. The research results show error values of 26.55% at Pantai Cermin Station, 20.68% at Senapelan Station, and 23.4% at Tandun Station, categorized as "Reasonable".

Keyword: Aditif Model, Forecasting, MAPE, River Basin, Triple Exponential Smoothing


Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum wa rohmatullahi wa barokatuh.

Alhamdulillah robbil 'alamin, tak henti-hentinya penulis ucapkan kehadiran Allah Subhanahu wa ta'ala, yang dengan rahmat dan hidayah-Nya penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Tidak lupa bershalawat kepada Nabi dan Rasul-Nya, Nabi Muhammad Shallallahu 'alaihi wa salam, yang telah membimbing kita sebagai umatnya menuju jalan kebaikan.

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana pada jurusan Teknik Informatika Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Banyak sekali pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan laporan ini, baik berupa bantuan materi maupun doa, motivasi bimbingan, dan arahan kepada penulis. Semua itu tentu terlalu banyak bagi penulis untuk membalasnya, namun pada kesempatan ini penulis hanya dapat mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Khairunnas Rajab, M.Ag selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
2. Bapak Dr. Hartono, M.Pd. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
3. Bapak Iwan Iskandar, M.T. selaku Kepala Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
4. Ibu Fadhilah Syafria, S.T., M.Kom. selaku Koordinator Tugas Akhir Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
5. Ibu Siska Kurnia Gusti, S.T, M.Sc selaku Dosen Pembimbing Akademik sekaligus Pembimbing II Tugas Akhir yang membimbing serta memberi arahan selama perkuliahan hingga menyelesaikan Tugas Akhir ini.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

6. Ibu Prof. Dr. Okfalisa, ST, M.Sc. selaku Pembimbing I Tugas Akhir yang telah meluangkan banyak waktu dalam memberikan motivasi, kritik dan saran selama menyelesaikan Tugas Akhir.
7. Ibu Dr. Elin Haerani, S.T., M.Kom. selaku Dosen Penguji I dan Bapak Suwanto Sanjaya, S.T., M.Kom selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan arahan dan kritik yang membangun hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini dengan baik.
8. Bapak Dr. Rado Yendra, M.Si., yang telah meluangkan waktu untuk membimbing selama proses pengerjaan Tugas Akhir ini.
9. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Informatika yang telah memberikan ilmu dan motivasinya.
10. Bapak Safur Murtadha, S.T selaku staf Divisi Hidrologi di BWS Sumatera III untuk basis pengetahuan dan pengolahan data hidrologi untuk Tugas Akhir ini.
11. Kedua orang tua dan keluarga yang senantiasa memberikan dukungan, doa, motivasi, nasihat dan semangat yang tiada henti kepada penulis.
12. Semua rekan yang terlibat dalam penyusunan Tugas Akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Demikian Tugas Akhir ini dibuat, semoga dapat bermanfaat dan penulis menyadari bahwa dalam Tugas Akhir ini masih banyak kesalahan dan kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang sifatnya membangun diperlukan. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan sesuatu yang bermanfaat bagi siapa saja yang membacanya.

Wassalamu 'alaikum wa rahmatullahi wa barakatuh

Pekanbaru, 2 Mei 2024

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT.....	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR RUMUS.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA.....	6
2.1 Prediksi (<i>Forecasting</i>).....	6
2.2 Deret Waktu (<i>Time Series</i>)	6
2.2.1 Aditif	7
2.2.2 Multiplikatif	7
2.3 <i>Triple Exponential Smoothing</i>	8

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

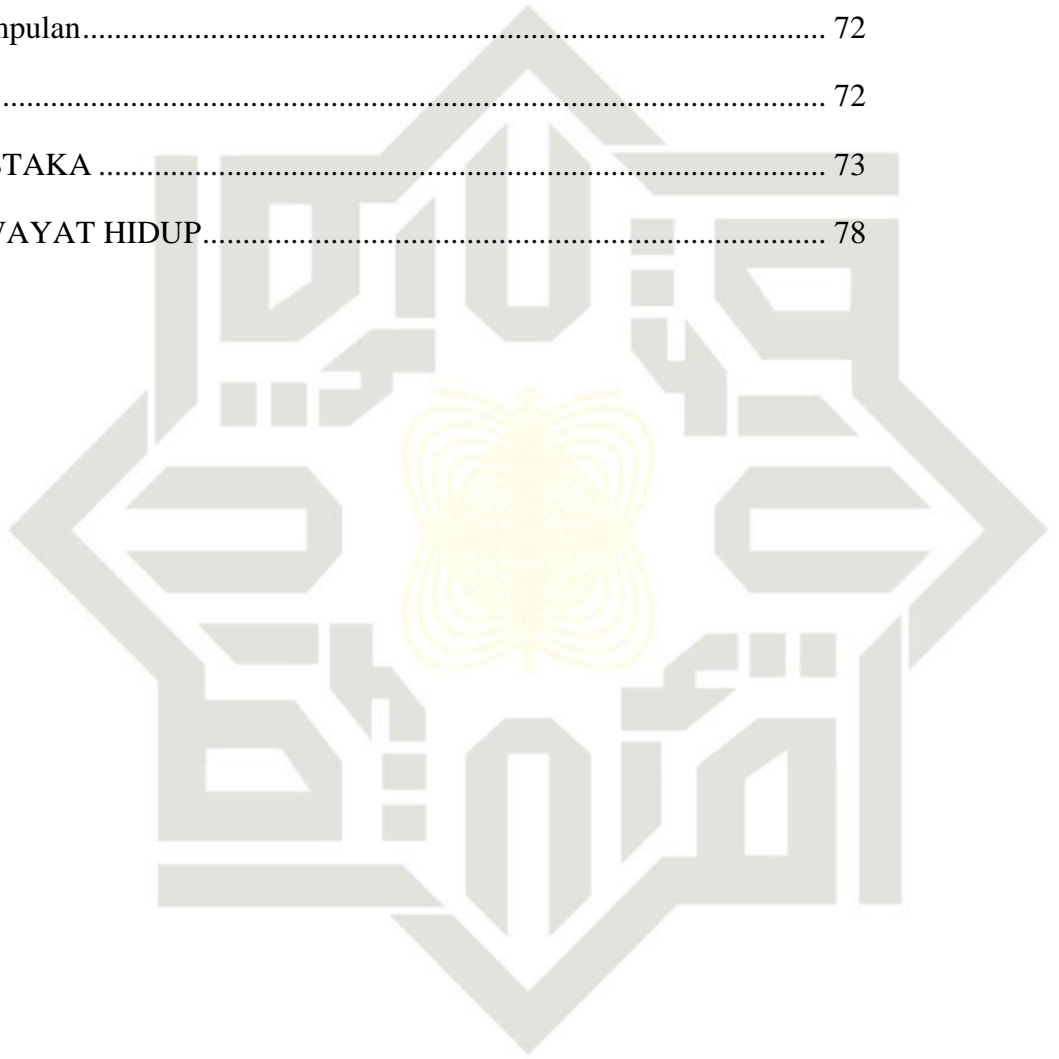
2.3.1	Model Aditif.....	8
2.3.2	Multiplikatif Model.....	9
2.4	Nilai Inisial Model Aditif	10
2.4.1	Inisial Level dan Tren	11
2.4.2	Inisial Musiman.....	12
2.5	MAPE.....	13
2.6	Tinggi Muka Air Sungai (<i>River Basin</i>)	14
2.7	Sungai Siak.....	16
2.8	Stasiun Hidrologi.....	17
2.8.1	Stasiun Pantai Cermin.....	17
2.8.2	Stasiun Senapelan.....	18
2.8.3	Stasiun Tandun.....	18
2.9	Penelitian Terkait.....	19
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....		23
3.1	Identifikasi Masalah	24
3.2	Analisa Kebutuhan Data.....	24
3.3	Seleksi Data.....	25
3.4	Transformasi Data	25
3.5	Pra-pemrosesan Data.....	26
3.6	<i>Triple Exponential Smoothing</i>	27
3.7	MAPE.....	28
3.8	Kesimpulan dan Saran.....	28
BAB 4 PEMBAHASAN		29
4.1	Analisa.....	29
4.1.1	Stasiun Pantai Cermin.....	29



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

4.1.2	Stasiun Senapelan.....	42
4.1.3	Stasiun Tandun.....	56
4.2	Kesimpulan Pengujian.....	70
BAB 5 PENUTUP.....		72
5.1	Kesimpulan.....	72
5.2	Saran.....	72
DAFTAR PUSTAKA		73
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....		78



UIN SUSKA RIAU



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Grafik Tinggi Muka Air Sungai di 3 stasiun selama 11 Tahun	2
Gambar 2.1 Plot Data Deret Waktu Aditif.....	7
Gambar 2.2 Plot Data Deret Waktu Multiplikatif.....	7
Gambar 2.3 Peta DAS Siak.....	16
Gambar 3.1 Tahapan Penelitian	23
Gambar 3.2 Proses Implementasi <i>Triple Exponential Smoothing</i>	27
Gambar 4.1 Menginisialisasikan <i>Date</i> menjadi Indeks <i>Time Series</i>	30
Gambar 4.2 Mengubah Format Dataset menjadi Kuartal	31
Gambar 4.3 Plot Data Stasiun Pantai Cermin	32
Gambar 4.4 <i>Package</i> Model Aditif <i>Holt-Winters</i>	38
Gambar 4.5 Fungsi Prediksi Model Aditif <i>Holt-Winters</i>	41
Gambar 4.6 Plot Prediksi Stasiun Pantai Cermin.....	42
Gambar 4.7 Menginisialisasikan <i>Date</i> menjadi Indeks <i>Time Series</i>	44
Gambar 4.8 Mengubah Format Dataset menjadi Kuartal	44
Gambar 4.9 Plot Data Stasiun Senapelan.....	45
Gambar 4.10 <i>Package</i> Model Aditif <i>Holt-Winters</i>	52
Gambar 4.11 Fungsi Prediksi Model Aditif <i>Holt-Winters</i>	54
Gambar 4.12 Plot Prediksi Stasiun Senapelan	55
Gambar 4.13 Menginisialisasikan <i>Date</i> menjadi Indeks <i>Time Series</i>	57
Gambar 4.14 Mengubah Format Dataset menjadi Kuartal	58
Gambar 4.15 Plot Data Stasiun Tandun.....	59
Gambar 4.16 <i>Package</i> Model Aditif <i>Holt-Winters</i>	66
Gambar 4.17 Fungsi Prediksi Model Aditif <i>Holt-Winters</i>	68
Gambar 4.18 Plot Prediksi Stasiun Tandun	69

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kriteria dan Persentase MAPE	14
Tabel 2.2 Penjelasan Pemantauan Hidrologi	15
Tabel 2.3 Penelitian Terkait	19
Tabel 4.1 Dataset Sekunder Stasiun Pantai Cermin.....	29
Tabel 4.2 Dataset Stasiun Pantai Cermin setelah Proses Seleksi Data	30
Tabel 4.3 Dataset Stasiun Pantai Cermin per-Kuartal	31
Tabel 4.4 Deskripsi Data Stasiun Pantai Cermin	32
Tabel 4.5 Parameter Pembentuk Nilai Inisial di Stasiun Pantai Cermin.....	33
Tabel 4.6 Parameter Pembentuk Nilai Inisial Musim di Stasiun Pantai Cermin ..	35
Tabel 4.7 Nilai Inisial Prediksi Stasiun Pantai Cermin.....	36
Tabel 4.8 Level, Tren, Musim, dan Prediksi di Stasiun Pantai Cermin.....	37
Tabel 4.9 Parameter Pemulusan Terbaik untuk Stasiun Pantai Cermin.....	39
Tabel 4.10 Koefisien Prediksi Stasiun Pantai Cermin	39
Tabel 4.11 Nilai Pemulusan dan Prediksi di Stasiun Pantai Cermin	39
Tabel 4.12 Nilai Prediksi di Stasiun Pantai Cermin.....	41
Tabel 4.13 Nilai Error pada Stasiun Pantai Cermin	41
Tabel 4.14 Dataset Sekunder Stasiun Senapelan	43
Tabel 4.15 Dataset Stasiun Senapelan setelah Proses Seleksi Data.....	43
Tabel 4.16 Dataset Stasiun Senapelan per-Kuartal.....	45
Tabel 4.17 Deskripsi Data Stasiun Senapelan.....	45
Tabel 4.18 Parameter Pembentuk Nilai Inisial di Stasiun Senapelan	46
Tabel 4.19 Parameter Pembentuk Nilai Inisial Musim di Stasiun Senapelan.....	48
Tabel 4.20 Nilai Inisial Prediksi Stasiun Senapelan	49
Tabel 4.21 Level, Tren, Musim, dan Prediksi di Stasiun Senapelan	51
Tabel 4.22 Parameter Pemulusan Terbaik untuk Stasiun Senapelan	52
Tabel 4.23 Koefisien Prediksi Stasiun Senapelan.....	52
Tabel 4.24 Nilai Pemulusan dan Prediksi di Stasiun Senapelan	53
Tabel 4.25 Nilai Prediksi di Stasiun Senapelan	54

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Tabel 4.26 Nilai Error pada Stasiun Senapelan.....	55
Tabel 4.27 Dataset Sekunder Stasiun Tandun.....	56
Tabel 4.28 Dataset Stasiun Tandun setelah Proses Seleksi Data	57
Tabel 4.29 Dataset Stasiun Tandun per-Kuartal	58
Tabel 4.30 Deskripsi Data Stasiun Tandun.....	59
Tabel 4.31 Parameter Pembentuk Nilai Inisial di Stasiun Tandun	60
Tabel 4.32 Parameter Pembentuk Nilai Inisial Musim di Stasiun Tandun	62
Tabel 4.33 Nilai Inisial Prediksi Stasiun Tandun	63
Tabel 4.34 Level, Tren, Musim, dan Prediksi di Stasiun Tandun.....	64
Tabel 4.35 Parameter Pemulusan Terbaik untuk Stasiun Tandun	66
Tabel 4.36 Koefisien Prediksi Stasiun Tandun	66
Tabel 4.37 Nilai Pemulusan dan Prediksi di Stasiun Tandun	67
Tabel 4.38 Nilai Prediksi di Stasiun Tandun	68
Tabel 4.39 Nilai Error pada Stasiun Tandun	69
Tabel 4.40 Parameter Pemulusan dan Koefisien Prediksi	70
Tabel 4.41 Nilai Error Prediksi pada Setiap Stasiun	71

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pola manajemen sumber daya air dibentuk dengan mempertimbangkan kebijakan pengelolaan sumber daya air di wilayah administrasi yang relevan (Keputusan Presiden Republik Indonesia, 2019). Sesuai dengan Keputusan Presiden Nomor 12 Tahun 2012 yang menetapkan Sungai Siak sebagai sungai strategis nasional di Provinsi Riau dan sumber dayanya dikelola sesuai dengan pola yang telah ditentukan, yang disingkat sebagai WS yaitu Wilayah Sungai Siak (Keputusan Presiden Republik Indonesia, 2012). Secara geografis WS Siak terletak antara 100°28' BT - 102°12' BT dan 0°20' LU - 1°16' LU, mencakup empat kabupaten, yaitu Rokan Hulu, Bengkalis, Siak, dan Kampar, serta satu kota, yaitu Pekanbaru. Kedalaman Sungai Siak sekitar 30 meter dengan panjang sekitar 300 kilometer, menjadikan Sungai Siak sebagai sungai terdalam di Indonesia. WS Siak memiliki luas sekitar 14.239 km² dan mengalir dari hulu di Lereng Kubu Beringin dan Bukit Suligi hingga Bukit Pandan di Kabupaten Rokan Hulu hingga muaranya di Selat Malaka, dengan seluruh Daerah Aliran Sungai (DAS) Siak berada di Provinsi Riau (Menteri Pekerjaan Umum, 2013; Mubarak & Nurhuda, 2021; Onrizal & Mansor, 2020).

DAS Siak termasuk daerah aliran sungai yang kritis, kawasan rawan yang menghadapi situasi sulit yang diakibatkan oleh fluktuasi volume atau duga air sepanjang tahun pada musim hujan maupun kemarau. Informasi volume atau duga air didapat dari hasil pemantauan pada stasiun hidrologi di sekitar Daerah Aliran Sungai (Atashi et al., 2022; Davie & Quinn, 2019). Volume atau duga air yang didapat pada suatu wilayah DAS perlu dihitung guna mengetahui potensi sumber daya air pada wilayah tersebut yang disimpulkan parameter ketersediaan air (Bouakeo et al., 2022; Chandniha et al., 2022; Tao et al., 2021). Parameter tersebut memiliki variabel tinggi muka air sungai atau '*river basin*' yang merupakan acuan untuk menyimpulkan situasi fluktuasi yang dialami sungai (Asdak, 2022; Chandniha et al., 2022; Davie & Quinn, 2019; Foyhirun & Promping, 2021).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

muka sungai yang berdampak pada ketersediaan air untuk berbagai sektor. Berhubungan hal tersebut dibutuhkan deteksi dini terhadap anomali atau perubahan signifikan dalam siklus hidrologi agar tindakan cepat dan tepat dapat diambil dalam pengelolaan Sumber Daya Alam (SDA). Terkait hal tersebut, parameter pemantauan SDA mempertimbangkan periode per-kuartal dalam setahun masa pengamatan, yaitu kuartal satu dimulai dari Januari – Maret, kuartal dua dimulai dari April – Juni, Kuartal tiga dimulai dari Agustus – September, dan Kuartal empat dimulai dari Oktober – Desember (Bhagat et al., 2023; Nurhamidah et al., 2020).

Pengelolaan SDA yang dimaksud seperti antisipasi dan mitigasi bencana, perencanaan pembangunan infrastruktur, rehabilitasi sarana prasarana pengairan, dan lain lain. Proses pengelolaan sumber daya air membutuhkan data historis tinggi muka air sungai dan terkait dengan variabel waktu atau ‘*time-series*’, yang dapat menjadi masukan untuk model prediksi (Atashi et al., 2022; Borwarnginn et al., 2022). Dalam konteks ini, teknik data mining seperti *forecasting* atau prediksi menjadi alat perhitungan objektif dari *time series* untuk meramalkan kejadian di masa depan (Arhami & Nasir, 2020). Untuk memprediksi tinggi muka air sungai, pemilihan metode harus mempertimbangkan fluktuasi dan faktor musiman yang umumnya terjadi dalam data historis (Kumar et al., 2024; Weesakul et al., 2021), menjadikan metode *Triple Exponential Smoothing* pilihan untuk menyederhanakan dan memperkirakan pola dalam data yang terus berubah tersebut. Metode ini mengamati level, tren, serta musiman dalam data dan menjadikan nilai tersebut sebagai poin utama dalam model prediksi dengan memuluskan level dan tren dalam data, sambil tetap responsif terhadap musim (Kumar et al., 2024; Nurhamidah et al., 2020).

Kinerja metode prediksi yang digunakan harus dievaluasi secara cermat untuk memastikan keakuratannya dengan membandingkan hasil prediksi dan nilai sebenarnya dalam data historis (Hartomo et al., 2020). Metrik evaluasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), yang mengukur rata-rata persentase kesalahan antara nilai prediksi dan nilai sebenarnya. Perhitungan MAPE dipilih karena memiliki nilai standar minimum

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

untuk menilai kinerja metode, sehingga lebih mudah dibaca (Diksa, 2022; Mgale et al., 2021).

Penerapan metode *Triple Exponential Smoothing* pada data historis selama setahun (1 Januari 2013 hingga 31 Desember 2023) dalam bentuk kuartal dari 3 stasiun hidrologi di Sungai Siak diharapkan dapat memberikan prediksi tinggi muka air sungai untuk setahun berikutnya. Metrik evaluasi MAPE digunakan untuk mengetahui keakuratan prediksi yang menjadi landasan untuk pengambilan keputusan terkait pengelolaan sumber daya air.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka yang menjadi fokus permasalahan dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana implementasi metode *Triple Exponential Smoothing* menghasilkan prediksi tinggi muka air Sungai Siak 4 kuartal kedepan?
2. Bagaimana nilai eror metode *Triple Exponential Smoothing* untuk memprediksi tinggi muka air Sungai Siak?

1.3 Batasan Masalah

Dalam mempermudah pemahaman pada penelitian dan sesuai dengan rumusan masalah, penelitian ini memiliki batasan-batasan sebagai berikut:

1. Penelitian menggunakan data dari tiga stasiun di DAS Siak, yaitu Stasiun Pantai Cermin, Stasiun Senapelan, dan Stasiun Tandun dengan masa pemantauan per-kuartal dari 1 Januari 2013 hingga 31 Desember 2023.
2. Prediksi yang dilakukan untuk mengetahui tinggi muka air sungai dalam waktu 4 kuartal kedepan.
3. Penelitian memusatkan perhatian pada karakteristik data tinggi muka air sungai, tanpa mempertimbangkan variabel lain dari data hidrologi.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengimplementasikan metode *Triple Exponential Smoothing* model aditif untuk memprediksi tinggi muka air Sungai Siak 4 kuartal kedepan.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2. Mengevaluasi algoritma *Triple Exponential Smoothing* dalam memprediksi tinggi muka air Sungai Siak melalui persentase nilai error menggunakan MAPE.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memberikan pengetahuan mengenai implementasi algoritma *Triple Exponential Smoothing* yang dapat menjadi wawasan dalam perencanaan dan pengelolaan Sumber Daya Air (SDA) di wilayah Sungai Siak. Melalui hasil evaluasi menggunakan Mean Absolute Percentage Error (MAPE) dapat memberikan pemahaman tentang kinerja algoritma *Triple Exponential Smoothing* dalam konteks prediksi tinggi muka air Sungai Siak. Hasil evaluasi dapat menjadi pedoman bagi peneliti dan praktisi dalam memilih serta mengoptimalkan metode prediksi yang paling sesuai untuk aplikasi yang berbeda dalam manajemen SDA.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Prediksi (*Forecasting*)

Menurut (Bhagat et al., 2023; Ramadiani et al., 2020) prediksi adalah penerapan teknik statistik untuk membuat gambaran prospektif berdasarkan analisis data historis. Teori di balik semua metode prediksi adalah sama, yaitu menggunakan data masa lalu untuk meramalkan atau memproyeksikan data masa depan (Arhami & Nasir, 2020). Prediksi menjadi pendekatan sistematis untuk memanfaatkan informasi historis (Khairina et al., 2021), dan memberikan gambaran yang objektif terhadap apa yang akan terjadi.

2.2 Deret Waktu (*Time Series*)

Kumpulan observasi yang diorganisir berdasarkan urutan kronologis dengan selang waktu yang sama disebut data deret waktu (Arhami & Nasir, 2020). Deret waktu melibatkan pola hubungan antara variabel yang akan diprediksi dan variabel waktu sistematisnya. Variabel variabel tersebut menjadi patokan prediksi dengan mempertimbangkan pola data yang dimiliki (Khairina et al., 2021; Kumar et al., 2024).

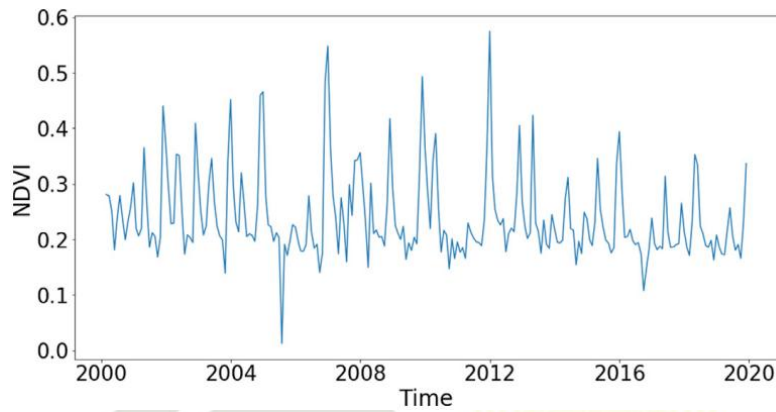
Dalam analisis deret waktu, terdapat pola data yang umumnya diamati yaitu, tren dan musiman. Pola tren mencerminkan arah data dalam jangka panjang, baik naik maupun turun, sedangkan pola musiman menggambarkan perubahan data yang teratur dan berkala selama periode tertentu, seperti triwulan, kuartalan, bulanan, triwulan, atau harian (Arhami & Nasir, 2020; Khairina et al., 2021). Ketika menghadapi deret waktu, penting untuk memilih model yang tepat untuk meramalkan tren atau pola serta musim yang terkandung di dalamnya. Dalam hal ini, dua pendekatan yang sering digunakan adalah pendekatan aditif dan multiplikatif (Alam & Alarjani, 2021; Omar & Kawamukai, 2021).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.2.1 Aditif

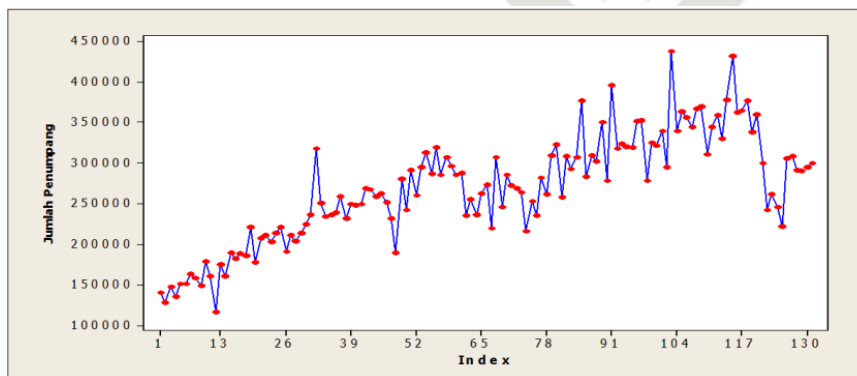
Pendekatan aditif mengasumsikan bahwa fluktuasi dalam deret waktu adalah konstan seiring waktu, dengan perubahan absolut yang sama di setiap periode waktu. Dalam model aditif, komponen-komponen seperti musiman, tren, dan ketidakteraturan ditambahkan bersama-sama untuk menghasilkan perkiraan (Phagat et al., 2023; Kumar et al., 2024; Nurhamidah et al., 2020).



Gambar 2.1 Plot Data Deret Waktu Aditif

2.2.2 Multiplikatif

Pendekatan multiplikatif mengasumsikan bahwa fluktuasi dalam deret waktu berkembang seiring waktu, dengan perubahan dalam proporsi relatif terhadap nilai dasar. Dalam model multiplikatif, komponen-komponen seperti musiman, tren, dan ketidakteraturan dikalikan bersama-sama untuk menghasilkan perkiraan (Alam & Harjani, 2021; Diksa, 2022; Omar & Kawamukai, 2021; Rumble et al., 2024).



Gambar 2.2 Plot Data Deret Waktu Multiplikatif



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.3 Triple Exponential Smoothing

Triple Exponential Smoothing, juga dikenal sebagai metode *Holt-Winters*, adalah perluasan dari metode *Exponential Smoothing* yang digunakan untuk menangani data dengan komponen level, tren dan musiman (Aurna et al., 2021a; Omar & Kawamukai, 2021). *Triple Exponential smoothing* terus menerus mengoreksi prediksi berdasarkan data terbaru, sehingga nilai observasi terbaru lebih diprioritaskan daripada observasi sebelumnya (Ramadiani et al., 2020).

Parameter pemulusan pada metode ini yaitu, alpha (α) untuk menangani level data, beta (β) untuk menangani tren, dan gamma (γ) untuk menangani musiman (Khairina et al., 2021). Ketiga parameter ini menyesuaikan diri terhadap fluktuasi yang terjadi dalam berbagai periode waktu. Sesuai dengan jenis pola data, metode ini dibagi menjadi model aditif dan multiplikatif (Bhagat et al., 2023; Kumar et al., 2024; Rumbe et al., 2024).

2.3.1 Model Aditif

Model aditif *Holt-Winters* menganggap komponen prediksi ditambahkan bersama-sama dengan setiap komponen memiliki bobot yang tetap sepanjang waktu, yang berarti bahwa fluktuasi dalam data dianggap konstan seiring waktu (Nurhamidah et al., 2020; Rushton et al., 2023).

$$l_{t+1} = l_t + b_t + sn_{t-L} \tag{2.1}$$

Prediksi pada *Triple Exponential Smoothing* dimulai dari parameter level yang merupakan residu dari nilai aktual dan musiman dari periode prediksi sebagai referensi untuk menyesuaikan level dasar dari data *time series* (Bhagat et al., 2023).

$$l_t = \alpha(y_t - sn_{t-L}) + (1 - \alpha)(l_{t-1} + b_{t-1}) \tag{2.2}$$

Parameter tren menggunakan residu dari nilai level saat ini dan level sebelumnya dalam proses yang berurutan, sehingga proses ini memperhitungkan perubahan dalam dan menyesuaikan tren dengan kondisi terbaru dalam *time series* (Rumbe et al., 2024).

$$b_t = \beta(l_t - l_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \tag{2.3}$$



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Parameter musiman merupakan selisih antara residu aktual dan tren pada model aditif dengan respon sensitif terhadap batas perubahan dataset (Mgale et al., 2021).

$$sn_t = \gamma(y_t - l_t) + (1 - \gamma)sn_{t-L} \quad (2.4)$$

Keterangan:

- l_{t-1} : Level periode sebelumnya
- b_{t-1} : Tren periode sebelumnya
- l_t : Level
- b_t : Tren
- sn_t : Musim
- L : Periode musim
- y_t : Nilai aktual
- f_{t+1} : Prediksi pada periode mendatang
- α : Parameter pemulusan level ($0 < \alpha < 1$)
- β : Parameter pemulusan tren ($0 < \beta < 1$)
- γ : Parameter pemulusan musim ($0 < \gamma < 1$)

2.3.2 Multiplikatif Model

Model multiplikatif mengalikan parameter prediksi karena fluktuasi pada data dianggap berkembang dalam proporsi relatif terhadap nilai dasar, yang berarti bahwa perubahan dalam parameter tersebut juga dipertimbangkan seiring waktu (Rumbe et al., 2024).

$$f_{t+1} = (l_t + b_t)sn_{t-L} \quad (2.5)$$

Pada *Triple Exponential Smoothing*, perolehan nilai parameter level dimulai dengan menggunakan rasio atau faktor skala dari nilai aktual dan musiman pada periode prediksi dalam model multiplikatif. Hal ini berfungsi sebagai titik referensi untuk menyesuaikan level dasar dari data *time series* (Mgale et al., 2021).

$$l_t = \alpha \left(\frac{y_t}{sn_{t-L}} \right) + (1 - \alpha)(l_{t-1} + b_{t-1}) \quad (2.6)$$



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Parameter tren menggunakan residu dari nilai level saat ini dan level sebelumnya dalam proses yang berurutan, sehingga proses ini memperhitungkan perubahan dalam dan menyesuaikan tren dengan kondisi terbaru dalam *time series* (Rumbe et al., 2024).

$$b_t = \beta(l_t - l_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \tag{2.7}$$

Parameter musiman merupakan nilai faktor skala aktual dan tren pada model multiplikatif yang merupakan respon sensitif terhadap batas perubahan dataset (Diksa, 2022).

$$sn_t = \gamma\left(\frac{y_t}{l_t}\right) + (1 - \gamma)sn_{t-L} \tag{2.8}$$

Keterangan:

- l_{t-1} : Level periode sebelumnya
- b_{t-1} : Tren periode sebelumnya
- l_t : Level
- b_t : Tren
- sn_t : Musim
- L : Periode musim
- y_t : Nilai aktual
- f_{t+1} : Prediksi pada periode mendatang
- α : Parameter pemulusan level ($0 < \alpha < 1$)
- β : Parameter pemulusan tren ($0 < \beta < 1$)
- γ : Parameter pemulusan musim ($0 < \gamma < 1$)

2.4 Nilai Inisial Model Aditif

Ketiga parameter pemulusan memerlukan nilai inisial sebagai titik awal untuk memulai analisis data dan membuat prediksi berdasarkan hubungan antara variabel pengamatan. Proses ini dimulai dengan mencari nilai inisial level yang disebut *Slope* dan untuk tren disebut *Intercept* (Luo et al., 2022; Ramadiani et al., 2020).



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.4.1 Inisial Level dan Tren

Slope dan *intercept* pada inisial *Triple Exponential Smoothing* diperoleh dari penjabaran rumus regresi linier dengan memodelkan hubungan linier antara dua variabel yaitu variabel independen (X) dan satu variabel dependen (Y) (Alam & Alarjani, 2021; Aurna et al., 2021b; Rushton et al., 2023).

$$\hat{Y} - \bar{Y} = \frac{S(XY)}{S(X)^2} (X - \bar{X}) \tag{2.9}$$

Dengan penjabaran berdasarkan kebutuhan nilai inisial level dan tren,

$$l_0 = \frac{S(XY)}{SX^2} (\bar{X}) + \bar{Y} \tag{2.10}$$

$$b_0 = \frac{S(XY)}{SX^2} (X) \tag{2.11}$$

Langkah pertama adalah menghitung rata-rata dari variabel independen (X) dan variabel dependen (Y) dari data yang tersedia,

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y}{n} \tag{2.12}$$

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} \tag{2.13}$$

Nilai rata-rata dari variabel independen dan dependen diimplementasikan ke rumus kovariansi antara 2 variabel tersebut. Kovariansi adalah ukuran tentang seberapa banyak variasi dua variabel secara bersama.

$$s(XY) = \frac{\sum XY}{n} - \bar{X}\bar{Y} \tag{2.14}$$

Komponen terakhir untuk mendapatkan nilai inisial level dan tren adalah standar deviasi dari variabel independen.

$$SX^2 = \frac{\sum X^2}{n} - \bar{X}^2 \tag{2.15}$$

Keterangan:

- l_0 : Inisial level / slope
- b_0 : Inisial tren / intercept
- \hat{Y} : Variabel terikat periode dari data aktual
- \bar{Y} : Rata-rata data aktual



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- \bar{X} : Rata-rata periode
- $S(XY)$: Kovariansi XY
- SX^2 : Kuadrat standar deviasi dari X
- n : Jumlah data
- X : Periode dari data aktual
- Y : Data aktual

Setelah mendapatkan nilai rata-rata, kovariansi, dan standar deviasi, langkah terakhir adalah memasukkan nilai-nilai tersebut ke dalam rumus regresi linier untuk menghitung *slope* dan *intercept* yang kemudian digunakan untuk mendapatkan inisial musim.

2.4.2 Inisial Musiman

Nilai inisial musiman mewakili fluktuasi musiman dengan memberikan perkiraan awal untuk memahami pola musiman dengan menghitung rata-rata variabel dependen (Y) untuk setiap periode waktu yang relevan, seperti bulan atau triwulan (Luo et al., 2022; Nurhamidah et al., 2020).

$$\hat{Y}_t = b_0(t) + l_0 \tag{2.16}$$

Tren pada data dihilangkan dari data observasi atau detren data dari persamaan regresi kuadrat terkecil untuk setiap periode dalam bentuk residual.

$$S_t = Y_t - \hat{Y}_t \tag{2.17}$$

Nilai rata-rata musiman untuk setiap musim didapatkan dengan dengan persamaan detren yang kemudian menjadi nilai inisial musiman.

$$\bar{S}_{[t]} = \frac{S_{Lt} + S_{2Lt} + S_{3Lt} + \dots + S_{nLt}}{n} \tag{2.18}$$

Keterangan:

- \hat{Y}_t : Persamaan regresi kuadrat terkecil
- S_t : Detren
- $\bar{S}_{[t]}$: Rata-rata nilai musiman setiap periode musim
- l_0 : Inisial level / slope
- b_0 : Inisial tren / intercept

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

L : Periode musim
 Y_t : Nilai aktual
 S_t : Musim setiap periode

Proses ini memberikan pemahaman tentang fluktuasi musiman dalam data dan membantu dalam mengevaluasi pola musiman yang mungkin terjadi. Dengan demikian, nilai rata-rata musiman yang dihitung memberikan gambaran yang lebih lengkap tentang karakteristik musiman dalam data.

2.5 MAPE

Hal yang tidak bisa dihindari dalam prediksi adalah ketidakpastian hasilnya karena selalu ada perbedaan antara nilai prediksi dan nilai aktual, yang disebut sebagai nilai eror (Khairina et al., 2021). Meskipun eror tidak dapat dihindari, tapi model prediksi akan memberikan nilai eror terkecil melalui metrik evaluasi, seperti *Mean Error Absolute Percentage* (MAPE) (Hartomo et al., 2020).

MAPE dihitung sebagai rata-rata diferensiasi absolut antara nilai prediksi dan aktual, yang diwakili sebagai persentase dari nilai aktual (Mgale et al., 2021). Penggunaan MAPE berfungsi menunjukkan ketepatan nilai dan ketepatan implementasi model (Kumar et al., 2024, Khairina et al., 2021).

Persamaan MAPE adalah sebagai berikut:

$$MAPE = \left(\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{y_t - f_t}{y_t} \right| \right) 100\% \quad (2.19) \text{ Persamaan MAPE}$$

Keterangan:

n : Jumlah data
 y_t : Nilai aktual pada periode waktu ke-t
 f_t : Nilai prediksi pada periode waktu ke-t

Nilai MAPE memiliki kriteria yang menjelaskan arti dari nilainya (Andriani et al., 2022). Kriteria nilai MAPE dapat dilihat pada tabel berikut :

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Tabel 2.1 Kriteria dan Persentase MAPE

Persentase MAPE	Kriteria
$\leq 10\%$	Sangat Baik
$10\% < MAPE \leq 20\%$	Baik
$20\% < MAPE \leq 50\%$	Cukup Baik
$> 50\%$	Buruk

2.6 Tinggi Muka Air Sungai (*River Basin*)

Penentuan kebijakan dan tindakan yang tepat untuk sumber daya air membutuhkan parameter pemantauan (Keputusan Presiden Republik Indonesia, 2019). Salah satu parameter penting dalam pemantauan sumber daya air adalah tinggi muka air sungai, yang dapat didefinisikan sebagai elevasi permukaan air pada penampang melintang sungai atau jarak antara permukaan air terhadap titik yang ditetapkan (Menteri Pekerjaan Umum, 2013; Tao et al., 2021; Weesakul et al., 2021). Informasi tinggi air di muka sungai membantu menjelaskan kondisi hidrologi sungai dan menunjukkan potensi sumber daya air. Pemantauan ini dilakukan di setiap stasiun hidrologi di Daerah Aliran Sungai (Asdak, 2022; Chandniha et al., 2022; Davie & Quinn, 2019).

Tinggi muka air sungai diukur dengan metode akustik secara kontinu dan *real-time* menggunakan alat *Automatic Water Level Recorder* (AWLR) (Atashi et al., 2022; Borwarnginn et al., 2022; Ren et al., 2020). Parameter tinggi muka air sungai menjadi pertimbangan keputusan pengelolaan sumber daya air (Bouakeo et al., 2022; Foyhirun & Promping, 2021). Selain itu, kebijakan dan tindakan yang diambil untuk menjaga ekosistem sungai serta dapat dilakukan secara responsif terhadap perubahan kondisi alam (Atashi et al., 2022; Borwarnginn et al., 2022).

Parameter tinggi muka air sungai yang dipantau di stasiun hidrologi bersamaan dengan beberapa parameter lain yaitu, *Relative Humidity*, *Max Temperature*, *Min Temperature*, *Evaporation*, *Wind Velocity*, *Sunlight*, dan *Rainfall*. Berikut ini adalah parameter pemantauan dari stasiun hidrologi:

Tabel 2.2 Penjelasan Pemantauan Hidrologi

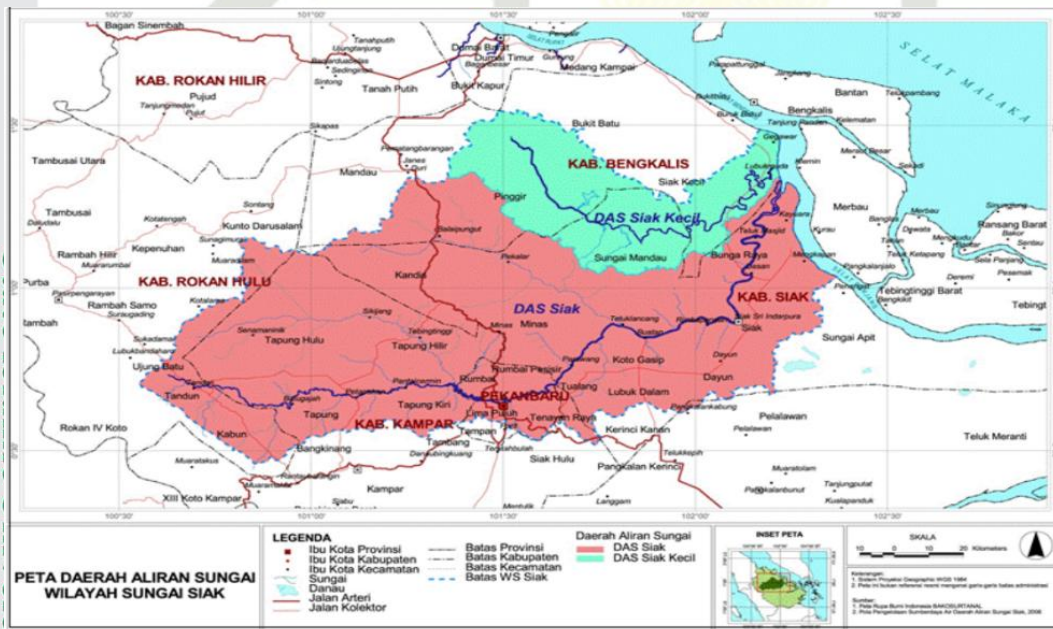
Parameter Pemantauan	Penjelasan	Sumber
<i>Evaporation</i> (Penguapan)	Jumlah air yang menguap dari suatu permukaan dalam suatu periode waktu diukur dengan satuan milimeter (mm). Penguapan mempengaruhi suhu sungai.	(Menteri Pekerjaan Umum, 2013)
Temperatur (Rata-rata dari <i>Max</i> dan <i>Min Temperature</i>)	Suhu udara yang terukur di pos hidrologi menggunakan termometer dalam satuan derajat celsius. Temperatur mempengaruhi penguapan air di wilayah sungai.	(Borwarnginn et al., 2022; Ren et al., 2020)
<i>Rainfall</i> (Curah Hujan)	Volume air hujan yang jatuh dalam suatu periode tertentu diukur menggunakan pluviometer dalam satuan milimeter (mm). Curah hujan mempengaruhi debit alir dan volume sungai.	(Borwarnginn et al., 2022)
<i>Relative Humidity</i> (Rata-rata Kelembapan)	jumlah uap air dalam udara pada suatu waktu dalam satuan persen. Kelembapan mempengaruhi proses pembentukan awan dan curah hujan.	(Keputusan Presiden Republik Indonesia, 2019)
<i>Sunlight</i> (Penyinaran Matahari)	Jumlah energi matahari yang mencapai permukaan bumi dalam satuan persen yang diukur menggunakan radiometer matahari.	(Menteri Pekerjaan Umum, 2013)
<i>Wind Velocity</i> (Kecepatan Angin)	Diukur dalam satuan meter per detik (m/s) pada jarak tertentu dari permukaan tanah. Parameter ini berpengaruh dalam penguapan, dan distribusi curah hujan	(Keputusan Presiden Republik Indonesia, 2019)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.7 Sungai Siak

Sungai Siak yang terletak di Provinsi Riau ditetapkan sebagai sungai strategis nasional berdasarkan Keputusan Presiden Nomor 12 Tahun 2012, yaitu Sungai Siak disingkat menjadi WS atau Wilayah Sungai Siak (Keputusan Presiden Republik Indonesia, 2012). Secara geografis, WS Siak membentang antara 100°28' BT - 102°12' BT dan 0°20' LU - 1°16' LU yang melewati empat kabupaten, yaitu Rokan Hulu, Bengkalis, Siak, dan Kampar serta satu kota, Pekanbaru. Sungai Siak dengan kedalaman mencapai 30 meter dan panjang sekitar 300 kilometer, menjadikannya sungai terdalam di Indonesia. Sungai Siak memiliki tiga anak sungai utama, yaitu Sungai Tapung Kiri, Sungai Tapung Kanan, dan Sungai Mandau. (Mubarak & Nurhuda, 2021; Onrizal & Mansor, 2020). Wilayah yang dapat dilayari mencapai 240 km² dan akses penyebrangan dengan jembatan, seperti Jembatan Siak I, Jembatan Siak II, Jembatan Siak III, dan Jembatan Siak IV (Menteri Pekerjaan Umum, 2013).



Gambar 2.3 Peta DAS Siak

Luas Daerah Aliran Sungai (DAS) Siak sekitar 14.239 km² yang membentang dari Lereng Kubu Beringin dan Bukit Suligi di hulu hingga Bukit Pandan di Kabupaten Rokan Hulu, kemudian bermuara di Selat Malaka (Keputusan Presiden Republik Indonesia, 2012). Kondisi geografis ini membuat Sungai Siak

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

rentan terhadap perubahan volume air sepanjang musim (Menteri Pekerjaan Umum, 2013; Mubarak & Nurhuda, 2021). Kondisi ini membutuhkan pola manajemen sumber daya air yang didasarkan pada pemantauan tinggi muka air sungai melalui stasiun hidrologi secara berkala. Tinggi muka air Sungai Siak, yang diukur pada elevasi 2 meter, menjadi parameter utama dalam menentukan potensi sumber daya air di daerah tersebut (Menteri Pekerjaan Umum, 2013).

2.8 Stasiun Hidrologi

Setiap sungai memiliki karakteristik unik yang dipengaruhi oleh topografi, iklim, vegetasi, dan aktivitas manusia di sekitarnya. Pentingnya keberadaan stasiun hidrologi di beberapa titik di setiap sungai pemantauan terletak pada kebutuhan memahami dinamika air yang terjadi di berbagai lokasi (Davie & Quinn, 2019). Oleh karena itu, dengan mendirikan stasiun hidrologi di beberapa titik yang strategis sepanjang sungai memberikan gambaran tinggi muka air dan aliran sungai secara keseluruhan. Dengan data yang diperoleh dari stasiun hidrologi yang tersebar, dapat dilakukan pemodelan hidrologi yang lebih akurat, identifikasi daerah rawan bencana, dan pengambilan keputusan yang lebih baik dalam manajemen sumber daya air (Chandniha et al., 2022; Weesakul et al., 2021).

Pemantauan hidrologi pada Sungai Siak diambil dari tiga stasiun, yaitu Stasiun Pantai Cermin, Stasiun Senapelan, dan Stasiun Tandun (Menteri Pekerjaan Umum, 2013). Meskipun terdapat beberapa stasiun lain sepanjang DAS Siak, ketiga stasiun ini dipilih karena alasan seperti, dekat dengan pemukiman, memberikan pengamatan yang lebih intensif dan intervensi yang lebih cepat jika terjadi situasi darurat terkait air. Selain itu, stasiun-stasiun ini dipilih karena letaknya yang mewakili variasi geografis dan hidrologis di sepanjang sungai, memberikan pemahaman yang lebih holistik tentang perilaku air sungai.

2.8.1 Stasiun Pantai Cermin

Secara administratif, stasiun ini berlokasi di Provinsi Riau, Kabupaten Kampar, Kecamatan Tapung, Desa/Kampung Pantai Cermin dengan jarak kurang lebih 30 kilometer dari Pekanbaru. Stasiun Pantai Cermin didirikan pada tahun

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1980 oleh Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang DATI I Riau. Elevasi pemantauan pada stasiun ini sekitar 2 meter di atas permukaan air.

Informasi mengenai Stasiun Pantai Cermin:

Nomor Stasiun	: 01- 60- 0 - 01
Anak Sungai	: Sungai Tapung Kiri
Lokasi Geografis	: 0°35'24" LS dan 101°11'46" BT
Luas Daerah Pengaliran	: 1716 km ²
Pelaksana	: Balai Hidrologi, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Sumber Daya Air

2.8.2 Stasiun Senapelan

Secara administratif, stasiun ini berlokasi di Provinsi Riau, tepatnya di Kota Pekanbaru, Kecamatan Senapelan, Desa Kampung Baru. Lokasi pos stasiun berada di depan kantor PU Pengendalian Banjir dengan sudut elevasi daerah aliran sungai sekitar 2 meter di atas permukaan air. Pos Hidrologi di stasiun ini didirikan pada tanggal 1 Agustus 1998 oleh Dinas PUPR Riau.

Informasi mengenai Stasiun Senapelan:

Nomor Stasiun	: 01- 60- 0 - 04
Anak Sungai	: Sungai Siak
Lokasi Geografis	: 00°32'10" LU dan 101°20'29" BT
Luas Daerah Pengaliran	: 11026 km ²
Pelaksana	: Balai Wilayah Sungai Sumatera III

2.8.3 Stasiun Tandun

Terletak di Kabupaten Rokan Hulu, Provinsi Riau, stasiun ini berada di Kecamatan Tandun, Desa Tandun dengan jarak 160 KM dari Pekanbaru yang terletak di kanan aliran sungai. Lokasi Stasiun ini secara hidrologis merupakan anak Sungai Tandun yang merupakan aliran dari Sungai Siak dengan elevasi daerah aliran sekitar 2 meter di atas permukaan air. Pos Hidrologi stasiun ini didirikan pada tahun 1976 oleh DPUP DATI I Riau dengan kegiatan pemantauan dan pengelolaan stasiun ini dilakukan oleh Balai Hidrologi.

Informasi mengenai Stasiun Tandun:



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Nomor Stasiun : 01- 60- 0 - 03
 Anak Sungai : Sungai Tandun
 Lokasi Geografis : 00° 35' 41" LU 100° 28' 31" BT
 Luas Daerah Pengaliran : 197,5 km²
 Pelaksana : Balai Hidrologi, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Sumber Daya Air

2.9 Penelitian Terkait

Berikut ini adalah daftar penelitian sebelumnya yang relevan yang menjadi acuan dan dasar penelitian ini,

Tabel 2.3 Penelitian Terkait

NO	Tahun	Judul	Penulis	Pembahasan
1	2021	<i>A Comparative Study of ARIMA and Holt-Winters Exponential Smoothing Models for Rice Price Forecasting in Tanzania</i>	Yohana James Mgale, Yunxian Yan, Shauri Timothy	Mengevaluasi model ARIMA dan <i>Holt-Winters</i> dalam meramalkan harga beras grosir bulanan di Tanzania dari Januari 2004-September 2019. Dengan model aditif <i>Holt-Winters</i> lebih baik daripada ARIMA.
2	2022	<i>Application of Double Exponential Smoothing Holt and Triple Exponential Smoothing Holt-Winters with Golden Section Optimization to Forecast Export</i>	Novita Andriani, Sri Wahyuningsih, Meiliyani Siringoringo	Peramalan nilai ekspor menggunakan metode aditif <i>Holt-Winters</i> TES dengan optimasi golden section memiliki MAPE kurang yang paling kecil yang berarti bahwa peramalan dengan menggunakan metode tersebut sangat baik.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

		<i>Value of East Borneo Province</i>		
	2020	<i>Comparison of Double Exponential Smoothing and Triple Exponential Smoothing Methods in Predicting Income of Local Water Company</i>	Dyna Marisa Khairina, Yulius Daniel, dan Putut Pamilih Widagdo	Perbandingan metode <i>Double Exponential Smoothing</i> dan <i>Triple Exponential Smoothing</i> dengan evaluasi MAPE menyimpulkan prediksi TES lebih baik dengan nilai alpha 0.5
	2023	<i>Forecasting inventory for the state-wide pharmaceutical service of South Australia</i>	Rachel Rushton, Olivia Lorraine, Junia Tiong, Masud Karima, Rowena Dixon, Winifred Greenshields, Richard Marotti	Memprediksi permintaan stok obat di SA menggunakan model <i>Holt Winters</i> aditif musiman dengan hasil RMSE sebesar 408. Hasil ini didapat dengan pendekatan sederhana dibandingkan menggunakan model yang lebih rumit seperti Algoritma Genetika dan Jaringan Saraf Tiruan.
	2020	<i>Forecasting Seasonal Time Series Data using The Holt-Winters Exponential Smoothing Method of Aditif Models</i>	Nurhamidah, Nusyirwan, Ahmad Faisol	Metode Aditif <i>Holt-Winters</i> Aditif pada data penumpang pesawat yang berangkat di Bandara Hasanudin dari 2009-2019 memiliki pola trend dan musiman dengan $\alpha = 0,4$, $\beta = 0$, $\gamma = 0$ dan $MSE = 721794499$.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

6	2021	<i>Future hydrological drought hazard assessment under climate and land use projections in Upper Nan River Basin, Thailand</i>	Chutipat Foyhirun and Thanasit Promping	Memprediksi kekeringan di DAS Nan Hulu Thailand dalam tiga periode: 2020-an (2011-2040), 2050-an (2041-2070), dan 2080-an (2071-2100). Dengan tingkat ancaman rendah - sedang pada 2050-an, dan tingkat ancaman medium - tinggi mulai ada pada 2080-an.
7	2023	<i>Precipitation variations in the central Vietnam to forecast using Holt-Winters Seasonal Aditif Forecasting method for 1990 to 2019 trend</i>	Suraj Kumar Bhagat, Tiyasha, Krishnaraj Ramaswamy	Metode Aditif Musiman <i>Holt-Winters</i> menggambarkan potensi karakteristik statistik yang berbeda menggunakan data klimatologi (rentang waktu 30 tahun) dari dua geolokasi yang berbeda di Vietnam.
8	2021	<i>Precipitation variations in the central Vietnam to forecast using Holt-Winters Seasonal Aditif Forecasting method for 1990 to 2019 trend</i>	Mwana Said Omar, Hajime Kawamukai	Simulasi deret waktu NDVI berdasarkan piksel di wilayah vegetasi rendah dan tinggi di Afrika Timur menggunakan <i>Holt-Winters</i> memiliki kinerja baik di wilayah vegetasi rendah untuk tingkat piksel rendah dan prediksi yang lebih baik di wilayah vegetasi tinggi.
9	2022	<i>Short-Term Polar Motion Forecast</i>	Jiesi Luo1, Wei Chen,	Metode prediksi PM HW-VCW berdasarkan algoritma



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

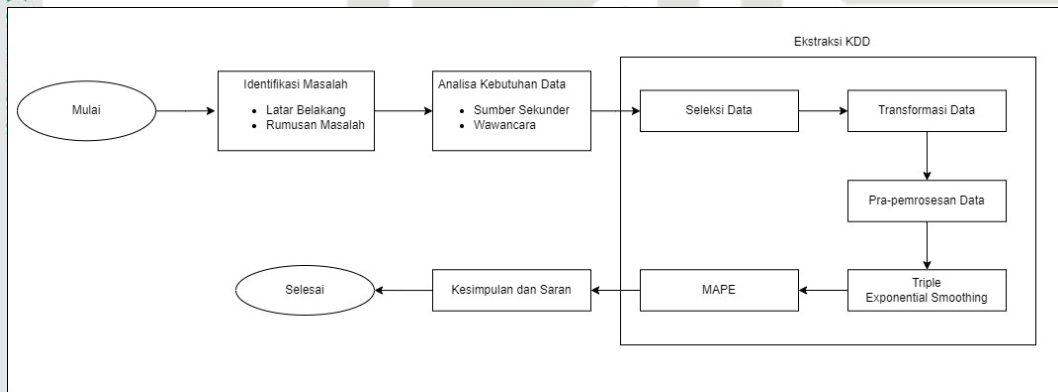
		<i>Based on the Holt-Winters Algorithm and Angular Momenta of Global Surficial Geophysical Fluids</i>	Jim Ray, Jiancheng Li	<i>Holt-Winters</i> teruji stabil dan dapat diandalkan dalam berbagai rentang waktu, dengan peningkatan signifikan dalam prediksi ΔPMX dan ΔPMY dari 1 hingga 30 hari ke depan yang diukur oleh MAE.
10	2022	<i>Water Level Forecasting Using Deep Learning Time-Series Analysis: A Case Study of Red River of the North</i>	Vida Atashi, Hamed Taheri Gorji, Seyed Mojtaba Shahabi, Ramtin Kardan, dan Yeo Howe Lim	Membandingkan metode LSTM, SARIMA, dan <i>Random Forest</i> untuk memprediksi banjir di Sungai Merah Utara. Dengan data dari tahun 2007-2019 dan evaluasi level air selama 6 jam, 12 jam, 1 hari, 3 hari, dan seminggu

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian menghasilkan analisis yang didapatkan dari pedoman sistematis sehingga menjadi arahan untuk menyusun penelitian. Penelitian ini mengimplementasikan konsep ekstraksi *Knowledge Discovery in Database* (KDD) untuk mendapatkan informasi terhadap domain yang diteliti. Metode penelitian yang dilakukan berdasarkan *flowchart* berikut:



Gambar 3.1 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian melibatkan proses integrasi ke dalam lingkungan perangkat lunak menjadi program komputer yang dapat dieksekusi. Perangkat lunak dan keras yang digunakan dalam proses ini adalah sebagai berikut:

Perangkat Keras

- a. Penyimpanan Internal : 512GB M.2 NVMe™ PCIe® 3.0 SSD
- b. Processor : Intel® Core™ i7-10510U Processor 1.8 GHz, 64 bit
- c. RAM : 8GB DDR3 on board

Perangkat Lunak

- a. Bahasa Pemrograman : Python 3.10.12 dan R 4.3.3
- b. Python Package : Numpy, pandas, statsmodels.api, seaborn, matplotlib.pyplot, OLS, statsmodels.regression.linear_model

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- c. *R Package* : addHW<-HoltWinters(n, season="add")
- d. Sistem Operasi : Windows 11 2023 Update 1 Version 23H2
- e. *Teks Editor* : Google Colab Notebook dan R Studio versi 2023.12.1+402

3.1 Identifikasi Masalah

Langkah pertama dalam metodologi penelitian adalah mengidentifikasi masalah, yang berperan dalam menjelaskan masalah yang akan dibahas dan menciptakan dasar kuat untuk penelitian. Proses identifikasi masalah juga dilakukan dengan mendapatkan informasi dari profesional di bidangnya, dalam hal ini adalah staf ahli hidrologi di BWS Sumatera III. Melalui wawancara, kendala atau kebutuhan solusi untuk tantangan tersebut dapat dijelaskan secara lebih rinci. Setelah memahami konteks permasalahan dan informasi dari para ahli, langkah berikutnya mengidentifikasi celah pengetahuan dengan menganalisis literatur dan penelitian sebelumnya dalam bidang tersebut. Setelah masalah diidentifikasi, perumusan rumusan masalah penelitian dilakukan, yang akan menjadi dasar seluruh metodologi penelitian untuk menjawab permasalahan yang ada.

3.2 Analisa Kebutuhan Data

Data dalam penelitian ini berasal dari data sekunder yang diperoleh langsung dari BWS Sumatera III yang mencakup data klimatologi, curah hujan, dan tinggi muka air sungai. Data ini dicatat dari sejumlah stasiun pemantauan hidrologi yang tersebar di empat sungai utama di Provinsi Riau selama 11 tahun, yaitu dari 1 Januari 2013 - 31 Desember 2023. Akses data hidrologi ini diberikan oleh BWS Sumatera III setelah mengajukan izin resmi. Dokumentasi data hidrologi terdiri dari rekaman harian perubahan dalam variabel hidrologi selama periode tersebut.

Informasi pendukung data sekunder didapat dari hasil wawancara bersama staf ahli hidrologi di BWS Sumatera III. Tahap wawancara menghasilkan perspektif praktis yang tidak terdokumentasi di dalam dataset, sehingga memberikan dimensi baru pada analisis penelitian. Hal tersebut seperti, proses pengumpulan data, validitas, dan faktor-faktor khusus yang perlu diperhatikan dalam interpretasi data.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Proses ini menjamin penelitian dapat menghasilkan informasi yang relevan dan dapat diandalkan untuk melakukan prediksi tinggi muka air sungai.

3.3 Seleksi Data

Seleksi data dilakukan menggunakan bahasa pemrograman *python* dengan memilih variabel yang berdasarkan relevansi rumusan masalah sehingga menjadi representasi terhadap tujuan penelitian. Variabel yang terdapat pada dataset ini yaitu, *Date*, *Relative Humidity*, *Max Temperature*, *Min Temperature*, *Evaporation*, *Wind Velocity*, *Sunlight*, *Rainfall*, dan *River Basin*. Tidak semua variabel yang ada di dataset tersebut yang akan digunakan dalam hal penelitian ini, namun hanya variabel *Date* dan *River Basin* yang menjadi variabel prediksi.

Variabel *Date* digunakan sebagai variabel waktu dalam analisis deret waktu, yang memberikan pemahaman terhadap perubahan tinggi muka air sungai dari waktu ke waktu. Sementara itu, *River Basin* digunakan untuk mengetahui tinggi muka air sungai berdasarkan cekungan sungai atau wilayah geografis dari stasiun pemantauan. Kedua variabel ini menganalisis deret waktu untuk memahami perubahan tinggi muka air sungai sepanjang periode pengamatan selama 4018 data per stasiun, mencakup 11 tahun data (1 Januari 2013 hingga 31 Desember 2023) untuk satu stasiun. Jika melibatkan 3 stasiun, sehingga totalnya 12.051 data.

3.4 Transformasi Data

Menginisialisasikan variabel *Date* pada dataset menjadi indeks *time series* dan variabel *River Basin* ditentukan sebagai variabel target untuk prediksi menggunakan bahasa pemrograman *python* merupakan *output* dari proses transformasi data. Hal ini dilakukan untuk mengidentifikasi level, tren, dan musiman terkandung dalam dataset yang berguna untuk melacak perubahan dan variasi dalam *River Basin* dari waktu ke waktu. Dengan kata lain, inisialisasi indeks *time series* memfasilitasi pemodelan dan analisis deret waktu, sehingga model dapat menangkap dinamika dalam data sepanjang rentang waktu yang diamati.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

3.5 Pra-pemrosesan Data

Format waktu pada dataset yang digunakan mencakup dimensi waktu dan tinggi muka air sungai dari 3 stasiun hidrologi di DAS Siak, akan diproses agar sesuai dengan pembagian kuartal, yaitu

1. Kuartal 1 adalah rata-rata dari seluruh data pada bulan Januari – Maret
2. Kuartal 2 adalah rata-rata dari seluruh data pada bulan April – Juni
3. Kuartal 3 adalah rata-rata dari seluruh data pada bulan Juli – September
4. Kuartal 4 adalah rata-rata dari seluruh data pada bulan Oktober – Desember

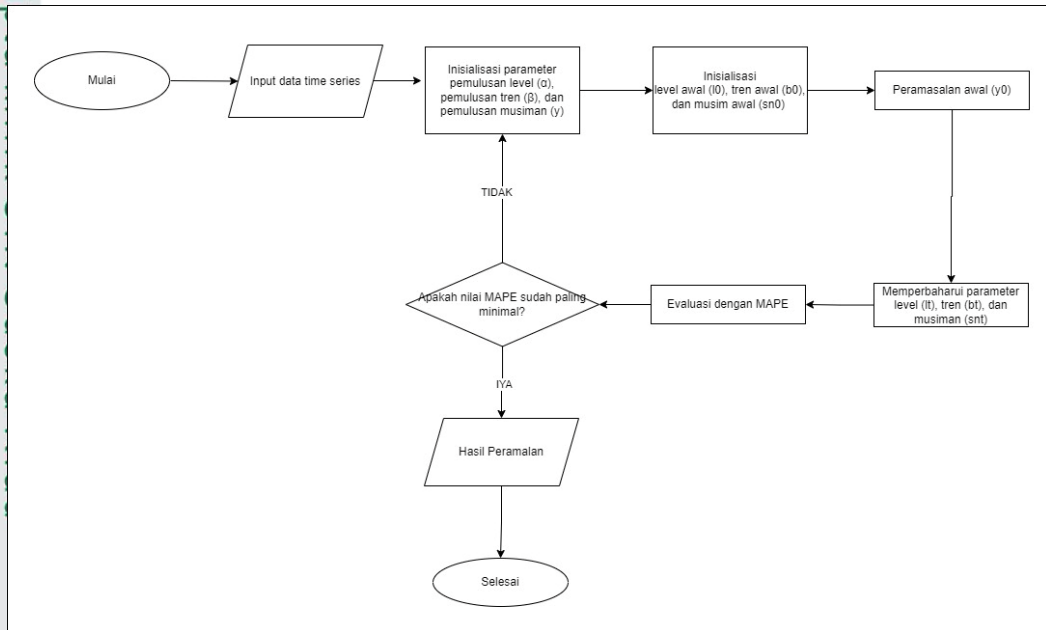
Hal ini bertujuan menganalisis data dengan terstruktur dan memberikan perbandingan antar kuartal untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik tentang tren, pola, dan musim dalam tinggi muka air sungai di wilayah tersebut.

Deskripsi data juga dilakukan pada pra-pemrosesan yaitu melakukan pengecekan kualitas data untuk memastikan bahwa data yang digunakan dalam analisis adalah valid. Aspek yang dihasilkan deskripsi data yaitu,

1. *Count*: Jumlah observasi atau entri data yang ada dalam data
2. *Mean*: Rata-rata aritmatika dari semua nilai dalam data
3. *STD*: Standar deviasi, yang mengukur sebaran data dari nilai rata-rata
4. *Min*: Nilai terendah dalam data
5. *Max*: Nilai tertinggi dalam data
6. 25% (Q1): Kuartil pertama, atau nilai yang membagi data menjadi seperempat bagian terbawah.
7. 50% (Q2): Kuartil kedua atau median, nilai tengah dalam data saat diurutkan
8. 75% (Q3): Kuartil ketiga, atau nilai yang membagi data menjadi tiga perempat bagian terbawah

Hasil dari pra pemrosesan menjadi pertimbangan untuk menggunakan model aditif atau multiplikatif dari *Triple Exponential Smoothing* terutama melalui plot datanya. Plot yang dihasilkan berbagai *package* seperti *matplotlib* atau *seaborn* pada bahasa pemrograman *Python* memvisualisasikan data untuk menentukan apakah data bersifat aditif atau multiplikatif, tergantung pada pola data.

3.6 Triple Exponential Smoothing



Gambar 3.2 Proses Implementasi Triple Exponential Smoothing

Algoritma *Triple Exponential Smoothing* (TES) menangani data *time series* yang memerlukan nilai optimal parameter *alpha* untuk level, *beta* untuk tren, dan *gamma* untuk musim. Komponen tersebut membutuhkan nilai inisial yang merupakan titik awal dalam proses peramalan untuk mengetahui nilai selanjutnya hingga model terbentuk.

Inisial level dan tren disebut juga sebagai *slope* dan *intercept* didapatkan dari persamaan regresi linear yaitu dengan melibatkan perhitungan rata-rata dari variabel independen dan variabel dependen serta mewakili rata-rata tinggi muka air sungai dan periode waktu yang diamati. Selanjutnya, kovariansi antara kedua variabel ini dihitung untuk menentukan seberapa bervariasi data. Selain itu, standar deviasi dari variabel independen digunakan untuk menilai seberapa bervariasi data X.

Persamaan yang didapat dari persamaan regresi linear tersebut kemudian disubstitusikan dengan nilai dari variabel dependen untuk mendapatkan nilai inisial musiman. Nilai inisial musim dihasilkan dengan mempertimbangkan pola data, seperti pada penelitian ini yang menggunakan analisis berdasarkan kuartal,

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

sehingga komponen musimnya ada 4 dengan jumlah datanya 44 maka nilai inisial musimnya diproses sesuai urutan kuartal yaitu,

1. Kuartal 1 terdiri dari nilai pada data ke 1, 5, 9, 13, 17, 21, 25, 29, 33, 37, dan 41.
2. Kuartal 2 terdiri dari nilai pada data ke 2, 6, 10, 14, 18, 22, 26, 30, 34, 38, dan 42
3. Kuartal 3 terdiri dari nilai pada data ke 3, 7, 11, 15, 19, 23, 27, 31, 35, 39, dan 43
4. Kuartal 2 terdiri dari nilai pada data ke 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, 40, dan 44

Dalam penelitian ini, pola data time series yang diamati menunjukkan musim dan tren cenderung bertambah secara linear terhadap level dasar. Oleh karena itu, penggunaan model aditif lebih sesuai untuk memodelkan perubahan dalam data yang lebih konsisten dengan pola yang diamati. Proses pemodelan model Aditif dari algoritma TES diterapkan melalui *package* dari bahasa pemrograman R yang juga akan menghasilkan nilai prediksi.

3.7 MAPE

Tahap evaluasi memberikan gambaran objektif dari nilai eror model yang digunakan untuk menilai kinerja algoritma. Metrik evaluasi, seperti *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), memberikan ukuran kesalahan persentase dengan membandingkan nilai prediksi dan data aktual. Hasil evaluasi dapat membantu menemukan kekuatan dan kelemahan model dan dengan demikian, metrik evaluasi berfungsi sebagai alat untuk membangun model yang lebih baik.

3.8 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan menyajikan temuan utama dengan ringkas dan memastikan tujuan penelitian tercapai, sementara saran memberikan panduan untuk perbaikan dan pengembangan lebih lanjut. Perbaikan berupa saran dapat dirumuskan setelah menyelesaikan metode penelitian dengan menghasilkan kesimpulan yang dapat menjadi jembatan antara temuan dan tindakan selanjutnya.



BAB 5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil implementasi pada penelitian yang sudah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut,

1. Implementasi Triple Exponential Smoothing (TES) telah berhasil dilakukan menggunakan model aditif untuk Stasiun Pantai Cermin, Stasiun Senapelan, dan Stasiun Tandun
2. Evaluasi menggunakan metrik MAPE menunjukkan bahwa model prediksi memiliki nilai error sebesar 26.55% pada Stasiun Pantai Cermin, 20.68% pada Stasiun Senapelan, dan 23.4% pada Stasiun Tandun yang dikategorikan "cukup baik".

5.2 Saran

Rekomendasi untuk penelitian selanjutnya dapat melakukan perbandingan antara *Triple Exponential Smoothing* dengan berbagai algoritma prediksi lainnya. Hal ini bertujuan untuk pemahaman yang lebih baik tentang kinerja relatif dari setiap algoritma dalam memprediksi tinggi muka air sungai Siak. Selain itu, pengujian menggunakan metrik lain dapat dilakukan, agar memberikan wawasan tentang seberapa baik model dapat memprediksi tinggi muka air sungai, serta dalam mengevaluasi model prediksi dari nilai eror yang dihasilkan.

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR PUSTAKA

- Amam, T., & Alarjani, A. (2021). A Comparative Study of CO2 Emission Forecasting in the Gulf Countries using Autoregressive Integrated Moving Average, Artificial Neural Network, and Holt-Winters Exponential Smoothing Models. *Advances in Meteorology*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/8322590>
- Andriani, N., Wahyuningsih, S., & Siringoringo, M. (2022). Application of Double Exponential Smoothing Holt and Triple Exponential Smoothing Holt-Winter with Golden Section Optimization to Forecast Export Value of East Borneo Province. *Jurnal Matematika, Statistika Dan Komputasi*, 18(3), 475–483. <https://doi.org/10.20956/j.v18i3.17492>
- Arhami, M., & Nasir, M. (2020). *Data Mining - Algoritma dan Implementasi* (1st ed., Vol. 1). Andi Offset.
- Asdak, C. (2022). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai* (4th ed., Vol. 8). UGM Press.
- Atashi, V., Gorji, H. T., Shahabi, S. M., Kardan, R., & Lim, Y. H. (2022). Water Level Forecasting using Deep Learning Time-Series Analysis: A Case Study of Red River of the North. *Water (Switzerland)*, 14(12). <https://doi.org/10.3390/w14121971>
- Aurna, N. F., Rubel, M. T. M., Siddiqui, T. A., Karim, T., Saika, S., Arifeen, M. M., Mahbub, T. N., Reza, S. M. S., & Kabir, H. (2021a). Time Series Analysis of Electric Energy Consumption using Autoregressive Integrated Moving Average Model and Holt Winters Model. *TELKOMNIKA: Telecommunication Computing Electronics and Control*, 19(3), 991–1000. <https://doi.org/10.12928/TELKOMNIKA.v19i3.15303>
- Aurna, N. F., Rubel, M. T. M., Siddiqui, T. A., Karim, T., Saika, S., Arifeen, M. M., Mahbub, T. N., Reza, S. M. S., & Kabir, H. (2021b). Time Series Analysis

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

of Electric Energy Consumption using Autoregressive Integrated Moving Average Model and Holt Winters Model. *Telkomnika (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 19(3), 991–1000. <https://doi.org/10.12928/TELKOMNIKA.v19i3.15303>

Bhagat, S. K., Tiyasha, & Ramaswamy, K. (2023). Precipitation Variations in the Central Vietnam to Forecast using Holt-Winters Seasonal Additive Forecasting method for 1990 to 2019 Trend. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1216(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1216/1/012019>

Borwarnginn, P., Haga, J. H., & Kusakunniran, W. (2022). Predicting River Water Height using Deep Learning-based Features. *ICT Express*, 8(4), 588–594. <https://doi.org/10.1016/j.ict.2022.03.012>

Bouakeo, P., Srisuk, K., & Saraphirom, P. (2022). An Integrated Approach for Aquifer Characterization and Groundwater Productivity Evaluation in the Vientiane Basin, Lao PDR. *Engineering and Applied Science Research*, 49(6), 780–796. <https://doi.org/10.14456/easr.2022.76>

Chandniha, S. K., Lohani, A. K., Krishan, G., & Prabhakar, A. K. (2022). *Advances in Hydrology and Climate Change: Historical Trends and New Approaches in Water Resources Management* (1st ed., Vol. 1). Apple Academic Press.

Davie, T., & Quinn, N. W. (2019). *Fundamentals of Hydrology*.

Diksa, I. G. B. N. (2022). Forecasting the Existence of Chocolate with Variation and Seasonal Calendar Effects using the Classic Time Series Approach. *Jurnal Matematika, Statistika Dan Komputasi*, 18(2), 237–250. <https://doi.org/10.20956/j.v18i2.18542>

Fayhirun, C., & Promping, T. (2021). Future Hydrological Drought Hazard Assessment under Climate and Land use Projections in Upper Nan River Basin, Thailand. *Engineering and Applied Science Research*, 48(6), 781–790. <https://doi.org/10.14456/easr.2021.81>

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hartomo, K. D., Yulianto, S., & Valentina, A. (2020). A New Model of Poverty Index Prediction using Triple Exponential Smoothing Method. *7th International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering, ICITACEE 2020 - Proceedings*, 76–79. <https://doi.org/10.1109/ICITACEE50144.2020.9239205>

Keputusan Presiden Republik Indonesia, Pub. L. No. 12, Sekretariat Kabinet Republik Indonesia 1 (2012).

Keputusan Presiden Republik Indonesia, Pub. L. No. 17, Sekretariat Kabinet Republik Indonesia 1 (2019).

Khairina, D. M., Daniel, Y., & Widagdo, P. P. (2021). Comparison of Double Exponential Smoothing and Triple Exponential Smoothing Methods in Predicting Income of Local Water Company. *Journal of Physics: Conference Series*, 1943(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1943/1/012102>

Kumar, V., Unal, S., Bhagat, S. K., & Tiyasha, T. (2024). A Data-driven Approach to River Discharge Forecasting in the Himalayan Region: Insights from Aglar and Paligaad Rivers. *Results in Engineering*, 22. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102044>

Ho, J., Chen, W., Ray, J., & Li, J. (2022). Short-Term Polar Motion Forecast based on the Holt-Winters Algorithm and Angular Momenta of Global Surficial Geophysical Fluids. In *Surveys in Geophysics* (Vol. 43, Issue 6, pp. 1929–1945). Springer Science and Business Media B.V. <https://doi.org/10.1007/s10712-022-09733-0>

Menteri Pekerjaan Umum, Pub. L. No. 02/PRT/M/2013, Kementerian Pekerjaan Umum 1 (2013).

Mgale, Y. J., Yan, Y., & Timothy, S. (2021). A Comparative Study of ARIMA and Holt-Winters Exponential Smoothing Models for Rice Price Forecasting in Tanzania. *OALib*, 08(05), 1–9. <https://doi.org/10.4236/oalib.1107381>

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Mubarak, & Nurhuda, A. (2021). Sediment Movements in Estuary of Siak River, Riau Basin, Indonesia. *Indonesian Journal of Geography*, 53(1), 103–107. <https://doi.org/10.22146/IJG.57100>

Nurhamidah, N., Nusyirwan, N., & Faisol, A. (2020). Forecasting Seasonal Time Series Data using The Holt-Winters Exponential Smoothing Method of Additive Models. *Jurnal Matematika Integratif*, 16(2), 151. <https://doi.org/10.24198/jmi.v16.n2.29293.151-157>

Omar, M. S., & Kawamukai, H. (2021). Prediction of NDVI using the Holt-Winters Model in High and Low Vegetation Regions: A Case Study of East Africa. *Scientific African*, 14. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e01020>

Onrizal, O., & Mansor, M. (2020). A Short Note on Siak River, Sumatra, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 454(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/454/1/012079>

Ramadiani, Syahrani, R., Astuti, I. F., & Azainil. (2020). Forecasting the Number of Airplane Passengers uses the Double and the Triple Exponential Smoothing Method. *Journal of Physics: Conference Series*, 1524(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1524/1/012051>

Ren, T., Liu, X., Niu, J., Lei, X., & Zhang, Z. (2020). Real-Time Water Level Prediction of Cascaded Channels based on Multilayer Perception and Recurrent Neural Network. *Journal of Hydrology*, 585. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124783>

Rumbe, G., Hamasha, M., & Al Mashaqbeh, S. (2024). A Comparison of Holts-Winter and Artificial Neural Network Approach in Forecasting: A Case Study for Tent Manufacturing Industry. *Results in Engineering*, 21. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.101899>

Rushton, R., Lorraine, O., Tiong, J., Karim, M., Dixon, R., Greenshields, W., Marotti, R., & Bretaña, N. A. (2023). Forecasting Inventory for the State-wide



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Pharmaceutical Service of South Australia. *Procedia Computer Science*, 219, 1257–1264. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.01.409>

Lao, H., Al-Bedyry, N. K., Khedher, K. M., Shahid, S., & Yaseen, Z. M. (2021). River Water Level Prediction in Coastal Catchment using Hybridized Relevance Vector Machine Model with Improved Grasshopper Optimization. *Journal of Hydrology*, 598. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126477>

Weesakul, U., Chaiyasarn, K., & Mahat, S. (2021). Long-term Rainfall Forecasting using Deep Neural Network Coupling with Input Variables Selection Technique: A Case Study of Ping River Basin, Thailand. *Engineering and Applied Science Research*, 48(2), 209–220. <https://doi.org/10.14456/easr.2021.23>



UIN SUSKA RIAU

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Data Pribadi

Nama : Salsabila
 Jenis Kelamin : Perempuan
 Tempat/Tanggal Lahir : Pekanbaru, 23 April 2002
 Kewarganegaraan : Indonesia
 Agama : Islam
 Alamat : Jl. Tuanku Tambusai, Kelurahan Labuh Baru Barat, Kecamatan Payung Sekaki, Kota Pekanbaru
 No. HP : 0895-6130-56903
 Email : 12050121662@students.uin-suska.ac.id

Pendidikan

2006 - 2008 : TK Islam Terpadu Al-Madinah Pekanbaru
 2008 - 2011 : SD Islam Terpadu Al-Madinah Pekanbaru
 2011 - 2014 : SD Islam As-Shofa Pekanbaru
 2014 - 2017 : SMP Islam As-Shofa Pekanbaru
 2017 - 2020 : MAN 2 Kota Pekanbaru
 2020 - 2024 : S1 Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.