

**PENGUJIAN MODEL *MULTIPLICATIVE HOLT
WINTER'S EXPONENTIAL SMOOTHING* UNTUK
MEMPREDIKSI JUMLAH PENUMPANG
KERETA API DI JABODETABEK**

**(Studi Kasus: Jumlah Penumpang Kereta Api di
Jabodetabek Periode Januari 2018 – Desember 2021)**



LIAMI NINGSIH

4218003

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PESANTREN TINGGI DARUL 'ULUM
JOMBANG
2022**





HALAMAN PERSETUJUAN

SKRIPSI

PENGUJIAN MODEL *MULTIPLICATIVE HOLT WINTER'S EXPONENTIAL SMOOTHING* UNTUK MEMPREDIKSI JUMLAH PENUMPANG KERETA API DI JABODETABEK

**(Studi Kasus: Jumlah Penumpang Kereta Api di
Jabodetabek Periode Januari 2018 – Desember 2021)**

Disusun Oleh :
Liami Ningsih
4218003

Telah diperiksa dan disetujui

Jombang, 01 Juli 2022

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Sujarwo, ST., M.Kom

Nisa Ayunda, M.Si

Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Muhamad Masrur, S.Kom., M.Kom.



HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

PENGUJIAN MODEL *MULTIPLICATIVE HOLT WINTER'S EXPONENTIAL SMOOTHING* UNTUK MEMPREDIKSI JUMLAH PENUMPANG KERETA API DI JABODETABEK

(Studi Kasus: Jumlah Penumpang Kereta Api di
Jabodetabek Periode Januari 2018 – Desember 2021)

Disusun Oleh :
Liami Ningsih
4218003

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji
Pada tanggal:

Liami Ningsih
4218003

TIM PENGUJI

1. Nisa Ayunda, M.Si ()
(Ketua)
2. Cynthia Alvionita Ferima, M.Si ()
(Anggota)
3. Andi Agung, M.Si ()
(Anggota)

Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Muhamad Masrur, S.Kom., M.Kom

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Liami Ningsih

NIM : 4218003

Program Studi : SI Matematika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan dengan sebenarnya dan sungguh – sungguh bahwa skripsi dengan judul “**Pengujian Model *Multiplicative Holt – Winter Exponential Smoothing* Untuk Memprediksi Jumlah Penumpang Kereta Api di Jabodetabek (Studi Kasus: Jumlah Penumpang Kereta Api di Jabodetabek Periode Januari 2018 – Desember 2021)** benar – benar merupakan hasil karya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pikiran orang lain, dan bukan hasil jiplakan.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan atau ada yang mengajukan gugatan, maka saya bersedia menerima seluruh sanksi atas perbuatan tersebut, termasuk pembatalan gelar yang saya peroleh dari Universitas Pesantren Tinggi Darul Ulum.

Jombang, 01 Juli 2022

Yang menyatakan

(Liami Ningsih)





ABSTRAK

Kereta api merupakan salah satu moda transportasi yang paling sering digunakan oleh masyarakat untuk bepergian. Data jumlah penumpang kereta api di Jabodetabek untuk semua jenis kelas merupakan data *time series* yang mempunyai pola musiman. Namun, pada tahun 2019, terjadi wabah Covid – 19 yang berdampak pada seluruh sector salah satunya pada jumlah penumpang kereta api. Oleh karena itu, dalam skripsi ini akan dilakukan pengujian model *Multiplicative Holt – Winter exponential smoothing* untuk memprediksi jumlah penumpang kereta api di Jabodetabek periode Januari 2018 – Desember 2021. *Holt – Winter exponential smoothing* merupakan salah satu metode prediksi yang dapat memprediksi data yang mempunyai pola *trend*. Metode *Holt – Winter exponential smoothing* ini memiliki tiga parameter pemulusan, yaitu α , β , dan γ . Dalam pemilihan parameter, akan digunakan RMSE dan SSE untuk mengoptimalkan α , β , dan γ . Kemudian, penentuan parameter yang optimalkan akan dipilih berdasarkan nilai MAPE yang dihasilkan setelah proses optimalisasi. Dalam penelitian ini, diperoleh parameter yang optimal yaitu $\alpha = 0,97$, $\beta = 0,03$, dan $\gamma = 1$ dengan nilai SSE yang dihasilkan sebesar $4,81E+08$ serta nilai MAPE sebesar 9,98%.

Kata kunci: *forecasting*, model *Multiplicative, Holt – Winter exponential smoothing*

ABSTRACT

Train is one of the most common modes of transportation used by the public to travel. The data of the number of train's passengers in Jabodetabek for all types of classes is a *time series* data which has a seasonal pattern. However, in 2019, the Covid-19 outbreak occurred which had an impact on all sector include train's passengers. Therefore, in this thesis, the Multiplicative Holt – Winter exponential smoothing model will be tested to predict the number of train passengers in Jabodetabek on Januari 2018 – Desember 2021 periode. Holt – Winter exponential smoothing is one of the prediction method which has predict the *time series* data which has seasonal pattern. *Holt – Winter exponential smoothing* has three smoothing parameters, namely α , β , and γ . In parameter selection, RMSE and SSE will be used to optimize α , β , and γ . Next, the determination of the optimal parameters will be selected based on the MAPE value generated after the optimization process. In this study, the optimal parameters were obtained, namely $\alpha = 0,97$, $\beta = 0,03$, and $\gamma = 1$ with the resulting SSE value of $4.81E+08$ and the MAPE value of 9.98%.

Keywords: *forecasting, Multiplicative model, Holt – Winter exponential smoothing*





KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan proposal skripsi yang berjudul “Pengujian Model *Multiplicative Holt Winter’s Exponential Smoothing* Untuk Memprediksi Jumlah Penumpang Kereta Api Di Jabodetabek” ini tepat pada waktunya. Proposal skripsi ini dibuat untuk memenuhi syarat pelaksanaan tugas akhir skripsi dan untuk mendapatkan gelar Sarjana Strata I (SI). Dalam penyusunan proposal skripsi ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu, antara lain kepada:

1. Bapak Mukhamad Masrur, M.Kom selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Unipdu Jombang
2. Ibu Afsah Novitasari, M.Si selaku Ketua Prodi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Unipdu Jombang
3. Bapak Sujarwo, M.Kom selaku dosen pembimbing pertama yang telah membimbing dan mengarahkan penulis untuk menyusun proposal skripsi ini
4. Ibu Nisa Ayunda, M.Si selaku dosen pembimbing kedua yang telah meluangkan waktunya untuk



membimbing dan mengarahkan penulis dalam menulis proposal skripsi ini.

5. Seluruh Dosen Prodi Matematika yang telah membimbing penulis selama masa studi di Universitas Pesantren Tinggi Darul Ulum Jombang
6. Kedua orang tua yang senantiasa membimbing dan mendukung penulis dalam masa studi di Universitas Pesantren Tinggi Darul Ulum Jombang
7. Teman – teman Prodi Matematika yang senantiasa mendukung dan menemani selama belajar di kelas maupun luar kelas

Penulis menyadari bahwa proposal skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan dan masih terdapat kekurangan serta kesalahan dari materi ataupun cara penyajiannya. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik dari semua pihak demi kesempurnaan proposal skripsi ini. Semoga proposal skripsi ini dapat bermanfaat dan berguna bagi para pembaca.

Jombang, 01 Juli 2022

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN.....	iii
ABSTRAK.....	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
DAFTAR RUMUS.....	xiv
BAB I (PENDAHULUAN)	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II (KAJIAN PUSTAKA)	
2.1 Penelitian Terdahulu.....	7
2.2 Prediksi (<i>Forecasting</i>).....	9
2.3 Komponen Data <i>Time Series</i>	11
2.4 Stasioneritas Data.....	13



2.5 Metode <i>Holt – Winter Exponential Smoothing</i>	14
2.6 Ukuran Akurasi Peramalan.....	18
2.7 Microsoft Excel.....	19

BAB III

3.1 Jenis Penelitian.....	21
3.2 Jenis dan Sumber Data.....	21
3.3 Waktu dan Tempat Penelitian.....	22
3.4 Variabel Penelitian.....	22
3.5 Hipotesis Penelitian.....	22
3.6 Metode Pengolahan Data.....	22
3.7 Diagram Alur Penelitian.....	24

BAB IV

4.1 Deskriptif Data.....	25
4.2 Uji Asumsi Data.....	27
4.3 Penentuan Nilai Awal.....	30
4.4 Penentuan Nilai Parameter.....	33
4.5 Prediksi Jumlah Penumpang Kereta Api di Jabodetabek Menggunakan Model <i>Multiplicative Holt – Winter Exponential Smoothing</i>	35
4.6 Ukuran Akurasi Prediksi.....	40

BAB V

5.1 Kesimpulan.....	41
5.2 Saran.....	41

DAFTAR PUSTAKA.....	43
---------------------	----

LAMPIRAN – LAMPIRAN	47
---------------------------	----



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.3.1 Pola Data Horizontal.....	12
Gambar 2.3.2 Pola Data Trend.....	12
Gambar 2.3.3 Pola Data Siklis.....	12
Gambar 2.3.4 Pola Data Musiman.....	13
Gambar 3.6.1 Diagram Alur Penelitian.....	24
Gambar 4.1.1 Grafik <i>Time Series</i> Jumlah Penumpang Kereta Api di Jabodetabek periode Januari 2018 – Juni 2021.	26
Gambar 4.2.1 Grafik pola musiman.....	29
Gambar 4.2.2 Grafik <i>trend</i>	30
Gambar 4.5.1 Grafik Data Aktual dan Data Prediksi.....	39



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.1 Penelitian Terdahulu.....	7
Tabel 4.1.1 Deskriptif Data.....	25
Tabel 4.2.1 Hasil Uji <i>Augmented Dickey Fuller</i>	28
Tabel 4.4.1 Perbandingan Nilai Parameter, RMSE, dan MAPE sebelum dan sesudah di optimasi.....	34
Tabel 4.4.2 Perbandingan Nilai Parameter, SSE, dan MAPE sebelum dan sesudah di optimasi.....	34
Tabel 4.5.1 Perbandingan Data Hasil Prediksi dan Data Aktua.....	38



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I Data yang digunakan dalam penelitian.....	47
Lampiran II Hasil prediksi dengan menggunakan parameter yang di optimasi dengan SSE.....	48
Lampiran III Hasil prediksi dengan parameter yang di optimasi dengan RMSE	52

DAFTAR RUMUS

Rumus 2.5.1 Rumus untuk <i>smoothing</i> level (<i>Holt – Winter’s Additive exponential smoothing</i>)	15
Rumus 2.5.2 Rumus untuk <i>smoothing</i> pola trend (<i>Holt – Winter’s Additive exponential smoothing</i>)	15
Rumus 2.5.3 Rumus untuk <i>smoothing</i> pola musiman (<i>Holt – Winter’s Additive exponential smoothing</i>)	15
Rumus 2.5.4 Rumus untuk prakiraan pada periode ke – n (<i>Holt – Winter’s Additive exponential smoothing</i>)	15
Rumus 2.5.5 Rumus untuk <i>smoothing</i> level (<i>Holt – Winter’s Multiplicative exponential smoothing</i>)	16
Rumus 2.5.6 Rumus untuk <i>smoothing</i> pola trend (<i>Holt – Winter’s Multiplicative exponential smoothing</i>)	16
Rumus 2.5.7 Rumus untuk <i>smoothing</i> pola musiman (<i>Holt – Winter’s Multiplicative exponential smoothing</i>)	16
Rumus 2.5.8 Rumus untuk prakiraan periode ke – n (<i>Holt – Winter’s Multiplicative exponential smoothing</i>)	16
Rumus 2.5.9 Rumus inialisasi level <i>Holt – Winter exponential smoothing</i>)	17
Rumus 2.5.10 Rumus inialisasi <i>trend Holt – Winter exponential smoothing</i>	17
Rumus 2.5.11 Rumus inialisasi musiman <i>Holt – Winter exponential smoothing</i>	17



Rumus 2.6.1 Rumus MAPE.....	18
Rumus 2.6.2 Rumus RMSE.....	19
Rumus 2.6.3 Rumus SSE.....	19





BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Prediksi atau *forecasting* merupakan proses untuk memperkirakan kebutuhan suatu kondisi di masa depan dengan mempertimbangkan kebutuhan kuantitas, kualitas, maupun waktu untuk memenuhi permintaan barang atau jasa (Nasution dan Prasetyawan, 2008). Pada saat melakukan peramalan atau prediksi, harus diketahui terlebih dahulu tujuan dari prediksi tersebut. Karena pada hakikatnya, peramalan merupakan suatu prediksi terhadap suatu objek. Namun, dengan menggunakan metode yang tepat, maka hasil peramalan bukan sekadar hasil peramalan saja, akan tetapi dapat bermanfaat untuk keperluan selanjutnya seperti dasar pengambilan keputusan (Christian Iswahyudi, 2016).

Berdasarkan data jumlah penumpang kereta api yang diterbitkan oleh BPS pada buku Statistik Transportasi Darat (BPS, 2020), jumlah penumpang kereta api di Jabodetabek setiap tahun cenderung mengalami peningkatan. Namun, ada tahun-tahun tertentu yang mengalami penurunan. Dan dalam satu periode (satu tahun) terjadi peningkatan pada bulan-bulan tertentu. Peningkatan biasa terjadi pada saat hari libur nasional dan libur panjang tahun baru. Sehingga, data jumlah penumpang kereta api di Jabodetabek merupakan data *time series* yang memiliki pola *trend* dan pola musiman. Sebagai contoh pada tahun 2018 data jumlah penumpang kereta api pada bulan Januari – Februari jumlah penumpang mengalami penurunan,

sekitar 9,6% dan pada bulan Maret terjadi peningkatan sekitar 13,2%. Pada bulan April jumlah penumpang mengalami penurunan lagi sekitar 1,2% dan pada bulan Juli terjadi peningkatan lagi sekitar 17%. Dari hal tersebut menunjukkan bahwa dalam satu periode terdapat pola naik atau turun yang berulang, dan pola tersebut juga terjadi pada tahun – tahun berikutnya. Sehingga, dapat dikatakan bahwa dalam satu periode data jumlah penumpang kereta api memiliki pola musiman. Namun, pada tahun 2020 data jumlah penumpang terjadi penurunan drastis akibat adanya pandemi Covid – 19. Sehingga, dalam periode Januari 2018 – Desember 2021 data jumlah penumpang kereta api di Jabodetabek memiliki pola *trend*.

Pada akhir bulan Desember tahun 2019, muncul sebuah wabah penyakit berbahaya yang disebabkan oleh *Corona virus* yang dapat membahayakan manusia dan menularkan penyakit Covid – 19 dengan sangat cepat (Zaini Agusri , 2021). Pada bulan Februari 2020, wabah Covid – 19 mulai masuk ke Indonesia, dan hal ini memengaruhi semua sektor perekonomian, industri, dan transportasi yang ada di Indonesia. Meskipun pada awal bulan tersebut hanya beberapa daerah saja yang terinfeksi, namun kebijakan pemerintah mengakibatkan semua daerah juga terkena dampak dari penularan Covid – 19 (Ribowo Inmas , 2021). Hal ini juga di dukung oleh kebijakan pemerintah yang diatur dalam Peraturan Pemerintah Nomor 21 Tahun 2020 mengenai Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB) yang diterapkan pada bulan April 2020. Hal ini mengakibatkan jumlah penumpang kereta api



mengalami penurunan drastis yaitu sekitar 72% dari bulan Maret 2020 terhadap bulan April 2020 (BPS , 2020). Namun, menjelang akhir tahun 2020, aktivitas kereta api di Jabodetabek mengalami kenaikan. Hal ini dibuktikan dengan kenaikan jumlah penumpang sekitar 15% dari bulan September ke Oktober 2020.

Holt – Winter Exponential Smoothing memiliki dua jenis model, yaitu model *additive* dan model *multiplicative*. Perbedaan dari kedua model tersebut terletak pada kestabilan pola musimannya. Pada model *additive*, digunakan untuk pola data yang mengalami fluktuasi musiman stabil, sedangkan model *multiplicative*, digunakan untuk pola data yang mengalami fluktuasi musiman berubah-ubah tergantung pada rata-rata data (Markidrakis , 1999). Oleh karena itu, peneliti akan membahas bagaimana pengujian model *Multiplicative Holt Winter's exponential smoothing* dalam memprediksi data *time series* jumlah penumpang kereta api di Jabodetabek periode Januari 2018 – Desember 2021 dimana dalam rentang tersebut terdapat penurunan drastis akibat adanya pandemi Covid – 19.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang diatas, diambil rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana model *Multiplicative Holt Winter's Exponential Smoothing* dalam memprediksi suatu kondisi yang mengalami perubahan pola musiman dan memiliki trend yang signifikan pada periode Januari 2018 –



Desember 2021 dengan studi kasus jumlah penumpang kereta api di Jabodetabek?

2. Bagaimana keakuratan model yang dihasilkan oleh model *Multiplicative Holt Winter's Exponential Smoothing* dalam memprediksi Jumlah Penumpang Kereta Api di Jabodetabek periode Januari 2018 – Desember 2021?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui bagaimana model *Multiplicative Holt Winter's Exponential Smoothing* dalam memprediksi suatu kondisi yang mengalami perubahan pola musiman dan memiliki trend yang signifikan pada periode Januari 2018 – Desember 2021 dengan studi kasus jumlah penumpang kereta api di Jabodetabek
2. Untuk mengetahui keakuratan model yang dihasilkan oleh model *Multiplicative Holt Winter's Exponential Smoothing* dalam memprediksi Jumlah Penumpang Kereta Api di Jabodetabek periode Januari 2018 – Desember 2021.

1.4 Batasan Masalah

1. Pada penelitian ini hanya membahas mengenai data total jumlah penumpang kereta api di Jabodetabek untuk semua jenis kelas periode Januari 2018 – Desember 2021.



2. Data yang digunakan merupakan data bulanan jumlah penumpang kereta api di Jabodetabek dari bulan Januari 2018 – Desember 2021 yang bersumber dari BPS.
3. Metode yang digunakan adalah model *Multiplicative Holt-Winters Exponential Smoothing*.
4. Keakuratan model ditentukan berdasarkan nilai MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*).
5. Nilai parameter dari model berdasarkan RMSE dan SSE.
6. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan Microsoft Excel.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, antara lain:

1. Dapat menambah wawasan apabila akan melakukan penelitian yang menggunakan metode *Holt Winter's Exponential Smoothing* khususnya pada model *Multiplicative*.
2. Dapat menjadi referensi bagi peneliti yang akan memprediksi data *time series* yang memiliki pola musiman berubah dan trend yang signifikan.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistem penulisan tugas akhir ini disusun dalam bentuk karya ilmiah dengan susunan sebagai berikut:

BAB I. PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan



penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II. KAJIAN PUSTAKA

Bab ini digunakan untuk mengkaji mengenai analisis *time series*, metode prediksi atau peramalan, konsep dasar dan metode-metode *time series*, serta kereta api.

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Pada Bab III akan dijelaskan mengenai jenis dan metode penelitian, jenis dan sumber data, waktu dan lokasi penelitian, variabel penelitian, metode pengolahan data, serta kerangka penelitian.

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab IV ini akan dibahas tentang pengolahan data jumlah penumpang kereta api yang berangkat dari Jabodetabek dengan menggunakan model *Multiplicative Holt Winter's Exponential Smoothing* dan juga penjelasan dari hasil prediksi.

BAB V. PENUTUP

Bab ini berisi pokok – pokok kesimpulan serta saran – saran yang diperoleh dari Bab IV.

DAFTAR PUSTAKA

Daftar Pustaka berisi daftar – daftar referensi yang digunakan dalam penelitian ini.





BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Berikut adalah beberapa penelitian terdahulu yang berkaitan dengan prediksi menggunakan metode *Holt Winter's exponential smoothing*:

Tabel 2.1.1 Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Perbedaan
1.	Tias Safitri (2016)	Perbandingan Peramalan Menggunakan Metode <i>Exponential Smoothing Holt-Winters</i> dan ARIMA (Tias Safitri, 2016)	Memprediksi jumlah kedatangan wisatawan mancanegara ke Bali Ngurah Rai menurut pintu masuk tahun 2010 - 2015
2.	Fauzia Lamusa (2017)	Peramalan Jumlah Penumpang Pada PT. Angkasa Pura I (<i>PERSERO</i>) Kantor Cabang Bandar udara Internasional Sultan Hasanuddin Makassar Dengan Menggunakan Metode <i>Holt – exponential smoothing</i>	Meramalkan Jumlah Penumpang pada PT. Angkasa Pura I Kantor Cabang Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin Makassar

		(Fauzia Lamusa , 2017)	
3.	Yesy Mayang Sari (2020)	Penerapan Metode <i>Holt – Winters Additive exponential smoothing</i> Untuk Peramalan (<i>forecasting</i>) Harga Bawang Merah di Yogyakarta (Yesy Mayang Sari , 2020)	Meramalkan Harga Bawang Merah di Yogyakarta
4.	Nunik Parwati (2020)	Prakiraan Jumlah Penumpang Menggunakan <i>Exponential Smoothing Holt Winters</i> (Studi Kasus: Jumlah Penumpang Keberangkatan Pada Penerbangan Internasional di Bandar Udara Soekarno Hatta Pada Januari 2006 – Desember 2018) (Nunik Parwati, 2020)	Memprediksi Jumlah Penumpang Keberangkatan Pada Penerbangan Internasional di Bandar Udara Soekarno Hatta pada Januari 2006 – Desember 2018
5.	Yunus Iman Katabra (2021)	Metode <i>Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average</i> (SARIMA) untuk	Memprediksi Jumlah Penumpang Kereta Api di Pulau Sumatra



		Memprediksi Jumlah Penumpang Kereta Api di Pulau Sumatra (Yunus Iman Katabra , 2021)	
6.	Sri Mayang (2018)	Prediksi Jumlah Penumpang Kereta Api di Jabodetabek Menggunakan Model SARIMA (Sri Mayang, 2018)	Memprediksi Jumlah Penumpang Kereta Api di Jabodetabek Menggunakan Metode SARIMA

Berdasarkan kajian dari penelitian terdahulu diatas, pada penelitian ini akan dibahas mengenai pengujian model *Multiplicative Holt Winter's exponential smoothing* untuk memprediksi jumlah penumpang kereta api di Jabodetabek pada periode Januari 2018 – Desember 2021. Adapun perbedaan dari penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah pada metode yang digunakan untuk memprediksi jumlah penumpang kereta api di Jabodetabek serta rentang data *time series* yang digunakan. Dimana, pada penelitian sebelumnya prediksi jumlah penumpang kereta api di Jabodetabek menggunakan metode SARIMA dan data yang digunakan merupakan data *time series* periode Januari 2011 – September 2017.

2.2 Prediksi (*Forecasting*)

Prediksi atau *forecasting* adalah sebuah perkiraan atau gambaran dari suatu nilai atau sebuah kondisi di



masa depan. Prediksi (*forecasting*) merupakan sebuah bagian yang penting bagi setiap organisasi atau lembaga untuk mengambil sebuah keputusan manajemen yang signifikan. Prediksi bisa menjadi sebuah dasar perencanaan jangka panjang bagi perusahaan. Oleh karena itu, ketepatan hasil prediksi akan meningkatkan sebuah peluang yang menguntungkan bagi perusahaan (Evelina Padang ; 2015). Prediksi juga merupakan suatu teknik untuk menaksir suatu nilai pada masa depan dengan memperhatikan data masa lalu maupun data saat ini (Aswi dan Sukarna).

Untuk melakukan prediksi (*forecasting*), diperlukan data pada masa lampau yang akurat untuk melihat pola – pola yang terbentuk di masa depan dengan melakukan pendekatan – pendekatan secara ilmiah dan sistematis.

Adapun metode prediksi menurut Makridakis (1999:8) dibagi kedalam dua jenis, yaitu metode peramalan kuantitatif dan metode peramalan kualitatif. Metode prediksi kualitatif didasarkan pada pendapat – pendapat para ahli untuk dijadikan pertimbangan dalam pengambilan keputusan sebagai hasil prediksi. Sedangkan metode prediksi kuantitatif dilakukan apabila terdapat data atau informasi pada masa lampau sehingga proses prediksi dapat dilaksanakan. Dalam pengambilan metode prediksi, apabila data masa lalu tersedia, maka metode prediksi kuantitatif akan lebih baik digunakan dibanding dengan teknik prediksi kualitatif.

Metode prediksi kuantitatif dapat dibagi menjadi dua model prediksi primer, yaitu metode kausal (regresi) dan metode *time series*. Dalam metode kausal, pendugaan masa depan dari suatu faktor yang diprediksi didasarkan



pada suatu asumsi yang mana faktor tersebut membuktikan sebuah hubungan sebab-akibat dengan satu atau lebih variabel bebas. Sedangkan dalam metode *time series*, pendugaan masa depan dilakukan didasarkan pada nilai masa lampau dari suatu variabel dan kesalahan masa lalu. Adapun tujuan dari prediksi *time series* ini adalah untuk merencanakan pola dalam data *time series* di masa depan (Suhartono , 2003).

2.3 Komponen Data *Time Series*

Time Series merupakan kumpulan data yang berorientasi pada waktu atau urutan kejadian dari sebuah penelitian dalam variabel yang diteliti (Douglas C. Montgomery, 2015). Sifat – sifat analisis *time series* yang terlihat adalah rangkaian pengamatan dalam sebuah variabel yang dilihat sebagai perwujudan dari variabel acak yang berdistribusi sama. Pola data historis yang dipunyai bisa berwujud pola horizontal, *trend*, siklis, dan musiman (Pangestu Subagyo, 1986). Sehingga, untuk keperluan mengambil metode prediksi yang tepat diperlukan untuk mengetahui pola – pola data *time series* tersebut. Menurut Shofyan Assauri (1984) dalam buku Manajemen Operasi menyatakan bahwa terdapat 4 pola data *time series* (H.A. Rusdiana , 2014). Adapun penjelasan dari ke – empat pola tersebut adalah sebagai berikut:

a. Pola Horizontal

Pola horizontal merupakan model data yang berfluktuasi di sekitar nilai rata – rata konstan. Pola horizontal ini tidak terpengaruh oleh pola musiman dan *trend*. Berikut adalah gambar dari pola horizontal:





Gambar 2.3.1 Pola Data Horizontal

b. Pola *Trend*

Pola *trend* merupakan model data yang memiliki kecenderungan naik atau turun secara terus menerus. Secara umum, struktur data dari pola trend adalah sebagai berikut:



Gambar 2.3.2 Pola Data Trend

c. Pola Siklis

Pola siklis merupakan model data yang mempunyai fluktuasi naik atau turun selama periode jangka panjang. Komponen siklis ini sangat bermanfaat untuk prediksi jangka menengah. Adapun struktur data pada pola siklis adalah sebagai berikut:

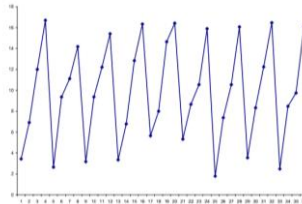


Gambar 2.3.3 Pola Data Siklis



d. Pola Musiman

Pola musiman merupakan model data yang terbentuk jika suatu deret dipengaruhi oleh faktor musiman. Adapun komponen musiman ini dapat dijelaskan pada faktor cuaca, libur, atau kecenderungan perdagangan. Data pola musiman memiliki fluktuasi secara berkala selama kurun waktu satu tahun, seperti triwulan, kuartalan, bulanan, mingguan, atau harian. Adapun gambaran dari pola musiman adalah sebagai berikut:



Gambar 2.3.4 Pola Data Musiman

2.4 Stasioneritas Data

Time series merupakan data yang diperoleh dengan cara mengumpulkan hasil pengamatan dari waktu ke waktu untuk memanifestasikan rangkaian dari suatu kegiatan. Apabila diilustrasikan dalam sebuah diagram, data *time series* menunjukkan sebuah fluktuasi yang menggambarkan gerakan naik turun yang dapat dimanfaatkan sebagai dasar pengambilan *trend* atau garis yang memperlihatkan arah rangkaian dari suatu data.

Menurut Dedi Rosadi sebagaimana dikutip oleh Nunik Parwati (2020) untuk melakukan uji stasioneritas dapat digunakan ADF (*Augmented Dickey Fuller*). Dalam melakukan uji *Augmented Dickey Fuller* akan diketahui ada atau tidaknya akar unit (*unit root*). Apabila terdapat *unit root* maka data tersebut belum stasioner, begitu pula



sebaliknya, apabila tidak terdapat *unit root* maka data tersebut sudah stasioner. Adapun hipotesis yang digunakan dalam uji *Augmented Dickey Fuller* adalah sebagai berikut:

H_0 : ada *unit root* dalam data

H_1 : tidak ada *unit root* dalam data

Dasar pengambilan keputusan : tolak H_0 apabila nilai *p – value* $< \alpha$

2.5 Metode Holt – Winter Exponential Smoothing

Metode *Holt Winter's exponential smoothing* merupakan gabungan dari metode *Holt* yang dikembangkan oleh *Winter*. Metode ini diaplikasikan untuk data yang memiliki pola *trend* dan musiman. Metode *Holt Winter's exponential smoothing* bisa diaplikasikan untuk data yang tidak stasioner. Metode ini merupakan metode *exponential smoothing* dengan tiga kali pembobotan. Adapun pembobot pada metode *Holt Winter's exponential smoothing* ini adalah α , β , dan γ . Dimana parameter α adalah parameter untuk *smoothing* keseluruhan data, sedangkan parameter β adalah parameter yang digunakan untuk *smoothing trend*, dan parameter γ merupakan parameter yang digunakan untuk *smoothing* musiman. Nilai α, β , dan γ berada di antara 0 sampai 1 yang ditentukan dengan nilai akurasi prakiraan terkecil, karena semakin kecil nilai akurasi prakiraan maka hasil prakiraan akan semakin baik. Metode *Holt Winter's exponential smoothing* ini memiliki dua model, yaitu sebagai berikut:



a. *Holt Winter's model additive*

Pada model ini, ketakstabilan musiman dari data terlihat stabil, tidak tergantung pada rata – rata dari data.

Adapun rumus dari model ini adalah sebagai berikut:

Rumus untuk *smoothing* level:

$$L_t = \alpha(y_t - l_{t-1}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (2.5.1)$$

Rumus untuk *smoothing* pola trend:

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (2.5.2)$$

rumus untuk *smoothing* pola musiman:

$$S_t = \gamma(y_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-l} \quad (2.5.3)$$

Rumus untuk prakiraan pada periode ke – n:

$$F_{t+n} = L_t + nb_t + S_{t-l+n} \quad (2.5.4)$$

Dimana:

L_t = menyatakan *smoothing* level pada bulan ke – t

α = menyatakan pembobot *smoothing* level ($0 < \alpha < 1$)

β = menyatakan pembobot *smoothing* pola trend ($0 < \beta < 1$)

γ = menyatakan pembobot *smoothing* pola musiman ($0 < \gamma < 1$)

y_t = menyatakan data ke – t

b_t = menyatakan *smoothing* pola trend pada bulan ke – t

S_t = menyatakan nilai awal *smoothing* musiman

l = menyatakan panjang musiman

n = menyatakan periode waktu yang akan diprakirakan

F_t = menyatakan nilai yang ingin diprakirakan

b_t = menyatakan *smoothing* pola trend pada bulan ke – t

L_{t-1} = menyatakan *smoothing* level pada bulan ke t – 1

b_{t-1} = menyatakan *smoothing* pola trend pada bulan ke – t



b. *Holt Winter's model multiplicative*

Pada model *multiplikative*, amplitudo dari ketakstabilan musiman terlihat inkonsisten, bergantung pada rata – rata dari data. Adapun beberapa rumus pada model ini adalah sebagai berikut:

Rumus untuk *smoothing level*:

$$L_t = \alpha \left(\frac{y_t}{S_{t-l}} \right) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (2.5.5)$$

Rumus untuk *smoothing pola trend*:

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (2.5.6)$$

Rumus untuk *smoothing pola musiman*:

$$S_t = \gamma \left(\frac{y_t}{L_t} \right) + (1 - \gamma)S_{t-1} \quad (2.5.7)$$

Rumus untuk prakiraan periode ke – n:

$$F_{t+n} = (L_t + nb_t)S_{t-l+n} \quad (2.5.8)$$

Dimana:

L_t = menyatakan *smoothing level* pada bulan ke – t

α = menyatakan pembobot *smoothing level* ($0 < \alpha < 1$)

β = menyatakan pembobot *smoothing pola trend* ($0 < \beta < 1$)

γ = menyatakan pembobot *smoothing pola musiman* ($0 < \gamma < 1$)

y_t = menyatakan data ke – t

b_t = menyatakan *smoothing pola trend* pada bulan ke – t

S_t = menyatakan nilai awal *smoothing musiman*

l = menyatakan panjang musiman

n = menyatakan periode waktu yang akan diprakirakan

F_t = menyatakan nilai yang ingin diprakirakan

b_t = menyatakan *smoothing pola trend* pada bulan ke – t

L_{t-1} = menyatakan *smoothing level* pada bulan ke $t - 1$

b_{t-1} = menyatakan *smoothing pola trend* pada bulan ke – t



Untuk menginisialisasi metode prediksi ini, dibutuhkan nilai awal untuk penghalusan level (L_t), trend (b_t), dan musiman (S_t). Untuk memperoleh nilai perkiraan awal dari indeks musiman, dibutuhkan data utuh dalam satu musim. Sehingga, nilai *trend* dan penghalusan diinisialisasi pada periode l . adapun nilai awal konstanta penghalusan level didapat dengan memakai rata – rata musim pertama, yaitu:

$$L_t = \frac{1}{l}(y_1 + y_2 + \dots + y_l) \quad (2.5.9)$$

Untuk menginisialisasi *trend*, akan lebih baik apabila memakai data utuh selama dua musim, yaitu:

$$b_t = \frac{1}{l} \left(\frac{y^{l+1} - y_1}{l} + \frac{y^{l+2} - y_2}{l} + \dots + \frac{y^{l+l} - y_l}{l} \right) \quad (2.5.10)$$

Kemudian untuk menginisialisasi indeks musiman model *multiplicative* yaitu:

$$S_t = \frac{y^l}{Ll} \quad (2.5.11)$$

Dimana:

b_t = menyatakan nilai awal *smoothing* level pola *trend*

L_t = menyatakan nilai awal *smoothing* level

S_t = menyatakan nilai awal *smoothing* musiman

l = menyatakan panjang musiman

y_l menyatakan data ke – l

Adapun langkah kerja model *Multiplicative Holt Winter's exponential smoothing* adalah sebagai berikut:

1. Menetapkan nilai konstanta α , β , dan γ dimana nilai dari parameter tersebut berada diantara 0 dan 1



2. Menghitung nilai awal penghalusan level menggunakan data lengkap satu musim
3. Menghitung nilai awal pemulusan *trend*
4. Menghitung nilai awal pemulusan musiman
5. Menghitung nilai pemulusan level
6. Menghitung nilai pemulusan *trend*
7. Menghitung nilai pemulusan musiman
8. Menghitung nilai ramalan untuk n periode berikutnya.

2.6 Ukuran Akurasi Peramalan

Untuk keperluan pemilihan model terbaik dari prediksi dan penentuan nilai parameter, ukuran akurasi prediksi diperlakukan sebagai penentuan model terbaik dari sebuah prediksi. Dalam beberapa kasus, akurasi prediksi juga merujuk pada seberapa baik model prediksi yang terbentuk dalam mengolah data yang baru diketahui. Oleh karena itu, ukuran akurasi pada proses prediksi sangatlah penting. Untuk keperluan pemilihan model terbaik ini, menurut Markidakis (1983) terdapat beberapa ukuran akurasi peramalan dimana salah satu ukurannya adalah dengan menggunakan nilai *MAPE* yang dirumuskan sebagai berikut:

Berikut adalah rumus mencari nilai *MAPE* (*Mean Absolute Percentage Error*) sebagai dasar pemilihan model prediksi terbaik:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Y_t - F_t}{Y_t} \right| \times 100 \quad (2.6.1)$$

Keterangan:

n = jumlah data

Y_t = menyatakan data ke t

F_t = menyatakan prakiraan period eke t



Dalam sebuah prediksi, apabila didapat nilai *MAPE* sekitar rata – rata 5%, hal tersebut berarti akurasi sangat baik. Namun, akurasi dengan *MAPE* hanya berarti jika skala tersebut memiliki awal mula yang berarti.

Sedangkan untuk keperluan pengoptimalan nilai parameter α , β , dan γ dapat digunakan *RMSE* (*Root Mean Square Error*) dan *SSE* (*Sum Square Error*) sebagai fungsi objektif saat melakukan optimalisasi dengan variabel peubah α , β , dan γ .

Adapun nilai dari *RMSE* dirumuskan sebagai berikut (C. J Wilmot, 2005) :

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_i^n |Y_t - F_t|^2} \quad (2.6.2)$$

Keterangan:

n = jumlah data

Y_t = menyatakan data ke – t

F_t = menyatakan prakiraan periode ke – t

Adapun nilai *SSE* dirumuskan sebagai berikut:

$$SSE = \sum (Y_t - \widehat{Y}_t)^2 \quad (2.6.3)$$

Keterangan:

Y_t = Data actual

\widehat{Y}_t = Data prediksi

2.7 Microsoft Excel

Microsoft Excel merupakan salah satu program aplikasi yang disebut *spreadsheet*. *Spreadsheet* merupakan program yang memungkinkan pemakai mengolah data dan memberi intruksi berupa rumus untuk melakukan sebuah perhitungan (Kral , 1992). *Spreadsheet*



juga merupakan sebuah alat yang dapat mengubah angka secara menyeluruh dalam pemecahan masalah dan analisis pada saat ini. Sebuah permasalahan dapat disusun struktur datanya maupun metodologi komputasinya sesuai dengan karakteristik *spreadsheet*. Selain itu, dalam *Microsoft Excel* juga dilengkapi fitur untuk menyajikan *chart* atau grafik yang cukup mudah. Sehingga *Microsoft Excel* relatif lebih mudah digunakan sebagai alat bantu dalam perhitungan analisis data sesuai dengan kebutuhan pemakai (Misner dan Conney, 1991).

Pada penelitian ini, *Microsoft Excel* akan digunakan untuk menghitung proses pengujian model *Multiplicative Holt – Winter exponential smoothing* untuk memprediksi jumlah penumpang kereta api di Jabodetabek.





BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Pada penelitian ini merupakan penelitian terapan. Secara umum, penelitian terapan merupakan penelitian yang diminta oleh pihak lain kepada peneliti untuk menyelesaikan sebuah permasalahan. Adapun salah satu fokus dari penelitian terapan adalah untuk menaksir kesuksesan suatu program yang sedang berjalan atau sudah selesai dilakukan. Penelitian terapan ini bertujuan untuk memecahkan masalah – masalah yang ada sehingga solusinya bisa segera di aplikasikan (Priyono, 2016). Adapun teknik yang dipakai dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif dengan menggunakan analisis *time series* untuk melakukan prediksi.

3.2 Jenis dan Sumber Data

Jenis data yang dipakai dalam penelitian ini yakni data sekunder yang didapat dari Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2021 dengan unit penelitian berupa data jumlah penumpang kereta api di Jabodetabek untuk semua jenis kelas. Adapun rentang data yang diambil adalah data bulanan dari Januari 2018 sampai Desember 2021. Pada penelitian ini terdapat dua jenis data yang dipakai untuk prediksi. Yaitu sebanyak 42 data untuk *training* (percobaan) dan 6 data *testing* (pengujian).

3.3 Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu yang dipakai selama melakukan penelitian ini adalah satu semester yang terhitung mulai dari bulan Januari 2022 – Juni 2022. Sedangkan tempat untuk melakukan penelitian ini dilaksanakan di Kabupaten Jombang.

3.4 Variabel Penelitian

Variabel yang dipakai dalam proses prediksi pada penelitian ini adalah Y_t sebagai nilai dari banyaknya jumlah penumpang untuk setiap periode t . Variabel Y_t inilah yang menjadi data *training* (percobaan) dimana dalam hal ini berupa data bulanan dari bulan Januari 2018 sampai Juni 2021. Dan variabel n merupakan periode yang akan diperkirakan. Adapun variabel n ini menjadi data *testing* (pengujian). Dimana data yang menjadi data *testing* adalah data bulan Juli 2021 – Desember 2021. Sedangkan untuk parameter pemulusan digunakan α untuk pemulusan level, β untuk pemulusan *trend*, dan γ untuk pemulusan musiman.

3.5 Hipotesis Penelitian

Hipotesis pada penelitian ini digunakan untuk menguji stasioneritas data. Adapun hipotesisnya adalah sebagai berikut:

H_0 : ada *unit root* dalam data

H_1 : tidak ada *unit root* dalam data

3.6 Metode Pengolahan Data

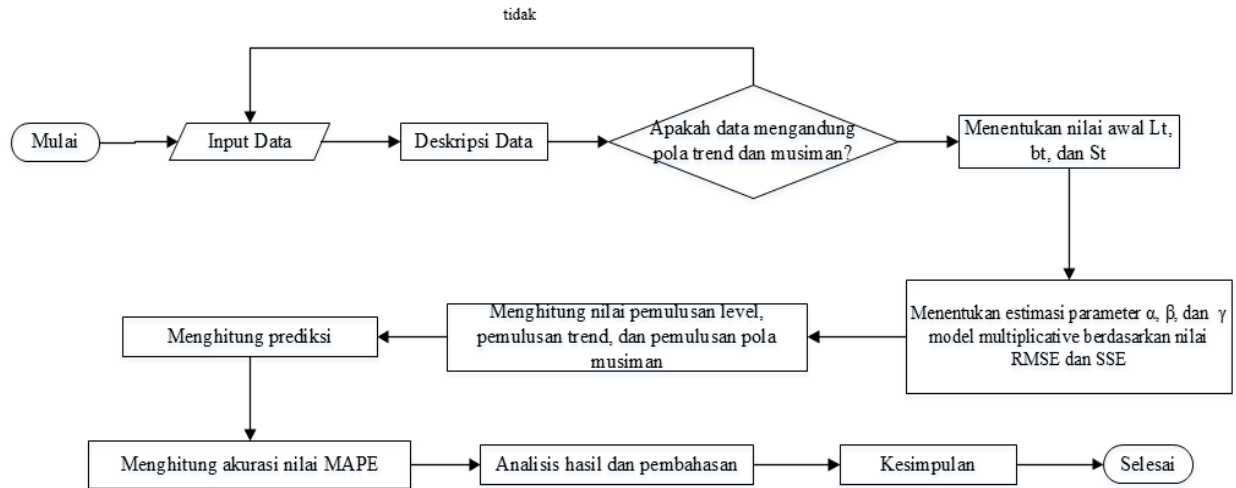
Langkah-langkah pengerjaan data dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:



1. Menampilkan deskripsi data menggunakan SPSS
2. Menampilkan pola *time series* menggunakan minitab.
3. Menguji kestasioneran data menggunakan E-Views 9
4. Melihat apakah data mengandung pola musiman
5. Melihat apakah data mengandung pola *trend*
6. Menentukan nilai awal taksiran pemulusan
7. Menetapkan nilai parameter alpha (α), beta (β), dan gamma (γ) berdasarkan *RMSE (Root Mean Squared Error)* dan *SSE (Sum Square Error)*.
8. Mengoptimisasi nilai parameter alpha (α), beta (β), dan gamma (γ) berdasarkan *RMSE (Root Mean Squared Error)* dan *SSE (Sum Square Error)* menggunakan fungsi solver yang terdapat pada Microsoft Excel.
9. Menghitung nilai *smoothing* keseluruhan level (S_t), pola kecenderungan (b_t), dan musiman (I_t)
10. Mengukur akurasi model dengan melihat *MAPE (Mean Absolute Percentage Error)*
11. Menghitung prakiraan *exponential smoothing* dari ketiga persamaan tersebut (F_t)



3.7 Diagram Alur Penelitian



Gambar 3. 6. 1 Diagram Alur Penelitian