

**PERAMALAN JUMLAH PENUMPANG KERETA API REL LISTRIK  
*COMMUTER LINE* MENGGUNAKAN METODE *HOLT-WINTERS***

**SKRIPSI**



**UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A**

Disusun Oleh  
**NEISKA AYUNINDILA SHAFAHIRA**  
**H02218009**

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL  
SURABAYA**

**2022**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : NEISKA AYUNINDILA SHAFAHIRA

NIM : H02218009

Program Studi : Matematika

Angkatan : 2018

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul "PERAMALAN JUMLAH PENUMPANG KERETA API REL LISTRIK *COMMUTER LINE* MENGGUNAKAN METODE *HOLT-WINTERS*".

Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 5 Juli 2022

Yang menyatakan,



NEISKA AYUNINDILA SHAFAHIRA

NIM. H02218009

## LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi oleh

Nama : NEISKA AYUNINDILA SHAFAHIRA  
NIM : H02218009  
Judul Skripsi : PERAMALAN JUMLAH PENUMPANG KERETA API  
REL LISTRIK *COMMUTER LINE* MENGGUNAKAN  
METODE *HOLT-WINTERS*

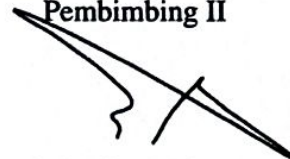
telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Pembimbing I



Aris Fanani, M.Kom  
NIP. 198701272014031002

Pembimbing II



Dr. Moh. Hafiyusholeh, M.Si., M.Pmat  
NIP. 198002042014031001

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Matematika  
UIN Sunan Ampel Surabaya



Yuniar Farida, M.T  
NIP. 197905272014032002

## PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI

Skripsi oleh

Nama : NEISKA AYUNINDILA SHAFAHIRA  
NIM : H02218009  
Judul Skripsi : PERAMALAN JUMLAH PENUMPANG KERETA API  
REL LISTRIK *COMMUTER LINE* MENGGUNAKAN  
METODE *HOLT-WINTERS*


Telah dipertahankan di depan Tim Penguji  
pada tanggal 22 Juli 2022

Mengesahkan,  
Tim Penguji

Penguji I

  
Ahmad Hanif Asyhar, M. Si  
NIP. 198601232014031001

Penguji II

  
Wika Dianita Utami, M.Sc  
NIP. 199206102018012003


Penguji III

  
Aris Fanani, M.Kom  
NIP. 198701272014031002

Penguji IV

  
Dr. Moh. Hafyusholeh, M.Si., M.Pmat  
NIP. 198002042014031001

Mengetahui,

  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Sunan Ampel Surabaya  
Depul Hamdani, M.Pd  
NIP. 196507312000031002





**KEMENTERIAN AGAMA**  
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA**  
**PERPUSTAKAAN**

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300  
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : NEISKA AYUNINDILA SHAFAHIRA  
NIM : H02218009  
Fakultas/Jurusan : SAINS DAN TEKNOLOGI / MATEMATIKA  
E-mail address : horus009@uinsby.ac.id

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :

Sekripsi     Tesis     Desertasi     Lain-lain (.....)

yang berjudul :

PERAMALAN JUMLAH PENUMPANG KERETA API MEL

LISTRIK KOMUTER LINE MENGGUNAKAN METODE

HOLT - WINTERS

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 5 Juli 2022

Penulis

( NEISKA AYUNINDILA S. )  
nama terang dan tanda tangan

## ABSTRAK

### PERAMALAN JUMLAH PENUMPANG KERETA API REL LISTRIK *COMMUTER LINE* MENGGUNAKAN METODE *HOLT-WINTERS*

Jumlah penumpang KRL *Commuter Line* Jabodetabek mengalami kenaikan signifikan setiap tahunnya yang tentunya dapat menimbulkan masalah karena terjadinya penumpukan penumpang. Untuk menghindari hal ini maka perlu dilakukan peramalan dengan metode deret waktu yaitu *Holt Winters* pada data jumlah penumpang KRL yang memiliki pola tren dan unsur musiman. Pada hasil peramalan data tahun 2010-2022, model terbaik yaitu *multiplicative*, dimana nilai MAPE-nya adalah 8.34% sedangkan untuk data tahun 2020-2022, model terbaiknya adalah *additive* dengan nilai MAPE 20.97%. Masing-masing model terbaik digunakan untuk meramalkan jumlah penumpang 12 bulan kedepan dengan tujuan dapat mengantisipasi terjadinya lonjakan maupun penurunan penumpang.

**Kata kunci:** Peramalan, *Time Series*, *Holt-Winters*, KRL *Commuter Line*

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## ABSTRACT

### FORECASTING THE NUMBER OF *COMMUTER LINE* ELECTRIC RAIL PASSENGERS USING *HOLT-WINTERS* METHOD

The number of KRL *Commuter Line* Jabodetabek passengers has increased significantly every year which of course can cause problems due to the accumulation of passengers. To avoid this, it is necessary to forecast using the time series method, namely *Holt Winters* on the data on the number of KRL passengers which have trend patterns and seasonal elements. In the results of data forecasting for 2010-2022, the best model is *multiplicative*, where the MAPE value is 8.34% while for the data for 2020-2022, the best model is *additive* with a MAPE value of 20.97%. Each of the best models is used to predict the number of passengers in the next 12 months with the aim of being able to anticipate the occurrence of surges or decreases in passengers.

**Keywords:** Forecasting, *Time Series*, *Holt-Winters*, KRL *Commuter Line*

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> . . . . .	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN</b> . . . . .	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING</b> . . . . .	<b>iii</b>
<b>PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI</b> . . . . .	<b>iv</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI</b> . . . . .	<b>v</b>
<b>ABSTRAK</b> . . . . .	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT</b> . . . . .	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> . . . . .	<b>1</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> . . . . .	<b>3</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> . . . . .	<b>4</b>
<b>I PENDAHULUAN</b> . . . . .	<b>5</b>
1.1. Latar Belakang Masalah . . . . .	5
1.2. Rumusan Masalah . . . . .	11
1.3. Tujuan Penelitian . . . . .	11
1.4. Manfaat Penelitian . . . . .	12
1.5. Batasan Masalah . . . . .	13
1.6. Sistematika Penulisan . . . . .	13
<b>II TINJAUAN PUSTAKA</b> . . . . .	<b>15</b>
2.1. KRL <i>Commuter Line</i> Jabodetabek . . . . .	15
2.2. Deret Waktu ( <i>Time Series</i> ) . . . . .	17
2.3. Peramalan . . . . .	20
2.4. ACF dan PACF . . . . .	22
2.5. <i>Holt-Winters</i> . . . . .	23
2.5.1. Model . . . . .	23
2.5.2. Estimasi Parameter . . . . .	26
2.6. Integrasi Keilmuan . . . . .	27
<b>III METODE PENELITIAN</b> . . . . .	<b>30</b>



3.1. Jenis Penelitian	30
3.2. Jenis dan Sumber Data	30
3.3. Kerangka Penelitian	30
<b>IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>33</b>
4.1. Jumlah Penumpang KRL Periode 2010-2022	33
4.1.1. Analisis Deskriptif	33
4.1.2. Nilai Parameter Pemulusan	36
4.1.3. Nilai Pemulusan Level, Tren dan Musiman	36
4.1.4. Nilai Akurasi	41
4.1.5. Hasil Peramalan	44
4.2. Jumlah Penumpang KRL Periode 2020-2022	46
4.2.1. Analisis Deskriptif	46
4.2.2. Nilai Parameter Pemulusan	49
4.2.3. Nilai Pemulusan Level, Tren dan Musiman	50
4.2.4. Nilai Akurasi	54
4.2.5. Hasil Peramalan	57
4.3. Integrasi Keilmuan	59
<b>V PENUTUP</b>	<b>61</b>
5.1. Kesimpulan	61
5.2. Saran	62
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>62</b>

UNIVERSITAS SUNAN AMPEL  
SURABAYA

## DAFTAR TABEL

2.1 Akurasi Nilai MAPE	22
4.1 Jumlah Penumpang KRL <i>Commuter Line</i> Jabodetabek tahun 2010 - 2022	33
4.2 Nilai Parameter Pemulusan Model Additive dan Multiplicative	36
4.3 Nilai MAPE <i>additive</i> data KRL <i>Commuter Line</i> Jabodetabek tahun 2010 - 2022	43
4.4 Nilai MAPE <i>multiplicative</i> data KRL <i>Commuter Line</i> Jabodetabek tahun 2010 - 2022	44
4.5 Hasil Peramalan Jumlah Penumpang KRL <i>Commuter Line</i> Jabodetabek	45
4.6 Jumlah Penumpang KRL <i>Commuter Line</i> Jabodetabek tahun 2020 - 2022	47
4.7 Nilai Parameter Pemulusan Model Additive dan Multiplicative	49
4.8 Nilai MAPE <i>additive</i> data KRL <i>Commuter Line</i> Jabodetabek tahun 2020 - 2022	56
4.9 Nilai MAPE <i>multiplicative</i> data KRL <i>Commuter Line</i> Jabodetabek tahun 2020 - 2022	57
4.10 Hasil Peramalan Jumlah Penumpang KRL <i>Commuter Line</i> Jabodetabek	58

## DAFTAR GAMBAR

2.1 Pola data horizontal	18
2.2 Pola data tren	19
2.3 Pola data musiman	19
2.4 Pola data siklis	20
2.5 Pola data yang mengandung unsur musiman	24
3.1 Diagram Alir	31
4.1 Grafik Data Jumlah Penumpang KRL <i>Commuter Line</i> Jabodetabek	34
4.2 Grafik ACF Jumlah Penumpang KRL <i>Commuter Line</i> Jabodetabek 2010-2022	35
4.3 Grafik PACF Jumlah Penumpang KRL <i>Commuter Line</i> Jabodetabek 2010-2022	35
4.4 Grafik Fitted Data Aktual dan Model Holt Winters	42
4.5 Grafik Hasil Peramalan	46
4.6 Grafik Data Jumlah Penumpang KRL <i>Commuter Line</i> Jabodetabek	48
4.7 Grafik ACF Jumlah Penumpang KRL <i>Commuter Line</i> Jabodetabek 2020-2022	48
4.8 Grafik ACF Jumlah Penumpang KRL <i>Commuter Line</i> Jabodetabek 2020-2022	49
4.9 Grafik Fitted Data Aktual dan Model	55
4.10 Grafik Hasil Peramalan	59

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang Masalah

Transportasi memiliki peranan penting pada kegiatan masyarakat sehari-hari. Salah satu peranannya yaitu memudahkan masyarakat dalam melakukan aktivitas berpindah dari satu tempat ke tempat lainnya. Karena pentingnya peranan transportasi, ada banyak usaha yang dilakukan untuk meningkatkan sistem transportasi seiring berkembangnya zaman terutama pada bidang teknologi yang berkaitan dengan moda transportasi hingga kapasitas angkut dari masa ke masa. Sarana transportasi merupakan bagian penting bagi kehidupan masyarakat sehari-hari karena memiliki peranan dalam segala aspek kehidupan, baik dari aspek ekonomi, sosial, lingkungan, pertahanan, serta keamanan (Ningsi and Putriyani, 2019). Pada aspek-aspek yang disebutkan, salah satunya pada aspek ekonomi, transportasi merupakan faktor penting pada perkembangan roda perekonomian untuk menopang dan memenuhi kebutuhan serta keperluan hidup orang banyak. Pentingnya peranan transportasi juga disebutkan pada salah satu ayat al-Qur'an sebagai berikut

رَبُّكُمُ الَّذِي يُزْجِي لَكُمُ الْفُلْكَ فِي الْبَحْرِ لِتَبْتَغُوا مِنْ فَضْلِهِ إِنَّهُ  
كَانَ بِكُمْ رَحِيمًا

Artinya: “Tuhan-mu adalah yang melayarkan kapal-kapal di lautan untukmu, agar kamu mencari sebahagian dari karunia-Nya. Sesungguhnya Dia adalah Maha Penyayang terhadapmu” (QS. Al Isra: 66)

Pada potongan ayat dijelaskan bahwa Allah telah memudahkan umat manusia untuk melakukan perjalanan menggunakan moda transportasi laut, baik untuk berniaga ataupun sekedar bepergian. Seiring berkembangnya teknologi, transportasi sudah berkembang tidak hanya moda transportasi laut. Banyak jenis moda transportasi yang lebih efektif dan efisien, diantaranya moda transportasi darat dan udara. Pada zaman dahulu, transportasi darat untuk perjalanan dekat maupun jauh berupa hewan seperti kuda dan keledai. Disebutkan pada salah satu ayat al-Qur'an terkait rakiba yang berarti menaiki kendaraan dimana pada mulanya manusia menggunakan binatang sebagai moda transportasi yang diisyaratkan pada QS. An-Nahl: 8 berikut

وَالْخَيْلَ وَالْبِغَالَ وَالْحَمِيرَ لِتَرْكَبُوهَا وَزِينَةً وَيَخْلُقُ مَا لَا تَعْلَمُونَ

Artinya: “Dan (Dia telah menciptakan) kuda, bighal dan keledai, agar kamu menungganginya dan (menjadikannya) perhiasan, dan Allah menciptakan apa yang kamu tidak mengetahuinya” (QS. An-Nahl: 8)

Potongan ayat menjelaskan bahwa manusia menggunakan binatang seperti kuda, bighal dan keledai sebagai moda transportasi. Selain itu, pada penghujung ayat ini diisyaratkan akan diciptakan moda transportasi dalam bentuk baru yang belum diketahui oleh manusia pada saat itu. Salah satu contohnya yaitu moda transportasi udara, pesawat terbang yang kinerjanya sama dengan seekor burung yang mampu terbang di udara.

Jasa transportasi menyediakan berbagai pilihan moda transportasi yang dapat digunakan oleh masyarakat sehari-hari. Pemilihan moda transportasi tergantung pada kepentingan masing-masing pengguna jasa yang akan memanfaatkannya dengan mempertimbangkan beberapa aspek terlebih dahulu



seperti kenyamanan, harga, estimasi waktu hingga lain sebagainya (Suryadi, 2019). Berbagai jenis moda transportasi yaitu transportasi darat, udara dan laut. Yang paling sering digunakan oleh masyarakat tentunya adalah moda transportasi darat untuk melakukan kegiatan sehari-hari seperti bekerja, bersekolah serta aktivitas lain yang memerlukan transportasi. Hal ini membuktikan bahwa transportasi darat merupakan suatu kebutuhan yang sangat penting, terlebih di kota-kota besar. Banyaknya jumlah moda transportasi yang digunakan oleh masyarakat pada kegiatan sehari-hari menimbulkan terjadinya kepadatan lalu lintas di jalan raya terutama pada kota-kota besar. Dampak dari kepadatan yang terjadi di beberapa kota besar contohnya, Jakarta, Bogor, Depok, Tangerang, dan Bekasi ini menyebabkan masyarakat banyak yang beralih ke moda transportasi alternatif untuk menghindari kepadatan lalu lintas yang kerap terjadi, salah satunya dengan memilih moda transportasi kereta api. Peminat moda transportasi ini sangat banyak sehingga menjadikannya sebagai salah satu transportasi yang sering digunakan oleh masyarakat Indonesia, hal ini karena kereta api adalah satu-satunya moda transportasi darat yang memiliki lintasan sendiri yaitu lintasan rel sehingga dapat menghindari kepadatan yang terjadi di jalan raya.

Jenis dari kereta api sudah mulai berkembang salah satunya adalah KRL (Kereta Api Listrik) yang beroperasi di beberapa daerah contohnya Jabodetabek. KRL *Commuter Line* ini sangat digemari oleh penumpang yang melakukan kegiatan bepergian. Kegiatan bepergian yang dilakukan juga cukup beragam mulai dari bersekolah, bekerja, berbelanja atau sekedar berkeliling. KRL *Commuter Line* merupakan satu-satunya moda transportasi umum yang berbasis rel listrik dengan wilayah operasinya yaitu Jabodetabek. Masyarakat banyak yang memilih KRL *Commuter Line* karena biaya yang terjangkau, estimasi waktu tepat, bebas polusi

dan kepadatan lalu lintas yang kerap terjadi pada hari serta jam produktif. Jumlah penumpang moda transportasi ini cukup relatif setiap harinya, sering terjadi lonjakan yang menyebabkan para penumpang tidak mendapat kursi dan berdiri selama berjam-jam. Selain terjadinya lonjakan penumpang, kerap terjadi penurunan jumlah penumpang. Turun atau minimnya jumlah penumpang merupakan masalah yang kerap terjadi pada jam-jam tertentu karena tidak banyak masyarakat yang melakukan perjalanan menggunakan transportasi KRL yang menyebabkan terjadinya kekosongan kursi pada tiap gerbong sehingga menyebabkan kerugian. Perlunya dilakukan peramalan jumlah penumpang agar PT. Kereta Commuter Indonesia (KCI) bisa menyiapkan penambahan kereta ataupun waktu operasi. Peramalan memiliki peran penting untuk memutuskan beberapa hal yang akan datang seperti prediksi cuaca, produksi barang dan masih banyak lagi dari berbagai bidang ekonomi maupun sosial (Elfajar et al., 2017).

Peramalan merupakan suatu teknik yang dilakukan untuk memprediksi peristiwa yang akan terjadi di masa yang akan datang karena dipengaruhi oleh beberapa hal serta data atau kejadian yang digunakan berasal dari data atau kejadian dari masa lampau. Hasil peramalan tentunya tidak selalu bahkan tidak pernah secara mutlak tepat. Kejadian ini disebabkan karena keadaan atau kejadian di masa yang akan datang yang tidak menentu. Hasil yang tidak menentu ini tentunya ada beberapa faktor penting yang mempengaruhi serta model yang digunakan tidak ditentukan dengan baik, jika model yang digunakan tepat maka tidak menutup kemungkinan akan mendapatkan hasil peramalan yang mendekati kondisi yang sebenarnya. Pemilihan metode yang akan digunakan dalam suatu kasus tertentu harus tepat serta dipertimbangkan dengan benar karena metode yang akan digunakan harus sesuai dengan jenis data atau situasi yang ada (Wardah and

(Iskandar, 2017).

Jika dilihat dari data jumlah penumpang KRL *Commuter Line* Jabodetabek yang diakses melalui BPS, jumlah penumpang menunjukkan kenaikan secara signifikan setiap tahunnya. Data yang digunakan merupakan data deret waktu (*time series*), ada beberapa macam metode peramalan yang sering digunakan diantaranya ARIMA (Latumahina et al., 2021; Fejrani et al., 2020), *Exponential Smoothing* (Faisol and Aisah, 2016; Santiari and Rahayuda, 2020; Harini, 2020), ANFIS (Atma and Sugiyarto, 2020; Muzani et al., 2018), *Holt-Winters* (Fahik and Jatipaningrum, 2021) dan masih banyak lagi. Setelah membaca banyak referensi peramalan yang sudah dilakukan, metode peramalan *Holt-Winters* menunjukkan hasil yang baik untuk data yang mempunyai pola tren dan musiman jika dibandingkan dengan beberapa metode peramalan data deret waktu lainnya. Selain itu, metode ini memiliki dua model yaitu *additive* dan *multiplicative* dimana masing-masing modelnya memiliki keunggulan tersendiri. Model *additive* lebih cocok digunakan ketika efek musiman konstan, sedangkan *multiplicative* digunakan ketika efek musiman muncul kenaikan atau penurunan (fluktuasi). Pada salah satu penelitian oleh Christnatalis et al. (2019) yang membandingkan kedua metode ini, hasil yang diperoleh dari penelitian perbandingan model ini, *additive Holt-Winters* merupakan model yang paling cocok untuk memprediksi data yang cukup konstan, tepatnya seperti data penjualan mobil Toyota yang digunakan dengan nilai MAPE sebesar 3.18278% dan RMSE sebesar 1304.96 (Christnatalis et al., 2019)

Pada penelitian yang pernah dilakukan tentang peramalan jangka pendek 5 bulan kedepan terhadap jumlah penumpang kereta menggunakan metode *Moving Average* dan *Holt-Winters*. Dari hasil perbandingan kedua metode tersebut,

didapatkan nilai peramalan terbaik yaitu menggunakan metode *Holt-Winters* dengan masing-masing parameternya sebagai berikut,  $\alpha = 0.4$ ;  $\beta = 0.25$ ;  $\gamma = 0.15$  sehingga menghasilkan nilai MAPE dan MAD masing-masing sebesar 4 dan 1382 (Oktaviarina, 2018). Perbandingan model *Holt-Winters* dan *Exponential Event Based* pernah dilakukan untuk meramalkan jumlah penumpang pesawat di Bandara Internasional Ahmad Yani pada masa yang akan datang. Analisis menunjukkan bahwa peramalan yang menggunakan kedua model tersebut setelah dibandingkan, metode *Holt-Winters* lebih baik untuk peramalan menggunakan data tersebut karena memiliki nilai eror yang lebih kecil dibandingkan *Exponential Smoothing Event Based* (ESEB). Nilai MAPE dan MSE yang dihasilkan masing-masing sebesar 5.644139% dan 619.998.718 (Sofiana et al., 2020).

Penelitian dengan studi kasus data penumpang kereta api menggunakan metode *Holt-Winters* untuk periode Januari 2016 hingga Desember 2018 pernah dilakukan dan mendapatkan model terbaik dengan nilai MAPE terkecil yaitu model *additive* dengan nilai MAPE sebesar 6.93% (Azizah and Kariyan, 2015). Perbandingan dua model *Holt-Winters* yang studi kasusnya harga bahan pangan di Kabupaten Pamekasan untuk periode 2012-2019, hasilnya menunjukkan bahwa peramalan menghasilkan nilai akurasi yang cukup baik dengan MAPE 1.2% untuk model *multiplicative* dan 1.02% untuk *additive*. Hal ini menunjukkan bahwa model *additive* lebih baik karena memiliki nilai MAPE yang lebih kecil (Nindian Puspa Dewi, 2020).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Oktaviarina (2018) data yang digunakan adalah jumlah penumpang Kereta Api dengan harapan PT. KAI dapat memutuskan kebijakan pada masa yang akan datang guna memaksimalkan pelayanan baik fasilitas maupun kenyamanan penumpang. Metode terbaik yang

diperoleh dari hasil ramalannya yaitu Metode *Holt-Winters*. Oleh karenanya, pada penelitian ini peneliti tertarik untuk melakukan penelitian tentang **Peramalan Jumlah Penumpang Kereta Api Rel Listrik *Commuter Line* menggunakan Metode *Holt-Winters***.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dari latar belakang, dapat dirumuskan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana model *multiplicative* dan *additive* jumlah penumpang KRL *Commuter Line* Jabodetabek menggunakan metode *Holt-Winters*?
2. Bagaimana hasil akurasi setiap model *multiplicative* dan *additive* pada data jumlah penumpang KRL *Commuter Line* Jabodetabek?
3. Bagaimana hasil peramalan simulasi jumlah penumpang KRL *Commuter Line* Jabodetabek untuk data periode 2010-2022 dan data selama pandemi COVID-19 menggunakan metode *Holt-Winters*?

## 1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan maka tujuan dari penelitian pada skripsi ini adalah sebagai berikut: Penelitian dilakukan dengan mengolah data sekunder jumlah penumpang KRL *Commuter Line*. Hasil dari proses peramalan terbaik yaitu yang memiliki nilai MAPE terkecil.

1. Mengetahui model *multiplicative* dan *additive* jumlah penumpang KRL *Commuter Line* Jabodetabek yang digunakan untuk peramalan peramalan terbaik



2. Mengetahui hasil akurasi pada masing-masing model *Holt-Winters* yang memberikan model terbaik
3. Mendapatkan hasil peramalan simulasi jumlah penumpang KRL *Commuter Line* Jabodetabek untuk data periode 2010-2022 dan data selama pandemi COVID-19 menggunakan metode *Holt-Winters*

Penelitian dilakukan dengan mengolah data sekunder jumlah penumpang KRL *Commuter Line*. Hasil dari proses peramalan terbaik yaitu yang memiliki nilai MAPE terkecil.

#### **1.4. Manfaat Penelitian**

Manfaat praktis yang diharapkan dari penelitian ini yaitu dapat memberikan informasi kepada PT. Kereta Commuter Indonesia mengenai hasil dari kegiatan peramalan pada jumlah penumpang KRL *Commuter Line* untuk dua belas bulan kedepan yang diharapkan dapat dimanfaatkan dalam pengantisipasi adanya lonjakan atau penurunan jumlah penumpang sehingga pihak terkait dapat mengoptimalkan fasilitas yang disediakan secara maksimal. Manfaat teoritisnya sebagai berikut:

1. Bagi Pembaca
  - (a) Menambah pengetahuan mengenai peramalan (*forecasting*) pada data deret waktu (*time series*)
  - (b) Mengetahui cara pengolahan data serta proses berjalannya peramalan sehingga mendapatkan hasil ramalan yang maksimal
  - (c) Menjadi rujukan untuk penelitian selanjutnya
2. Bagi Peneliti

- (a) Menambah wawasan serta menjadi informasi yang dapat dijadikan rujukan untuk penelitian tentang peramalan menggunakan metode *Holt-Winters*

### 3. Bagi Masyarakat

- (a) Menambah pengetahuan masyarakat tentang peramalan menggunakan metode *Holt-Winters*
- (b) Menambah pemahaman masyarakat tentang data deret waktu (*time series*)

### 1.5. Batasan Masalah

Pada penelitian ini memiliki beberapa batasan masalah diantaranya:

1. Dataset yang digunakan adalah data jumlah penumpang KRL *Commuter Line* Jabodetabek 2010-2022 dan data jumlah penumpang KRL *Commuter Line* sejak pandemi COVID-19 pada bulan Maret 2020 hingga April 2022
2. Studi kasus hanya di wilayah Jabodetabek

### 1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bab I menjelaskan tentang latar belakang mengenai permasalahan-permasalahan yang akan diteliti termasuk rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah serta sistematika penulisan skripsi
2. Bab II menjelaskan tentang pokok materi bahasan yaitu KRL *Commuter Line* serta metode *Holt-Winters*

3. Bab III menjelaskan tentang metode penelitian termasuk sumber data, jenis data serta alur penelitian dalam bentuk diagram alir (*flowchart*)
4. Bab IV menjelaskan tentang hasil dan pembahasan yang runtut berdasarkan diagram alir (*flowchart*)
5. Bab V menjelaskan tentang kesimpulan dan saran dari hasil penelitian



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. KRL *Commuter Line* Jabodetabek

Transportasi merupakan sarana untuk melakukan suatu kegiatan berpindah dari satu tempat ke tempat yang lain, yang menjadi parameter utama maraknya pembangunan pada kota-kota besar di Indonesia. Sektor dan perencanaan transportasi memiliki peran penting bagi pertumbuhan ekonomi secara menyeluruh (Luthfiah and Miro, 2020). Pertumbuhan ekonomi yang tinggi dikarenakan kebutuhan masyarakat akan transportasi yang semakin tinggi setiap harinya. Kebutuhan akan pergerakan individu bersifat sebagai kebutuhan kedua atau turunan dari kebutuhan ekonomi, dapat diartikan bahwa terjadinya pergerakan atau perpindahan untuk memenuhi kebutuhan yang dapat dipenuhi tanpa moda transportasi atau dengan moda transportasi untuk jarak sedang dan jauh. Pergerakan diklasifikasikan berdasarkan destinasi, waktu dan jenis individu. Pergerakan berdasarkan destinasi diantaranya, pergerakan menuju ke sekolah, tempat kerja, pasar, hingga rekreasi. Sedangkan berdasarkan waktu diantaranya, pergerakan yang dilakukan pada jam produktif dan pada jam tidak produktif. Serta berdasarkan jenis individu yaitu yang dipengaruhi oleh atribut sosial ekonomi masyarakat, mencakup tingkat pendapatan, kepemilikan kendaraan, juga struktur rumah tangga (Famin, 2000).

Pergerakan moda transportasi digunakan sebagai sarana dan prasarana yang memudahkan manusia beraktivitas dalam kehidupan sehari-hari. Moda

transportasi dibagi menjadi tiga macam yaitu, moda transportasi darat, moda transportasi laut, dan moda transportasi udara, dimana setiap moda tersebut memiliki karakteristik berbeda-beda. Salah satu moda transportasi darat yang paling digemari adalah Kereta Api. Jenis dari kereta api ini sudah mulai berkembang yaitu dengan adanya kereta api rel listrik. Moda transportasi ini dikategorikan sebagai moda transportasi strategis yang mampu menjadi alternatif untuk mengurangi tingkat kepadatan lalu lintas di perkotaan salah satunya adalah KRL *Commuter Line* Jabodetabek, yang menjadi satu-satunya moda transportasi berbasis rel listrik yang beroperasi untuk memenuhi kebutuhan transportasi di Kawasan Jabodetabek (Quinta and Prakoso, 2016).

KRL merupakan singkatan dari Kereta Rel Listrik, yang bergerak dengan sistem propulsi motor listrik dimana daya yang diambil berasal dari listrik yang berada di atas kereta. Berdasarkan ukuran dan daya angkutnya, jumlah penumpang yang dapat diangkut dalam satu waktu sangat besar dibandingkan jenis kereta rel listrik lainnya seperti MRT dan LRT. Seiring dengan bertambahnya jumlah populasi manusia di perkotaan, KRL *Commuter Line* yang sudah berjumlah besar selalu bertambah setiap tahun dan menimbulkan masalah utama yang dihadapi oleh PT. KAI yaitu terjadinya ledakan dan penumpukan penumpang karena tidak ada pilihan lain yang memadai. Penggunaan KRL *Commuter Line* lebih disukai karena sangat memudahkan para penggunanya yang beragam, mulai dari pekerja, pelajar hingga traveler. Biaya yang sangat terjangkau, kemudahan akses dan juga waktu yang efisien merupakan alasan utama moda transportasi ini sangat digemari. Jika dilihat dari perbandingannya dengan angkutan umum lain seperti Bus Transjakarta, Damri dan lain-lain, tentu saja masyarakat lebih memilih KRL *Commuter Line* (Lusiani and Chandra, 2018).



Keunggulan utama dari KRL *Commuter Line* yaitu biaya yang terbilang murah dan kemudahan mengaksesnya. Selain itu, waktu yang efisien karena kereta memiliki jalur sendiri sehingga dapat menghindari kemacetan yang sering terjadi di perkotaan. Selain kelebihan, ada beberapa masalah yang kerap dialami oleh para pengguna jasa KRL *Commuter Line* salah satunya adalah padatnya penumpang yang melebihi kapasitas serta pemberitahuan informasi yang kurang tepat.

Berdasarkan hasil observasi, jumlah penumpang mencapai puluhan juta perharinya, rutenya yaitu mencakup semua stasiun yang ada di Jakarta, Bogor, Depok, Tangerang dan Bekasi. Antrian pada loket jarang terjadi karena tidak banyak pengguna jasa KRL *Commuter Line* yang membeli kartu THB, mayoritas penggunanya sudah memiliki KMT dan uang elektronik (*e-money*), dimana hal ini juga membuat waktu lebih efisien. Untuk tingkat kepadatan pada setiap keberangkatan sangat relatif, kepadatan kerap terjadi pada pagi hari tepatnya saat dimana pekerja dan pelajar berangkat, untuk siang hari jumlah penumpang kerap mengalami penurunan karena tidak banyak masyarakat yang melakukan aktivitas bepergian.

## 2.2. Deret Waktu (*Time Series*)

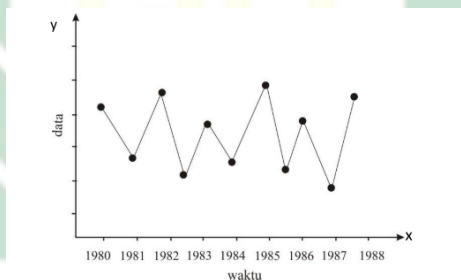
Deret waktu (*time series*) merupakan kumpulan observasi data dari suatu variabel yang terurut dalam waktu. Jenis data ini dikumpulkan dari interval waktu tertentu, misalnya harian, mingguan, bulanan, dan tahunan. [Nawangwulan and Angesti \(2016\)](#) mengatakan bahwa setiap variabel terkait yang terdiri dari kumpulan data yang dicatat atau diobservasi sepanjang waktu yang berurutan disebut data deret waktu (*time series*). Analisis dari data deret waktu memiliki fokus untuk melakukan pola perubahan pada masa lampau, yang dapat digunakan untuk memperkirakan atau memprediksi pola perubahan pada masa yang akan

datang.

Metode data deret waktu adalah metode peramalan yang menggunakan analisis hubungan antara variabel yang akan diestimasi dengan variabel waktu. Proses peramalan pada suatu data deret waktu perlu memperhatikan pola suatu data. Diketahui secara umum bahwa ada empat macam pola data deret waktu, yaitu tren, musiman, horizontal, dan siklis (Azizah, 2020). Berikut merupakan penjabaran tentang keempat pola data deret waktu:

#### 1. Pola Horizontal

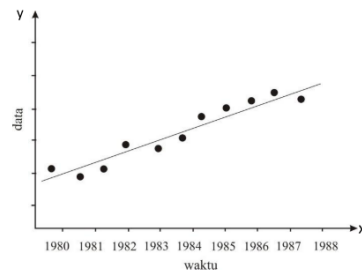
Pola horizontal terjadi pada suatu data yang nilainya bersifat berubah-ubah disekitar nilai rata-rata (*average*) yang konstan. (Berutu, 2013)



**Gambar 2.1 Pola data horizontal**

#### 2. Pola Tren

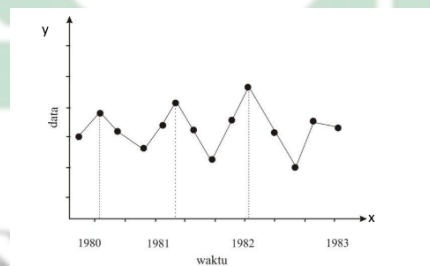
Pola tren merupakan kecenderungan nilai data jangka panjang serta dapat disebut sebagai “perubahan arah”, pola tren ini mungkin berubah dari tren meningkat ke tren menurun maupun sebaliknya. (Berutu, 2013)



**Gambar 2.2 Pola data tren**

### 3. Pola Musiman

Pola musiman (*seasonal*) terjadi apabila nilai data dipengaruhi oleh faktor musiman, seperti waktu dalam setahun atau hari dalam seminggu. Pola data grafik musiman akan menunjukkan puncak-puncak (*peaks*) dan lembah-lembah (*valleys*) yang berulang dalam interval yang konsisten. Pola data ini selalu dalam frekuensi yang tetap dan diketahui. (Berutu, 2013)

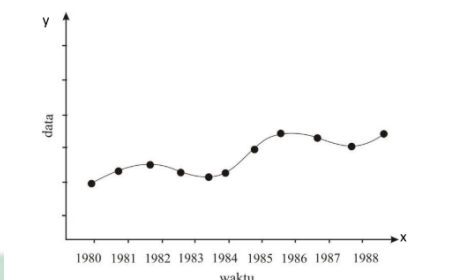


**Gambar 2.3 Pola data musiman**

### 4. Pola Siklis

Pola siklis terjadi apabila datanya dipengaruhi oleh perubahan naik-turun jangka panjang yang berhubungan dengan suatu siklus. Siklus ini terjadi ketika data menunjukkan naik dan turun yang tidak dari frekuensi tetap. Fluktuasi ini biasanya disebabkan oleh kondisi ekonomi, dan sering dikaitkan dengan “siklus bisnis”. Durasi fluktuasi ini biasanya minimal 2

tahun. Pada grafik hasilnya, polanya akan menunjukkan seperti gelombang yang lebih panjang daripada satu periode dan belum tentu berulang pada rentang waktu yang sama. (Berutu, 2013)



**Gambar 2.4 Pola data siklis**

### 2.3. Peramalan

Peramalan merupakan kegiatan untuk memprediksi kejadian yang akan terjadi di masa depan dengan menggunakan data atau kejadian di masa lampau. Tujuan dilakukannya karena adanya ketidakpastian yang sering dihadapi oleh pembuat keputusan yang berkenaan dengan hasil yang akan terjadi di masa depan. Sistematisnya yaitu didasarkan pada data masa lalu yang digunakan untuk analisis dengan menggunakan beberapa metode tertentu. Hasil ramalan yang baik adalah yang mendekati kenyataan. Meskipun begitu, hasil ramalan tidak selalu tepat atau dapat dipastikan kebenarannya, tetapi juga tidak berarti bahwa peramalan yang telah dilakukan tidak ada manfaatnya (Sungkawa and Megasari, 2011).

Menurut Makridakis et al. (1999) dalam Nurcahyani and Iqbal (2014), metode peramalan terbagi ke dalam dua kategori utama, yaitu metode kualitatif dan kuantitatif. Metode kualitatif biasanya merupakan pendapat-pendapat yang dikemukakan oleh para ahli yang menjadi pertimbangan dalam pengambilan keputusan yang akan menjadi hasil peramalan yang telah dilakukan. Sedangkan

metode kuantitatif dilakukan bersumber dari data atau informasi dari masa lalu agar peramalan bisa dilakukan, biasanya data atau informasi dapat dikuantitatifkan dalam bentuk numerik. Namun jika data masa lalu tersedia, peramalan dengan metode kuantitatif akan lebih efektif digunakan dibandingkan dengan metode kualitatif.

Tujuan utama dilakukannya peramalan pada suatu data yang digunakan untuk penelitian adalah untuk memberikan hasil ramalan optimum yang memiliki galat terkecil yang mengacu pada nilai MAPE hasil ramalannya. Besar kecilnya kesalahan peramalan tersebut dapat dihitung. Setiap model peramalan pasti memiliki galat, maka harus ditemukan hasil ramalan dengan galat terkecil pada masing-masing model ramalan yang digunakan. Jika tingkat kesalahan pada hasil peramalan semakin kecil, maka hasilnya akan semakin mendekati tepat dan diperoleh model yang kemudian dapat digunakan untuk melakukan peramalan untuk data periode selanjutnya. Alat ukur yang digunakan untuk galat pada suatu hasil peramalan, yaitu:

#### 1. *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)*

Metode ukuran akurasi peramalan yang paling sering digunakan adalah *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)*. MAPE memberikan petunjuk seberapa besar galat peramalan dibandingkan dengan nilai sebenarnya. Suatu model data akan memiliki kinerja yang sangat baik apabila MAPE di bawah 10%. Nilai MAPE ditentukan dengan persamaan berikut

$$MAPE = \frac{100\%}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{X_t - \hat{X}_t}{X_t} \right| \quad (2.1)$$

dengan

$n$  : Banyaknya data yang diamati

$\hat{X}_t$  : Nilai peramalan ke- $t$

$X_t$  : Nilai data pada periode ke- $t$

$t$  : Periode musiman di tahun pertama ( $t = 1, 2, 3, \dots$ )

Untuk mengetahui seberapa baik akurasi atau persentase penyimpangan hasil peramalan dengan data aktual, kriteria MAPE ditunjukkan pada Tabel 2.1 sebagai berikut

**Tabel 2.1 Akurasi Nilai MAPE**

Nilai MAPE	Kriteria
$\text{MAPE} \leq 10\%$	Sangat Baik
$10\% < \text{MAPE} \leq 20\%$	Baik
$20\% < \text{MAPE} \leq 50\%$	Cukup
$\text{MAPE} \geq 50\%$	Buruk

Sumber: (Fahik and Jatipaningrum, 2021)

#### 2.4. ACF dan PACF

ACF (*Autocorrelation Function*) dan PACF (*Partial Autocorrelation Function*) merupakan suatu fungsi yang menunjukkan besarnya korelasi dan korelasi parsial antara nilai data aktual dan data peramalan pada periode ke  $t$ . Selain itu, ACF juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi pola suatu data, untuk mengidentifikasi apakah suatu data stasioner dalam variansi dan dalam mean atau tidak. Umumnya ACF yang menurun perlahan menunjukkan non-stasioneritas yang terdapat pada suatu data karena data tersebut mengandung unsur tren (Ruhiat

and Suwanda, 2019). Pada plot PACF, untuk suatu data yang menunjukkan lag secara signifikan pada lag 12, 24 dan 36, dapat dipastikan bahwa data tersebut menunjukkan adanya periodisasi musiman secara bulanan ( $n = 12$ ).

## 2.5. Holt-Winters

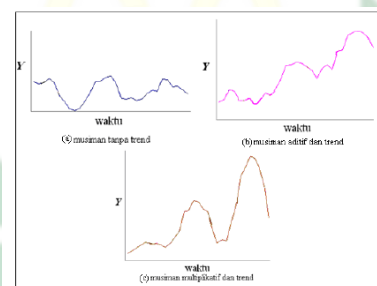
Metode *Holt-Winters* atau biasa disebut pemulusan eksponensial ganda, yang digunakan untuk melakukan peramalan pada data tren dan musiman. Menurut Santoso (2009) yang dijelaskan oleh Safitri (2017) bahwa metode pemulusan eksponensial dua parameter dari Holt digunakan jika data dipengaruhi pola tren dan non-stasioner. Metode ini memuluskan pola tren dengan parameter yang berbeda dengan yang digunakan pada data asli. Metode pemulusan eksponensial Holt tepat digunakan jika data hanya dipengaruhi pola tren. Namun, jika data yang digunakan tidak hanya dipengaruhi oleh data tren, maka metode pemulusan eksponensial Holt kurang tepat digunakan untuk melakukan peramalan jika data dipengaruhi oleh pola musiman juga, karena tidak dapat mendeteksi adanya data pola musiman. Maka diperlukan metode Winters untuk menyempurnakan metode pemulusan eksponensial Holt dengan adanya penambahan satu parameter untuk melakukan peramalan yang lebih baik pada data dengan pola tren dan musiman. Oleh karena itu metode *Holt-Winters* sangat tepat untuk melakukan peramalan pada data tren dan musiman. Metode ini dibagi menjadi dua model yaitu model *additive* dan *multiplicative* serta jenis data yang dapat digunakan yaitu data stasioner dan non-stasioner.

### 2.5.1. Model

Pada metode *Holt-Winters* ini melibatkan data tren dan musiman yang didasarkan pada tiga persamaan pemulusan yaitu pemulusan keseluruhan, tren dan



musiman. Dengan masing-masing nilai parameter pemulusannya yaitu  $\alpha$  (alpha),  $\beta$  (beta), dan  $\gamma$  (gamma). Pada level *additive*, setiap parameternya dikalikan 2 untuk menghasilkan hasil yang lebih akurat. Diketahui bahwa metode *Holt-Winters* memiliki dua model yaitu *additive* dan *multiplicative*, perbedaan antara kedua model ini tergantung pada data yang digunakan. Untuk model *additive*, data yang cocok digunakan yaitu variasi data runtun waktu yang konstan. Sedangkan untuk model *multiplicative* data yang cocok adalah data runtun waktu yang mengalami peningkatan atau penurunan (fluktuasi) yang semakin membesar (Christnatalis et al., 2019). Gambar 2.5 menunjukkan perbedaan antara pola data yang mengandung unsur musiman *additive* dan *multiplicative* (Hamidah et al., 2017).



**Gambar 2.5 Pola data yang mengandung unsur musiman**

Masing-masing model memiliki persamaan yang digunakan. Berikut merupakan persamaan-persamaan yang digunakan menurut Makridakis et al (1999) dalam (Rufaidah and Effindi, 2019) model *additive*, yaitu:

1. Pemulusan eksponensial data asli (keseluruhan)

$$L_t = \alpha(y_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (2.2)$$

## 2. Pemulusan Faktor Tren

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (2.3)$$

## 3. Pemulusan Faktor Musiman

$$S_t = \gamma(y_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (2.4)$$

## 4. Ramalan $m$ periode ke depan

$$F_{t+m} = L_t + mb_t + S_{t+m-s} \quad (2.5)$$

Sedangkan berikut merupakan persamaan-persamaan yang digunakan dalam model *multiplicative*, yaitu:

### 1. Pemulusan eksponensial data asli (keseluruhan)

$$L_t = \alpha \left( \frac{y_t}{S_{t-s}} \right) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (2.6)$$

### 2. Pemulusan faktor tren

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (2.7)$$

### 3. Pemulusan faktor musiman

$$S_t = \gamma \left( \frac{y_t}{L_t} \right) + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (2.8)$$

4. Ramalan  $m$  periode ke depan

$$F_{t+m} = (L_t + mb_t) + S_{t+m-s} \quad (2.9)$$

Keterangan:

- $L_t$  : Estimasi level dari rangkaian data periode ke- $t$
- $\alpha$  : Konstanta pemulusan untuk data asli yang besarnya  $0 < \alpha < 1$
- $\beta$  : Konstanta pemulusan untuk data asli yang besarnya  $0 < \beta < 1$
- $\gamma$  : Konstanta pemulusan untuk data asli yang besarnya  $0 < \gamma < 1$
- $y_t$  : Data pada periode ke- $t$
- $b_t$  : Estimasi kemiringan tren pada periode ke- $t$
- $F_{t+m}$  : Peramalan untuk  $m$  periode berikutnya

### 2.5.2. Estimasi Parameter

Estimasi adalah sebuah metode guna mengetahui taksiran dari nilai-nilai suatu populasi dengan menggunakan nilai-nilai sampel statistik. Singkatnya, estimasi merupakan proses yang menggunakan sampel untuk memperkirakan hubungan parameter dari suatu populasi. Sedangkan parameter merupakan karakter dari suatu populasi itu sendiri (Kurniasih, 2014). Pada model *Holt-Winters* yang melakukan pembobotan terhadap data yang diperoleh dari masa lalu dengan cara eksponensial yang menggunakan 3 level penghalusan. Metode ini digunakan ketika data menunjukkan adanya pola tren dan perilaku musiman. Tiga parameter pemulusan dari metode ini, yaitu  $\alpha$  (untuk level dari proses),  $\beta$  (untuk unsur tren), dan  $\gamma$  (untuk unsur musiman) dengan nilai antara 0 dan 1 untuk setiap

parameter. Menurut Pramita dan Tanuwijaya (2010) yang disebutkan oleh Safitri (2017) menyatakan bahwa nilai konstanta yang digunakan adalah 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8 dan 0.9. Adanya nilai konstanta untuk parameter pemulusan dilakukan agar lebih efisien dalam proses peramalan. Karena semakin banyak jumlah konstanta, maka akan memakan waktu yang semakin lama pada proses peramalan, hal ini disebabkan oleh sistem yang akan melakukan perulangan akan lebih banyak. Sistem peramalan melibatkan 3 (tiga) parameter penghalusan untuk menentukan perpaduan konstanta terbaik untuk menghasilkan MAPE terkecil.

## 2.6. Integrasi Keilmuan

Integrasi pertama dari penelitian ini adalah ayat al-Qur'an tentang isyarat perkembangan transportasi seiring majunya zaman, Surat Yasin ayat 41-42 yang berbunyi:

وَأَيَّةٌ لَهُمْ أَنَّا حَمَلْنَا ذُرِّيَّتَهُمْ فِي الْفَلَكِ الْمَشْحُونِ  
وَخَلَقْنَا لَهُمْ مِنْ مِثْلِهِ مَا يَرْكَبُونَ

Artinya: “Dan suatu tanda (kebesaran Allah) bagi mereka adalah bahwa Kami angkut keturunan mereka dalam kapal yang penuh muatan dan Kami ciptakan (juga) untuk mereka (angkutan lain) seperti apa yang mereka kendarai” (Yasin: 41-42)

Menurut tafsiran Ibnu ‘Asyur, potongan ayat diatas menjelaskan tentang sebagaimana yang mengatakan bukti kekuasaan Allah SWT adalah kejadian tentang kebesaran-Nya bisa membuat sebuah kapal dan transportasi laut mengapung di atas air. Air yang sedianya didatangkan sebagai azab (menenggelamkan) bagi kaum pembangkang, contohnya pada kisah Nabi Nuh AS dimana semua kaum kafir dilanda banjir bandang yang amat dahsyat dan hanya

kaum Nabi Nuh AS yang selamat beserta binatang-binatang yang diangkut di dalam kapal Nabi Nuh AS maka dari sini dapat diketahui bahwa pada sebagian lain justru sebaliknya, transportasi laut sangat membantu umat manusia untuk melakukan perjalanan jarak jauh.

Salah satu ayat yang berkaitan dengan ayat diatas yaitu Surat az-Zukhruf [43]: 13-14, dimana manusia hanya bisa menjalankan moda transportasi tetapi seluruh kontrolnya berada di bawah kekuasaan Allah SWT.

لَتَسْتَوُوا عَلَىٰ ظُهُورِهِ ثُمَّ تَذْكُرُوا نِعْمَةَ رَبِّكُمْ إِذَا اسْتَوَيْتُمْ عَلَيْهِ  
وَتَقُولُوا سُبْحَانَ الَّذِي سَخَّرَ لَنَا هَذَا وَمَا كُنَّا لَهُ مُقْرِنِينَ  
وَإِنَّا إِلَىٰ رَبِّنَا لَمُنْقَلِبُونَ

Artinya: “Maha Suci Tuhan yang telah menundukkan semua ini bagi kami, padahal kami sebelumnya tidak mampu menguasainya. Dan sesungguhnya kami akan kembali kepada Tuhan kami” (QS. Az-Zukhruf: 13-14)

Pada penghujung ayat diatas mengisyaratkan untuk bersikap pasrah, seandainya terjadi sesuatu seperti kecelakaan ringan atau berat yang mengakibatkan adanya korban jiwa, pada dasarnya suatu saat manusia pasti akan wafat dan kembali kepada Allah SWT.

Selain itu, disebutkan juga bahwa telah diciptakan moda transportasi lain, termasuk transportasi darat dan udara seperti yang dikendarai oleh umat manusia. Semakin berkembangnya zaman, berkembang pula teknologi yang ada sehingga menyebabkan banyaknya jenis moda transportasi masa kini. Mulai dari moda transportasi laut, darat hingga udara. Hal ini disebabkan oleh adanya perbedaan jarak tempuh pada masing-masing perjalanan. Jika tidak dapat ditempuh dengan moda transportasi darat, maka bisa ditempuh dengan moda transportasi laut bahkan jika jaraknya beribu kilometer dapat ditempuh dengan moda transportasi

udara yang sangat efektif dan efisien.



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1. Jenis Penelitian

Penelitian yang digunakan adalah jenis penelitian kuantitatif karena data yang digunakan pada penelitian ini adalah data kuantitatif, lebih tepatnya menggunakan kumpulan data yang berupa angka. Jenis penelitian ini menerapkan metode *Holt-Winters* untuk mengetahui hasil ramalan jumlah penumpang KRL *Commuter Line* Jabodetabek dengan menggunakan data berupa angka, begitupun dengan hasilnya yang juga menggunakan angka.

#### 3.2. Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan pada penelitian ini berasal dari BPS (Badan Pusat Statistika) yang merupakan data bulanan jumlah penumpang KRL *Commuter Line* Jabodetabek. Data yang diperoleh berupa jumlah penumpang dari tahun 2010 hingga April 2022.

#### 3.3. Kerangka Penelitian

Tahapan penelitian merupakan langkah-langkah atau prosedur untuk mengolah data yang digunakan pada suatu penelitian yang berguna untuk memecahkan dan menyelesaikan rumusan masalah hingga mencapai tujuan dari penelitian secara runtun mulai awal hingga akhir. Setiap tahapan perlu dijabarkan untuk mempermudah pemahaman setiap pembaca mengenai detail proses yang terjadi dalam dengan menggunakan metode analisis yang sudah ditentukan dalam



penelitian ini. Tahapan penelitian dari penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.1



**Gambar 3.1 Diagram Alir**

Berdasarkan Diagram Alir yang ditunjukkan diatas, berikut merupakan penjelasan langkah-langkah penelitian:

1. Melakukan input data jumlah penumpang KRL *Commuter Line* Jabodetabek dari tahun 2010 sampai dengan 2022 dan data jumlah penumpang KRL *Commuter Line* Jabodetabek saat masa pandemi COVID-19 dari Maret 2020 hingga April 2022
2. Mengidentifikasi pola yang terjadi apakah data tersebut memiliki unsur tren

dan pola musiman dengan menggunakan analisis pada grafik ACF dan PACF. Jika data tidak memiliki unsur tren dan pola musiman maka lebih baik mengganti dataset

3. Menentukan nilai parameter pemulusan yaitu, alpha ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ), dan gamma ( $\gamma$ )
4. Menentukan nilai awal untuk pemulusan level, tren dan musiman tiap model
5. Menentukan model terbaik berdasarkan nilai akurasi MAPE terkecil menggunakan persamaan [2.1](#)
6. Melakukan peramalan untuk periode selanjutnya berdasarkan nilai pemulusan yang telah didapat dari model terbaik



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab hasil dan pembahasan ini menjelaskan hasil analisis peramalan menggunakan metode *Holt Winters* dengan menggunakan dua simulasi data jumlah penumpang kereta api KRL *Commuter Line* Jabodetabek yaitu data bulanan tahun 2010 hingga April 2022 dan data bulanan sejak Maret 2020 hingga April 2022.

#### 4.1. Jumlah Penumpang KRL Periode 2010-2022

##### 4.1.1. Analisis Deskriptif

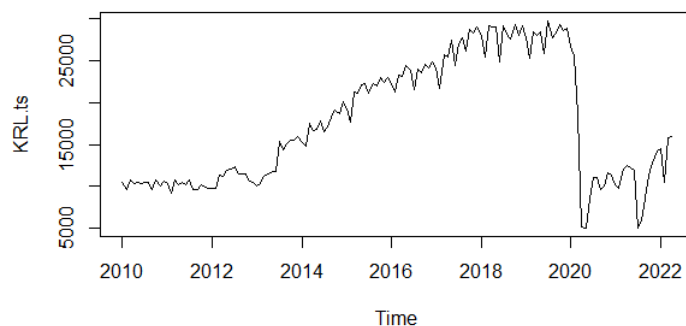
Pada simulasi data pertama, data yang digunakan adalah data bulanan Jumlah Penumpang KRL *Commuter Line* Jabodetabek tahun 2010 sampai April 2022. Total jumlah data sebanyak 148 dari bulan Januari 2010 hingga April 2022 yang disajikan dalam Tabel 4.1 berikut

Tabel 4.1 Jumlah Penumpang KRL *Commuter Line* Jabodetabek tahun 2010 - 2022

Tahun	Bulan	Jumlah Penumpang
2010	Januari	10541
2010	Februari	9641
2010	Maret	10759
2010	April	10394
:	:	:
2022	April	15890

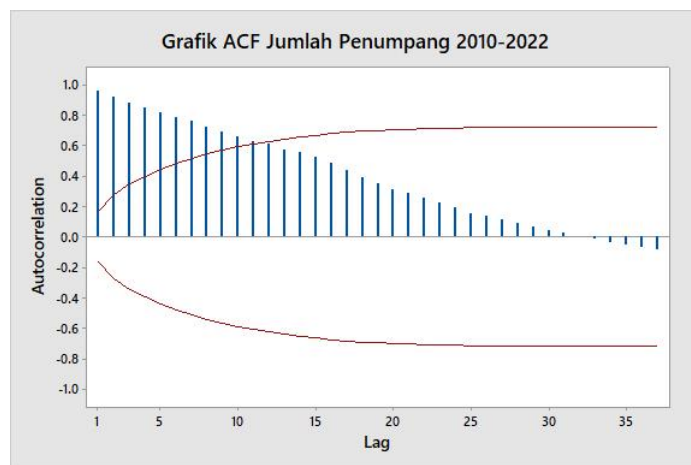
Sumber: BPS

Setelahnya dilakukan *plotting* data untuk melihat pola data jumlah penumpang KRL *Commuter Line* Jabodetabek berdasarkan data yang ada dalam kurun waktu 13 tahun, dan didapatkan hasil seperti pada Gambar 4.1 berikut



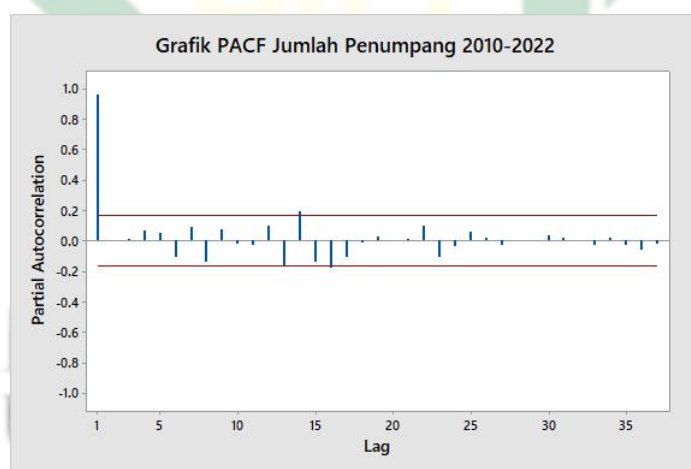
**Gambar 4.1 Grafik Data Jumlah Penumpang KRL *Commuter Line* Jabodetabek**

Gambar 4.1 merupakan grafik jumlah penumpang KRL *Commuter Line* tahun 2010-2022 dimana sumbu X merupakan tahun sejak 2010 sampai dengan 2022 dan sumbu Y merupakan jumlah penumpang dalam ribu orang. Berdasarkan grafik yang ditampilkan, dapat diketahui bahwa data yang digunakan mempunyai unsur tren naik karena grafiknya mengalami kenaikan yang signifikan setiap tahunnya hingga terjadinya penurunan yang sangat tajam pada awal tahun 2020. Selain itu, pada plot data juga menunjukkan pengaruh musiman karena ditandai adanya pola pengulangan kenaikan yang tinggi pada periode tertentu. Untuk mengetahui suatu data mengandung pola tren dan musiman, maka dapat dilakukan identifikasi ACF dan PACF sebagai berikut



**Gambar 4.2 Grafik ACF Jumlah Penumpang KRL *Commuter Line* Jabodetabek 2010-2022**

Pada Gambar 4.2 menunjukkan bahwa grafik ACF mengalami penurunan mendekati nol yang berarti data tersebut tidak stasioner yang berarti data yang digunakan mengandung unsur tren.



**Gambar 4.3 Grafik PACF Jumlah Penumpang KRL *Commuter Line* Jabodetabek 2010-2022**

Selain ACF, pada Gambar 4.3, menunjukkan grafik PACF dimana terlihat adanya lag 12, 24 dan 36 yang signifikan dan menurun secara perlahan yang berarti data yang digunakan mengandung unsur musiman ( $n = 12$ ).

#### 4.1.2. Nilai Parameter Pemulusan

Pada penentuan nilai parameter, terdapat tiga nilai parameter pemulusan dalam metode *Holt Winters* yaitu alpha ( $\alpha$ ) yang merupakan nilai koefisien pemulusan level dari proses, beta ( $\beta$ ) merupakan nilai koefisien pemulusan tren dan gamma ( $\gamma$ ) merupakan nilai koefisien pemulusan musiman. Besarnya nilai setiap parameter pemulusan yaitu antara 0 sampai 1. Diperoleh nilai parameter pemulusan untuk model *additive* dan *multiplicative* pada Tabel 4.2 berikut

**Tabel 4.2 Nilai Parameter Pemulusan Model Additive dan Multiplicative**

Model	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
Additive	0.9999	0.0001	0.0001
Multiplicative	0.9999	0.0026	0.0001

Berdasarkan Tabel 4.2, didapat nilai masing-masing parameter terbaik pada setiap modelnya. Untuk model *additive* didapat nilai  $\alpha = 0.9999$ ,  $\beta = 0.0001$ , dan  $\gamma = 0.0001$ . Sedangkan untuk model *multiplicative* didapat nilai  $\alpha = 0.9999$ ,  $\beta = 0.0026$ , dan  $\gamma = 0.0001$ . Nilai parameter terbaik ini digunakan untuk meramalkan jumlah penumpang di masa yang akan datang.

#### 4.1.3. Nilai Pemulusan Level, Tren dan Musiman

Nilai awal untuk pemulusan level dengan menghitung nilai rata-rata satu periode awal yang disubstitusikan ke persamaan berikut dimana nilai  $n = 12$  karena

data yang digunakan merupakan data bulanan

$$\begin{aligned}
 L_n &= \frac{1}{n}(Y_1 + Y_2 + \dots + Y_n) \\
 L_{12} &= \frac{1}{12}(10541 + 9641 + 10759 + \dots + 10694) \\
 &= 10359
 \end{aligned}
 \tag{4.1}$$

Menentukan nilai tren awal pada musim pertama menggunakan rumus berikut

$$\begin{aligned}
 b_n &= \frac{1}{n} \left( \frac{y_{n+1} - y_1}{n} + \frac{y_{n+2} - y_2}{n} + \dots + \frac{y_{n+n} - y_n}{n} \right) \\
 b_{12} &= \frac{1}{12} \left( \frac{y_{12+1} - y_1}{12} + \frac{y_{12+2} - y_2}{12} + \dots + \frac{y_{12+12} - y_{12}}{12} \right) \\
 &= \frac{1}{12} \left( \frac{y_{13} - y_1}{12} + \frac{y_{14} - y_2}{12} + \dots + \frac{y_{24} - y_{12}}{12} \right) \\
 &= \frac{1}{12} \left( \frac{10354 - 10541}{12} + \frac{9270 - 9641}{12} + \dots + \frac{9777 - 10694}{12} \right) \\
 &= \frac{1}{12} (-266.917) \\
 &= -22.24
 \end{aligned}
 \tag{4.2}$$

Menentukan nilai musiman awal pada musim pertama menggunakan rumus

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A



berikut

$$S_i = y_t - L_n \quad (4.3)$$

$$\begin{aligned} S_1 &= y_1 - L_{12} \\ &= 10541 - 10359 \\ &= 182 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_2 &= y_2 - L_{12} \\ &= 9641 - 10359 \\ &= -718 \end{aligned}$$

⋮

$$\begin{aligned} S_{12} &= y_{12} - L_{12} \\ &= 10694 - 10359 \\ &= 335 \end{aligned}$$

Setelah didapat nilai pemulusan awal level, tren dan musiman, maka nilai pemulusan eksponensial tiap model dapat dihitung berdasarkan persamaan 2.2, 2.3 dan 2.4 sebagai berikut

$$\begin{aligned} L_t &= \alpha(y_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \\ L_{13} &= \alpha(y_{13} - S_{13-12}) + (1 - \alpha)(L_{13-1} + b_{13-1}) \\ &= 0.9(10354 - 182) + (1 - 0.9)(10359 + (-22.24)) \\ &= 0.9(10172) + (0.1)(10336.676) \\ &= 9154.8 + 1033.676 \\ &= 10188 \end{aligned}$$

Menentukan nilai tren **2.3**

$$\begin{aligned}
 b_t &= \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \\
 b_{13} &= \beta(L_{13} - L_{12}) + (1 - \beta)b_{12} \\
 &= 0.0001(10188 - 10359) + (1 - 0.0001)(-22.24) \\
 &= (-0.0171) + (-22.24) \\
 &= -22.26
 \end{aligned}$$

Menentukan nilai musiman **2.4**

$$\begin{aligned}
 S_t &= \gamma(y_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-s} \\
 S_{13} &= \gamma(y_{13} - L_{13}) + (1 - \gamma)S_1 \\
 &= 0.0001(10354 - 10188) + (1 - 0.0001)(182) \\
 &= 0.0001(166) + (0.9999)(182) \\
 &= (0.0166) + (181.98) \\
 &= 181.9966
 \end{aligned}$$

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

Setelah didapat nilai awal pemulusan eksponensial untuk model *additive*,

berikut merupakan nilai untuk model *multiplicative*

$$\begin{aligned}
 S_i &= \left( \frac{y_t}{L_n} \right) & (4.4) \\
 S_1 &= \left( \frac{y_1}{L_{12}} \right) \\
 &= \left( \frac{10549}{10359} \right) \\
 &= 1.01 \\
 S_2 &= \left( \frac{y_2}{L_{12}} \right) \\
 &= \left( \frac{9641}{10359} \right) \\
 &= 0.93 \\
 &\vdots \\
 S_{12} &= \left( \frac{y_{12}}{L_{12}} \right) \\
 &= \left( \frac{10694}{10359} \right) \\
 &= 1.03
 \end{aligned}$$

Selanjutnya dihitung nilai pemulusan eksponensial model *multiplicative* berdasarkan persamaan 2.6, 2.7, dan 2.8.

$$\begin{aligned}
 L_t &= \alpha \left( \frac{y_t}{S_{t-s}} \right) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \\
 L_{13} &= \alpha \left( \frac{y_{13}}{S_1} \right) + (1 - \alpha)(L_{13-1} + b_{13-1}) \\
 &= 0.9999 \left( \frac{10354}{1.01} \right) + (1 - 0.9999)(10359 + (-22.24)) \\
 &= 10175.24
 \end{aligned}$$

Menentukan nilai tren [2.7](#)

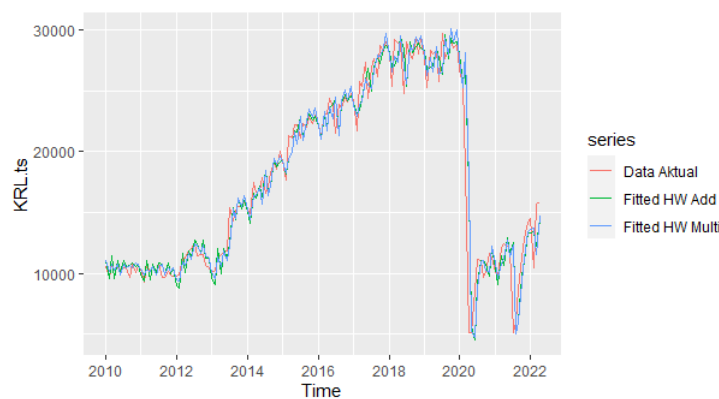
$$\begin{aligned}
 b_t &= \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \\
 b_{13} &= \beta(L_{13} - L_{12}) + (1 - \beta)b_{12} \\
 &= 0.0026(10188 - 10359) + (1 - 0.0026)(-22.24) \\
 &= -22.66
 \end{aligned}$$

Menentukan nilai musiman [2.8](#)

$$\begin{aligned}
 S_t &= \gamma \left( \frac{y_t}{L_{t-s}} \right) + (1 - \gamma)S_{t-s} \\
 S_{13} &= \gamma \left( \frac{y_{13}}{L_{13}} \right) + (1 - \gamma)S_1 \\
 &= 0.0001 \left( \frac{10354}{10175.24} \right) + (1 - 0.0001)(1.02) \\
 &= 1.02
 \end{aligned}$$

#### 4.1.4. Nilai Akurasi

Setelah didapatkan nilai pemulusan awal setiap parameter yaitu level, tren dan musiman maka dapat dilakukan peramalan menggunakan persamaan [2.5](#) untuk model *additive* dan [2.9](#) untuk model *multiplicative* sehingga akan didapat nilai ramalan tiap model guna dilakukannya *fitting* antara data aktual dengan data peramalan tiap model.



**Gambar 4.4 Grafik Fitted Data Aktual dan Model Holt Winters**

Gambar 4.4 menunjukkan hasil grafik data aktual dengan data peramalan setiap model, dimana warna merah menunjukkan data aktual, warna hijau menunjukkan hasil peramalan model *additive*, sedangkan warna biru untuk model *multiplicative*. Berdasarkan grafiknya terlihat bahwa model *multiplicative* lebih baik karena plot data prediksinya lebih mendekati data aktual.

Setelah didapat nilai peramalan pada tiap model maka dapat dihitung nilai MAPE-nya. Nilai tersebut digunakan sebagai penentu nilai peramalan yang paling baik atau sedikit erornya dari setiap model. Pada hasil perhitungan yang telah dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.1 dengan  $n = 148$  sebagai berikut

$$MAPE = \frac{100\%}{148} \sum_{t=1}^{148} \left| \frac{10541 - 11057}{10541} \right| = 4.89\%$$

$$MAPE = \frac{100\%}{148} \sum_{t=2}^{148} \left| \frac{9641 - 9595}{9641} \right| = 0.48\%$$

⋮

$$MAPE = \frac{100\%}{148} \sum_{t=148}^{148} \left| \frac{15890 - 1438}{15890} \right| = 9.45\%$$

Untuk hasil nilai MAPE keseluruhannya pada model *additive* dapat dilihat pada

tabel 4.3

**Tabel 4.3 Nilai MAPE *additive* data KRL *Commuter Line* Jabodetabek tahun 2010 - 2022**

Tahun	Bulan	MAPE
2010	Januari	4.89%
2010	Februari	0.48%
:	:	:
2022	April	9.45%
MAPE rata-rata		8.67%

Setelah nilai MAPE model *additive* setiap  $t$  diperoleh, maka dihitung nilai MAPE keseluruhan sehingga didapat nilai MAPE akhir yang merupakan nilai MAPE rata-rata. Untuk data jumlah penumpang KRL *Commuter Line* tahun 2010 hingga 2022 nilai MAPE rata-ratanya sebesar 8.67% yang berarti akurasi sangat baik.

$$MAPE = \frac{100\%}{148} \sum_{t=1}^{148} \left| \frac{10541 - 11023}{10541} \right| = 4.57\%$$

$$MAPE = \frac{100\%}{148} \sum_{t=2}^{148} \left| \frac{9641 - 10114}{9641} \right| = 4.90\%$$

$$MAPE = \frac{100\%}{148} \sum_{t=148}^{148} \left| \frac{15890 - 14705}{15890} \right| = 7.45\%$$

Untuk hasil nilai MAPE keseluruhannya pada model *multiplicative* dapat dilihat pada tabel 4.4

Tabel 4.4 Nilai MAPE *multiplicative* data KRL *Commuter Line* Jabodetabek tahun 2010 - 2022

Tahun	Bulan	MAPE
2010	Januari	4.57%
2010	Februari	4.91%
:	:	:
2022	April	7.46%
MAPE rata-rata		8.33%

Dari hasil nilai MAPE untuk model *multiplicative* didapat nilai MAPE rata-ratanya yang sangat baik mendekati data aktual yaitu sebesar 8.33%. Dapat disimpulkan bahwa peramalan selanjutnya digunakan model *multiplicative* karena memiliki nilai MAPE lebih kecil daripada model *additive*.

#### 4.1.5. Hasil Peramalan

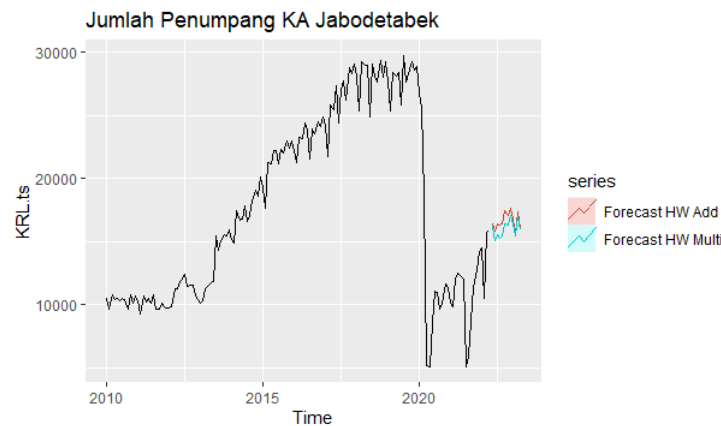
Setelah disimpulkan bahwa model *multiplicative* lebih baik daripada model *additive* karena memiliki nilai MAPE yang lebih kecil, didapatkan hasil peramalan jumlah penumpang KRL *Commuter Line* Jabodetabek dengan menggunakan metode Holt-Winters model *multiplicative* untuk 12 bulan periode kedepan yang ditampilkan pada Tabel 4.5 berikut



Tabel 4.5 Hasil Peramalan Jumlah Penumpang KRL *Commuter Line* Jabodetabek

Tahun	Bulan	Jumlah Penumpang
2022	Mei	16222
2022	Juni	15084
2022	Juli	15511
2022	Agustus	15304
2022	September	15439
2022	Oktober	16428
2022	November	16270
2022	Desember	17109
2023	Januari	16397
2023	Februari	15493
2023	Maret	17012
2023	April	15901

Berdasarkan Tabel 4.1 data aktual menunjukkan pada bulan April 2022 ada sebanyak 15890 penumpang. Hasil ramalan pada Tabel 4.5 menunjukkan jumlah penumpang menjadi 16222 pada bulan Mei 2022. Dalam hal ini dapat disebabkan karena mulai longgarnya aturan naik moda transportasi umum yang diberlakukan sejak adanya pandemi COVID-19. Hasil peramalan untuk 12 periode berikutnya mengalami tren naik turun serta terdapat pola musiman jika dilihat dari grafik hasil peramalan model *multiplicative* pada Gambar 4.5 berikut



**Gambar 4.5 Grafik Hasil Peramalan**

Gambar 4.5 menunjukkan nilai hasil peramalan jumlah penumpang KRL *Commuter Line* 12 bulan kedepan mulai bulan Mei 2022 hingga April 2023. Grafik dengan warna merah menunjukkan hasil peramalan model *additive*, sedangkan warna biru untuk model *multiplicative*. Hasil peramalan yang digunakan berdasarkan nilai MAPE terbaik yaitu model *multiplicative* dengan jumlah penumpang tertinggi terjadi pada bulan Desember 2022 sejumlah 17109 dan terendah pada bulan Juni 2022 sejumlah 15084.

## 4.2. Jumlah Penumpang KRL Periode 2020-2022

### 4.2.1. Analisis Deskriptif

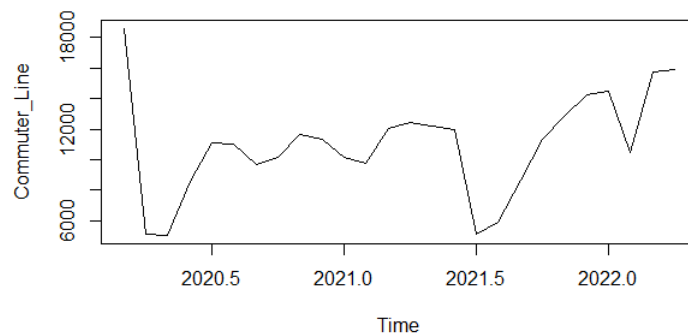
Pada penelitian ini, data yang digunakan adalah data bulanan Jumlah Penumpang KRL *Commuter Line* Jabodetabek tahun 2020 sampai April 2022, bertepatan dengan mulai adanya pandemi COVID-19 yang datanya disajikan dalam Tabel 4.6 berikut

Tabel 4.6 Jumlah Penumpang KRL *Commuter Line* Jabodetabek tahun 2020 - 2022

Bulan	Jumlah Penumpang		
	2020	2021	2022
Januari	-	10149	14484
Februari	-	9796	10499
Maret	18548	12041	15735
April	5138	12452	15890
Mei	5077	12230	-
Juni	8591	11978	-
Juli	11116	5102	-
Agustus	11014	5947	-
September	9678	8693	-
Oktober	10128	11347	-
November	11622	12792	-
Desember	11330	14213	-

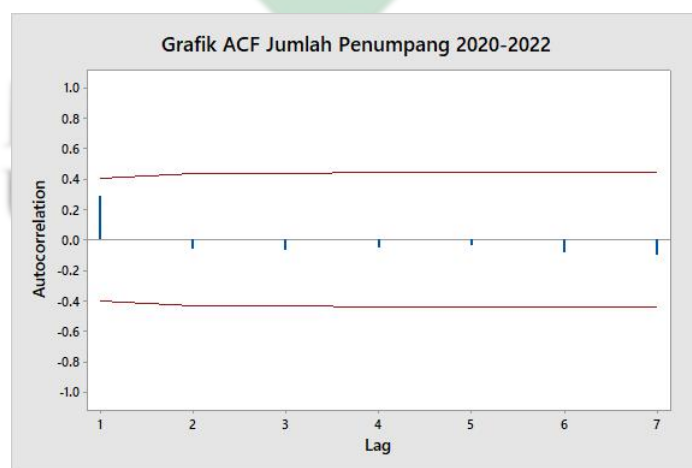
Sumber: BPS

Untuk melihat pola data jumlah penumpang KRL *Commuter Line* Jabodetabek berdasarkan data yang ada dalam kurun waktu 3 tahun, didapatkan hasil plot yang ditampilkan pada Gambar 4.6 berikut



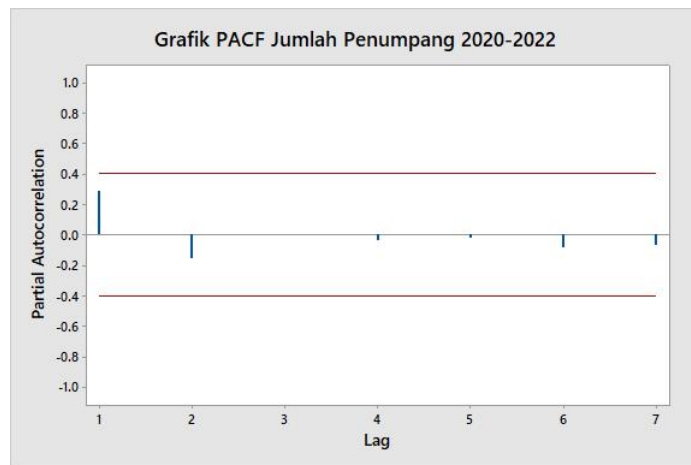
**Gambar 4.6 Grafik Data Jumlah Penumpang KRL *Commuter Line* Jabodetabek**

Berdasarkan gambar jumlah penumpang KRL *Commuter Line* Jabodetabek yang ditunjukkan oleh Gambar 4.6, datanya memiliki kecenderungan tren naik-turun setiap bulannya dan mengalami pengulangan yang sama pada periode tertentu. Dilakukan juga identifikasi ACF dimana apabila suatu data mengalami penurunan secara perlahan, maka data tersebut mengandung unsur tren. Berikut merupakan grafik ACF data jumlah penumpang KRL *Commuter Line* Jabodetabek tahun 2020-2022.



**Gambar 4.7 Grafik ACF Jumlah Penumpang KRL *Commuter Line* Jabodetabek 2020-2022**

Berdasarkan Gambar 4.7 identifikasi ACF, dapat diketahui bahwa data ini memiliki pola tren karena mengalami penurunan secara perlahan menuju nol.



**Gambar 4.8 Grafik ACF Jumlah Penumpang KRL *Commuter Line* Jabodetabek 2020-2022**

Pada Gambar 4.8 tidak terdapat pengaruh musiman karena tidak ada lag 12, 24 atau 36 yang menonjol pada PACF data jumlah penumpang KRL *Commuter Line* Jabodetabek sejak Maret 2020 hingga April 2021 ini.

#### 4.2.2. Nilai Parameter Pemulusan

Terdapat tiga nilai parameter pemulusan dalam metode *Holt Winters* yaitu alpha (*alpha*) yang merupakan nilai koefisien pemulusan level dari proses, beta (*beta*) merupakan nilai koefisien pemulusan tren dan gamma (*gamma*) merupakan nilai koefisien pemulusan musiman. Besarnya nilai setiap parameter pemulusan yaitu antara 0 sampai 1. Didapatkan nilai parameter pemulusan untuk setiap modelnya pada Tabel 4.7 berikut

**Tabel 4.7 Nilai Parameter Pemulusan Model Additive dan Multiplicative**

Model	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
Additive	0.0001	0.0001	0.8603
Multiplicative	0.0077	0.0076	0.0001

Berdasarkan Tabel 4.7, didapat nilai masing-masing parameter terbaik pada

setiap modelnya. Untuk model *additive* didapat nilai  $\alpha = 0.0001$ ,  $\beta = 0.0001$ , dan  $\gamma = 0.8603$ . Sedangkan untuk model *multiplicative* didapat nilai  $\alpha = 0.0077$ ,  $\beta = 0.0076$ , dan  $\gamma = 0.0001$ . Nilai parameter terbaik ini digunakan untuk meramalkan jumlah penumpang di masa yang akan datang.

#### 4.2.3. Nilai Pemulusan Level, Tren dan Musiman

Nilai awal untuk pemulusan level dengan menghitung nilai rata-rata satu periode awal yang disubstitusikan ke persamaan berikut dimana nilai  $n = 12$  karena data yang digunakan merupakan data bulanan

$$\begin{aligned} L_n &= \frac{1}{n}(Y_1 + Y_2 + \dots + Y_n) \\ L_{12} &= \frac{1}{12}(18548 + 5138 + 5077 + \dots + 9796) \\ &= 10182.25 \end{aligned} \quad (4.5)$$

Menentukan nilai tren awal pada musim pertama menggunakan rumus berikut

$$\begin{aligned} b_n &= \frac{1}{n} \left( \frac{y_{n+1} - y_1}{n} + \frac{y_{n+2} - y_2}{n} + \dots + \frac{y_{n+n} - y_n}{n} \right) \\ b_{12} &= \frac{1}{12} \left( \frac{y_{12+1} - y_1}{12} + \frac{y_{12+2} - y_2}{12} + \dots + \frac{y_{12+12} - y_{12}}{12} \right) \\ &= \frac{1}{12} \left( \frac{y_{13} - y_1}{12} + \frac{y_{14} - y_2}{12} + \dots + \frac{y_{24} - y_{12}}{12} \right) \\ &= \frac{1}{12} \left( \frac{12014 - 18548}{12} + \frac{12452 - 5138}{12} + \dots + \frac{10499 - 9796}{12} \right) \\ &= 66.60 \end{aligned} \quad (4.6)$$

Menentukan nilai musiman awal pada musim pertama menggunakan rumus

berikut

$$S_i = y_t - L_n \quad (4.7)$$

$$\begin{aligned} S_1 &= y_1 - L_{12} \\ &= 18548 - 10182.25 \\ &= 8365.75 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_2 &= y_2 - L_{12} \\ &= 5138 - 10182.25 \\ &= -5044.25 \end{aligned}$$

⋮

$$\begin{aligned} S_{12} &= y_{12} - L_{12} \\ &= 9796 - 10182.25 \\ &= -386.25 \end{aligned}$$

Setelah didapat nilai pemulusan awal level, tren dan musiman, maka nilai pemulusan eksponensial tiap model dapat dihitung berdasarkan persamaan 2.2, 2.3 dan 2.4 sebagai berikut

$$L_t = \alpha(y_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1})$$

$$\begin{aligned} L_{13} &= \alpha(y_{13} - S_{13-12}) + (1 - \alpha)(L_{13-1} + b_{13-1}) \\ &= 0.0001(12041 - 8365.75) + (1 - 0.0001)(10182.25 + (66.60)) \\ &= 10248.2 \end{aligned}$$

Menentukan nilai tren **2.3**

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}$$

$$b_{13} = \beta(L_{13} - L_{12}) + (1 - \beta)b_{12}$$

$$= 0.0001(10248.2 - 10182.25) + (1 - 0.0001)(66.60)$$

$$= 66.60$$

Menentukan nilai musiman **2.4**

$$S_t = \gamma(y_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-s}$$

$$S_{13} = \gamma(y_{13} - L_{13}) + (1 - \gamma)S_1$$

$$= 0.8603(12041 - 10248.2) + (1 - 0.8603)(8365.75)$$

$$= 1169.71$$

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A



Perhitungan untuk model *multiplicative* yaitu sebagai berikut

$$S_i = \left( \frac{y_t}{L_n} \right) \quad (4.8)$$

$$S_1 = \left( \frac{y_1}{L_{12}} \right)$$

$$= \left( \frac{18548}{10182.25} \right)$$

$$= 1.82$$

$$S_2 = \left( \frac{y_2}{L_{12}} \right)$$

$$= \left( \frac{5138}{10182.25} \right)$$

$$= 0.50$$

⋮

$$S_{12} = \left( \frac{y_{12}}{L_{12}} \right)$$

$$= \left( \frac{9796}{10182.25} \right)$$

$$= 0.96$$

Selanjutnya dihitung nilai pemulusan eksponensial model *multiplicative* berdasarkan persamaan 2.6, 2.7, dan 2.8.

$$L_t = \alpha \left( \frac{y_t}{S_{t-s}} \right) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1})$$

$$L_{13} = \alpha \left( \frac{y_{13}}{S_1} \right) + (1 - \alpha)(L_{13-1} + b_{13-1})$$

$$= 0.0077 \left( \frac{12041}{1.82} \right) + (1 - 0.0077)(10359 + 66.60)$$

$$= 10220.84$$

Menentukan nilai tren [2.7](#)

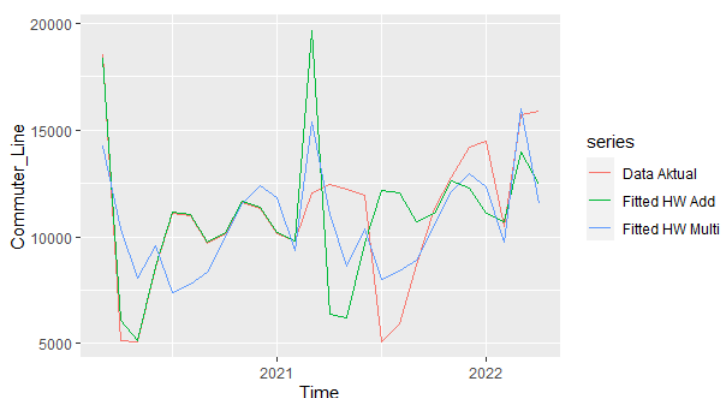
$$\begin{aligned}
 b_t &= \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \\
 b_{13} &= \beta(L_{13} - L_{12}) + (1 - \beta)b_{12} \\
 &= 0.0076(10220.84 - 10182.25) + (1 - 0.0076)(66.60) \\
 &= 66.39
 \end{aligned}$$

Menentukan nilai musiman [2.8](#)

$$\begin{aligned}
 S_t &= \gamma \left( \frac{y_t}{S_{t-s}} \right) + (1 - \gamma)S_{t-s} \\
 S_{13} &= \gamma \left( \frac{y_{13}}{L_{13}} \right) + (1 - \gamma)S_1 \\
 &= 0.0001 \left( \frac{12041}{10220.84} \right) + (1 - 0.0001)(1.82) \\
 &= 2
 \end{aligned}$$

#### 4.2.4. Nilai Akurasi

Setelah didapatkan nilai pemulusan awal setiap parameter yaitu level, tren dan musiman maka dapat dilakukan peramalan menggunakan persamaan [2.5](#) untuk model *additive* dan [2.9](#) untuk model *multiplicative* sehingga akan didapat nilai ramalan tiap model guna dilakukannya *fitting* antara data aktual dengan data peramalan tiap model.



**Gambar 4.9 Grafik Fitted Data Aktual dan Model**

Gambar 4.9 menunjukkan hasil grafik data aktual dengan data peramalan setiap model, dimana warna merah menunjukkan data aktual, warna hijau menunjukkan hasil peramalan model *additive*, sedangkan warna biru untuk model *multiplicative*. Berdasarkan grafiknya terlihat bahwa model *additive* lebih baik karena plot data prediksinya lebih mendekati data aktual.

Pada hasil perhitungan nilai akurasi dengan menggunakan persamaan 2.1 dengan  $n = 26$  didapatkan nilai MAPE masing-masing model sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{100\%}{148} \sum_{t=1}^{148} \left| \frac{18548 - 18345}{18548} \right| = 1.09\%$$

$$MAPE = \frac{100\%}{148} \sum_{t=2}^{148} \left| \frac{5138 - 6111}{5138} \right| = 18.93\%$$

⋮

$$MAPE = \frac{100\%}{148} \sum_{t=148}^{148} \left| \frac{15890 - 12483}{15890} \right| = 21.44\%$$

Untuk hasil nilai MAPE keseluruhannya pada model *additive* dapat dilihat pada tabel 4.8

Tabel 4.8 Nilai MAPE *additive* data KRL *Commuter Line* Jabodetabek tahun 2020 - 2022

Tahun	Bulan	MAPE
2010	Januari	1.09%
2010	Februari	18.94%
:	:	:
2022	April	21.44%
MAPE rataan		20.97%

Setelah nilai MAPE model *additive* setiap  $t$  diperoleh, maka dihitung nilai MAPE rata-ratanya sebagai nilai MAPE akhir pada data jumlah penumpang KRL *Commuter Line* tahun 2020 hingga 2022. Diperoleh nilai MAPE rata-ratanya cukup baik sebesar 20.97%.

$$MAPE = \frac{100\%}{148} \sum_{t=1}^{148} \left| \frac{18548 - 14235}{18548} \right| = 23.25\%$$

$$MAPE = \frac{100\%}{148} \sum_{t=2}^{148} \left| \frac{5138 - 10367}{5138} \right| = 101.77\%$$

⋮

$$MAPE = \frac{100\%}{148} \sum_{t=148}^{148} \left| \frac{15890 - 11564}{15890} \right| = 27.22\%$$

Untuk hasil nilai MAPE keseluruhannya pada model *additive* dapat dilihat pada tabel [4.9](#)

Tabel 4.9 Nilai MAPE *multiplicative* data KRL *Commuter Line* Jabodetabek tahun 2020 - 2022

Tahun	Bulan	MAPE
2020	Maret	23.25%
2020	April	101.77%
:	:	:
2022	April	27.22%
MAPE rata-rata		21.51%

Dari hasil nilai MAPE untuk model *multiplicative* didapat nilai MAPE rata-ratanya sebesar 21.51% yang berarti model ini cukup baik. Dapat disimpulkan bahwa peramalan selanjutnya digunakan model *additive* karena memiliki nilai MAPE lebih kecil daripada model *multiplicative*.

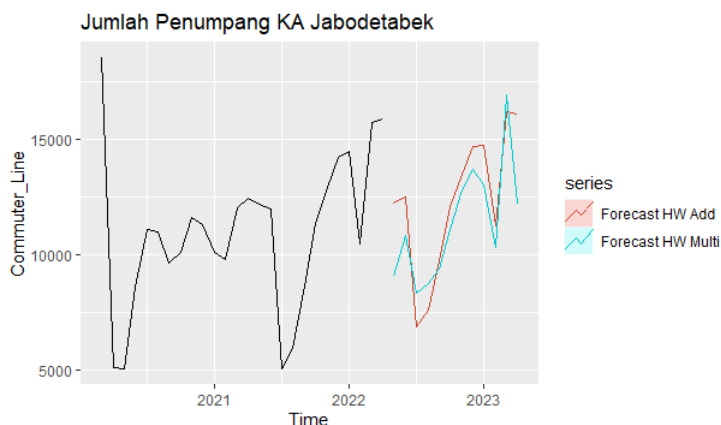
#### 4.2.5. Hasil Peramalan

Dengan menggunakan data penumpang selama pandemi serta dengan metode Holt-Winters model *additive* maka diperoleh hasil peramalan jumlah penumpang KRL *Commuter Line* Jabodetabek untuk 12 bulan periode kedepan yang ditampilkan pada Tabel 4.10 sebagai berikut

**Tabel 4.10 Hasil Peramalan Jumlah Penumpang KRL *Commuter Line* Jabodetabek**

<b>Tahun</b>	<b>Bulan</b>	<b>Jumlah Penumpang</b>
2022	Mei	12244
2022	Juni	12498
2022	Juli	6915
2022	Agustus	7609
2022	September	9767
2022	Oktober	12096
2022	November	13530
2022	Desember	14695
2023	Januari	14746
2023	Februari	11251
2023	Maret	16200
2023	April	16108

Berdasarkan Tabel 4.6 data aktual menunjukkan pada bulan April 2022 ada sebanyak 15890 penumpang. Hasil ramalan pada Tabel 4.10 menunjukkan akan adanya penurunan jumlah penumpang sebanyak 12244 penumpang pada bulan Mei 2022. Dalam hal ini dapat disebabkan karena berdasarkan data selama pandemi COVID-19 yang digunakan, kerap terjadi kenaikan dan penurunan yang tidak signifikan setiap bulannya karena aturan PPKM yang berubah-ubah tanpa bisa diprediksi. Tetapi pada Tabel 4.10, menunjukkan hasil ramalan dimana jumlah penumpang mengalami kenaikan yang signifikan sampai periode ke-12 sebagaimana yang ditampilkan pada Gambar 4.10 berikut



**Gambar 4.10 Grafik Hasil Peramalan**

Gambar 4.10 menunjukkan nilai hasil peramalan jumlah penumpang KRL *Commuter Line* 12 bulan kedepan mulai bulan Mei 2022 hingga April 2023. Grafik dengan warna merah menunjukkan hasil peramalan model *additive*, sedangkan warna biru untuk model *multiplicative*. Hasil peramalan yang digunakan berdasarkan nilai MAPE terbaik yaitu model *additive* dengan jumlah penumpang tertinggi terjadi pada bulan Maret 2023 sejumlah 16200 dan terendah pada bulan Juli 2022 sejumlah 6915.

### 4.3. Integrasi Keilmuan

Kegiatan peramalan atau prediksi berdasarkan ilmu pengetahuan merupakan sesuatu yang dibolehkan dalam ajaran agama Islam, sebagaimana dalam surat Yusuf ayat 47-49 yang berbunyi:

قَالَ تَزْرَعُونَ سَبْعَ سِنِينَ دَابًّا فَمَا حَصَدْتُمْ فَذَرُوهُ فِي سُنْبُلِهِ إِلَّا قَلِيلًا مِمَّا تَأْكُلُونَ  
ثُمَّ يَأْتِي مِنْ بَعْدِ ذَلِكَ سَبْعٌ شِدَادٌ يَأْكُلْنَ مَا قَدَّمْتُمْ لَهُنَّ إِلَّا قَلِيلًا مِمَّا تُحْصِنُونَ ثُمَّ  
يَأْتِي مِنْ بَعْدِ ذَلِكَ عَامٌ فِيهِ يُغَاثُ النَّاسُ وَفِيهِ يَعْرِضُونَ

Artinya: “Dia (Yusuf) berkata, “Agar kamu bercocok tanam tujuh tahun

(berturut-turut) sebagaimana biasa; kemudian apa yang kamu tuai hendaklah kamu biarkan di tangkainya kecuali sedikit untuk kamu makan. Kemudian setelah itu akan datang tujuh (tahun) yang sangat sulit, yang menghabiskan apa yang kamu simpan untuk menghadapinya (tahun sulit), kecuali sedikit dari apa (bibit gandum) yang kamu simpan. Setelah itu akan datang tahun, di mana manusia diberi hujan (dengan cukup) dan pada masa itu mereka memeras (anggur).” (Yusuf: 47-49)

Pada penggalan ayat diatas menjelaskan tentang perlunya antisipasi akan adanya kekurangan bahan makanan hingga kekeringan untuk tujuh tahun yang akan datang. Peramalan merupakan suatu bentuk ilmu pengetahuan dalam memprediksi kejadian atau peristiwa pada masa yang akan datang guna mengurangi resiko dan sebagai bentuk antisipasi akan kejadian yang tidak terduga. Begitu pula dengan tujuan dari penelitian ini dimana hasil penelitiannya yaitu meramalkan jumlah penumpang KRL *Commuter Line* Jabodetabek di masa depan sebagai bentuk pengantisipasi akan adanya lonjakan maupun penurunan jumlah penumpang yang tidak terduga karena dipengaruhi oleh kondisi tertentu.

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A



## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, maka diperoleh kesimpulan dari implementasi metode *Holt Winters* untuk menjawab rumusan masalah sebagai berikut:

1. Setiap model memberikan nilai parameter pemulusan yang optimal. Untuk simulasi data tahun 2010-2022 untuk model *additive* sebesar 0.9999, 0.0001, 0.0001 dan untuk *multiplicative* sebesar 0.9999, 0.0026, 0.0001. Kemudian untuk simulasi data tahun 2020-2022 masing-masingnya sebesar 0.0001, 0.0001, 0.8603 dan 0.0077, 0.0076, 0.0001. Modelnya optimal karena hasil nilai *fitting* mendekati nilai data aktual.
2. Hasil akurasi yang didapat untuk simulasi data tahun 2010-2022 menunjukkan hasil yang sangat baik, dimana hasil MAPE-nya untuk model *additive* dan *multiplicative* masing-masing sebesar 8.67% dan 8.34%. Untuk simulasi data tahun 2020-2022 hasil MAPE masing-masing sebesar 20.97% dan 21.51%.
3. Hasil peramalan terbaik simulasi data jumlah penumpang KRL *Commuter Line* tahun 2010-2022 adalah model *multiplicative* dengan jumlah penumpang terkecilnya pada bulan Februari 2023 sebesar 15640 dan terjadi kenaikan pada bulan Oktober 20222 sebesar 17428. Sedangkan untuk

simulasi data tahun 2020-2022 dengan model terbaiknya yaitu *additive* dengan jumlah penumpang terkecilnya 6915 pada bulan Juli 2022 dan terjadi kenaikan pada bulan Maret 2023 sebesar 16200.

## 5.2. Saran

1. Data yang hanya mengandung unsur tren tanpa dipengaruhi musiman lebih cocok menggunakan metode *Holt* dibandingkan *Holt-Winters*
2. Model *additive* cocok digunakan untuk meramalkan data dengan fluktuasi yang tidak begitu signifikan sedangkan model *multiplicative* lebih cocok untuk data yang menunjukkan adanya kenaikan serta fluktuasi yang semakin membesar



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## DAFTAR PUSTAKA

- Atma, B. H. S. and Sugiyarto, S. (2020). Adaptive Neuro Fuzzy Inference System Untuk Peramalan Jumlah Wisatawan. *Jurnal Ilmiah Matematika*, 7(1):1.
- Azizah (2020). *Perbandingan Metode Holt Winter's Exponential Smoothing dan Extreme Learning Machine pada Peramalan Jumlah Penumpang Kereta Api*. PhD thesis.
- Azizah, A. and Kariyan, K. (2015). Peramalan Jumlah Penumpang Kereta Api Dengan Menggunakan Metode Holt- Winter's Exponential Smoothing. *Prosiding Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika 2015*, pages 16–20.
- Berutu, S. S. (2013). *Peramalan Penjualan Dengan Metode Fuzzy Time Series*. PhD thesis.
- Christnatalis, Rinaldi, Andy, Seteven, B., Darmanto, and Sitorus, D. G. (2019). Perbandingan Metode Multiplicative, Additive dan Double Seasonal Holt-Winters untuk Prediksi Penjualan Mobil. *Jurnal Teknik, Kesehatan dan Ilmu Sosial*, 1(1):89–95.
- Elfajar, A. B., Setiawan, B. D., and Dewi, C. (2017). Peramalan Jumlah Kunjungan Wisatawan Kota Batu Menggunakan Metode Time Invariant Fuzzy Time Series. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (J-PTIIK) Universitas Brawijaya*, 1(2):85–94.
- Fahik, D. S. and Jatipaningrum, M. T. (2021). Peramalan Jumlah Penumpang Penerbangan Internasional di Bandar Udara Internasional Soekarno Hatta dengan

- Metode Holt-Winters Exponential Smoothing dan Seasonal ARIMA. *Jurnal Statistika Industri dan Komputasi*, 6(1):77–87.
- Faisol, F. and Aisah, S. (2016). Penerapan Metode Exponential Smoothing Untuk Peramalan Jumlah Klaim Di Bpjs Kesehatan Pamekasan. *Jurnal Matematika "MANTIK"*, 2(1):46.
- Fejriani, F., Hendrawansyah, M., Muharni, L., Handayani, S. F., and Syaharuddin (2020). Forecasting Peningkatan Jumlah Penduduk Berdasarkan Jenis Kelamin menggunakan Metode Arima. *Jurnal Kajian, Penelitian dan Pengembangan Pendidikan*, 8(1 April):27–36.
- Hamidah, S. N., Salam, N., Susanti, D. S., Yani, J. A., Kampus, K., and Banjarbaru, U. (2017). Teknik Peramalan Menggunakan Metode Pemulusan Eksponensial Holt-Winters. *Jurnal Matematika Murni dan Terapan "epsilon"*, 07(02):26–33.
- Harini, S. (2020). Identification COVID-19 Cases in Indonesia with The Double Exponential Smoothing Method. *Jurnal Matematika "MANTIK"*, 6(1):66–75.
- Kurniasih, E. (2014). *Estimasi Parameter pada Model Statistik Nonlinier secara Maximum Likelihood*. PhD thesis.
- Latumahina, H., Palembang, F. C., and Radjabaycolle, J. E. T. (2021). Peramalan Inflasi Kota Ambon Tahun 2021 Menggunakan Metode ARIMA Box Jenkins. *Jurnal Riset Matematika, Statistika dan Terapannya*, 1(2):118–126.
- Lusiani, M. and Chandra, S. (2018). Optimasi Jumlah Kedatangan KRL Commuter Line untuk Mengatasi Penumpukan Penumpang Jalur Bekasi - Jakarta Kota Menggunakan Simulasi Promodel. *JIEMS (Journal of Industrial Engineering and Management Systems)*, 11(1):32–38.

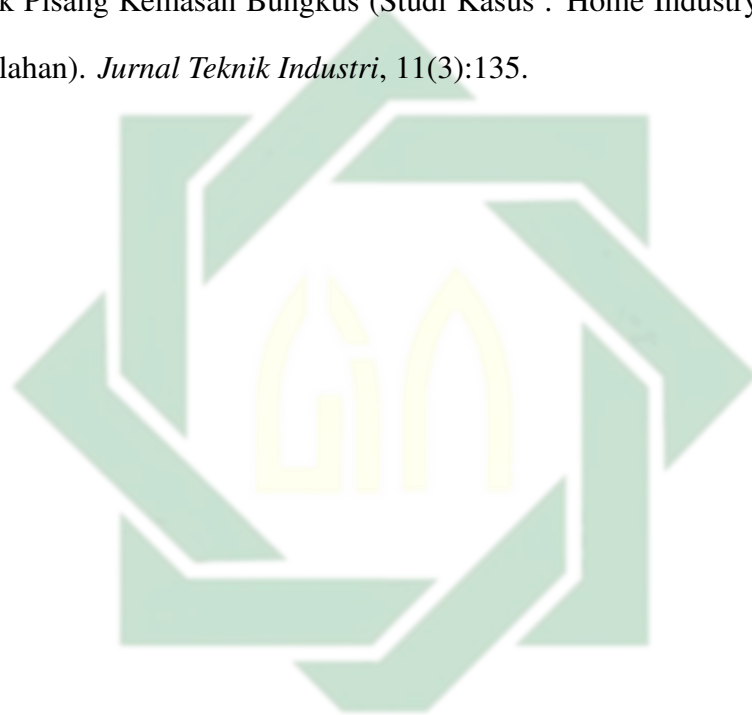
- Luthfiah, T. S. and Miro, F. (2020). Pengaruh Covid-19 Terhadap Transportasi Di Daerah Jabodetabek. *Jurnal Thalita Sahda*, pages 1–6.
- Muzani, A., Sukri, M. I. A., Fauziah, S. N., Pradnya, W. M., and Suyonto, A. (2018). Algoritma Adaptive Neuro Fuzzy Inference System Untuk Perkiraan Intensitas Curah Hujan. pages 102–106.
- Nawangwulan, S. and Angesti, D. (2016). Analisis Time Series Metode Winter Jumlah Penderita Gastroenteritis Rawat Inap Berdasarkan Data Rekam Medis di RSUD Dr. Soetomo Surabaya. *Jurnal Manajemen Kesehatan STIKES Yayasan RS. Dr. Soetomo*, 2(01):17–32.
- Nindian Puspa Dewi (2020). Implementasi Holt-Winters Exponential Smoothing untuk Peramalan Harga Bahan Pangan di Kabupaten Pamekasan. *Digital Zone: Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 11(2):223–236.
- Ningsi, B. A. and Putriyani, A. (2019). Faktor - Faktor Yang Mempengaruhi Minat Konsumen Dalam Menggunakan Jasa Transportasi Krl / Commuter Line Dengan Metode Analisis Faktor. *Jurnal Sainika Unpam : Jurnal Sains dan Matematika Unpam*, 2(1):38.
- Nurchayani, P. R. and Iqbal, T. F. (2014). Peramalan Permintaan Komoditi Paprika (Capsicum Annum) di PT Bimandiri Agro Sedaya, Lembang. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 8(2):52–63.
- Oktaviarina, A. (2018). Peramalan Jumlah Penumpang Kereta Api Di Indonesia Menggunakan Metode Eksponential Smooting. *Buana Matematika : Jurnal Ilmiah Matematika dan Pendidikan Matematika*, 7(2:):89–92.
- Quinta, F. A. and Prakoso, H. B. S. E. (2016). Kajian Pemanfaatan Moda

- Transportasi Kereta Rel Listrik (KRL) Commuter Line dalam Pergerakan Komuter Bekasi-Jakarta. *Universitas Gadjah Mada*, pages 1–10.
- Rufaidah, A. and Effindi, M. A. (2019). Perbandingan Peramalan Dengan Metode Eksponensial Smoothing dan Winter Multiplicative Seasonality pada Data Penjualan Songkok Nasional UMKM di Kabupaten Gresik. *Matematika*, 18(1):1–7.
- Ruhiat, D. and Suwanda, C. (2019). Peramalan Data Deret Waktu Berpola Musiman Menggunakan Metode Regresi Spektral. *Jurnal Teorema: Teori dan Riset Matematika*, 4(1):1–12.
- Safitri, T. (2017). *Perbandingan Peramalan Menggunakan Metode Exponential Smoothing Holt-Winters dan ARIMA*. PhD thesis.
- Santiari, N. P. L. and Rahayuda, I. G. S. (2020). Penerapan Metode Exponential Smoothing Untuk Peramalan Penjualan Pada Toko Gitar. *JOINTECS (Journal of Information Technology and Computer Science)*, 5(3):203.
- Sofiana, S., Suparti, S., Hakim, A. R., and Triutami, I. (2020). Peramalan Jumlah Penumpang Pesawat di Bandara Internasional Ahmad Yani Dengan Metode Holt Winter's Exponential Smoothing dan Metode Exponential Smoothing Event Based. *Jurnal Gaussian*, 9(4):535–545.
- Sungkawa, I. and Megasari, R. T. (2011). Penerapan Ukuran Ketepatan Nilai Ramalan Data Deret Waktu dalam Seleksi Model Peramalan Volume Penjualan PT Satriamandiri Citramulia. *ComTech: Computer, Mathematics and Engineering Applications*, 2(2):636.

Suryadi, S. (2019). Kinerja Dan Peramalan Pertumbuhan Angkutan Kereta Api Menggunakan Model Sarima. *Warta Penelitian Perhubungan*, 26(7):381.

Tamin (2000). *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*.

Wardah, S. and Iskandar, I. (2017). Analisis Peramalan Penjualan Produk Keripik Pisang Kemasan Bungkus (Studi Kasus : Home Industry Arwana Food Tembilahan). *Jurnal Teknik Industri*, 11(3):135.



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A