

**PERAMALAN JUMLAH PRODUKSI LISTRIK PLN DI KECAMATAN  
TIMPAH KABUPATEN KAPUAS MENGGUNAKAN METODE *TRIPLE  
EXPONENTIAL SMOOTHING HOLT-WINTERS***

**SKRIPSI**

Oleh :  
**MIFTAH FURQAANUL HAQ**  
NIM. 19650138



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2023**

**PERAMALAN JUMLAH PRODUKSI LISTRIK PLN DI KECAMATAN  
TIMPAH KABUPATEN KAPUAS MENGGUNAKAN METODE *TRIPLE  
EXPONENTIAL SMOOTHING HOLT-WINTERS***

**SKRIPSI**

Oleh :  
**MIFTAH FURQAANUL HAQ**  
NIM. 19650138

Diajukan kepada:  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri (UIN) Malang  
Untuk memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam  
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S. Kom)

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2023**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**PERAMALAN JUMLAH PRODUKSI LISTRIK PLN DI KECAMATAN  
TIMPAH KABUPATEN KAPUAS MENGGUNAKAN METODE *TRIPLE  
EXPONENTIAL SMOOTHING HOLT-WINTERS***

**SKRIPSI**

Oleh:  
**MIFTAH FURQAANUL HAO**  
NIM. 19650138

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji:  
Tanggal: 7 Juni 2023

Pembimbing I,



Fajar Rofman Hariri, M.Kom  
NIP. 19890515 201801 1 001


Pembimbing II,



Osta Oomaruddin Aziz, M.Kom  
NIP. 19911019 201903 1 013

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Teknik Informatika  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang



  
Dr. Kurniawan, M.MT, IPM  
NIP. 19771020 200912 1 001

## HALAMAN PENGESAHAN

### PERAMALAN JUMLAH PRODUKSI LISTRIK PLN DI KECAMATAN TIMPAH KABUPATEN KAPUAS MENGGUNAKAN METODE *TRIPLE EXPONENTIAL SMOOTHING HOLT-WINTERS*

#### SKRIPSI

Oleh :  
**MIFTAH FURQAANUL HAQ**  
NIM. 19650138

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi  
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer ( S.Kom )  
Tanggal: 13 Juni 2023

#### Susunan Dewan Penguji

Ketua Penguji : Dr. Fachrul Kurniawan, M.MT, IPM  
NIP. 19771020 200912 1 001

Anggota Penguji I : Ajib Hanani, MT  
NIDT. 19840731 20160801 1 076

Anggota Penguji II : Fajar Rohman Hariri, M.Kom  
NIP. 19890515 201801 1 001

Anggota Penguji III : Okta Qomaruddin Aziz, M.Kom  
NIP. 19911019 201903 1 013

Mengetahui dan Mengesahkan,  
Ketua Program Studi Teknik Informatika  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang



Fachrul Kurniawan, M.MT, IPM  
NIP. 19771020 200912 1 001

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Miftah Furqaanul Haq  
NIM : 19650138  
Fakultas / Jurusan : Sains dan Teknologi / Teknik Informatika  
Judul Skripsi : Peramalan Jumlah Produksi Listrik PLN Di Kecamatan  
Timpah Kabupaten Kapuas Menggunakan Metode *Triple  
Exponential Smoothing Holt-Winters*

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan data, tulisan, atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini merupakan hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 14 Juni 2023  
Yang membuat pernyataan,



METERAI  
TEMPEL  
1000  
D6F41AKX480165125

Miftah Furqaanul Haq  
NIM.19650138

## HALAMAN MOTTO

... فَاسْتَبِقُوا الْخَيْرَاتِ ...

## HALAMAN PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

“Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang”

Dengan mengucapkan syukur dan terima kasih, penulis mempersembahkan skripsi ini untuk ayah saya Miftahul Huda, ibu saya Tjitjik Andrijani, adek saya Thoriq Ardiansyah Haq, Keluarga, Saudara, Teman-teman PESMA Bimbingan Islam AR-Rayyan, Seluruh Dosen, Sahabat, Teman-teman seperjuangan dan Diri saya sendiri.

## **KATA PENGANTAR**

Assalamualaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, memudahkan dan meridhoi peneliti dalam menyelesaikan skripsi ini. Skripsi ini ditulis untuk memenuhi syarat kelulusan mahasiswa Teknik Informatika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Keberhasilan penulisan skripsi ini tidak terlepas dari dorongan dan bimbingan dari semua pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih yang tulus kepada:

1. Prof. Dr. H.M. Zainuddin, MA selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Hariani, M.Si selalu dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Fachrul Kurniawan, M.MT., IPM selaku Ketua Program Studi Teknik Informatika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
4. Fajar Rohman Hariri, M.Kom selaku dosen pembimbing I yang telah bersedia meluangkan waktunya dalam membimbing dan memberikan dorongan dan arahan kepada peneliti sehingga dapat menyelesaikan skripsi.
5. Okta Qomaruddin Aziz, M.Kom selaku dosen pembimbing II yang juga bersedia meluangkan waktunya dalam memberikan arahan dan membimbing kepada peneliti sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.



6. Ayah saya dan ibu saya yang telah memberikan banyak dukungan baik secara finansial, moral dan spiritual.
7. Keluarga besar saya, Teman-teman Alien 19, Fauzi Triantoro(Ujik), Dhani Labib(Seso), dan teman-teman lainnya. Yang selalu mendukung, memberikan motivasi, memberikan semangat dan doa sehingga penulis bisa mengerjakan skripsi dengan lancar dan diberikan kemudahan kelancaran dalam menyelesaikan skripsi ini.
8. Seluruh dosen dan staff Program Studi Teknik Informatika yang telah memberikan ilmu dan pengalaman yang berharga.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Maka dari itu penulis akan menerima saran dan kritik yang membangun. Terlepas dari itu semua, penulis berharap agar skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Malang, 14 Juni 2023

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN .....	v
HALAMAN MOTTO .....	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL .....	xiii
ABSTRAK .....	xiv
ABSTRACT .....	xv
مستخلص البحث.....	xvi
<b>BAB I.....</b>	<b>1</b>
<b>PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	5
1.3 Tujuan Penelitian .....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	6
1.5 Batasan Masalah.....	6
<b>BAB II .....</b>	<b>7</b>
<b>TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>7</b>
2.1 Penelitian Terdahulu .....	7
2.2 Listrik .....	13
2.3 Peramalan .....	13
2.4 Metode Triple Exponential Smoothing Holt-Winter's .....	14
2.5 Mean Absolute Percentage Error (MAPE) .....	18
<b>BAB III.....</b>	<b>19</b>
<b>METODE PENELITIAN .....</b>	<b>19</b>
3.1 Tahapan Penelitian.....	19
3.2 Pengumpulan Data .....	20
3.3 Perancangan Sistem.....	20
3.4 Implementasi Metode Triple Exponential Smoothing Holt-Winter's .....	21
3.4.1 Inisialisasi Parameter .....	23
3.4.2 Inisialisasi Persamaan <i>Smoothing</i> .....	23
3.4.3 Perhitungan Nilai Awal <i>Smoothing Level</i> .....	23
3.4.4 Perhitugan Nilai Awal <i>Smoothing Trend</i> .....	24
3.4.5 Perhitungan Awal <i>Smoothing Season</i> .....	24
3.4.6 Pehitugan Persamaan <i>Smoothing</i> untuk <i>Level</i> .....	26
3.4.7 Perhitungan Persamaan <i>Smoothing</i> unuk <i>Trend</i> .....	28
3.4.8 Perhitungan Persamaan <i>Smoothing</i> untuk <i>Seasonal</i> .....	31
3.4.9 Peramalan untuk <i>Holt-Winters</i> .....	33
3.5 Skenario Pengujian.....	36

<b>BAB IV .....</b>	<b>38</b>
<b>UJI COBA DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>38</b>
4.1 Uji Coba .....	38
4.1.1 Pengujian Metode <i>Holt-Winters</i> Model Multiplikatif Periode 3 Bulan	40
4.1.2 Pengujian Metode <i>Holt-Winters</i> Model Multiplikatif Periode 6 Bulan	44
4.1.3 Pengujian Metode <i>Holt-Winters</i> Model Multiplikatif Periode 12 Bulan	49
4.1.4 Pengujian Metode <i>Holt-Winters</i> Model Aditif Periode 3 Bulan .....	54
4.1.5 Pengujian Metode <i>Holt-Winters</i> Model Aditif Periode 6 Bulan .....	58
4.1.6 Pengujian Metode <i>Holt-Winters</i> Model Aditif Periode 12 Bulan .....	63
4.2 Pembahasan .....	67
4.3 Integrasi Islam .....	75
<b>BAB V.....</b>	<b>79</b>
<b>PENUTUP.....</b>	<b>79</b>
5.1 Kesimpulan.....	79
5.2 Saran .....	79
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Tahapan Penelitian .....	19
Gambar 3.2 Desain Sistem.....	20
Gambar 3.3 Gambar <i>Flowchart Triple Exponential Smoothing Holt-Winters</i> .....	21
Gambar 4.1 Grafik Model Multiplikatif Periode 3 Bulan.....	43
Gambar 4.2 Grafik Model Multiplikatif Periode 6 Bulan.....	48
Gambar 4.3 Grafik Model Multiplikatif Periode 12 Bulan.....	52
Gambar 4.4 Grafik Model Aditif Periode 3 Bulan.....	57
Gambar 4.5 Grafik Model Aditif Periode 6 bulan.....	61
Gambar 4.6 Grafik Model Aditif Periode 12 Bulan.....	66
Gambar 4.7 Grafik MAPE Model Aditif.....	72
Gambar 4.8 Grafik MAPE Model Multiplikatif.....	73

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Analisis Perbandingan Literasi.....	11
Tabel 3.1 Data Produksi Listrik.....	22
Tabel 3.2 Inisialisasi Parameter.....	23
Tabel 3.3 Inisialisasi nilai <i>Level</i> , <i>Trend</i> dan <i>Seasonal</i> awal Multiplikatif.....	24
Tabel 3.4 Inisialisasi Nilai <i>Level</i> , <i>Trend</i> dan <i>Seasonal</i> awal Aditif.....	25
Tabel 3.5 Nilai Smoothing Level Model Multiplikatif .....	26
Tabel 3.6 Nilai Smoothing Level Model Aditif .....	27
Tabel 3.7 Nilai <i>Smoothing Trend</i> multiplikatif.....	29
Tabel 3.8 Nilai <i>Smoothing Trend</i> model Aditif .....	30
Tabel 3.9 Nilai <i>Smoothing Seasonal</i> model Multiplikatif.....	31
Tabel 3.10 Nilai <i>Smoothing Seasonal</i> Model Aditif.....	32
Tabel 3.11 Nilai Forecast Model Multiplikatif.....	34
Tabel 3.12 Nilai Forecast Model Aditif.....	35
Tabel 4.1 Data Produksi Listrik .....	39
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Model Multiplikatif 3 Bulan.....	40
Tabel 4.3 Perhitungan <i>Forecast</i> dan MAPE Model Multiplikatif.....	42
Tabel 4.4 Hasil Nilai Perhitungan <i>Forecast</i> Tahun 2023 .....	44
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Model Multiplikatif 6 Bulan.....	45
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan <i>Forecast</i> dan MAPE Model Multiplikatif .....	46
Tabel 4.7 Hasil Perhitungan <i>Forecast</i> Tahun 2023 .....	48
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Model Multiplikatif 12 Bulan.....	49
Tabel 4.9 Hasil Perhitungan <i>Forecast</i> dan MAPE Model Multiplikatif .....	51
Tabel 4.10 Hasil Perhitungan <i>Forecast</i> Tahun 2023 .....	52
Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Model Aditif 3 Bulan .....	54
Tabel 4.12 Hasil Perhitungan <i>Forecast</i> dan MAPE Model Aditif .....	55
Tabel 4.13 Hasil Perhitungan <i>Forecast</i> Tahun 2023 .....	58
Tabel 4.14 Hasil Perhitungan Model Aditif 6 bulan .....	58
Tabel 4.15 Hasil Perhitungan <i>Forecast</i> dan MAPE Model Aditif.....	60
Tabel 4.16 Hasil Perhitungan <i>Forecast</i> Tahun 2023 .....	62
Tabel 4.17 Hasil Perhitungan Model Aditif 12 Bulan.....	63
Tabel 4.18 Hasil Perhitungan <i>Forecast</i> dan MAPE Model Aditif.....	64
Tabel 4.19 Hasil Perhitungan <i>Forecast</i> Tahun 2023 .....	67
Tabel 4.20 Perbandingan Perhitungan MAPE Model Multiplikaif 3 Bulan .....	69
Tabel 4.21 Perbandingan Perhitungan MAPE Model Multiplikaif 6 Bulan .....	70
Tabel 4.22 Perbandingan Perhitungan MAPE Model Multiplikaif 12 Bulan .....	70
Tabel 4.23 Perbandingan Perhitungan MAPE Model aditif 3 Bulan .....	71
Tabel 4.24 Perbandingan Perhitungan MAPE Model aditif 6 Bulan .....	71
Tabel 4.25 Perbandingan Perhitungan MAPE Model aditif 12 Bulan.....	72

## ABSTRAK

Haq, Miftah Furqaanul, 2023, **Peramalan Jumlah Produksi Listrik PLN DI Kecamatan Timpah Kabupaten Kapuas Menggunakan Metode *Triple Exponential Smoothing Holt-Winters***. Skripsi. Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Fajar Rohman Hariri, M.Kom. (II) Okta Qomaruddin Aziz, M.Kom.

**Kata Kunci:** *MAPE, Peramalan, Produksi Listrik, Triple Exponential Smoothing.*

Produksi listrik saat ini merupakan kebutuhan yang sangat penting bagi kehidupan masyarakat. Hal ini mengakibatkan produksi listrik yang harus dihasilkan sesuai dengan kebutuhan yang diharapkan pelanggan. Kebutuhan yang akan datang terus naik. Sehingga masalah ini dapat diatasi dengan kecerdasan buatan yang mampu meramal produksi listrik PLN dimasa yang akan datang dengan menggunakan bulan-bulan produksi sebelumnya yang dapat menentukan jumlah produksi listrik yang akan datang. Salah satu metode untuk diimplementasikan dalam melakukan peramalan yaitu *Triple Exponential Smoothing Holt-Winters*. Metode ini banyak digunakan untuk kasus peramalan berdasarkan waktu sebelumnya atau waktu di masa lampau. *Metode Triple Exponential Smoothing* memiliki tiga tahapan pemulusan dalam peramalan. Hasil dari pengujian metode *Triple Exponential Smoothing* untuk meramal produksi listrik dapat menghasilkan 3 hasil terbaik dengan yang memiliki nilai MAPE yang beragam. Dari percobaan metode *Triple Exponential Smoothing* menghasilkan yang terbaik, yaitu peramalan model aditif periode 3 bulan sebesar 5,9%, model multiplikatif periode 12 bulan sebesar 6,649%, dan model aditif periode 6 bulan sebesar 7,05%. Model terbaik adalah model aditif periode 3 bulan dikarenakan nilai peramalan cenderung meningkat pada setiap periode yang disebabkan oleh beberapa faktor, seperti trend positif, efek musiman yang meningkat dan komponen level mengikuti pola peningkatan.

## ABSTRACT

Haq, Miftah Furqaanul, 2023, **Forecasting the Amount of PLN Electricity Production in Timpah District, Kapuas Regency Using the Holt-Winters Triple Exponential Smoothing Method**. Thesis. Department of Informatics Engineering, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University Malang. Supervisor: (I) Fajar Rohman Hariri, M.Kom. (II) Okta Qomaruddin Aziz, M.Kom.

Electricity production is currently a very important requirement for people's lives. This results in the production of electricity that must be generated in accordance with the expected needs of the customer. Future needs continue to rise. So that this problem can be overcome with artificial intelligence that is able to predict PLN's future electricity production by using the previous months of production which can determine the amount of electricity production in the future. One of the methods to be implemented in forecasting is Triple Exponential Smoothing Holt-Winters. This method is widely used for forecasting cases based on previous times or times in the past. The Triple Exponential Smoothing method has three stages of smoothing in forecasting. The results of testing the Triple Exponential Smoothing method to predict electricity production can produce the 3 best results with various MAPE values. From the experiment, the Triple Exponential Smoothing method produced the best results, namely forecasting a 3-month period additive model of 5.9%, a 12-month multiplicative model of 6.649%, and a 6-month period additive model of 7.05%. The best model is the additive model for the 3-month period because the forecasting value tends to increase in each period due to several factors, such as positive trends, increasing seasonal effects and level components following an increasing pattern.

**Keyword:** *MAPE, Forecasting, Electricity Production, Triple Exponential Smoothing.*

## مستخلص البحث

الحق، مفتاح فرقان، 2023، التنبؤ بكمية إنتاج الكهرباء PLN في منطقة تيمباه، كابواس ريجنسي باستخدام طريقة التنعيم الأسي الثلاثي *Holt-Winters*. البحث الجامعي. قسم الهندسة المعلوماتية، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف: (١) فجر رحمن حريري الماجستير. (٢) أوكتا قمر الدين عزيز الماجستير.

الكلمات المفتاحية: *MAPE*، التنبؤ، إنتاج الكهرباء، التجانس الأسي الثلاثي.

إنتاج الكهرباء اليوم هو ضرورة مهمة جدا لحياة الناس. وهذا يؤدي إلى إنتاج الكهرباء التي يجب توليدها وفقا للاحتياجات المتوقعة من قبل العملاء. وتستمر الاحتياجات المستقبلية في الارتفاع. بحيث يمكن التغلب على هذه المشكلة بالذكاء الاصطناعي القادر على التنبؤ بإنتاج الكهرباء في *PLN* في المستقبل باستخدام أشهر الإنتاج السابقة التي يمكنها تحديد كمية إنتاج الكهرباء التي ستأتي. إحدى الطرق التي سيتم تنفيذها في التنبؤ هي التنعيم الأسي الثلاثي *Holt-Winters*. تستخدم هذه الطريقة على نطاق واسع في حالة التنبؤ بناء على الوقت أو الوقت السابق في الماضي. تحتوي طريقة التجانس الأسي الثلاثي على ثلاث مراحل من التنعيم في التنبؤ. يمكن أن تؤدي نتائج اختبار طريقة التجانس الأسي الثلاثي للتنبؤ بإنتاج الكهرباء إلى 3 أفضل النتائج بقيم *MAPE* مختلفة. من تجربة طريقة التجانس الأسي الثلاثي، أنتجت الأفضل، وهي التنبؤ بالنموذج الإضافي لفترة 3 أشهر بنسبة 5,9٪، والنموذج الضربي لفترة 12 شهرا بنسبة 6,649٪، والنموذج الإضافي لفترة 6 أشهر بنسبة 7,05٪. أفضل نموذج هو النموذج الإضافي لمدة 3 أشهر حيث تميل قيمة التنبؤ إلى الزيادة في كل فترة بسبب عدة عوامل، مثل الاتجاهات الإيجابية وزيادة التأثيرات الموسمية ومكونات المستوى التي تتبع نمطا متزايدا.



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Listrik adalah kebutuhan penting bagi kehidupan manusia. Ini ditandai dengan banyak manfaat listrik sebagai sumber pencahayaan untuk kehidupan di daerah pedesaan dan perkotaan. Selain menjadi sumber energi pencahayaan, listrik juga dapat diubah menjadi sumber lain yang berguna untuk kehidupan manusia. Ketersediaan listrik di suatu negara dapat diperoleh dari perusahaan listrik milik negara (PLN) atau swasta (non-PLN).

Selain itu, energi listrik memiliki peran penting dalam pertumbuhan dan perkembangan teknologi, sehingga kebutuhan akan ketersediaan sistem tenaga listrik akan meningkat. Jika persediaan listrik yang dihasilkan mengalami penurunan yang terus menerus, maka akan ada kasus yang terjadi jika penciptaan listrik yang dihasilkan tidak stabil setiap bulan. Metode untuk menghasilkan energi yang berkualitas tinggi pada sistem tenaga listrik untuk memenuhi permintaan. Peran pentingnya adalah menjaga sistem listrik stabil dan memenuhi kebutuhan pelanggan. Penerangan jalur universal dan multiguna digunakan di kantor rumah tangga, industri, bisnis, sosial, dan pemerintah. Untuk menjamin stabilitas sistem dan memenuhi kebutuhan pelanggan, tenaga listrik harus tersedia untuk memenuhi permintaan tersebut. Karena itu, sumber listrik harus dapat menyimpan banyak tenaga listrik (Irfan Christian Saragih et al., 2020).

Informasi tentang kebutuhan listrik aktual selama 81 bulan terdiri dari data pelanggan, konsumsi kWh, dan pemasukan rupiah dari penjualan listrik. Selama

pengujian, setiap informasi listrik memiliki nilai persentase error yang berbeda. Pengujian tersebut menunjukkan bahwa nilai MAPE rata-rata yang paling akurat berada disekitar 50 data, dengan akurasi 98.85% untuk informasi pelanggan, 97.85% untuk informasi konsumsi KWh, dan 94.28% untuk informasi pemasukan penjualan tenaga listrik. Sebaliknya memakai jumlah informasi 30 buat informasi pelanggan mempunyai tingkatan akurasi sebesar 96.52%, informasi konsumsi KWh sebesar 94.27% serta buat informasi pemasukan penjualan tenaga listrik sebesar 78.59%. Setelah itu memakai jumlah informasi 40 mempunyai tingkatan akurasi buat informasi pelanggan sebesar 97.28%, informasi konsumsi KWh sebesar 96.42% serta informasi pemasukan penjualan tenaga listrik sebesar 89.04% (Rini Oktaviani et al., 2021).

Pengukuran konsumsi tenaga listrik apalagi menampilkan kalau green building yang dirancang spesial buat efisiensi tenaga yang masih kurang efisien, pengawasan konsumsi listrik jadi integral dalam menjamin kalau tenaga listrik digunakan secara sepadan Pada skala yang lebih besar semacam Smart City, tenaga listrik wajib bisa dikelola dengan efektif mengingat kebutuhan listrik yang mencukupi buat suplai ke rumah serta industri (Despa et al., 2019).

Prediksi merupakan sesuatu proses buat memperkirakan dengan melaksanakan perhitungan secara sistematis menimpa suatu yang sangat bisa jadi terjalin di masa yang hendak tiba bersumber pada data pada masa lebih dahulu serta masa saat ini supaya kesalahannya bisa diperkecil (Minarni & Aldyanto, 2016).

Prediksi dari produksi listrik diharap mampu memenuhi kebutuhan manusia dan dapat membantu jalannya keberlangsung makhluk hidup yang ada di bumi. Prediksi atau peramalan ialah suatu yang belum terjadi juga di jelaskan dalam salah satu ayat al-qur'an yang terdapat pada surat al-hasyr ayat 18 yang berbunyi;

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ آمَنُوا اتَّقُوا اللَّهَ وَلْتَنْظُرْ نَفْسٌ مَّا قَدَّمَتْ لِغَدٍّ وَاتَّقُوا اللَّهَ إِنَّ اللَّهَ خَبِيرٌ بِمَا تَعْمَلُونَ

*“Wahai orang-orang yang beriman! Bertakwalah kepada Allah dan hendaklah setiap orang memperhatikan apa yang telah diperbuatnya untuk hari esok (akhirat), dan bertakwalah kepada Allah. Sungguh, Allah Maha teliti terhadap apa yang kamu kerjakan.” (Q.S. AL-Hasyr: 18)*

Kandungan dari ayat di atas terdapat penggalan ayat yang memiliki tafsiran yang artinya ketahuilah oleh kalian bahwa Allah mengetahui semua amal perbuatan dan keadaan kalian, tiada sesuatu pun dari kalian yang tersembunyi bagi-Nya dan tiada sesuatu pun baik yang besar maupun yang kecil dari urusan mereka yang luput dari pengetahuan-Nya. Dari potongan ayat diatas bahwa sanya manusia tidak dapat mengetahui secara pasti apa yang akan terjadi di kemudian hari. Namun manusia tetap wajib untuk berusaha dan bertawakal (*Tafsir-ibnu-Katsir-Surat-al-Hasyr: 18*)

Beberapa prediksi atau peramalan yang berdasarkan waktu yaitu : ARIMA (*AutoRegresive Integrated Moving Avarage*) yang memprediksi nilai berikutnya berdasarkan nilai sebelumnya dalam siklus waktu. *Exponential Smoothing* yang memprediksi nilai berikutnya dengan memperhitungkan bobot terhadap nilai sebelumnya. SARIMA (*Seasonal ARIMA*) yang peramalannya seperti metode ARIMA, tetapi memperhitungkan siklus musiman. LSTM (*Long Short-Term Memory*) yang memprediksi nilai berikutnya berdasarkan memori jangka panjang

dan pendek dari nilai sebelumnya. Berbagai faktor harus dipertimbangkan dalam memilih metode peramalan.. Pada penelitian yang menggunakan metode *exponential smoothing* dibandingkan dengan metode ARIMA serta mengetahui perbandingan hasil peramalan dengan kedua metode tersebut sehingga diperoleh metode terbaik. Kedua metode tersebut menggunakan nilai *MSE* dan *MAPE*. perbandingan peramalan lebih tepat menggunakan metode *exponential smoothing Holt-Winters* daripada ARIMA karena menghasilkan nilai *error* lebih kecil daripada nilai *error* metode ARIMA (Safitri et al., 2017a).

Data mining adalah proses yang menggunakan statistik, matematika, kecerdasan buatan, dan pembelajaran mesin untuk mengekstraksi dan mengidentifikasi data dan pengetahuan penting dari berbagai database yang sangat besar. Tugas data mining dibagi menjadi beberapa bagian, seperti klasifikasi, kelasterisasi, regresi, penemuan anomali, pelatihan ketentuan asosiasi, dan perangkuman. Tata cara Holt-Winters adalah ekspansi dari dua parameter Holt dan merupakan tata cara peramalan runtun waktu (time series) yang dapat menanggulangi sikap musiman (seasonal) terhadap informasi yang diperoleh dari informasi masa depan. Tata cara Holt-Winters adalah tata cara pemulusan triple eksponensial di mana pemulusan dicoba tiga kali setelah peramalan (Rumini & Norhikmah, 2020).

MAPE merupakan metode pengukuran kesalahan yang menghitung persentase perbedaan antara data aktual dan data perkiraan. MAPE berperan sebagai ukuran relatif yang didasarkan pada nilai absolut untuk menentukan persentase kesalahan dalam peramalan dengan data aktual. Pemilihan MAPE

sebagai alat pengujian akurasi penting karena memberikan hasil yang cukup akurat (Lestari et al., 2020) .

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka metode *Triple Holt-winters Exponential Smoothing* akan di implementasikan untuk data peramalan produksi listrik masyarakat. Dengan adanya data yang diperoleh dari observasi ke pihak PLN data yang di peroleh sebanyak 36 bulan atau 3 tahun yaitu mulai dari tahun 2020 sampai 2023. Penggunaan metode *triple exponential smoothing holt-winter's* dapat diterapkan untuk penelitian yang saya lakukan dikarenakan dari jumlah data yang dimiliki untuk peramalan sama sejumlah 36 bulan dan pada tampilan grafik dari data juga memiliki selisih yang sedikit dari bulan sebelumnya (Fitri et al., 2018).

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka perumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut : Seberapa besar *error* yang dihasilkan oleh prediksi dari pengukuran produksi listrik di kalimantan dengan metode *Triple Holt-Winters Exponential Smooting* ?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan perumusan masalah diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengukur dan menganalisisa *error* yang dihasilkan dalam prediksi oleh prosuksi untuk pengukuran produksi energi listrik menggunakan metode *Triple Holt-Winters Exponential Smoothing*.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah Diharapkan mampu membantu dan mempermudah pihak pembangkit listrik dalam perencanaan jumlah produksi listrik bagi masyarakat yang harus disiapkan berdasarkan hasil peramalan produksi listrik di kecamatan Timpah kabupaten Kapuas.

#### **1.5 Batasan Masalah**

- a. Data uji perhitungan pada penelitian yang digunakan yaitu data produksi 3 tahun terakhir mulai dari tahun 2020-2022.
- b. Data yang diambil merupakan data di kecamatan Timpah Kabupaten Kapuas, Provinsi Kalimantan Selatan.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian untuk memprediksi jumlah kedatangan wisatawan mancanegara ke Bali ngurah Rai. Metode yang digunakan yaitu *triple exponential smoothing holt-winter's*, *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA). Penelitian ini adalah data kedatangan wisatawan mancanegara ke Bali ngurah Rai dari Januari – Desember tahun 2010-2014. Kinerja metode diukur dengan menggunakan *Mean Squared Error* (MSE) dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sehingga error-nya menjadi seminimal mungkin. Hasil menunjukkan bahwa peramalan *Exponential Smoothing Holt-winter* menghasilkan nilai *Mean Square Error* (MSE) yaitu 1436553590 dan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) yaitu 8,86198%. Sedangkan metode ARIMA menghasilkan nilai *Mean Square Error* (MSE) yaitu 1353169319 dan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) yaitu 9,40981%. Pada peramalan jumlah kedatangan wisatawan mancanegara ke Bali Ngurah Rai pada tahun 2010-2014 lebih efektif menggunakan metode *Exponential Smoothing Holt-Winter's* dibandingkan metode ARIMA (Safitri et al., 2017).

Penelitian penerapan metode *Exponential Smoothing Holt-Winter's* dengan metode ARIMA untuk peramalan kasus numerik juga dilakukan oleh Rumini & Norhikmah, 2020. Penelitian yang dilakukan adalah data pengunjung dari Januari 2019 sampai Desember 2019. Hasil dari penelitian yaitu peramalan dari jumlah data kunjungan Taman Ekonomi Kreatif Amikom (ACEP) ditahun yang akan

datang lebih akurat menggunakan metode *Exponential Smoothing Holt-Winter's* dengan nilai *MAPE* sebesar 47,197 dari pada menggunakan metode ARIMA dengan nilai *MAPE* 48,949 (Rumini & Norhikmah, 2020).

Penelitian penerapan metode *exponential smoothing* untuk memprediksi suatu kasus numerik juga dilakukan oleh Sarah, Sinar dan Imam pada tahun 2021. melakukan perbandingan perhitungan yaitu dengan alpha 0,1; 0,5; dan 0,9, agar dapat mengetahui nilai error terkecil di mana nilai error terkecil adalah yang paling baik. Hasil perhitungan alpha 0,1 adalah 109 MWh, nilai error MAD 8,7 dan nilai error MSE 79,9 pada perhitungan alpha 0,5 adalah 118 MWh, nilai error MAD 3,2 dan nilai error MSE 14,4, pada perhitungan alpha 0,9 adalah 119 Mwh, nilai error MAD 1,8 dan nilai error MSE 8,8. Maka hasil prediksi yang memiliki nilai error terkecil adalah menggunakan metode *Single exponential smoothing* dengan alpha 0,9 yaitu 120 MWh dengan nilai error MAD 1,8 dan nilai error MSE 8,8 (Syahputri et al., 2021).

Penelitian penerapan metode *Holt-Winter's Exponential Smoothing* untuk meramal kasus numerik juga dilakukan oleh Akolo tahun 2019. Melakukan peramalan menggunakan metode *holt-winter's exponential smoothing*. Menggunakan data penjualan toko retail pakaian dari awal tahun 2018 sampai akhir tahun 2018. Hasil penelitian yang digunakan menunjukkan bahwa model terbaik untuk peramalan transaksi adalah model multiplikatif dengan nilai *error* terkecil MAD 4,38 dan *MAPE* 4,71 (Akolo, 2019).

Penelitian penerapan metode *Holt-Winter's Exponential Smoothing* untuk meramal kasus numerik juga dilakukan oleh Zubair dan Umamit tahun 2021.



Melakukan peramalan penjualan pada industri makanan ringan. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah penjualan makanan ringan kripik pisang kapok pigela dari bulan januari 2016 sampai desember 2020. Metode peramalan yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *hol-winters* multiplikatif dan aditif. Hasil penelitian menghasilkan MAPE terkecil sebesar 8,3% pada metode *Holt-Winters* multiplikatif untuk  $\alpha=0,9$ ,  $\beta=0$ , dan  $\gamma=0,5$  (Zubair & Umamit, 2021).

Penelitian penerapan metode *Holt-Winter's Exponential Smoothing* dan metode *exponential smoothing event based* untuk meramal kasus numerik juga dilakukan oleh sofiana tahun 2020. Melakukan peramalan jumlah penumpang pesawat terbang di bandara internasional Ahmad Yani. Penelitian ini menggunakan metode *holt-winter's exponential smoothing* dan metode *exponential smoothing event based*. Data yang digunakan diambil dari data sekunder PT Angkasa Pura I (Persero) dari bulan Januari 2013 sampai desember 2019. Hasil penelitian menunjukkan metode *holt-winter's exponential smoothing* lebih baik dibandingkan metode *exponential smoothing event based* dengan perhitungan *MAPE* dan *MSE* 5,64139% dan 619,998,718.9 (Sofiana et al., 2020).

Penelitian penerapan metode *Double Exponential Smoothing* dan *triple exponential smoothing* untuk meramal kasus numerik juga dilakukan oleh Irma, Budi dan Fitra tahun 2020. Pada penelitian ini dilakukan peramalan data jumlah penumpang keberangkatan kereta api. Data yang digunakan untuk penelitian ini adalah data penumpang dari bulan januari 2005 sampai desember 2017. Berdasarkan penelitian, disimpulkan bahwa peramalan total dari penumpang kereta api dimasa depan akan memiliki tingkat keakuratan yang lebih

baik. menggunakan *triple exponential smoothing*. Nilai terendah dari MAPE 10 diperoleh dengan menerapkan Triple Exponential Smoothing menggunakan parameter optimal dengan nilai  $\alpha=0,4$ ,  $\beta=0,4$ , dan  $\gamma=0,1$ . Hasil error yang diperoleh adalah berjumlah 3,213%. Hasil error tersebut berada di bawah 10%, yang menunjukkan bahwa metode yang digunakan memiliki kemampuan prediksi yang sangat baik (Nurvianti et al., 2019).

Penelitian penerapan metode *triple exponential smoothing* untuk meramal kasus numerik juga dilakukan oleh Jumadil, Siti, Bambang tahun 2018. Pada penelitian ini dilakukan peramalan data persediaan obat dibulan januari 2016 hingga desember 20116. Hasil dari penelitian yaitu peramalan ketersediaan obat untuk waktu yang akan datang. Menggunakan metode *Triple Exponential smoothing* (TES) dapat memprediksi dengan baik. Nilai MSE terkecil = 0,74534 dan MAPE terkecil = 28,3415% untuk peramalan data transaksi penjualan obat *Acetenza* Tab untuk periode 2016 hingga 2017. Sedangkan untuk data fluktuatif atau data yang mengalami pasang surut mampu melakukan prediksi dengan sangat baik dengan nilai *MSE* terkecil = 48,2117 dan MAPE terkecil = 4,25448 % (Nangi et al., 2018).

Penelitian penerapan metode *triple exponential smoothing* untuk meramal kasus numerik juga dilakukan oleh ayu, ika dan yuki tahun 2020. Pada penelitian ini dilakukan peramalan data jumlah wisatawan mancanegara yang berkunjung ke Indonesia mulai tahun 2014 sampai tahun 2018. Hasil dari penelitian yaitu bahwa model *Holt-Winter's* multiplikatif dengan nilai parameter terbaiknya  $\alpha = 0,9$ ,  $\beta = 0,1$ , dan  $\gamma = 0,9$ , sedangkan nilai MAPE terkecil sebesar 0,938 %. Digunakan

untuk melakukan peramalan jumlah wisatawan mancanegara pada waktu Oktober 2014 dan November 2018 (Aryati et al., 2020).

Pada penelitian kali ini menggunakan metode *triple exponential smoothing*, perbedaan dari penelitian terdahulu terletak pada data yang digunakan merupakan data terbaru dan tempat pengambilan data penelitian juga masih belum ada yang sama di lokasi pengambilan datanya.

Tabel 2.1 Analisis Perbandingan Literasi

No.	Peneliti	Judul	Metode	Hasil
1.	(Safitri et al., 2017)	Perbandingan Peramalan Menggunakan Metode <i>Exponential Smoothing Holt-Winters</i> Dan Arima	<i>Exponential Smoothing Holt-Winters</i> dan ARIMA	Peramalan jumlah kedatangan wisatawan mancanegara ke Bali Ngurah Rai melalui pintu masuk Tahun 2010- 2015 lebih efektif menggunakan metode <i>exponential smoothing Holt-Winters</i> dibandingkan metode ARIMA karena nilai MAPE yang lebih kecil daripada nilai MAPE yang dihasilkan metode ARIMA.
2.	(Rumini & Norhikmah, 2020)	Perbandingan Metode Arima Dan <i>Exponential Smoothing Holt-Winters</i> Untuk Peramalan Data Kunjungan	ARIMA dan <i>Exponential Smoothing Holt-Winters</i>	Peramalan jumlah data kunjungan periode bulan Januari-Desember 2019 lebih akurat menggunakan metode <i>Exponential Smoothing Holt-Winters</i> dibandingkan metode ARIMA karena nilai MAPE yang lebih kecil daripada nilai MAPE yang dihasilkan metode ARIMA.
3.	(Syahputri et al., 2021)	Prediksi Kebutuhan Energi Listrik Pada PT. PLN (Persero) Rayon Aek Nabara Dengan Metode <i>Exponential Smoothing</i>	<i>Exponential Smoothing</i>	hasil dari prediksi kebutuhan energi listrik pada PT. PLN (Persero) Rayon Aek Nabara dengan Metode <i>Exponential Smoothing</i> menggunakan perbandingan perhitungan alpha 0,1 ; 0,5 ; 0,9, dengan prediksi memiliki nilai error terkecil adalah alpha 0,9 yaitu 120 MWh dengan nilai error MAD 1,8 dan nilai error MSE 8,8.

No.	Penelitian	Judul	Metode	Hasil
4.	(Sofiana et al., 2020)	Peramalan Jumlah Penumpang Pesawat Di Bandara Internasional Ahmad Yani Dengan Metode Holt Winter's Exponential Smoothing Dan Metode Exponential Smoothing Event Based	Holt-Winter Exponential Smoothing dan Exponential Smoothing EVENT BASED	nilai MSE in-sample, model terbaik adalah model dari metode Holt Winter's Exponential Smoothing dengan nilai sebesar 619.998.718.
5	(Nurvianti et al., 2019)	Perbandingan Peramalan Jumlah Penumpang Keberangkatan Kereta Api di DKI Jakarta Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing dan Triple Exponential Smoothing	Double Exponential Smoothing dan Triple Exponential Smoothing	Hasil peramalan terbaik menggunakan Triple Exponential Smoothing dengan peramalan satu bulan ke depan. Namun, untuk kasus peramalan satu periode ke depan, Double Exponential Smoothing menghasilkan nilai yang lebih baik
6.	(Nangi et al., 2018)	Peramalan Persediaan Obat Menggunakan Metode Triple Exponential Smoothing (Tes) (Studi Kasus: Instalasi Farmasi Rsud Kab. Muna)	Triple Exponential Smoothing	metode Triple Exponential Smoothing (TES) untuk data trend linear mampu melakukan prediksi dengan baik dengan nilai MSE terkecil = 0,74534 dan MAPE terkecil = 28,3415 % pada peramalan data transaksi penjualan stok obat Acetenza Tab untuk periode 2016 sampai 2017. Sedangkan untuk data fluktuatif atau data yang mengalami pasang surut mampu melakukan prediksi dengan sangat baik dengan nilai MSE terkecil = 48,2117 dan MAPE terkecil = 4,25448 %
7.	(Aryati et al., 2020)	Peramalan dengan Menggunakan Metode Holt-Winters Exponential Smoothing (Studi Kasus: Jumlah Wisatawan Mancanegara yang Berkunjung Ke Indonesia)	Holt-Winters Exponential Smoothing	Data jumlah wisatawan mancanegara yang berkunjung ke Indonesia adalah pola data Holt-Winters multiplikatif. Nilai ketepatan peramalan jumlah wisatawan mancanegara yang berkunjung ke Indonesia dengan nilai MAPE terkecil sebesar 0,938% adalah $\alpha = 0,9$ ; $\beta = 0,1$ ; dan $\gamma = 0,9$ .

No.	Peneliti	Judul	Metode	Hasil
8.	(Haq, Miftah)	Peramalan Jumlah Kebutuhan Listrik PLN Di Kecamatan Timpah Kabupaten Kapuas Menggunakan Metode <i>Triple</i> <i>Exponential</i> <i>Smoothing</i> <i>Holt-</i> <i>Winters</i>	<i>Triple</i> <i>Exponential</i> <i>Smoothing</i> <i>Holt-Winters</i>	

## 2.2 Listrik

Kebutuhan listrik merupakan kebutuhan pokok dalam kehidupan sehari-hari karena semua peralatan sekarang sudah menggunakan listrik. Tanpa listrik, dunia akan gelap karena semua penerangan sudah menggunakan listrik. Pemanfaatan energi listrik dalam memenuhi kebutuhan energi menjamin hampir semua sektor kehidupan baik untuk rumah tangga, perusahaan, maupun industri. Pada rumah tangga, sistem pengontrolan dan pemantauan penggunaan energi listrik masih menggunakan cara konvensional, yaitu dengan menggunakan peralatan kwh meter dan saklar standar dengan pengoperasian secara manual. Sistem konvensional yang ada saat ini dalam penggunaan energi listrik di rumah tangga kurang efektif dan efisien karena proses perpindahan dan penggunaan energi tidak dapat dikontrol secara *mobile* dan parameter kelistrikan lainnya tidak dapat diketahui secara *real time* (Gede et al., 2022).

## 2.3 Peramalan

Peramalan dapat diartikan prediksi, prediksi atau peramalan tentang apa yang akan terjadi di masa depan, berdasarkan informasi yang dimiliki saat ini. Peramalan dipahami sebagai prediksi dengan bantuan metode ilmiah. Peramalan adalah studi

ilmiah khusus tentang prospek spesifik untuk pengembangan suatu proses. Proses yang akan diramalkan seringkali menggunakan dengan deret waktu, yaitu dengan urutan nilai besaran tertentu yang diperoleh pada titik-titik waktu tertentu. Deret waktu mencakup dua elemen yang memerlukan keterangan waktu dan nilai, yang diperoleh dengan satu atau lain cara dan sesuai dengan keterangan waktu yang ditentukan (Danilov & Maltseva, 2021).

#### **2.4 Metode Triple Exponential Smoothing Holt-Winter's**

Metode pemulusan eksponensial adalah pemulusan setiap pengamatan menggunakan nilai dari data sebelumnya dari serangkaian tren yang diambil dengan bobot sebelumnya. Metode pemulusan eksponensial disarankan untuk peramalan jangka pendek, dengan data yang stasioner, atau ketika ada pertumbuhan data yang lambat atau, sebaliknya, penurunan waktu, untuk menghasilkan data ramalan dengan memperhatikan nilai kesalahan terkecil (Yulia Polyviana et al., 2019). Metode *Holt-Winters* merupakan model peramalan dan tiga persamaan pemulusan. Persamaan-persamaan penghalusan tersebut adalah Level (Et), Trend (Tt), dan Komponen Musiman (St), dengan koefisien penghalusan,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , masing-masing. Bergantung pada jenis pola musiman yang ada di beban data, model ini dapat terdiri dari dua jenis yang berbeda: yaitu, efek musiman multiplikatif dan aditif. model ini dapat digunakan untuk dua jenis model yang berbeda: yaitu, efek musiman multiplikatif dan aditif (M. M. Navarro & B. M. Navarro, 2019).

Pada model aditif lebih disarankan ketika variasi musiman kurang lebih konstan (Omar & Kawamukai, 2021). Pada besarnya komponen musiman

musiman tidak tergantung pada rata-rata *level* atau ukuran data dari tingkat seri keseluruhan, dan nilai tertentu dapat ditambahkan ke dalam deret untuk memperhitungkan musiman sehingga hasil datanya bersifat konstan (M. M. Navarro & B. M. Navarro, 2019). Karakteristik mendasar dari model aditif yaitu fluktuasi musiman dari data relatif stabil dan tidak bergantung pada rata-rata level atau ukuran data (Sintiya et al., 2020).

Metode multiplikatif lebih disarankan ketika variasi musiman berubah secara proporsional dengan *level* deret (Omar & Kawamukai, 2021). Pada penggunaan model multiplikatif, nilai besarnya komponen musiman relatif terhadap besarnya seri, dan karenanya, tingkat seri dapat dikalikan dengan faktor tertentu untuk memperhitungkan musiman (M. M. Navarro & B. M. Navarro, 2019). Model ini cocok untuk prediksi deret berkala yang dimana amplitude atau ketinggian dari pola musimannya proporsional dengan rata-rata level atau tingkatan dari deret data (Sintiya et al., 2020).

Dalam persamaan metode Triple Exponential Smoothing Holt-Winters, persamaan smoothing yang digunakan, mencakup level, trend, dan faktor season.

Sebelum memulai perhitungan, langkah pertama adalah menginisialisasi persamaan smoothing dan menentukan nilai musiman berdasarkan rata-rata data aktual (Sintiya et al., 2020) Berikut perhitungannya ;

- a. Model *holt-winter's* multiplikatif

Perhitungan persamaan *smoothing* untuk *level* ( $L_t$ )

$$L_t = \alpha \left( \frac{Y_t}{s_{t-s}} \right) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (2.1)$$

Perhitungan persamaan *smoothing* untuk *trend* ( $b_t$ )

$$bt = \beta(Lt - Lt - 1) + (1 - \beta)bt - 1 \quad (2.2)$$

Perhitungan persamaan *smoothing* untuk *seasonal* ( $S_t$ )

$$St = \gamma \left( \frac{Yt}{Lt} \right) + (1 - \gamma)St - s \quad (2.3)$$

Peramalan untuk m periode ke depan ( $F_{t+m}$ )

$$Ft + m = (Lt + mbt)St + m - s \quad (2.4)$$

b. Model *holt-winter's additive*

Perhitungan persamaan *smoothing* untuk *level* ( $L_t$ )

$$Lt = \alpha(Yt - St - s) + (1 - \alpha)(Lt - 1 + bt - 1) \quad (2.5)$$

Perhitungan persamaan *smoothing* untuk *trend* ( $b_t$ )

$$bt = \beta(Lt - Lt - 1) + (1 - \beta)bt - 1 \quad (2.6)$$

Perhitungan persamaan *smoothing* untuk *seasonal* ( $S_t$ )

$$St = \gamma(Yt - Lt) + (1 - \gamma)St - s \quad (2.7)$$

Peramalan untuk m periode ke depan ( $F_{t+m}$ )

$$Ft + m = Lt + mbt + St + m - s \quad (2.8)$$

Keterangan :

$F_{t+m}$  : Peramalan periode untuk periode (t+m) yang ditinjau di akhir periode ke-t

$L_t$  : Estimasi level dari rangkaian data periode ke-t

$\alpha$  : Konstanta pemulusan level dengan nilai  $0 < \alpha < 1$

$Y_t$  : Data aktual periode ke-t  $bt$  : Estimasi trend pada periode ke-t

$\beta$  : Konstanta pemulusan trend dengan nilai  $0 < \beta < 1$

$S_t$  : Estimasi panjang seasonal pada periode ke-t

$\gamma$  : Konstanta pemulusan seasonal dengan nilai  $0 < \gamma < 1$

$m$  : Banyaknya periode ke depan yang ingin diramalkan

$s$  : Nilai panjang seasonal yang digunakan



Perhitungan awal *smoothing level* ( $L_s$ )(Sintiya et al., 2020).

$$L_s = \frac{1}{s} (Y_1 + Y_1 + \dots + Y_s) \quad (2.9)$$

$L_s$ : nilai awal *smoothing level*

Perhitungan nilai awal *smoothing Trend* ( $b_s$ )(Sintiya et al., 2020).

$$b_s = \frac{1}{s} \left( \frac{Y_{s+1}-Y_1}{s} + \frac{Y_{s+2}-Y_2}{s} + \dots + \frac{Y_{s+s}-Y_s}{s} \right) \quad (2.10)$$

$b_s$ : nilai awal *smoothing trend*

Perhitungan nilai awal *smoothing model holt-winter multiplikatif* ( $S_k$ )(Sintiya et al., 2020).

$$S_k = \frac{Y_k}{L_s} \quad (2.11)$$

$S_s$ : Nilai awal *smoothing Season*

Perhitungan nilai awal *smoothing model holt-winter additif* ( $S_k$ )(Sintiya et al., 2020).

$$S_k = Y_k - L_s \quad (2.12)$$

Keterangan ;

$s$  : nilai panjang *season*

$Y$  : nilai aktual data

$L_s$  : nilai awal *level*

$bs$  : nilai awal *trend*

$Sk$  : nilai awal *season*

## 2.5 Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

*Mean Absolute Percentage Error (MAPE)* adalah kesalahan absolut yang dihitung dengan menggunakan kesalahan absolut pada setiap periode dibagi dengan nilai observasi aktual untuk periode tersebut. Kemudian, rata-rata persentase kesalahan absolut. Pendekatan ini berguna ketika ukuran atau besarnya variabel prediktif penting dalam mengevaluasi akurasi prediksi. *MAPE* menunjukkan seberapa besar kesalahan dalam peramalan dibandingkan dengan nilai sebenarnya dalam seri. *MAPE* juga dapat digunakan untuk membandingkan keakuratan metode yang sama atau berbeda dalam dua seri yang berbeda dan mengukur keakuratan nilai estimasi model yang dinyatakan dalam bentuk rata-rata persentase kesalahan absolut (Prayudani et al., 2019). Persamaan *MAPE* ditunjukkan pada Persamaan berikut (Nugroho et al., 2015).

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y'_i - y_i}{y'_i} \right| \times 100 \quad (2.13)$$

Keterangan :

$n$  : jumlah data

$y'_i$  : Hasil peramalan pada indeks ke- $i = 1, 2, \dots, n$

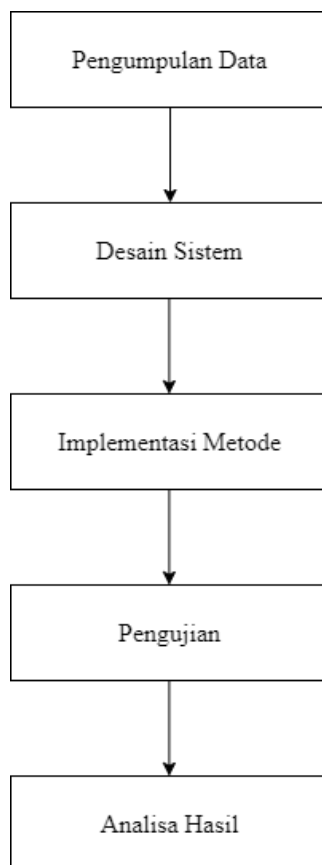
$y_i$  : Nilai actual pada indeks ke- $i = 1, 2, \dots, n$

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Tahapan Penelitian

Desain penelitian merupakan prosedur atau langkah yang akan digunakan peneliti dalam melakukan penelitian. Berikut ini gambaran jelas kerangka tahapan penelitian yang terstruktur :



Gambar 3.1 Tahapan Penelitian

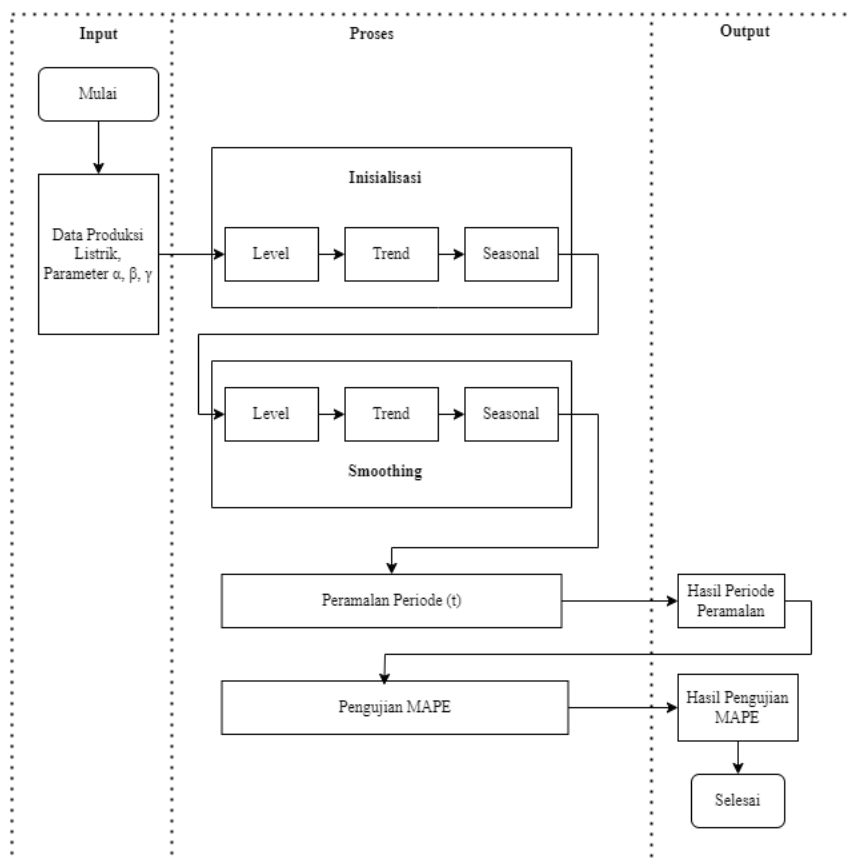
Penelitian ini memiliki beberapa tahapan yang akan dilaksanakan, seperti pengumpulan data produksi listrik, desain sistem peramalan, implementasi metode, pengujian dan analisa hasil.

### 3.2 Pengumpulan Data

Proses awal pada penelitian adalah pengumpulan data. Pengumpulan data yang akan digunakan pada penelitian ini adalah dengan cara observasi data produksi listrik pada salah satu cabang PLN yang ada di kota Kapuas. Data yang diperoleh merupakan hasil produksi setiap bulan dari tahun 2020 sampai 2022 dengan satuan KWH.

### 3.3 Perancangan Sistem

Perancangan sistem merupakan gambaran alur sebuah sistem yang akan dirancang pada penelitian. Adapun desain peramalan produksi listrik ditunjukkan pada gambar 3.2 berikut.

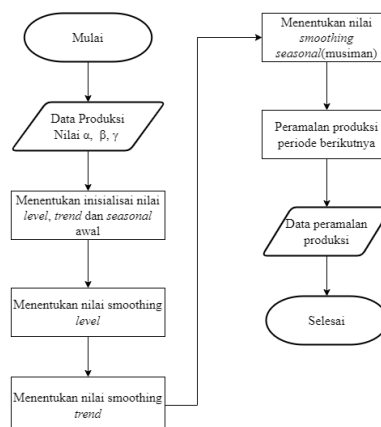


Gambar 3.2 Desain Sistem

Desain sistem menunjukkan proses pertama yakni berupa penginputan data produksi listrik selama periode tertentu di salah satu PLN di Kalimantan. Langkah berikutnya adalah menetapkan nilai parameter  $\alpha$  (alpha),  $\beta$  (beta), dan  $\gamma$  (gamma), untuk nilai yang digunakan antara 0,1 dan 0,9. Data yang telah diinputkan akan masuk ke dalam proses inialisasi *exponential* untuk menentukan *level*, *trend* dan *season* awal. Selain itu, tahap selanjutnya dilakukan proses *Exponential smoothing* untuk estimasi *level*, *trend* dan *season*. Setelah proses *Exponential Smoothing* kemudian melakukan peramalan periode selama  $t$  untuk *forecasting*. Setelah hasil peramalan telah dilakukan, selanjutnya mencari nilai akurasi peramalan terkecil menggunakan MAPE dengan parameter optimum. Hasil akhir berupa hasil peramalan produksi pada periode tertentu dengan parameter optimum.

### 3.4 Implementasi Metode Triple Exponential Smoothing Holt-Winter's

Metode *Triple Exponential Smoothing Holt-Winter's* akan diimplementasikan pada sistem peramalan produksi listrik. Berikut ini *Flowchart* metode *Triple Exponential Smoothing Holt-Winters*.



Gambar 3.3 Gambar *Flowchart Triple Exponential Smoothing Holt-Winters*

Gambar 3.3 menunjukkan *flowchart* metode *Triple Exponential Smoothing Holt-Winters* baik model Multiplikatif maupun Aditif. Metode *Triple Exponential Smoothing Holt-Winters* baik model Multiplikatif maupun Aditif memiliki proses yang sama. Perbedaan persamaan rumus *Holt-Winter's* model Multiplikatif maupun Aditif hanya terletak pada operasi matematika yang digunakan. Berikut implementasi perhitungan peramalan jumlah produksi listrik dengan menggunakan metode *Triple Exponential Smoothing Holt-Winters*.

Berikut contoh perhitungan peramalan produksi dengan menggunakan metode *Triple Exponential Smoothing Holt-Winters*.

Tabel 3.1 Data Produksi Listrik

Periode		Jumlah (KWH)	Periode		Jumlah (KWH)	Periode		Jumlah (KWH)
Tahun	Bulan		Tahun	Bulan		Tahun	Bulan	
2020	Januari	205047	2021	Januari	236291	2022	Januari	253642
	Februari	141599		Februari	214994		Februari	236957
	Maret	214545		Maret	231488		Maret	267175
	April	213309		April	229078		April	257001
	Mei	222323		Mei	237012		Mei	273867
	Juni	205502		Juni	243763		Juni	267039
	Juli	222167		Juli	245363		Juli	280900
	Agustus	226673		Agustus	239991		Agustus	287988
	September	218084		September	239344		September	271004
	oktober	238889		oktober	254672		oktober	278265
	November	227860		November	243022		November	266581
	Desember	234787		Desember	253756		Desember	277643

Tabel 3.1 menunjukkan data produksi listrik selama 3 tahun, dimulai dari januari 2020 sampai desember 2022. Dari data tersebut dapat ditentukan untuk panjang musiman untuk 1 tahun adalah periode tiap 12 bulan dalam setahun.

### 3.4.1 Inisialisasi Parameter

Parameter yang digunakan pada metode *Triple Exponential Smoothing Holt-Winter's* yaitu  $\alpha$  (*alpha*),  $\beta$  (*beta*), dan  $\gamma$  (*gamma*). Inisialisai parameter ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 3.2 Inisialisasi Parameter

$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
0,2	0,3	0,5

Pada tabel 3.2 menunjukkan inisialisasi yang telah ditentukan sebelumnya.

### 3.4.2 Inisialisasi Persamaan *Smoothing*

Metode *Triple Exponential Smoothing Holt-Winters* menggunakan persamaan *smoothing* yang terdiri dari *level*, *trend*, dan musiman. Sebelum memulai inisialisasi dari persamaan *smoothing*, perlu ditentukan nilai awal musiman. Untuk data dengan periode tahunan dan 12 bulan dalam setahun..

### 3.4.3 Perhitungan Nilai Awal *Smoothing Level*

Perhitungan dilakukan melalui perhitungan nilai rata-rata dari data aktual berdasarkan nilai musiman yang telah ditetapkan. Berikut adalah langkah-langkah perhitungannya:

$$L_s = \frac{1}{2} (Y_1 + Y_2 + \dots + Y_s)$$

Sehingga,

$$L_{12} = \frac{1}{12} (205047+141599+214545\dots+234787) = 214.232$$

### 3.4.4 Perhitungan Nilai Awal *Smoothing Trend*

Perhitungan dilakukan dengan menghitung rata-rata dari setiap selisih data periode sebelumnya dengan panjang *season*. Berikut perhitungannya:

$$b_s = \frac{1}{s} \left( \frac{Y_{s+1}-Y_1}{s} + \frac{Y_{s+2}-Y_2}{s} + \dots + \frac{Y_{s+s}-Y_s}{s} \right)$$

$$b_{12} = \frac{1}{12} \left( \frac{Y_{13}-Y_1}{12} + \frac{Y_{14}-Y_2}{12} + \dots + \frac{Y_{24}-Y_{12}}{12} \right)$$

$$b_{12} = \frac{1}{12} \left( \frac{Y_{236.291}-Y_{205.047}}{12} + \frac{Y_{214.994}-Y_{141.599}}{12} + \dots + \frac{Y_{231.488}-Y_{214.545}}{12} \right)$$

$$b_{12} = \frac{1}{12} \left( \frac{31.244}{12} + \frac{73.395}{12} + \frac{17.943}{12} + \dots + \frac{19.969}{12} \right)$$

$$b_{12} = 20690$$

### 3.4.5 Perhitungan Awal *Smoothing Season*

Untuk nilai awal *season* model *holt-winters* multiplikatif menggunakan perhitungan berikut:

$$S_k = \frac{Y_k}{L_s}$$

$$S_1 = \frac{Y_1}{L_{12}} = \frac{205.047}{214.232} = 0,957$$

$$S_2 = \frac{Y_2}{L_{13}} = \frac{141.599}{220298} = 0,6427$$

$$S_{12} = \frac{Y_{12}}{L_{24}} = \frac{234.787}{252157} = 0,597$$

Tabel 3.3 Inisialisasi nilai *Level*, *Trend* dan *Seasonal* awal Multiplikatif Periode 12 Bulan

No.	Bulan/Tahun	Produksi	<i>Level</i>	<i>Trend</i>	<i>Seasonal</i>
1.	Januari 2020	205.047			0,9571255473
2.	Februai 2020	141.599			0,6366401474
3.	Maret 2020	214.545			0,8630271072
4.	April 2020	213.309			0,8173316223



No.	Bulan/Tahun	Produksi	Level	Trend	Seasonal
5.	Mei 2020	222.323			0,8121626502
6.	Juni 2020	205.502			0,71690325
7.	Juli 2020	222.167			0,7238360685
8.	Agustus 2020	226.673			0,6976090918
9.	September 2020	218.084			0,6392076614
10.	Oktober 2020	238.889			0,6627831384
11.	November 2020	227.860			0,6017875584
12.	Desember 2020	234.787	214.232	2069,09	0,590723193

Tabel 3.3 menunjukkan nilai awal untuk *level*, *trend* dan *seasonal* model multiplikatif yang akan digunakan dalam perhitungan persamaan *smoothing*. Sedangkan untuk nilai awal season model holt-winter's aditif menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$S_k = Y_k - L_s$$

$$S_1 = Y_1 - L_{12} = 205.047 - 214.232 = -9.185$$

$$S_2 = Y_2 - L_{13} = 141.599 - 173035 = -80.537$$

$$S_{12} = Y_{12} - L_{24} = 234.787 - 350367 = -115.508$$

Tabel 3.4 Inisialisasi Nilai *Level*, *Trend* dan *Seasonal* awal Aditif Peiode 12 Bulan

No.	Bulan/Tahun	Produksi	Level	Trend	Seasonal
1.	Januari 2020	205.047			-9.185
2.	Februai 2020	141.599			-80.537
3.	Maret 2020	214.545			-25.326
4.	April 2020	213.309			-36.338
5.	Mei 2020	222.323			-37.300
6.	Juni 2020	205.502			-64.230
7.	Juli 2020	222.167			-62.662
8.	Agustus 2020	226.673			-71.630
9.	September 2020	218.084			-92.301
10.	Oktober 2020	238.889			-85.241
11.	November 2020	227.860			-109.370

No.	Bulan/Tahun	Produksi	Level	Trend	Seasonal
12.	Desember 2020	234.787	214.323	2069,09	-115.580

Tabel 3.4 menunjukkan nilai awal untuk *level*, *trend* dan *seasonal* dengan model aditif yang nantinya akan digunakan untuk perhitungan persamaan *exponential smoothing*.

### 3.4.6 Perhitungan Persamaan *Smoothing* untuk *Level*

Untuk persamaan *smoothing level* periode berikutnya  $L_{13}$  (Januari 2021) pada model Holt-winters multiplikatif menggunakan perhitungan berikut:

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

$$L_{13} = \alpha \left( \frac{Y_{13}}{S_1} \right) + (1 - \alpha)(L_{12} + b_{12})$$

$$L_{13} = 0,2 \left( \frac{236.291}{0,957125} \right) + (1 - 0,2)(214.232 + 2069,09)$$

$$= 222416,0706$$

Tabel 3.5 Nilai *Smoothing Level* Model Multiplikatif Periode 12 Bulan

No.	Bulan/Tahun	Produksi Listrik (kwh)	Level
1.	Januari 2021	236.291	222416,0706
2.	Februai 2021	214.994	248595,8995
3.	Maret 2021	231.448	260982,194
4.	April 2021	229.078	273741,9653
5.	Mei 2021	237.012	286652,3482
6.	Juni 2021	243.763	306929,9938
7.	Juli 2021	245.363	324928,3914
8.	Agustus 2021	239.991	341178,6391
9.	September 2021	239.344	360433,1283
10.	Oktober 2021	254.672	378638,6023
11.	November 2021	243.022	397456,8847
12.	Desember 2021	253.756	418041,0762

No.	Bulan/Tahun	Produksi Listrik (kwh)	Level
13.	Januari 2022	253.642	399524,76
14.	Februari 2022	236.957	388699,8908
15.	Maret 2022	267.175	373602,8365
16.	April 2022	257.001	358503,8232
17.	Mei 2022	273.867	348250,0474
18.	Juni 2022	267.039	343052,7135
19.	Juli 2022	280.900	344802,6058
20.	Agustus 2022	287.988	354555,9469
21.	September 2022	271.004	366707,5633
22.	Oktober 2022	278.265	379553,4261
23.	November 2022	266.581	396602,2546
24.	Desember 2022	277.643	417643,9056

Tabel 3.5 menunjukkan nilai pemulusan *level* model *Holt-Winters* multiplikatif dari bulan januari 2021 sampai desember 2022. Sedangkan untuk persamaan *smoothing level* model *holt-winters* aditif menggunakan perhitungan sebagai berikut :

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

$$L_{13} = \alpha (Y_{13} - S_1) + (1 - \alpha) (L_{12} + b_{12})$$

$$L_{13} = 0,2 (236.291 - (-9.185)) + (1 - 0,2) (214.232 + 2069,09)$$

$$L_{13} = 222136,1556$$

Tabel 3.6 Nilai Smoothing Level Model Aditif Periode 12 Bulan

No.	Bulan/Tahun	Produksi	Level
1.	Januari 2021	236.291	222136,1556
2.	Februai 2021	214.994	239870,8234
3.	Maret 2021	231.448	249646,7113
4.	April 2021	229.078	259623,4258
5.	Mei 2021	237.012	269731,6775
6.	Juni 2021	243.763	284829,1741

No.	Bulan/Tahun	Produksi	Level
7.	Juli 2021	245.363	298303,4808
8.	Agustus 2021	239.991	310385,4892
9.	September 2021	239.344	324130,0571
10.	Oktober 2021	254.672	337230,1509
11.	November 2021	243.022	350367,019
12.	Desember 2021	253.756	364386,7951
13.	Januari 2022	253.642	352263,7895
14.	Februari 2022	236.957	344200,3588
15.	Maret 2022	267.175	334332,0877
16.	April 2022	257.001	324014,8418
17.	Mei 2022	273.867	317433,6053
18.	Juni 2022	267.039	313817,1977
19.	Juli 2022	280.900	315079,1357
20.	Agustus 2022	287.988	321565,849
21.	September 2022	271.004	329110,7555
22.	Oktober 2022	278.265	337496,2679
23.	November 2022	266.581	348239,5742
24.	Desember 2022	277.643	361598,1243

Tabel 3.6 Menunjukkan nilai pemulusan level model *Holt-Winters* model aditif dari bulan januari 2021 sampai desember 2022. Nilai ini digunakan untuk *forecasting*.

### 3.4.7 Perhitungan Persamaan *Smoothing* unuk *Trend*

Persamaan *smoothing trend* model *Holt-Winters* Multiplikatif menggunakan pehitungan sebagai berikut :

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

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

$$b_{13} = 0,3 (222416,0706 - 214.232) + (1 - 0,3) 2069,09$$

$$b_{13} = 3903,559387$$

Tabel 3.7 Nilai *Smoothing Trend* Model Multiplikatif Periode 12 Bulan

No.	Bulan/Tahun	Produksi Listrik (kwh)	Trend
1.	Januari 2021	236.291	3903,559387
2.	Februai 2021	214.994	10586,44023
3.	Maret 2021	231.448	11126,39651
4.	April 2021	229.078	11616,40894
5.	Mei 2021	237.012	12004,60112
6.	Juni 2021	243.763	14486,51447
7.	Juli 2021	245.363	15540,07941
8.	Agustus 2021	239.991	15753,1299
9.	September 2021	239.344	16803,53771
10.	Oktober 2021	254.672	17224,11858
11.	November 2021	243.022	17702,36773
12.	Desember 2021	253.756	18566,91487
13.	Januari 2022	253.642	7441,945544
14.	Februari 2022	236.957	1961,901103
15.	Maret 2022	267.175	-3155,785503
16.	April 2022	257.001	-6738,753843
17.	Mei 2022	273.867	-7793,260441
18.	Juni 2022	267.039	-7014,482475
19.	Juli 2022	280.900	-4385,17004
20.	Agustus 2022	287.988	-143,6166817
21.	September 2022	271.004	3544,953228
22.	Oktober 2022	278.265	6335,226096
23.	November 2022	266.581	9549,306824
24.	Desember 2022	277.643	12997,01008

Tabel 3.7 menunjukkan nilai pemulusan trend model *holt-winters* model multiplikatif dari bulan januari 2021 sampai desember 2022. Nilai yang dihasilkan ini nantinya akan digunakan sebagai perhitungan *forecasting*. Sedangkan untuk persamaan *smoothing trend* model *holt-winters* model aditif menggunakan perhitungan berikut:

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

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

$$b_{13} = 0,3 (222136,1556 - 214.232) + (1 - 0,3) 2069,09$$

$$b_{13} = 3819,584861$$

Tabel 3.8 Nilai *Smoothing Trend* Model Aditif Periode 12 Bulan

No.	Bulan/Tahun	Produksi Listrik (kwh)	Trend
1.	Januari 2021	236.291	3819,584861
2.	Februai 2021	214.994	7994,109769
3.	Maret 2021	231.448	8528,643183
4.	April 2021	229.078	8963,064592
5.	Mei 2021	237.012	9306,620717
6.	Juni 2021	243.763	11043,88347
7.	Juli 2021	245.363	11773,01047
8.	Agustus 2021	239.991	11865,70984
9.	September 2021	239.344	12429,36725
10.	Oktober 2021	254.672	12630,58521
11.	November 2021	243.022	12782,4701
12.	Desember 2021	253.756	13153,66189
13.	Januari 2022	253.642	5570,661639
14.	Februari 2022	236.957	1480,433941
15.	Maret 2022	267.175	-1924,177583
16.	April 2022	257.001	-4442,098077
17.	Mei 2022	273.867	-5083,8396
18.	Juni 2022	267.039	-4643,609996
19.	Juli 2022	280.900	-2871,945612
20.	Agustus 2022	287.988	-64,34791311
21.	September 2022	271.004	2218,428408
22.	Oktober 2022	278.265	4068,55361
23.	November 2022	266.581	6070,979414
24.	Desember 2022	277.643	8257,25062

Tabel 3.8 menunjukkan nilai pemulusan *trend* model *holt – winters* model Aditif dari bulan januari 2021 sampai desember 2022.

### 3.4.8 Perhitungan Persamaan *Smoothing* untuk *Seasonal*

Untuk persamaan *smoothing seasonal* model *holt-winters* multiplikatif menggunakan perhitungan berikut :

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

$$S_{13} = \gamma \left( \frac{Y_{13}}{L_{13}} \right) + (1 - \gamma)S_1$$

$$S_{13} = 0.5 \left( \frac{236.291}{222416,0706} \right) + (1 - 0,5)0,9571255473$$

$$= 1,014859026$$

Tabel 3.9 Nilai *Smoothing Seasonal* Model Multiplikatif Periode 12 Bulan

No.	Bulan/Tahun	Produksi Listrik (kwh)	<i>Seasonal</i>
1.	Januari 2021	236.291	1,009754156
2.	Februai 2021	214.994	0,7507366993
3.	Maret 2021	231.448	0,8749307777
4.	April 2021	229.078	0,8270853979
5.	Mei 2021	237.012	0,8194949977
6.	Juni 2021	243.763	0,75555032
7.	Juli 2021	245.363	0,7394827632
8.	Agustus 2021	239.991	0,7005132588
9.	September 2021	239.344	0,651626585
10.	Oktober 2021	254.672	0,6676911415
11.	November 2021	243.022	0,6066149899
12.	Desember 2021	253.756	0,5988676566
13.	Januari 2022	253.642	0,8223067161
14.	Februari 2022	236.957	0,6801754845
15.	Maret 2022	267.175	0,7950309289
16.	April 2022	257.001	0,771978207
17.	Mei 2022	273.867	0,8029520398

No.	Bulan/Tahun	Produksi Listrik (kwh)	Seasonal
18.	Juni 2022	267.039	0,7669850241
19.	Juli 2022	280.900	0,7770758902
20.	Agustus 2022	287.988	0,7563815336
21.	September 2022	271.004	0,6953229879
22.	Oktober 2022	278.265	0,7004145185
23.	November 2022	266.581	0,6393885395
24.	Desember 2022	277.643	0,6318258449

Tabel 3.9 menunjukkan nilai pemulusan *seasonal* model *holt-winters* model multiplikatif dari bulan januari 2021 sampai desember 2022. Sedangkan untuk persamaan *smoothing seasonal* model *holt-winters* aditif menggunakan perhitungan berikut:

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

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

$$S_{13} = 0,5 (236.291 - 222136,1556) + (1 - 0,5) -9.185$$

$$S_{13} = 2484,880556$$

Tabel 3.10 Nilai *Smoothing Seasonal* Model Aditif Periode 12 Bulan

No.	Bulan/Tahun	Produksi Listrik (kwh)	Seasonal
1.	Januari 2021	236.291	2484,880556
2.	Februai 2021	214.994	-52706,9895
3.	Maret 2021	231.448	-21762,26735
4.	April 2021	229.078	-33441,56853
5.	Mei 2021	237.012	-35010,05164
6.	Juni 2021	243.763	-52647,92577
7.	Juli 2021	245.363	-57801,32744
8.	Agustus 2021	239.991	-71012,48502
9.	September 2021	239.344	-88543,77314
10.	Oktober 2021	254.672	-83899,60397
11.	November 2021	243.022	-108357,585
12.	Desember 2021	253.756	-113105,4071



No.	Bulan/Tahun	Produksi Listrik (kwh)	Seasonal
13.	Januari 2022	253.642	-48068,45447
14.	Februari 2022	236.957	-79975,17416
15.	Maret 2022	267.175	-44459,67751
16.	April 2022	257.001	-50227,70516
17.	Mei 2022	273.867	-39288,32847
18.	Juni 2022	267.039	-49713,06174
19.	Juli 2022	280.900	-45990,23155
20.	Agustus 2022	287.988	-52295,16703
21.	September 2022	271.004	-73325,26433
22.	Oktober 2022	278.265	-71565,43596
23.	November 2022	266.581	-95008,0796
24.	Desember 2022	277.643	-98530,26571

Tabel 3.10 menunjukkan nilai pemulusan *seasonal* model *holt-winters* model aditif dari bulan januari 2021 sampai desember 2022. Nilai ini akan digunakan untuk perhitungan *forecasting*.

### 3.4.9 Peramalan untuk *Holt-Winters*

Untuk persamaan peramalan periode ke depan dengan model *holt-winters* model multiplikatif menggunakan perhitungan berikut :

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

$$F_{13} = (L_{12} + mb_{12})S_1$$

$$F_{13} = (214.232 + 1 * 2069,090278) 0,9571255473$$

$$F_{13} = 207027,3792$$

Tabel 3.11 Nilai Forecast Model Multiplikatif Periode 12 Bulan

No.	Bulan/Tahun	Produksi Listrik (kwh)	forecast
1.	Januari 2021	236.291	207027,3792
2.	Februai 2021	214.994	144084,1626
3.	Maret 2021	231.448	223681,3849
4.	April 2021	229.078	222402,9557
5.	Mei 2021	237.012	231757,4135
6.	Juni 2021	243.763	214108,1376
7.	Juli 2021	245.363	232652,8617
8.	Agustus 2021	239.991	237513,9007
9.	September 2021	239.344	228153,5213
10.	Oktober 2021	254.672	250026,1015
11.	November 2021	243.022	238225,2603
12.	Desember 2021	253.756	245244,1992
13.	Januari 2022	253.642	440866,7335
14.	Februari 2022	236.957	305524,8413
15.	Maret 2022	267.175	341802,0254
16.	April 2022	257.001	306391,3466
17.	Mei 2022	273.867	288269,7147
18.	Juni 2022	267.039	257232,2343
19.	Juli 2022	280.900	248494,4796
20.	Agustus 2022	287.988	238466,9273
21.	September 2022	271.004	230944,4964
22.	Oktober 2022	278.265	247214,3254
23.	November 2022	266.581	234085,8409
24.	Desember 2022	277.643	243231,0338

Tabel 3.11 menunjukkan hasil peramalan dengan model *holt-winters* multiplikatif dari bulan januari 2021 sampai desember 2022 yang nantinya akan digunakan pada perhitungan MAPE. Untuk peramalan periode ke depan dengan model *holt-winters* aditif menggunakan perhitungan berikut :

$$F_{t+m} = L_t + mb_t + S_{t+m-s}$$

$$F_{13} = L_{12} + mb_{12} + S_1$$

$$F_{13} = 214.232 + 1 + 2069,090278 + (-9.185)$$

$$F_{13} = 207.117$$

Tabel 3.12 Nilai Forecast Model Aditif Periode 12 Bulan

No.	Bulan/Tahun	Produksi Listrik (kwh)	forecast
1.	Januari 2021	236.291	207.117
2.	Februai 2021	214.994	145.420
3.	Maret 2021	231.448	222.540
4.	April 2021	229.078	221.839
5.	Mei 2021	237.012	231.287
6.	Juni 2021	243.763	214.810
7.	Juli 2021	245.363	233.212
8.	Agustus 2021	239.991	238.447
9.	September 2021	239.344	229.951
10.	Oktober 2021	254.672	251.319
11.	November 2021	243.022	240.492
12.	Desember 2021	253.756	247.570
13.	Januari 2022	253.642	380026,3376
14.	Februari 2022	236.957	305128,4616
15.	Maret 2022	267.175	323919,5254
16.	April 2022	257.001	298967,3416
17.	Mei 2022	273.867	284563,6921
18.	Juni 2022	267.039	259702,8399
19.	Juli 2022	280.900	251373,2603
20.	Agustus 2022	287.988	241195,705
21.	September 2022	271.004	232958,728
22.	Oktober 2022	278.265	247430,58
23.	November 2022	266.581	233208,2366
24.	Desember 2022	277.643	241206,1466

Tabel 3.12 menunjukkan hasil peramalan dengan model *holt-winters* aditif dari bulan januari 2021 sampai desember 2022 yang nantinya akan digunakan pada perhitungan MAPE.

### 3.5 Skenario Pengujian

Pengujian dilakukan dengan melakukan perhitungan nilai MAPE sebagai metode untuk mengukur keakuratan relatif berdasarkan nilai absolut yang digunakan untuk mengetahui persentase kesalahan dalam prediksi dibandingkan dengan data aktual. Setiap peramalan melibatkan pengujian pada berbagai nilai parameter  $\alpha$  (alpha),  $\beta$  (beta), dan  $\gamma$  (gamma) dari 2 model Holt-Winter's, dan hasilnya digunakan untuk menguji nilai MAPE.

Perhitungan MAPE pada model multiplikatif berdasarkan tabel 3.11 hasil nilai peramalan selama 24 bulan atau 2 tahun sebagai berikut :

$$\begin{aligned} MAPE &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y'_i - y_i}{y_i} \right| \times 100 \\ &= \frac{1}{24} (ABS \left( \frac{207027 - 236.291}{236.291} \times 100 \right) + ABS \left( \frac{144084 - 214.291}{214.291} \times 100 \right) + \\ &\quad \dots + ABS \left( \frac{223681 - 231.448}{231.448} \times 100 \right)) \\ &= 13,422\% \end{aligned}$$

Perhitungan MAPE pada model aditif berdasarkan tabel 3.12 hasil nilai peramalan selama 24 bulan atau 2 tahun sebagai berikut :

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y'_i - y_i}{y_i} \right| \times 100$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{1}{24} (ABS \left( \frac{207.117-236.291}{236.291} \times 100 \right) + ABS \left( \frac{145.420-214.291}{214.291} \times 100 \right) + \dots \\
&+ ABS \left( \frac{222.540-231.448}{231.448} \times 100 \right) \\
&= 16,694\%
\end{aligned}$$

Pengujian dilaksanakan untuk menguji validitas dari hasil peramalan yang telah dihasilkan. Pengujian dalam penelitian ini melibatkan variasi nilai parameter  $\alpha$  (alpha),  $\beta$  (beta), dan  $\gamma$  (gamma). Pengujian juga membandingkan antara model *Holt-Winters* Multiplikatif dengan model *Holt-Winters* Aditif. Setelah masing-masing MAPE terkecil yang dihasilkan pada penerapan model Multiplikatif dan Aditif, kemudian hasil akan dibandingkan model mana yang memiliki akurasi lebih kecil. Pengujian dilakukan dengan 3 kombinasi parameter  $\alpha$ (alpha),  $\beta$ (beta),  $\gamma$ (gamma) dengan rentang nilai masing-masingnya 0,1 sampai 0,9. Terdapat sebanyak 729 kombinasi parameter yang digunakan pada setiap model *Holt-Winters* yaitu *Holt-Winters* Multiplikatif dan *Holt-Winters* Aditif yang nantinya nilai terkecil dengan perhitungan MAPE akan dibandingkan antara satu sama lain.

## BAB IV

### UJI COBA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Uji Coba

Penelitian ini memiliki beberapa scenario percobaan yang akan dilakukan. Scenario percobaan ini bertujuan untuk melihat nilai prediksi dan seberapa besar *error* yang dihasilkan pada kondisi yang bervariasi. Dari seluruh data yang ada, akan dilakukan beberapa perhitungan yaitu perhitungan *level*, *trend*, *seasonal*, *forecasting* dan MAPE. Pada implementasi metode *triple exponential smoothing holt-winters* yang digunakan penelitian ini untuk meramalkan produksi listrik PLN.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menjawab rumusan masalah yang telah dijelaskan pada sub bab sebelumnya. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar tingkat presentase *error* dari metode *triple exponential smoothing holt-winters* dengan menggunakan dua model yakni model *multiplikatif* dan *additive* pada produksi listrik PLN. Pengukuran tingkat error pada peramalan produksi listrik menggunakan perhitungan nilai MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*).

Pengujian dilakukan dengan menghitung nilai *MAPE* untuk mengukur ketetapan *relative* berdasarkan nilai absolut yang digunakan untuk mengetahui presentase penyimpanan hasil peramalan dengan data actual kemudian dikali serratus dan dirata-rata presentase kesalahannya. Masing-masih hasil peramalan dari 2 model *holt-winters* dilakukan pengujian dengan menghitung nilai MAPE. Semakin kecil nilai rata-rata MAPE juga dipengaruhi oleh konstanta parameter  $\alpha$

( $\alpha$ ),  $\beta$  ( $\beta$ ),  $\gamma$  ( $\gamma$ ) yang diterapkan pada perhitungan peramalan. Nilai konstanta yang digunakan pada kombinasi parameter berkisaran antara 0,1-0,9. Nilai kombinasi parameter yang dipilih dalam peramalan merupakan parameter optimal yang menghasilkan nilai MAPE terkecil.

Pengujian dilakukan dengan kombinasi 3 nilai parameter  $\alpha$  ( $\alpha$ ),  $\beta$  ( $\beta$ ),  $\gamma$  ( $\gamma$ ) dengan nilai masing-masing dengan rentang 0,1 sampai 0,9 terdapat 729 kombinasi pada setiap model holt-winter's yang nantinya nilai MAPE terkecil akan dibandingkan dengan nilai yang lain. Proses perhitungan MAPE menggunakan data produksi listrik PLN per KWH. Dibawah ini merupakan uji produksi listrik pada tahun 2020-2022 sebagai berikut :

Tabel 4.1 Data Produksi Listrik

Periode		Jumlah	Periode		Jumlah	Periode		Jumlah
Tahun	Bulan	(KWH)	Tahun	Bulan	(KWH)	Tahun	Bulan	(KWH)
2020	Januari	205.047	2021	Januari	236.291	2022	Januari	253.642
	Februari	141.599		Februari	214.994		Februari	236.957
	Maret	214.545		Maret	231.448		Maret	267.175
	April	213.309		April	229.078		April	257.001
	Mei	222.323		Mei	237.012		Mei	273.867
	Juni	205.502		Juni	243.763		Juni	267.039
	Juli	222.167		Juli	245.363		Juli	280.900
	Agustus	226.673		Agustus	239.991		Agustus	287.988
	September	218.084		September	239.344		September	271.004
	oktober	238.889		oktober	254.672		oktober	278.265
	November	227.860		November	243.022		November	266.581
	Desember	234.787		Desember	253.756		Desember	277.643

Berdasarkan Tabel 4.1 dapat dilakukan pengujian dengan menggunakan data produksi listrik PLN dalam satuan KWH selama bulan januari 2020 sampai desember 2022. Data yang digunakan sebagai perhitungan awal merupakan data

1 tahun pertama pada data penjualan bulan januari 2020 sampai desember 2020. Hasil nilai data awal tersebut digunakan untuk mencari nilai *forecast* berikutnya. Nilai *forecast* terhitung dari januari 2021 sampai desember 2022. Hasil nilai peramalan tersebut nantinya akan masuk ke dalam pengujian. Pengujian dilakukan dengan menghitung nilai presentase MAPE.

#### 4.1.1 Pengujian Metode *Holt-Winters* Model Multiplikatif Periode 3 Bulan

Pengujian model pertama menggunakan periode waktu 3 bulan untuk metode pengujianya menggunakan metode *holt-winters* model multiplikatif. Pada periode 3 bulan dengan parameter terbaiknya yakni  $\alpha=0,3$ ,  $\beta=0,2$ ,  $\gamma=0,9$ . Hasil dari pengujian ini terdapat pada tabel 4.2 yang menampilkan nilai *level*, *trend*, *seasonal* mulai januari 2020 sampai desember 2022. Tahapan selanjutnya setelah mengetahui nilai *level*, *trend*, *seasonal* akan dilakukan pencarian nilai *forecast* dan MAPE.

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Model Multiplikatif Periode 3 Bulan

No.	Bulan/Tahun	Produksi	Level	Trend	Seasonal
1.	Januari 2020	205.047			1.09613483
2.	Februari 2020	141.599			0.7241335
3.	Maret 2020	214.545	187063.667	8882.5556	0.91238683
4.	April 2020	213.309	195542.674	8801.8459	1.09138435
5.	Mei 2020	222.323	235146.971	14962.336	0.92333097
6.	Juni 2020	205.502	242647.196	13469.914	0.85346385
7.	Juli 2020	222.167	240351.297	10316.751	0.94104699
8.	Agustus 2020	226.673	249116.09	10006.36	0.9112513
9.	September 2020	218.084	258044.146	9790.6989	0.84597438
10.	Oktober 2020	238.889	263640.737	8951.8774	0.90960879
11.	November 2020	227.860	265830.361	7599.4267	0.862572
12.	Desember 2020	234.787	274661.175	7845.7041	0.85393916
13.	Januari 2021	236.291	275686.45	6481.6183	0.86235135



No.	Bulan/Tahun	Produksi	Level	Trend	Seasonal
14.	Februari 2021	214.994	272291.928	4506.3902	0.79687173
15.	Maret 2021	231.448	275083.586	4163.4438	0.84276081
16.	April 2021	229.078	275165.96	3347.2299	0.83549278
17.	Mei 2021	237.012	284187.646	4482.1212	0.8302856
18.	Juni 2021	243.763	288841.857	4516.5391	0.84381524
19.	Juli 2021	245.363	293453.254	4535.5107	0.83605993
20.	Agustus 2021	239.991	295306.033	3998.9642	0.81444572
21.	September 2021	239.344	294607.008	3059.3664	0.81555761
22.	Oktober 2021	254.672	299749.384	3475.9685	0.84826077
23.	November 2021	243.022	301774.578	3185.8135	0.80622332
24.	Desember 2021	253.756	306815.526	3556.8404	0.82591314
25.	Januari 2022	253.642	306964.911	2875.3492	0.82848697
26.	Februari 2022	236.957	305061.147	1919.5266	0.77969956
27.	Maret 2022	267.175	311933.602	2910.1123	0.85345248
28.	April 2022	257.001	313452.172	2631.8038	0.82076319
29.	Mei 2022	273.867	326632.833	4741.5753	0.83257964
30.	Juni 2022	267.039	325829.878	3632.6692	0.8229544
31.	Juli 2022	280.900	333296.516	4399.4631	0.8405901
32.	Agustus 2022	287.988	340156.717	4891.6107	0.84522792
33.	September 2022	271.004	340325.695	3947.084	0.79897245
34.	Oktober 2022	278.265	340301.537	3152.8356	0.81999016
35.	November 2022	266.581	335036.681	1469.2974	0.80063214
36.	Desember 2022	277.643	339804.213	2128.9443	0.81525805

Berdasarkan tabel 4.2 dapat diketahui nilai *level*, *trend*, *seasonal* pada data produksi listrik ditahun 2020 sampai 2022. Dari hasil perhitungan nilai *level*, *trend*, *seasonal* dengan nilai parameter  $\alpha=0,3$ ,  $\beta=0,2$ ,  $\gamma=0,9$  dapat digunakan untuk mencari nilai *forecast* dan MAPE. Hasil dari perhitungan tersebut terdapat pada tabel 4.3.

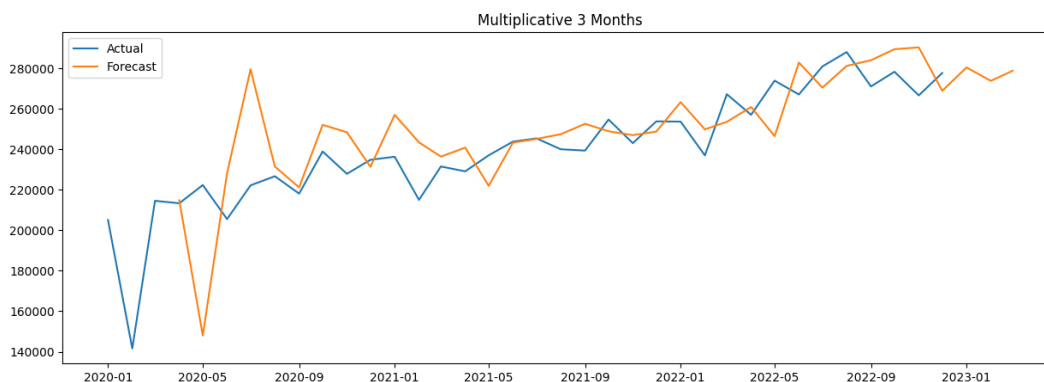
Tabel 4.3 Perhitungan *Forecast* dan MAPE Model Multiplikatif Periode 3 Bulan

No.	Produksi Listrik PLN			MAPE
	Bulan/Tahun	Produksi	<i>Forecast</i>	
1.	Januari 2020	205.047		
2.	Februari 2020	141.599		
3.	Maret 2020	214.545		
4.	April 2020	213.309	214783.479	0.69124064
5.	Mei 2020	222.323	147972.711	33.4424637
6.	Juni 2020	205.502	228196.438	11.0434149
7.	Juli 2020	222.167	279522.205	25.8162576
8.	Agustus 2020	226.673	231449.571	2.10725206
9.	September 2020	218.084	221151.644	1.40663407
10.	Oktober 2020	238.889	252045.174	5.50723311
11.	November 2020	227.860	248400.374	9.01447103
12.	Desember 2020	234.787	231314.594	1.47896002
13.	Januari 2021	236.291	256970.741	8.75181054
14.	Februari 2021	214.994	243390.275	13.2079383
15.	Maret 2021	231.448	236368.922	2.10849874
16.	April 2021	229.078	240809.053	5.12098622
17.	Mei 2021	237.012	221939.288	6.35947224
18.	Juni 2021	243.763	243279.566	0.1983214
19.	Juli 2021	245.363	245098.822	0.10766803
20.	Agustus 2021	239.991	247415.78	3.09377437
21.	September 2021	239.344	252558.116	5.52097246
22.	Oktober 2021	254.672	248866.928	2.27943074
23.	November 2021	243.022	246960.591	1.62067264
24.	Desember 2021	253.756	248712.769	1.9874331
25.	Januari 2022	253.642	263276.704	3.79854446
26.	Februari 2022	236.957	249800.442	5.42015732
27.	Maret 2022	267.175	253539.371	5.10363215
28.	April 2022	257.001	260843.915	1.49529189
29.	Mei 2022	273.867	246450.536	10.0108681
30.	Juni 2022	267.039	282812.31	5.90674409
31.	Juli 2022	280.900	270410.731	3.73416496
32.	Agustus 2022	287.988	281158.798	2.37134947
33.	September 2022	271.004	283959.04	4.78038704

No.	Produksi Listrik PLN			MAPE
	Bulan/Tahun	Produksi	Forecast	
34.	Oktober 2022	278.265	289392.289	3.99881003
35.	November 2022	266.581	290297.226	8.89644269
36.	Desember 2022	277.643	268859.005	3.16377335

Berdasarkan Tabel 4.3 dapat diketahui hasil nilai rata-rata tingkat *error* dengan menggunakan MAPE pada produksi listrik.

Dari hasil pengujian MAPE menggunakan nilai parameter  $\alpha=0,3$ ,  $\beta=0,2$ ,  $\gamma=0,9$  menghasilkan nilai MAPE dengan rata-rata persentase kesalahan 6,046%. Hasil perhitungan dengan nilai parameter  $\alpha=0,3$ ,  $\beta=0,2$ ,  $\gamma=0,9$  dapat diimplemetasikan dengan grafik data actual dan nilai *forecast*.



Gambar 4.1 Grafik Model Multiplikatif Periode 3 Bulan

Gambar 4.1 menunjukkan grafik hasil peramalan produksi listrik dengan metode *triple exponential smoothing holt-winters* model multiplikatif. Dari grafik menunjukkan perbedaan data aktual produksi dengan nilai *forecast* produksi listrik. Nilai *forecast* terhitung mulai januari 2021 sampai desember 2023.

Gambar grafik 4.1 menunjukkan model multiplikatif periode 3 bulan dari parameter  $\alpha=0,3$ ,  $\beta=0,2$ ,  $\gamma=0,9$  dengan nilai MAPE 6,046%. Data produksi listrik

dimulai dari januari 2020 hingga desember 2022. Peramalan dimulai dari bulan april 2020 hingga maret 2023. Pada bulan april 2020 hingga bulan mei 2020 mengalami pola penurunan. Setelah itu mengalami pola peningkatan dibulan juni 2020 hingga juli 2020, lalu pola grafik naik dan turun berulang beberapa bulan sampai bulan mei 2021. Pola grafik mengalami kenaikan dan penurunan secara stabil dibulan mei 2021 sampai april 2022. Pola grafik mengalami kenaikan yang signifikan dibulan agustus 2022 hingga november 2022.

Tabel 4.4 Hasil Nilai Perhitungan *Forecast* Periode 3 Bulan Tahun 2023

No.	Bulan/Tahun	Produksi	Bulan/Tahun	<i>Forecast</i>
1.	Januari 2022	253,642	Januari 2023	280381.8
2.	Februari 2022	236,957	Februari 2023	273762.7
3.	Maret 2022	267,175	Maret 2023	278763.8

Bedasarkan tabel 4.4 dapat diketahui hasil perhitungan *forecast* ditahun 2023 dengan nilai parameter  $\alpha=0,3$ ,  $\beta=0,2$ ,  $\gamma=0,9$  dan nilai MAPE 6,046%. Pada bulan januari sampai maret. Hasil perhitungan tersebut didapat dari nilai persentase terkecil yang menandakan bahwa hasil perhitungan *forecast* ini yang paling mendekati dari data produksi ditahun sebelumnya.

#### 4.1.2 Pengujian Metode *Holt-Winters* Model Multiplikatif Periode 6 Bulan

Pengujian model pertama menggunakan periode waktu 6 bulan untuk metode pengujianya menggunakan metode *holt-winters* model multiplikatif. Pada periode 6 bulan dengan parameter terbaiknya yakni  $\alpha=0,1$ ,  $\beta=0,1$ ,  $\gamma=0,6$ . Hasil dari pengujian ini terdapat pada tabel 4.5 yang menampilkan nilai *level*, *trend*, *seasonal* mulai januari 2020 sampai desember 2022. Tahapan selanjutnya setelah

mengetahui nilai *level*, *trend*, *seasonal* akan dilakukan pencarian nilai *forecast* dan MAPE.

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Model Multiplikatif Periode 6 Bulan

No.	Bulan/Tahun	Produksi	Level	Trend	Seasonal
1.	Januari 2020	205.047			1.023252448
2.	Februari 2020	141.599			0.686660555
3.	Maret 2020	214.545			0.962664013
4.	April 2020	213.309			0.933239249
5.	Mei 2020	222.323			0.939562425
6.	Juni 2020	205.502	200387.5	4614.86111	0.846657831
7.	Juli 2020	222.167	206213.971	4736.02214	1.055717898
8.	Agustus 2020	226.673	222865.919	5927.6147	0.884913651
9.	September 2020	218.084	228568.398	5905.10111	0.957543696
10.	Oktober 2020	238.889	236623.98	6120.14916	0.979039041
11.	November 2020	227.860	242721.431	6117.87936	0.939087965
12.	Desember 2020	234.787	251686.416	6402.59	0.898376294
13.	Januari 2021	236,291	254662.127	6059.90202	0.979003628
14.	Februari 2021	214,994	258945.304	5882.22952	0.852126262
15.	Maret 2021	231,448	262519.969	5651.47311	0.912092659
16.	April 2021	229,078	264752.548	5309.58366	0.910767561
17.	Mei 2021	237,012	268294.448	5132.81537	0.905676716
18.	Juni 2021	243,763	273218.268	5111.91575	0.894665382
19.	Juli 2021	245,363	275559.687	4834.86612	0.925851586
20.	Agustus 2021	239,991	280518.882	4847.29899	0.854165683
21.	September 2021	239,344	283070.756	4617.75654	0.872153332
22.	Oktober 2021	254,672	286882.01	4537.10626	0.896941329
23.	November 2021	243,022	289110.4	4306.23461	0.866621966
24.	Desember 2021	253,756	292438.201	4208.39126	0.87850128
25.	Januari 2022	253,642	294377.469	3981.47889	0.887313624
26.	Februari 2022	236,957	296264.392	3772.02334	0.821555872
27.	Maret 2022	267,175	300666.722	3835.054	0.882026423
28.	April 2022	257,001	302704.643	3655.34072	0.868185963
29.	Mei 2022	273,867	307325.654	3751.90772	0.881326572
30.	Juni 2022	267,039	310366.915	3680.8431	0.867639171
31.	Juli 2022	280,900	314300.335	3706.10074	0.89116414

No.	Bulan/Tahun	Produksi	Level	Trend	Seasonal
32.	Agustus 2022	287,988	321259.768	4031.43401	0.866482414
33.	September 2022	271,004	323487.239	3851.03765	0.855465328
34.	Oktober 2022	278,265	326655.762	3782.78618	0.858390427
35.	November 2022	266,581	327642.391	3503.17051	0.840711048
36.	Desember 2022	277,643	330030.829	3391.6972	0.851813968

Berdasarkan tabel 4.5 dapat diketahui nilai *level*, *trend*, *seasonal* pada data produksi listrik ditahun 2020 sampai 2022. Dari hasil perhitungan nilai *level*, *trend*, *seasonal* dengan nilai parameter  $\alpha=0,1$ ,  $\beta=0,1$ ,  $\gamma=0,6$  dapat digunakan untuk mencari nilai *forecast* dan MAPE. Hasil dari perhitungan tersebut terdapat pada tabel 4.6.

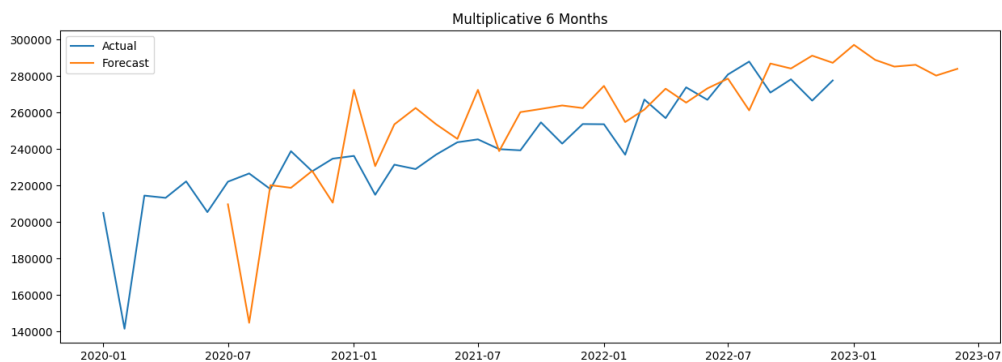
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan *Forecast* dan MAPE Model Multiplikatif Periode 6 Bulan

No.	Produksi Listrik PLN			MAPE
	Bulan/Tahun	Produksi	Forecast	
1.	Januari 2020	205.047		
2.	Februari 2020	141.599		
3.	Maret 2020	214.545		
4.	April 2020	213.309		
5.	Mei 2020	222.323		
6.	Juni 2020	205.502		
7.	Juli 2020	222.167	209769.168	5.58041116
8.	Agustus 2020	226.673	144851.04	36.0969151
9.	September 2020	218.084	220251.301	0.993792
10.	Oktober 2020	238.889	218819.872	8.40102636
11.	November 2020	227.860	228073.262	0.09359352
12.	Desember 2020	234.787	210681.75	10.2668587
13.	Januari 2021	236.291	272469.183	15.3108597
14.	Februari 2021	214.994	230716.482	7.31298662
15.	Maret 2021	231.448	253583.935	9.54517504
16.	April 2021	229.078	262550.311	14.611753
17.	Mei 2021	237.012	253612.097	7.00390585
18.	Juni 2021	243.763	245640.572	0.77024489

No.	Produksi Listrik PLN			MAPE
	Bulan/Tahun	Produksi	Forecast	
19.	Juli 2021	245.363	272486.259	11.0543397
20.	Agustus 2021	239.991	238931.563	0.44144883
21.	September 2021	239.344	260280.399	8.74740902
22.	Oktober 2021	254.672	262017.365	2.88424531
23.	November 2021	243.022	263931.508	8.60395701
24.	Desember 2021	253.756	262509.706	3.4496546
25.	Januari 2022	253.642	274650.718	8.28282304
26.	Februari 2022	236.957	254847.974	7.55030418
27.	Maret 2022	267.175	261677.759	2.05754301
28.	April 2022	257.001	273120.228	6.27204859
29.	Mei 2022	273.867	265498.291	3.05575651
30.	Juni 2022	267.039	273282.036	2.33787427
31.	Juli 2022	280.900	278658.855	0.79784454
32.	Agustus 2022	287.988	261260.054	9.28092338
33.	September 2022	271.004	286915.436	5.87129185
34.	Oktober 2022	278.265	284190.497	2.12944372
35.	November 2022	266.581	291224.273	9.2441969
36.	Desember 2022	277.643	287314.86	3.48355997

Berdasarkan Tabel 4.6 dapat diketahui nilai rata-rata tingkat *error* dengan menggunakan MAPE pada produksi listrik.

Dari hasil pengujian MAPE menggunakan nilai parameter  $\alpha=0,1$ ,  $\beta=0,1$ ,  $\gamma=0,6$  menghasilkan nilai MAPE 7,051%. Hasil perhitungan dengan nilai parameter  $\alpha=0,1$ ,  $\beta=0,1$ ,  $\gamma=0,6$  dapat diimplemetasikan dengan grafik data actual dan nilai *forecast*.



Gambar 4.2 Grafik Model Multiplikatif Periode 6 Bulan

Gambar 4.2 menunjukkan grafik hasil peramalan produksi listrik dengan metode *triple exponential smoothing holt-winters* model multiplikatif. Dari grafik menunjukkan perbedaan data actual produksi dengan nilai *forecast* produksi listrik. Nilai *forecast* terhitung mulai januari 2021 sampai desember 2023.

Gambar grafik 4.2 menunjukkan model multiplikatif periode 6 bulan dari parameter  $\alpha=0,1$ ,  $\beta=0,1$ ,  $\gamma=0,6$  dengan nilai MAPE 7,051%. Data produksi listrik dimulai dari januari 2020 hingga desember 2022. Peramalan dimulai dari bulan juli 2020 hingga juni 2023. Pada bulan juli 2020 hingga bulan agustus 2020 mengalami pola penurunan. Setelah itu mengalami pola peningkatan dibulan september 2020 hingga november 2020, lalu pola grafik naik dan turun berulang beberapa bulan sampai bulan januari 2021. Pola grafik mengalami kenaikan dan penurunan secara stabil dibulan february 2022 sampai september 2022.

Tabel 4.7 Hasil Perhitungan *Forecast* Periode 6 Bulan Tahun 2023

No.	Bulan/Tahun	Produksi	Bulan/Tahun	Forecast
1.	Januari 2022	253.642	Januari 2023	297134.198
2.	Februari 2022	236.957	Februari 2023	288904.755
3.	Maret 2022	267.175	Maret 2023	285231.41
4.	April 2022	257.001	April 2023	286206.704
5.	Mei 2022	273.867	Mei 2023	280312.001



No.	Bulan/Tahun	Produksi	Bulan/Tahun	Forecast
6.	Juni 2022	267.039	Juni 2023	284013.965

Bedasarkan tabel 4.7 dapat diketahui hasil perhitungan *forecast* ditahun 2023 dengan nilai parameter  $\alpha=0,1$ ,  $\beta=0,1$ ,  $\gamma=0,6$  dan nilai MAPE 7,051%. Pada bulan januari sampai juni. Hasil perhitungan tersebut didapat dari nilai persentase terkecil yang menandakan bahwa hasil perhitungan *forecast* ini yang paling mendekati dari data produksi ditahun sebelumnya.

#### 4.1.3 Pengujian Metode *Holt-Winters* Model Multiplikatif Periode 12 Bulan

Pengujian model pertama menggunakan periode waktu 12 bulan untuk metode pengujianya menggunakan metode *holt-winters* model multiplikatif. Pada periode 12 bulan dengan parameter terbaiknya yakni  $\alpha=0,1$ ,  $\beta=0,1$ ,  $\gamma=0,5$ . Hasil dari pengujian ini terdapat pada tabel 4.8 yang menampilkan nilai *level*, *trend*, *seasonal* mulai januari 2020 sampai desember 2022. Tahapan selanjutnya setelah mengetahui nilai *level*, *trend*, *seasonal* akan dilakukan pencarian nilai *forecast* dan MAPE.

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Model Multiplikatif Periode 12 Bulan

No.	Bulan/Tahun	Produksi	Level	Trend	Seasonal
1.	Januari 2020	205.047			0.957126
2.	Februari 2020	141.599			0.645513
3.	Maret 2020	214.545			0.921322
4.	April 2020	213.309			0.89684
5.	Mei 2020	222.323			0.915373
6.	Juni 2020	205.502			0.829036
7.	Juli 2020	222.167			0.867821
8.	Agustus 2020	226.673			0.863292
9.	September 2020	218.084			0.813132
10.	Oktober 2020	238.889			0.868667

No.	Bulan/Tahun	Produksi	Level	Trend	Seasonal
11.	November 2020	227.860			0.810295
12.	Desember 2020	234.787	214232.1	2069.368	0.816423
13.	Januari 2021	236.291	219358.9	2375.11	1.017157
14.	Februari 2021	214.994	232866.5	3488.362	0.784382
15.	Maret 2021	231.448	237845	3637.377	0.947297
16.	April 2021	229.078	242876.9	3776.832	0.920013
17.	Mei 2021	237.012	247880.8	3899.533	0.935763
18.	Juni 2021	243.763	256005.5	4322.05	0.890607
19.	Juli 2021	245.363	262568.2	4546.12	0.901147
20.	Agustus 2021	239.991	268202.4	4654.928	0.879052
21.	September 2021	239.344	275006.5	4869.837	0.841727
22.	Oktober 2021	254.672	281206.2	5002.831	0.887154
23.	November 2021	243.022	287580	5139.92	0.827677
24.	Desember 2021	253.756	294529.3	5320.863	0.838994
25.	Januari 2022	253.642	294801.5	4815.997	0.93877
26.	Februari 2022	236.957	299865.2	4840.763	0.787297
27.	Maret 2022	267.175	302439.3	4614.097	0.915349
28.	April 2022	257.001	304282.5	4337.013	0.882313
29.	Mei 2022	273.867	307024.3	4177.488	0.913884
30.	Juni 2022	267.039	310065.5	4063.863	0.875921
31.	Juli 2022	280.900	313887.8	4039.706	0.898026
32.	Agustus 2022	287.988	318896	4136.55	0.891065
33.	September 2022	271.004	322925.5	4125.845	0.840471
34.	Oktober 2022	278.265	325712.2	3991.934	0.870741
35.	November 2022	266.581	328942.1	3915.727	0.819048
36.	Desember 2022	277.643	332664.4	3896.386	0.836799

Berdasarkan tabel 4.8 dapat diketahui nilai *level*, *trend*, *seasonal* pada data produksi listrik ditahun 2020 sampai 2022. Dari hasil perhitungan nilai *level*, *trend*, *seasonal* dengan nilai parameter  $\alpha=0,1$ ,  $\beta=0,1$ ,  $\gamma=0,5$  dapat digunakan untuk mencari nilai *forecast* dan MAPE. Hasil dari perhitungan tersebut terdapat pada tabel 4.9.

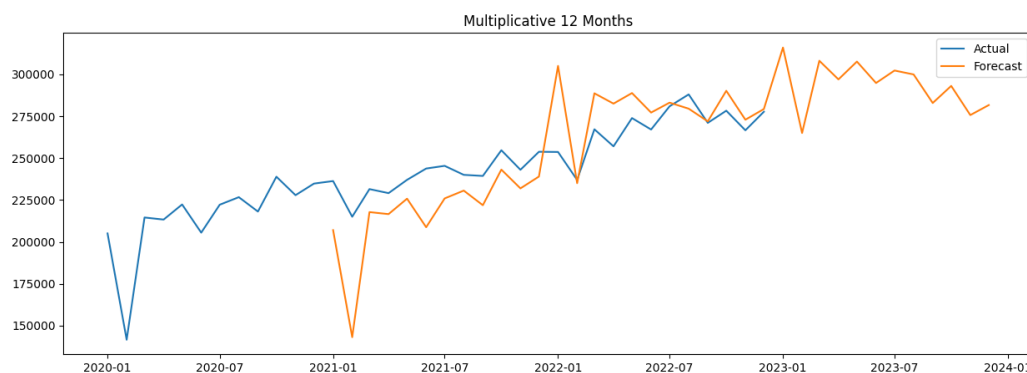
Tabel 4.9 Hasil Perhitungan *Forecast* dan MAPE Model Multiplikatif Peiode 12 Bulan

No.	Produksi Listrik PLN			MAPE
	Bulan/Tahun	Produksi	<i>Forecast</i>	
1.	Januari 2020	205.047		
2.	Februari 2020	141.599		
3.	Maret 2020	214.545		
4.	April 2020	213.309		
5.	Mei 2020	222.323		
6.	Juni 2020	205.502		
7.	Juli 2020	222.167		
8.	Agustus 2020	226.673		
9.	September 2020	218.084		
10.	Oktober 2020	238.889		
11.	November 2020	227.860		
12.	Desember 2020	234.787		
13.	Januari 2021	236.291	207027.6	12.38446
14.	Februari 2021	214.994	143132.2	33.42504
15.	Maret 2021	231.448	217758.9	5.930802
16.	April 2021	229.078	216571.1	5.459649
17.	Mei 2021	237.012	225780.2	4.738912
18.	Juni 2021	243.763	208734.9	14.36976
19.	Juli 2021	245.363	225917.8	7.925088
20.	Agustus 2021	239.991	230597.6	3.914052
21.	September 2021	239.344	221869.1	7.301177
22.	Oktober 2021	254.672	243119.3	4.536319
23.	November 2021	243.022	231913.8	4.570875
24.	Desember 2021	253.756	238983.4	5.821596
25.	Januari 2022	253.642	304994.8	20.24618
26.	Februari 2022	236.957	235014.4	0.819798
27.	Maret 2022	267.175	288647.1	8.036703
28.	April 2022	257.001	282493.1	9.919048
29.	Mei 2022	273.867	288794.8	5.450739
30.	Juni 2022	267.039	277158.5	3.789537
31.	Juli 2022	280.900	283076.8	0.77495
32.	Agustus 2022	287.988	279474.9	2.956049
33.	September 2022	271.004	271905.1	0.332503

No.	Produksi Listrik PLN			MAPE
	Bulan/Tahun	Produksi	Forecast	
34.	Oktober 2022	278.265	290144.9	4.26928
35.	November 2022	266.581	272888.5	2.366077
36.	Desember 2022	277.643	279265.7	0.584445

Berdasarkan Tabel 4.9 dapat diketahui nilai rata-rata tingkat *error* dengan menggunakan MAPE pada produksi listrik.

Dari hasil pengujian MAPE menggunakan nilai parameter  $\alpha=0,1$ ,  $\beta=0,1$ ,  $\gamma=0,5$  menghasilkan nilai MAPE 7,080%. Hasil perhitungan dengan nilai parameter  $\alpha=0,1$ ,  $\beta=0,1$ ,  $\gamma=0,5$ . Pada produksi listrik dapat diimplementasikan dengan grafik data actual dengan nilai *forecast*.



Gambar 4.3 Grafik Model Multiplikatif Periode 12 Bulan

Gambar 4.3 menunjukkan grafik hasil peramalan produksi listrik dengan metode *triple exponential smoothing holt-winters* model multiplikatif. Dari grafik menunjukkan perbedaan data actual produksi dengan nilai *forecast* produksi listrik. Nilai *forecast* terhitung mulai Januari 2021 sampai Desember 2023.

Gambar grafik 4.3 menunjukkan model multiplikatif periode 12 bulan dari parameter  $\alpha=0,1$ ,  $\beta=0,1$ ,  $\gamma=0,5$  dengan nilai MAPE 7,080%. Data produksi listrik

dimulai dari januari 2020 hingga desember 2022. Peramalan dimulai dari bulan januari 2021 hingga desember 2023. Pada bulan januari 2021 hingga bulan februari 2021 mengalami pola penurunan. Setelah itu mengalami pola peningkatan dibulan desember 2021, lalu pola grafik naik dan turun berulang beberapa bulan sampai bulan maret 2023. Pola grafik mengalami penurunan secara signifikan beberapa dari bulan mei 2023 sampai desember 2023.

Tabel 4.10 Hasil Perhitungan *Forecast* Periode 12 Bulan Tahun 2023

No.	Bulan/Tahun	Produksi	Bulan/Tahun	<i>forecast</i>
1.	Januari 2022	253.642	Januari 2023	315953.1
2.	Februari 2022	236.957	Februari 2023	264973.2
3.	Maret 2022	267.175	Maret 2023	308070.5
4.	April 2022	257.001	April 2023	296951.9
5.	Mei 2022	273.867	Mei 2023	307577.4
6.	Juni 2022	267.039	Juni 2023	294800.5
7.	Juli 2022	280.900	Juli 2023	302240.5
8.	Agustus 2022	287.988	Agustus 2023	299897.6
9.	September 2022	271.004	September 2023	282869.6
10.	Oktober 2022	278.265	Oktober 2023	293057.3
11.	November 2022	266.581	November 2023	275659.5
12.	Desember 2022	277.643	Desember 2023	281633.7

Bedasarkan tabel 4.10 dapat diketahui hasil perhitungan *forecast* ditahun 2023 dengan nilai parameter  $\alpha=0,1$ ,  $\beta=0,1$ ,  $\gamma=0,5$  dan nilai MAPE 7,080%. Pada bulan januari sampai desember. Hasil perhitungan tersebut didapat dari nilai persentase terkecil yang menandakan bahwa hasil perhitungan *forecast* ini yang paling mendekati dari data produksi ditahun sebelumnya.

#### 4.1.4 Pengujian Metode *Holt-Winters* Model Aditif Periode 3 Bulan

Pengujian model pertama menggunakan periode waktu 3 bulan untuk metode pengujianya menggunakan metode *holt-winters* model aditif. Pada periode 3 bulan dengan parameter terbaiknya yakni  $\alpha=0,3$ ,  $\beta=0,2$ ,  $\gamma=0,8$ . Hasil dari pengujian ini terdapat pada tabel 4.11 yang menampilkan nilai *level*, *trend*, *seasonal* mulai Januari 2020 sampai Desember 2022. Tahapan selanjutnya setelah mengetahui nilai *level*, *trend*, *seasonal* akan dilakukan pencarian nilai *forecast* dan MAPE.

Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Model Aditif Periode 3 Bulan

No.	Bulan/Tahun	Produksi	Level	Trend	Seasonal
1.	Januari 2020	205.047			17983.333
2.	Februari 2020	141.599			-54161.056
3.	Maret 2020	214.545	187063.667	8882.5556	-11623.981
4.	April 2020	213.309	195760.056	8845.3222	17635.822
5.	Mei 2020	222.323	226168.981	13158.043	-13908.996
6.	Juni 2020	205.502	232666.711	11825.98	-24056.565
7.	Juli 2020	222.167	232504.237	9428.2895	-4742.6254
8.	Agustus 2020	226.673	241527.368	9347.2576	-14665.293
9.	September 2020	218.084	248254.407	8823.214	-28947.639
10.	Oktober 2020	238.889	253043.822	8016.4543	-12272.383
11.	November 2020	227.860	255499.782	6904.3553	-25044.884
12.	Desember 2020	234.787	262803.288	6984.1854	-28202.558
13.	Januari 2021	236.291	263420.246	5710.74	-24157.873
14.	Februari 2021	214.994	260403.355	3965.2139	-41336.461
15.	Maret 2021	231.448	262965.166	3684.5332	-30822.244
16.	April 2021	229.078	262625.551	2879.7037	-31669.616
17.	Mei 2021	237.012	269358.217	3650.296	-34144.266
18.	Juni 2021	243.763	273481.532	3744.8999	-29939.275
19.	Juli 2021	245.363	277168.287	3733.2709	-31778.153
20.	Agustus 2021	239.991	278871.67	3327.2934	-37933.389
21.	September 2021	239.344	278324.257	2552.352	-37172.061
22.	Oktober 2021	254.672	282548.672	2886.7647	-28656.968

No.	Bulan/Tahun	Produksi	Level	Trend	Seasonal
23.	November 2021	243.022	284091.423	2617.9618	-40442.216
24.	Desember 2021	253.756	287974.987	2871.0824	-34809.602
25.	Januari 2022	253.642	288281.939	2358.2563	-33443.345
26.	Februari 2022	236.957	286667.902	1563.7975	-47857.165
27.	Maret 2022	267.175	292357.57	2388.9717	-27107.976
28.	April 2022	257.001	293455.883	2130.8399	-35852.575
29.	Mei 2022	273.867	303427.955	3699.0864	-33220.197
30.	Juni 2022	267.039	303233.022	2920.2825	-34376.813
31.	Juli 2022	280.900	309333.086	3556.2387	-29916.984
32.	Agustus 2022	287.988	315384.986	4055.3711	-28561.628
33.	September 2022	271.004	315222.494	3211.7984	-42250.158
34.	Oktober 2022	278.265	315358.6	2596.6599	-35658.277
35.	November 2022	266.581	311111.47	1227.902	-41336.702
36.	Desember 2022	277.643	314605.508	1681.1291	-38020.038

Berdasarkan tabel 4.11 dapat dilihat hasil dari nilai *level*, *trend*, *seasonal* pada produksi listrik yang mulai dari januari 2020 sampai desember 2022. Dari hasil perhitungan nilai *level*, *trend*, *seasonal* dengan nilai parameter  $\alpha=0,3$ ,  $\beta=0,2$ ,  $\gamma=0,8$  akan dilakukan percobaan untuk menemukan nilai *forecast* dan MAPE. Hasil dari perhitungan tersebut terdapat pada tabel 4.12.

Tabel 4.12 Hasil Perhitungan *Forecast* dan MAPE Model Aditif Periode 3 Bulan

No.	Produksi Listrik PLN			MAPE
	Bulan/Tahun	Produksi	Forecast	
1.	Januari 2020	205.047		
2.	Februari 2020	141.599		
3.	Maret 2020	214.545		
4.	April 2020	213.309	213930.56	0.2913874
5.	Mei 2020	222.323	150445.32	32.330293
6.	Juni 2020	205.502	227704.04	10.803809
7.	Juli 2020	222.167	262129.51	17.987601
8.	Agustus 2020	226.673	228024.53	0.5962469
9.	September 2020	218.084	226819.06	4.005365

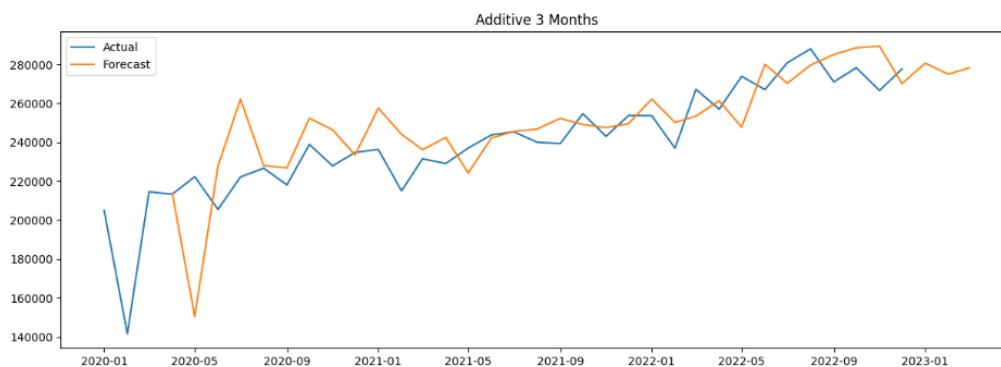
No.	Produksi Listrik PLN			MAPE
	Bulan/Tahun	Produksi	Forecast	
10.	Oktober 2020	238.889	252336	5.6289724
11.	November 2020	227.860	246395.98	8.1348124
12.	Desember 2020	234.787	233457.5	0.5662587
13.	Januari 2021	236.291	257516.09	8.9826061
14.	Februari 2021	214.994	244087.1	13.532053
15.	Maret 2021	231.448	236167.01	2.021276
16.	April 2021	229.078	242492.83	5.8560078
17.	Mei 2021	237.012	224169.79	5.418378
18.	Juni 2021	243.763	242187.27	0.6464194
19.	Juli 2021	245.363	245557.82	0.0793993
20.	Agustus 2021	239.991	246758.29	2.8198109
21.	September 2021	239.344	252260.69	5.3967048
22.	Oktober 2021	254.672	249099.46	2.1881259
23.	November 2021	243.022	247503.05	1.8438855
24.	Desember 2021	253.756	249538.32	1.6620991
25.	Januari 2022	253.642	262190.1	3.3701443
26.	Februari 2022	236.957	250198.98	5.5883471
27.	Maret 2022	267.175	253423.1	5.1471518
28.	April 2022	257.001	261304.2	1.6743891
29.	Mei 2022	273.867	247730.56	9.5434798
30.	Juni 2022	267.039	280020.07	4.8611121
31.	Juli 2022	280.900	270301.73	3.7729693
32.	Agustus 2022	287.988	279670.13	2.8882706
33.	September 2022	271.004	285064.54	5.1883162
34.	Oktober 2022	278.265	288518.31	3.6847282
35.	November 2022	266.581	289394.63	8.5578609
36.	Desember 2022	277.643	270090.21	2.7203227

Berdasarkan Tabel 4.12 dapat diketahui hasil nilai rata-rata tingkat *error* dengan menggunakan MAPE pada produksi listrik.

Dari hasil pengujian MAPE menggunakan nilai parameter  $\alpha=0,3$ ,  $\beta=0,2$ ,  $\gamma=0,8$  menghasilkan nilai MAPE dengan rata-rata persentase kesalahan 5,690%.



hasil perhitungan dengan nilai parameter  $\alpha=0,3$ ,  $\beta=0,2$ ,  $\gamma=0,8$  dapat diimplementasikan dengan grafik data actual dan nilai *forecast*.



Gambar 4.4 Grafik Model Aditif Periode 3 Bulan

Gambar 4.4 menunjukkan grafik hasil peramalan produksi listrik dengan metode *triple exponential smoothing holt-winters* model aditif. dari grafik menunjukkan perbedaan data actual produksi dengan nilai *forecast* produksi listrik. Nilai *forecast* terhitung mulai januari 2020 sampai desember 2023.

Gambar grafik 4.2 menunjukkan model aditif periode 3 bulan dari parameter  $\alpha=0,3$ ,  $\beta=0,2$ ,  $\gamma=0,8$  dengan nilai MAPE 5,690%. Data produksi listrik dimulai dari januari 2020 hingga desember 2022. Peramalan dimulai dari bulan april 2020 hingga maret 2023. Pada bulan januari 2020 hingga bulan februari 2020 mengalami pola penurunan. Setelah itu mengalami pola peningkatan dibulan maret 2020 hingga april 2020, lalu pola grafik naik dan turun berulang beberapa bulan sampai bulan juni 2021. Pola grafik mengalami kenaikan dan penurunan secara stabil dibulan juni 2021 sampai mei 2022. Pada bulan juni 2022 hingga maret 2023 mengalami kenaikan.

Tabel 4.13 Hasil Perhitungan *Forecast* Periode 3 Bulan Tahun 2023

No.	Bulan/Tahun	Produksi	Bulan/Tahun	Forecast
1.	Januari 2022	253.642	Januari 2023	280629.36
2.	Februari 2022	236.957	Februari 2023	274950.94
3.	Maret 2022	267.175	Maret 2023	278267.6

Bedasarkan tabel 4.13 dapat diketahui hasil perhitungan *forecast* ditahun 2023 dengan nilai parameter  $\alpha=0,3$ ,  $\beta=0,2$ ,  $\gamma=0,8$  dan nilai MAPE 5,690%. Pada bulan januari sampai maret. Hasil perhitungan tersebut didapat dari nilai persentase terkecil yang menandakan bahwa hasil perhitungan *forecast* ini yang paling mendekati dari data produksi ditahun sebelumnya.

#### 4.1.5 Pengujian Metode *Holt-Winters* Model Aditif Periode 6 Bulan

Pengujian model pertama menggunakan periode waktu 6 bulan untuk metode pengujianya menggunakan metode *holt-winters* model aditif. Pada periode 6 bulan dengan parameter terbaiknya yakni  $\alpha=0,2$ ,  $\beta=0,1$ ,  $\gamma=0,5$ . Hasil dari pengujian ini terdapat pada tabel 4.14 yang menampilkan nilai *level*, *trend*, *seasonal* mulai januari 2020 sampai desember 2022. Tahapan selanjutnya setelah mengetahui nilai *level*, *trend*, *seasonal* akan dilakukan pencarian nilai *forecast* dan MAPE.

Tabel 4.14 Hasil Perhitungan Model Aditif Periode 6 Bulan

No.	Bulan/Tahun	Produksi	Level	Trend	Seasonal
1.	Januari 2020	205.047			4659.5
2.	Februari 2020	141.599			-65904.389
3.	Maret 2020	214.545			-13865.16
4.	April 2020	213.309			-20984.276
5.	Mei 2020	222.323			-22214.709
6.	Juni 2020	205.502	200387.5	4614.8611	-45578.254
7.	Juli 2020	222.167	207503.389	4864.9639	9661.5556

<b>No.</b>	<b>Bulan/Tahun</b>	<b>Produksi</b>	<b>Level</b>	<b>Trend</b>	<b>Seasonal</b>
8.	Agustus 2020	226.673	228410.16	6469.1446	-33820.774
9.	September 2020	218.084	234293.276	6410.5417	-15037.218
10.	Oktober 2020	238.889	244537.709	6793.9309	-13316.492
11.	November 2020	227.860	251080.254	6768.7923	-22717.481
12.	Desember 2020	234.787	262352.288	7219.1164	-36571.771
13.	Januari 2021	236.291	260983.012	6360.2772	-7515.2283
14.	Februari 2021	214.994	263637.586	5989.7069	-41232.18
15.	Maret 2021	231.448	265006.878	5527.6654	-24278.048
16.	April 2021	229.078	264906.533	4964.8644	-24572.513
17.	Mei 2021	237.012	267843.014	4762.0261	-26774.248
18.	Juni 2021	243.763	274150.987	4916.6207	-33479.879
19.	Juli 2021	245.363	273829.731	4392.8331	-17990.98
20.	Agustus 2021	239.991	278822.688	4452.8454	-40031.934
21.	September 2021	239.344	279344.836	4059.7757	-32139.442
22.	Oktober 2021	254.672	282572.592	3976.5737	-26236.552
23.	November 2021	243.022	283198.582	3641.5154	-33475.415
24.	Desember 2021	253.756	286919.254	3649.431	-33321.566
25.	Januari 2022	253.642	286781.544	3270.7169	-25565.262
26.	Februari 2022	236.957	287439.595	3009.4504	-45257.265
27.	Maret 2022	267.175	292222.125	3186.7583	-28593.284
28.	April 2022	257.001	292974.617	2943.3317	-31105.085
29.	Mei 2022	273.867	298202.842	3171.821	-28905.629
30.	Juni 2022	267.039	301171.844	3151.5391	-33727.205
31.	Juli 2022	280.900	304751.759	3194.3766	-24708.51
32.	Agustus 2022	287.988	313005.961	3700.3592	-35137.613
33.	September 2022	271.004	313284.513	3358.1785	-35436.898
34.	Oktober 2022	278.265	315188.17	3212.7264	-34014.127
35.	November 2022	266.581	313818.043	2754.441	-38071.336
36.	Desember 2022	277.643	315532.028	2650.3954	-35808.117

Berdasarkan tabel 4.14 dapat diketahui hasil nilai *level*, *trend*, *seasonal* pada produksi listrik. Nilai *level*, *trend*, *seasonal* terhitung januari 2020 sampai desember 2022. Dari hasil perhitungan nilai *level*, *trend*, *seasonal* dengan nilai

parameter  $\alpha=0,2$ ,  $\beta=0,1$ ,  $\gamma=0,5$  akan dilakukan percobaan untuk menemukan nilai *forecast* dan MAPE. Hasil perhitungan *forecast* dan mape terdapat pada tabel 4.15

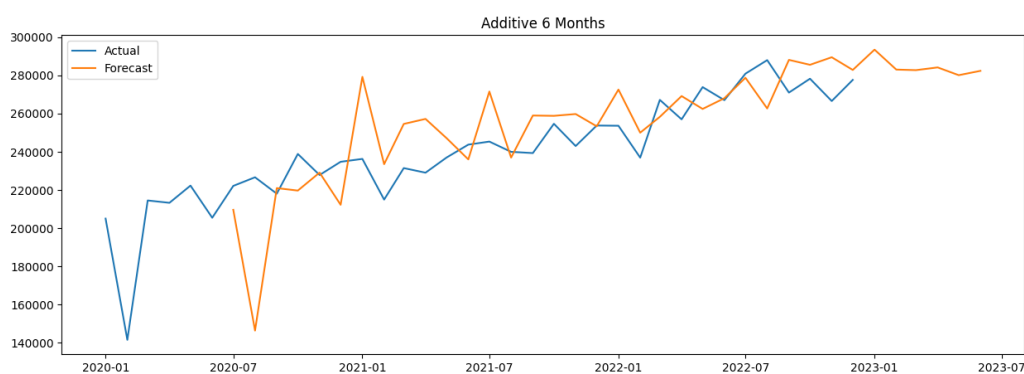
Tabel 4.15 Hasil Perhitungan *Forecast* dan MAPE Model Aditif Periode 6 Bulan

No.	Produksi Listrik PLN			MAPE
	Bulan/Tahun	Produksi	<i>Forecast</i>	
1.	Januari 2020	205.047		
2.	Februari 2020	141.599		
3.	Maret 2020	214.545		
4.	April 2020	213.309		
5.	Mei 2020	222.323		
6.	Juni 2020	205.502		
7.	Juli 2020	222.167	209662.86	5.6282611
8.	Agustus 2020	226.673	146464.96	35.38491
9.	September 2020	218.084	221015.14	1.3440439
10.	Oktober 2020	238.889	219720.54	8.0240021
11.	November 2020	227.860	229117.93	0.5520631
12.	Desember 2020	234.787	212271.79	9.5896313
13.	Januari 2021	236.291	279233.96	18.17376
14.	Februari 2021	214.994	233523.51	8.6186195
15.	Maret 2021	231.448	254591.08	9.9802475
16.	April 2021	229.078	257219.05	12.284484
17.	Mei 2021	237.012	247154.92	4.2794949
18.	Juni 2021	243.763	236034.27	3.170592
19.	Juli 2021	245.363	271553.38	10.674135
20.	Agustus 2021	239.991	236991.38	1.2498868
21.	September 2021	239.344	258998.49	8.2118144
22.	Oktober 2021	254.672	258833.1	1.6339052
23.	November 2021	243.022	259775.92	6.8939922
24.	Desember 2021	253.756	253361.22	0.1555751
25.	Januari 2022	253.642	272578.7	7.4659185
26.	Februari 2022	236.957	250021.33	5.5133744
27.	Maret 2022	267.175	258310.6	3.317824
28.	April 2022	257.001	269173.33	4.7362971
29.	Mei 2022	273.867	262443.53	4.171173
30.	Juni 2022	267.039	268054.1	0.3801306

No.	Produksi Listrik PLN			MAPE
	Bulan/Tahun	Produksi	Forecast	
31.	Juli 2022	280.900	278759.12	0.7621499
32.	Agustus 2022	287.988	262689.87	8.7844388
33.	September 2022	271.004	288114.04	6.3135735
34.	Oktober 2022	278.265	285538.61	2.6139136
35.	November 2022	266.581	289496.27	8.5959869
36.	Desember 2022	277.643	282846.28	1.8740897

Berdasarkan tabel 4.15 dapat diketahui hasil nilai *forecast* dan nilai rata-rata tingkat *error* dengan menggunakan rumus perhitungan MAPE pada data produksi listrik.

Dari hasil pengujian MAPE menggunakan nilai parameter  $\alpha=0,2$ ,  $\beta=0,1$ ,  $\gamma=0,5$  menghasilkan nilai MAPE dengan rata-rata persentase kesalahan 6,679%. Hasil perhitungan dengan nilai parameter  $\alpha=0,2$ ,  $\beta=0,1$ ,  $\gamma=0,5$ . Pada produksi listrik dapat diimplemetasikan dengan grafik data aktual dengan nilai *forecast*.



Gambar 4.5 Grafik Model Aditif Periode 6 bulan

Gambar 4.5 menunjukkan grafik hasil peramalan produksi listrik dengan metode *triple exponential smoothing holt-winters model aditif*. Dari grafik

menunjukkan perbedaan data actual produksi dengan nilai *forecast* produksi listrik. Nilai *forecast* terhitung mulai januari 2020 sampai desember 2023.

Gambar grafik 4.5 menunjukkan model aditif periode 6 bulan dari parameter  $\alpha=0,2$ ,  $\beta=0,1$ ,  $\gamma=0,5$  dengan nilai MAPE 6,679%. Data produksi listrik dimulai dari januari 2020 hingga desember 2022. Peramalan dimulai dari bulan juli 2020 hingga juni 2023. Pada bulan juli 2020 hingga bulan agustus 2020 mengalami pola penurunan. Setelah itu mengalami pola peningkatan dibulan januari 2021 hingga february 2021, lalu pola grafik naik dan turun berulang beberapa bulan sampai bulan juli 2022. Pada bulan juli 2022 hingga juni 2023 mengalami kenaikan yang signifikan.

Tabel 4.16 Hasil Perhitungan *Forecast* Periode 6 Bulan Tahun 2023

No.	Bulan/Tahun	Produksi	Bulan/Tahun	<i>forecast</i>
1.	Januari 2022	253.642	Januari 2023	293474.91
2.	Februari 2022	236.957	Febuari 2023	283045.81
3.	Maret 2022	267.175	Maret 2023	282746.53
4.	April 2022	257.001	April 2023	284169.3
5.	Mei 2022	273.867	Mei 2023	280112.09
6.	Juni 2022	267.039	Juni 2023	282375.31

Bedasarkan tabel 4.16 dapat diketahui hasil perhitungan *forecast* ditahun 2023 dengan nilai parameter  $\alpha=0,2$ ,  $\beta=0,1$ ,  $\gamma=0,5$  dan nilai MAPE 6,679%. Pada bulan januari sampai juni. Hasil perhitungan tersebut didapat dari nilai persentase terkecil yang menandakan bahwa hasil perhitungan *forecast* ini yang paling mendekati dari data produksi ditahun sebelumnya.

#### 4.1.6 Pengujian Metode *Holt-Winters* Model Aditif Periode 12 Bulan

Pengujian model pertama menggunakan periode waktu 12 bulan untuk metode pengujianya menggunakan metode *holt-winters* model aditif. Pada periode 12 bulan dengan parameter terbaiknya yakni  $\alpha=0,1$ ,  $\beta=0,1$ ,  $\gamma=0,4$ . Hasil dari pengujian ini terdapat pada tabel 4.17 yang menampilkan nilai *level*, *trend*, *seasonal* mulai januari 2020 sampai desember 2022. Tahapan selanjutnya setelah mengetahui nilai *level*, *trend*, *seasonal* akan dilakukan pencarian nilai *forecast* dan MAPE.

Tabel 4.17 Hasil Perhitungan Model Aditif Periode 12 Bulan

No.	Bulan/Tahun	Produksi	Level	Trend	Seasonal
1.	Januari 2020	205.047			-9185.08333
2.	Februari 2020	141.599			-77619.9146
3.	Maret 2020	214.545			-14138.4175
4.	April 2020	213.309			-19833.0254
5.	Mei 2020	222.323			-15285.0773
6.	Juni 2020	205.502			-36577.1586
7.	Juli 2020	222.167			-26842.6191
8.	Agustus 2020	226.673			-28073.885
9.	September 2020	218.084			-41586.9382
10.	Oktober 2020	238.889			-26584.1309
11.	November 2020	227.860			-43022.2017
12.	Desember 2020	234.787	214232.08	2069.36806	-41545.9117
13.	Januari 2021	236.291	219218.91	2361.11438	1317.78417
14.	Februari 2021	214.994	228683.42	3071.45323	-52047.7158
15.	Maret 2021	231.448	233142.03	3210.1687	-9144.66068
16.	April 2021	229.078	237608.08	3335.75701	-15311.8462
17.	Mei 2021	237.012	242079.16	3449.28944	-11197.9098
18.	Juni 2021	243.763	249009.62	3797.40655	-24044.9428
19.	Juli 2021	245.363	254746.88	3991.39248	-19859.1254
20.	Agustus 2021	239.991	259670.94	4084.65856	-24716.3063
21.	September 2021	239.344	265473.13	4256.41197	-35403.8153
22.	Oktober 2021	254.672	270882.2	4371.67785	-22434.5592

No.	Bulan/Tahun	Produksi	Level	Trend	Seasonal
23.	November 2021	243.022	276332.91	4479.58107	-39137.6857
24.	Desember 2021	253.756	282261.43	4624.47526	-36329.7209
25.	Januari 2022	253.642	283429.74	4278.85832	-11124.4257
26.	Februari 2022	236.957	287838.21	4291.81949	-51581.1137
27.	Maret 2022	267.175	290548.99	4133.7158	-14836.3937
28.	April 2022	257.001	292445.72	3910.01717	-23364.9968
29.	Mei 2022	273.867	295226.66	3797.10887	-15262.6086
30.	Juni 2022	267.039	298229.78	3717.71064	-26903.279
31.	Juli 2022	280.900	301828.66	3705.82695	-20286.9381
32.	Agustus 2022	287.988	306251.47	3777.52518	-22135.1703
33.	September 2022	271.004	309666.87	3741.31341	-36707.4387
34.	Oktober 2022	278.265	312137.32	3614.22713	-27009.6653
35.	November 2022	266.581	314748.27	3513.89847	-42749.5174
36.	Desember 2022	277.643	317833.22	3471.00405	-37873.9202

Berdasarkan tabel 4.17 dapat diketahui hasil nilai *level*, *trend*, *seasonal* pada produksi listrik. Nilai *level*, *trend*, *seasonal* terhitung januari 2020 sampai desember 2022. Dari hasil perhitungan nilai *level*, *trend*, *seasonal* dengan nilai parameter  $\alpha=0,1$ ,  $\beta=0,1$ ,  $\gamma=0,4$  akan dilakukan percobaan untuk menemukan nilai *forecast* dan MAPE. Hasil perhitungan *forecast* dan mape terdapat pada tabel 4.18.

Tabel 4.18 Hasil Pehitungan *Forecast* dan MAPE Model Aditif Periode 12 Bulan

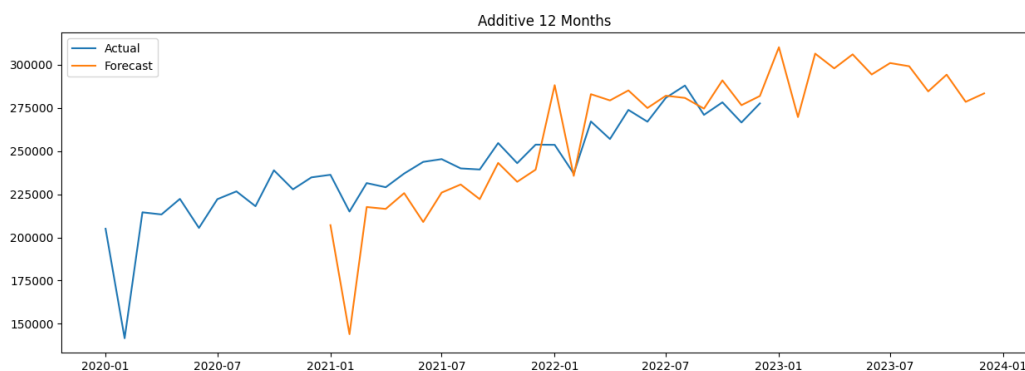
No.	Produksi Listrik PLN			MAPE
	Bulan/Tahun	Produksi	Forecast	
1.	Januari 2020	205.047		
2.	Februari 2020	141.599		
3.	Maret 2020	214.545		
4.	April 2020	213.309		
5.	Mei 2020	222.323		
6.	Juni 2020	205.502		
7.	Juli 2020	222.167		
8.	Agustus 2020	226.673		
9.	September 2020	218.084		



No.	Produksi Listrik PLN			MAPE
	Bulan/Tahun	Produksi	Forecast	
10.	Oktober 2020	238.889		
11.	November 2020	227.860		
12.	Desember 2020	234.787		
13.	Januari 2021	236.291	207117.37	12.346485
14.	Februari 2021	214.994	143961.11	33.039473
15.	Maret 2021	231.448	217617.45	5.9919075
16.	April 2021	229.078	216520.17	5.4819019
17.	Mei 2021	237.012	225659.76	4.7897334
18.	Juni 2021	243.763	208952.29	14.280556
19.	Juli 2021	245.363	225965.41	7.9056718
20.	Agustus 2021	239.991	230665.39	3.8858155
21.	September 2021	239.344	222169.66	7.1755889
22.	Oktober 2021	254.672	243146.41	4.5256597
23.	November 2021	243.022	232232.68	4.4396483
24.	Desember 2021	253.756	239267.58	5.7095867
25.	Januari 2022	253.642	288204.69	13.626566
26.	Februari 2022	236.957	235661.88	0.546562
27.	Maret 2022	267.175	282986.37	5.9179824
28.	April 2022	257.001	279371.86	8.704582
29.	Mei 2022	273.867	285158.83	4.1231072
30.	Juni 2022	267.039	274979.82	2.9736566
31.	Juli 2022	280.900	282089.37	0.4234135
32.	Agustus 2022	287.988	280819.18	2.4892781
33.	September 2022	271.004	274626.18	1.3365767
34.	Oktober 2022	278.265	290974.63	4.5674548
35.	November 2022	266.581	276614.87	3.7639089
36.	Desember 2022	277.643	281933.44	1.5453091

Berdasarkan tabel 4.18 dapat diketahui hasil nilai *forecast* dan nilai rata-rata tingkat *error* dengan menggunakan rumus perhitungan MAPE pada data produksi listrik.

Dari hasil pengujian MAPE menggunakan nilai parameter  $\alpha=0,1$ ,  $\beta=0,1$ ,  $\gamma=0,4$  menghasilkan nilai MAPE dengan rata-rata persentase kesalahan 6,648%. Hasil perhitungan dengan nilai parameter  $\alpha=0,1$ ,  $\beta=0,1$ ,  $\gamma=0,4$ . Pada produksi listrik dapat diimplemetasikan dengan grafik data actual dengan nilai *forecast*.



Gambar 4.6 Grafik Model Aditif Periode 12 Bulan

Gambar 4.6 menunjukkan grafik hasil peramalan produksi listrik dengan metode *triple exponential smoothing holt-winters* model aditif. dari grafik menunjukkan perbedaan data actual produksi dengan nilai *forecast* produksi listrik. Nilai *forecast* terhitung mulai januari 2020 sampai desember 2023.

Gambar grafik 4.6 menunjukkan model aditif periode 12 bulan dari parameter  $\alpha=0,1$ ,  $\beta=0,1$ ,  $\gamma=0,4$  dengan nilai MAPE 6,648%. Data produksi listrik dimulai dari januari 2020 hingga desember 2022. Peramalan dimulai dari bulan januari 2021 hingga desember 2023. Pada bulan januari 2021 hingga bulan february 2021 mengalami pola penurunan. Setelah itu mengalami pola peningkatan dibulan maret 2021 hingga januari 2022, lalu pola grafik naik dan turun berulang beberapa bulan sampai bulan maret 2023. Pada bulan april 2023 hingga desember 2023 mengalami penurunan yang signifikan.

Tabel 4.19 Hasil Perhitungan *Forecast* Periode 12 Bulan Tahun 2023

No.	Bulan/Tahun	Produksi	Bulan/Tahun	Forecast
1.	Januari 2022	253.642	Januari 2023	310180.8
2.	Februari 2022	236.957	Februari 2023	269724.11
3.	Maret 2022	267.175	Maret 2023	306468.83
4.	April 2022	257.001	April 2023	297940.23
5.	Mei 2022	273.867	Mei 2023	306042.61
6.	Juni 2022	267.039	Juni 2023	294401.94
7.	Juli 2022	280.900	Juli 2023	301018.29
8.	Agustus 2022	287.988	Agustus 2023	299170.05
9.	September 2022	271.004	September 2023	284597.78
10.	Oktober 2022	278.265	Oktober 2023	294295.56
11.	November 2022	266.581	November 2023	278555.71
12.	Desember 2022	277.643	Desember 2023	283431.3

Bedasarkan tabel 4.19 dapat diketahui hasil perhitungan *forecast* ditahun 2023 dengan nilai parameter  $\alpha=0,1$ ,  $\beta=0,1$ ,  $\gamma=0,4$  dan nilai MAPE 6,648%. Pada bulan januari sampai desember. Hasil perhitungan tersebut didapat dari nilai persentase terkecil yang menandakan bahwa hasil perhitungan *forecast* ini yang paling mendekati dari data produksi ditahun sebelumnya.

## 4.2 Pembahasan

Metode *Triple Exponential Smoothing Holt-Winters* model *multiplikatif* dengan rentang waktu 3 bulan memiliki MAPE sebesar 6,046% dengan nilai parameter  $\alpha=0,3$ ,  $\beta=0,2$ ,  $\gamma=0,9$  untuk menghasil produksi listrik bulan januari 2023 sebanyak 280381 sedangkan dengan rentang waktu peramalan untuk 6 bulan memiliki MAPE sebesar 7,051% dengan nilai parameter  $\alpha=0,1$ ,  $\beta=0,1$ ,  $\gamma=0,6$  untuk menghasil produksi listrik bulan januari 2023 sebanyak 297134 dan dalam rentang waktu 12 diperoleh nilai MAPE sebesar 7,08% dengan nilai

parameter  $\alpha=0,1$ ,  $\beta=0,1$ ,  $\gamma=0,5$  untuk menghasilkan produksi listrik bulan januari 2023 sebanyak 315953.

Metode *Triple Exponential Smoothing Holt-Winters* model aditif dengan rentang waktu 3 bulan memiliki MAPE sebesar 5,690% dengan nilai parameter  $\alpha=0,3$ ,  $\beta=0,2$ ,  $\gamma=0,8$  untuk menghasilkan produksi listrik bulan januari 2023 sebanyak 280629 sedangkan dengan rentang waktu peramalan untuk 6 bulan memiliki MAPE sebesar 6,679% dengan nilai parameter  $\alpha=0,2$ ,  $\beta=0,1$ ,  $\gamma=0,5$  untuk menghasilkan produksi listrik bulan januari 2023 sebanyak 293474 dan dalam rentang waktu 12 diperoleh nilai MAPE sebesar 6,64% dengan nilai parameter  $\alpha=0,1$ ,  $\beta=0,1$ ,  $\gamma=0,4$  untuk menghasilkan produksi listrik bulan januari 2023 sebanyak 310180.

Perbandingan metode *Triple Exponential Smoothing Holt-Winters* model multiplikatif dan model aditif berdasarkan pengujian yang telah dilakukan pada poin 4.1.1 sampai 4.1.7 dapat disimpulkan bahwa nilai MAPE terkecil diperoleh pada metode *Triple Exponential Smoothing Holt-Winters* model aditif dengan rentang waktu 3 bulan sebesar 5,690% dengan parameter  $\alpha=0,3$ ,  $\beta=0,2$ ,  $\gamma=0,8$ , sedangkan MAPE terkecil diperoleh pada metode *Triple Exponential Smoothing Holt-Winters* model multiplikatif dengan rentang waktu 6 bulan sebesar 7,050% dengan parameter  $\alpha=0,1$ ,  $\beta=0,1$ ,  $\gamma=0,6$ . Sedangkan untuk nilai MAPE terkecil diperoleh pada metode *Triple Exponential Smoothing Holt-Winters* model aditif dengan rentang waktu 12 bulan sebesar 6,649% dengan parameter  $\alpha=0,1$ ,  $\beta=0,1$ ,  $\gamma=0,4$ .

Dari hal tersebut, maka *Triple Exponential Smoothing Holt-Winters* model aditif dengan rentang waktu 3 bulan dapat memberikan hasil peramalan yang lebih baik dari pada *Triple Exponential Smoothing Holt-Winters* model multiplikatif. *Triple Exponential Smoothing Holt-Winters* model aditif dengan rentang waktu 6 bulan dapat memberikan hasil peramalan yang lebih baik dari pada *Triple Exponential Smoothing Holt-Winters* model multiplikatif. maka *Triple Exponential Smoothing Holt-Winters* model aditif dengan rentang waktu 12 bulan dapat memberikan hasil peramalan yang lebih baik dari pada *Triple Exponential Smoothing Holt-Winters* model multiplikatif.

Pada proses perhitungan peramalan menggunakan *Triple Exponential Smoothing Holt-Winters* model multiplikatif dan *aditif* tidak jauh berbeda. Dari hasil perbandingan data actual dan nilai *forecast* yang diketahui dari kedua model tersebut mampu menghasilkan rata-rata nilai *error* yang terbaik berkisar antara 5%-7% dengan menggunakan pengujian MAPE.

Tabel 4.20 Perbandingan Perhitungan MAPE Model Multiplikatif Periode 3 Bulan

No.	Alpha	Beta	Gamma	MAPE
1.	0,1	0,1	0,1	14,072%
2.	0,1	0,1	0,2	11,259%
....	....	....	....	....
177.	0,3	0,2	0,8	6,050%
178.	0,3	0,2	0,9	6,046%
179.	0,3	0,3	0,1	12,44%
....	....	....	....	....
729.	0,9	0,9	0,9	23,993%

Berdasarkan tabel 4.20 dapat diketahui hasil perbandingan nilai parameter dari metode *triple exponential smoothing holt winters* model multiplikatif dengan

periode peramalan selama 3 bulan dari 729 kali percobaan dan mengetahui hasil persentase dari perhitungan nilai MAPE kecil hingga yang besar.

Tabel 4.21 Perbandingan Perhitungan MAPE Model Multiplikatif Periode 6 Bulan

No.	Alpha	Beta	Gamma	MAPE
1.	0,1	0,1	0,1	10,465%
2.	0,1	0,1	0,2	8,960%
3.	0,1	0,1	0,3	7,964%
4.	0,1	0,1	0,4	7,288%
5.	0,1	0,1	0,5	7,058%
6.	0,1	0,1	0,6	7,051%
7.	0,1	0,1	0,7	7,107%
....	....	....	....	....
729.	0,9	0,9	0,9	27,918%

Berdasarkan tabel 4.21 dapat diketahui hasil perbandingan nilai parameter dari metode *triple exponential smoothing holt winters* model multiplikatif dengan periode peramalan selama 6 bulan dari 729 kali percobaan dan mengetahui hasil persentase dari perhitungan nilai MAPE kecil hingga yang besar

Tabel 4.22 Perbandingan Perhitungan MAPE Model Multiplikatif Periode 12 Bulan

No.	Alpha	Beta	Gamma	MAPE
1.	0,1	0,1	0,1	7,451%
2.	0,1	0,1	0,2	7,345%
3.	0,1	0,1	0,3	7,238%
4.	0,1	0,1	0,4	7,160%
5.	0,1	0,1	0,5	7,080%
6.	0,1	0,1	0,6	7,222%
....	....	....	....	....
729.	0,9	0,9	0,9	22,279%

Berdasarkan tabel 4.22 dapat diketahui hasil perbandingan nilai parameter dari metode *triple exponential smoothing holt winters* model multiplikatif dengan

periode peramalan selama 12 bulan dari 729 kali percobaan dan mengetahui hasil persentase dari perhitungan MAPE kecil hingga yang besar.

Tabel 4.23 Perbandingan Perhitungan MAPE Model aditif Periode 3 Bulan

No.	Alpha	Beta	Gamma	MAPE
1.	0,1	0,1	0,1	12,304%
2.	0,1	0,1	0,2	10,777%
....	....	....	....	....
178.	0,3	0,2	0,7	5,739%
179.	0,3	0,2	0,8	5,690%
180.	0,3	0,2	0,9	5,727%
....	....	....	....	....
729.	0,9	0,9	0,9	18,695%

Berdasarkan tabel 4.23 dapat diketahui hasil perbandingan nilai parameter dari metode *triple exponential smoothing holt winters* model aditif dengan periode peramalan selama 3 bulan dari 729 kali percobaan dan mengetahui hasil persentase dari perhitungan nilai MAPE kecil hingga yang besar.

Tabel 4.24 Perbandingan Perhitungan MAPE Model aditif Periode 6 Bulan

No.	Alpha	Beta	Gamma	MAPE
1.	0,1	0,1	0,1	8,638%
2.	0,1	0,1	0,2	7,880%
....	....	....	....	....
85	0,2	0,1	0,4	6,764%
86.	0,2	0,1	0,5	6,679%
87.	0,2	0,1	0,6	6,710%
....	....	....	....	....
729.	0,9	0,9	0,9	21,309%

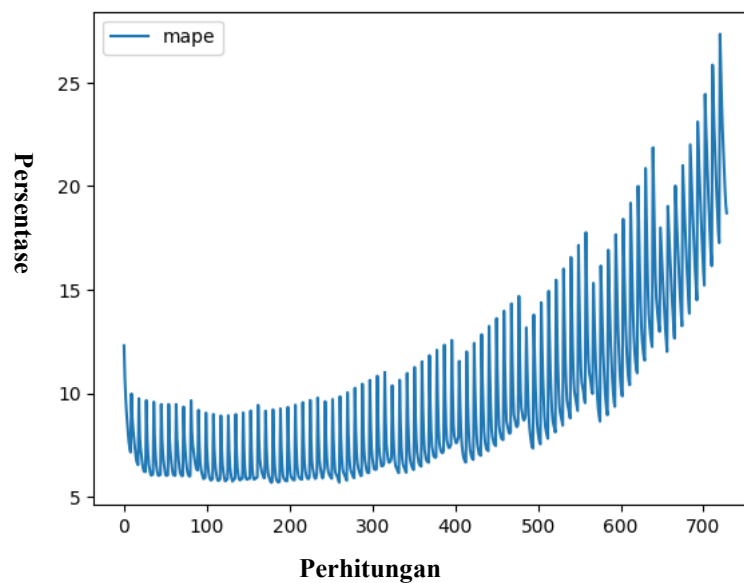
Berdasarkan tabel 4.23 dapat diketahui hasil perbandingan nilai parameter dari metode *triple exponential smoothing holt winters* model aditif dengan periode

peramalan selama 6 bulan dari 729 kali percobaan dan mengetahui hasil persentase dari perhitungan nilai MAPE kecil hingga yang besar.

Tabel 4.25 Perbandingan Perhitungan MAPE Model aditif Periode 12 Bulan

No.	Alpha	Beta	Gamma	MAPE
1.	0,1	0,1	0,1	6,806%
2.	0,1	0,1	0,2	6,754%
3.	0,1	0,1	0,3	6,701%
4.	0,1	0,1	0,4	6,649%
5.	0,1	0,1	0,5	6,766%
6.	0,1	0,1	0,6	6,928%
....	....	....	....	....
729.	0,9	0,9	0,9	14,740%

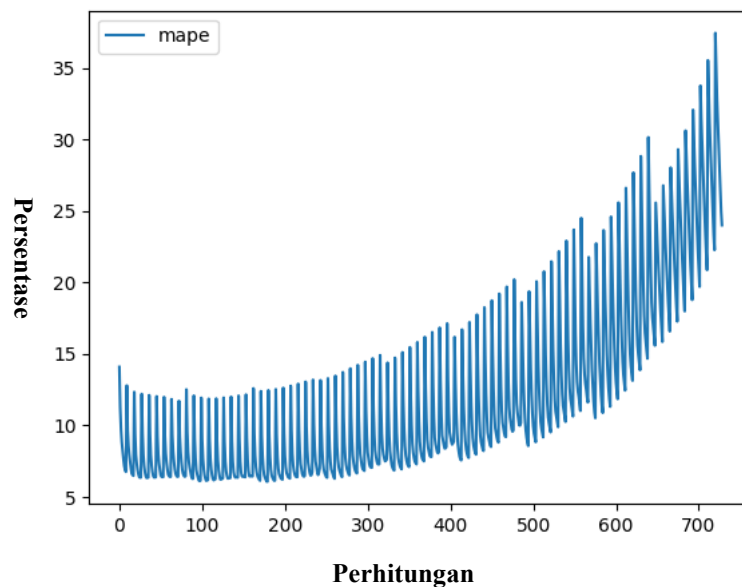
Berdasarkan tabel 4.25 dapat diketahui hasil perbandingan nilai parameter dari metode *triple exponential smoothing holt winters* model aditif dengan periode peramalan selama 12 bulan dari 729 kali percobaan dan mengetahui hasil persentase dari perhitungan nilai MAPE kecil hingga yang besar.



Gambar 4.7 Grafik MAPE Model Aditif



Gambar 4.7 menunjukkan grafik MAPE Model Aditif periode 3 bulan yang menjelaskan tingkat kesalahan rata-rata persentase atau MAPE dari 729 kali perhitungan. Dari 729 kali perhitungan didapat hasil MAPE terbaiknya yaitu parameter  $\alpha=0,3$ ,  $\beta=0,2$ ,  $\gamma=0,8$ . Grafik ini memberikan gambaran yang jelas mengenai tingkat akurasi peramalan model tersebut. Semakin rendah nilai persentase nilai MAPE, maka semakin tinggi tingkat akurasi peramalan model tersebut.



Gambar 4.8 Grafik MAPE Model Multiplikatif

Gambar 4.8 menunjukkan grafik MAPE Model multiplikatif periode 3 bulan yang menjelaskan tingkat kesalahan rata-rata persentase atau MAPE dari 729 kali perhitungan. Dari 729 kali perhitungan didapat hasil MAPE terbaiknya yaitu parameter  $\alpha=0,3$ ,  $\beta=0,2$ ,  $\gamma=0,9$ . Grafik ini memberikan gambaran yang jelas mengenai tingkat akurasi peramalan model tersebut. Semakin rendah nilai

persentase nilai MAPE, maka semakin tinggi tingkat akurasi peramalan model tersebut.

Berdasarkan analisa gambar grafik MAPE model aditif dan model multiplikatif, terlihat bahwa nilai MAPE memiliki variasi yang signifikan. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai MAPE dapat dikelompokkan menjadi dua kategori, yaitu faktor yang bernilai kecil dan faktor yang bernilai besar.

Faktor-faktor yang bernilai kecil, seperti tingkat ketelitian data, metode pemodelan yang akurat, dan ukuran sampel yang besar, memiliki pengaruh positif terhadap penurunan nilai MAPE. Dengan memiliki data aktual yang akurat, menggunakan metode prediksi yang canggih, dan memperbesar ukuran sampel, model atau metode prediksi cenderung memberikan hasil yang lebih akurat dan menghasilkan nilai MAPE yang lebih rendah.

Di sisi lain, faktor-faktor yang bernilai besar, seperti kesalahan dalam metode prediksi, ketidakpastian dalam data aktual, dan ketidakstabilan faktor eksternal, dapat menyebabkan nilai MAPE menjadi tinggi. Jika metode prediksi yang digunakan tidak tepat, jika terdapat fluktuasi atau ketidakpastian dalam data aktual, atau jika terjadi perubahan signifikan dalam faktor eksternal, tingkat kesalahan prediksi akan meningkat dan nilai MAPE akan lebih tinggi.

Dengan memperhatikan faktor-faktor ini, penting untuk mengidentifikasi dan meminimalkan faktor-faktor yang dapat menyebabkan nilai MAPE tinggi. Upaya untuk meningkatkan akurasi dan ketelitian data aktual, memilih metode prediksi yang sesuai, dan memantau serta menyesuaikan faktor-faktor eksternal dapat

membantu mengoptimalkan performa model atau metode prediksi, yang ditunjukkan oleh penurunan nilai MAPE dalam grafik.

Dari hasil pembahasan diatas dapat disimpulkan bahwa nilai persentase rata-rata *error* metode *Triple Exponential Smoothing Holt-Winters* model aditif memiliki rata-rata terkecil 6% dengan hasil akurasi yang lebih baik dibandingkan dengan metode *Triple Exponential Smoothing Holt-Winters* model multiplikatif. Implementasi metode *Triple Exponential Smoothing Holt-Winters* model aditif maupun pada system peramalan data produksi listrik dapat dikatakan memiliki hasil akurasi yang baik.

### 4.3 Integrasi Islam

Peramalan adalah istilah yang bisa digunakan untuk meramalkan suatu keadaan maupun kondisi yang akan datang. Peramalan juga sering dijadikan acuan untuk mengambil keputusan terhadap apa yang akan dilakukan.

Metode *Triple Exponential Smoothing Holt-Winters* berhasil diimplementasikan ke dalam peramalan produksi listrik yang dapat digunakan sebagai acuan pihak konsumen baik berasal dari penggunaan rumah tangga atau kebutuhan yang lain untuk mampu menganalisa kondisi dan memperkirakan berbagai kemungkinan di masa yang akan datang seperti memperkirakan penjualan dan permintaan pelanggan agar stok bahan baku tidak mengalami kekurangan atau kelangkaan jumlah produksi listrik.

Sebagaimana firman Allah pada al-qur'an :

فَالِقُ الْإِصْبَاحِ وَجَعَلَ اللَّيْلَ سَكَنًا وَالشَّمْسَ وَالْقَمَرَ حُسْبَانًا يَذُكُّ تَقْدِيرُ الْعَزِيزِ الْعَلِيمِ

*“Dia menyingsingkan pagi dan menjadikan malam untuk beristirahat, dan (menjadikan) matahari dan bulan untuk perhitungan. Itulah ketentuan Allah Yang Mahaperkasa lagi Maha Mengetahui”.* (Q.S AL-An’am: 96)

Kandungan ayat tersebut dalam tafsir Ibnu Katsir menjelaskan bahwa kalimat *“Dia menyingsingkan pagi dan menjadikan malam untuk beristirahat.”* Ayat ini memiliki makna bahwa Dialah yang menciptakan cahaya dan kegelapan, seperti juga yang terkandung pada surat al-an’am ayat 1 *“dan mengadakan gelap dan terang”* yang memiliki kandungan didalamnya yaitu Dia Yang Maha Suci menyingsingkan gelapnya malam hari pada pagi hari, sehingga alam menjadi terang, dan cakrawala tampak terang-benderang. Gelapnya malam hari hilang berangsur-angsur dan pergi membawa kegelapannya, lalu datanglah siang hari dengan sinarnya yang terang. Untuk lanjutan bunyi ayatnya yang artinya *“dan (menjadikan) matahari dan bulan untuk perhitungan.”* ayat ini memiliki makna bahwa yakni keduanya beredar menurut perhitungan yang pasti rapi, tidak berubah dan tidak kacau, melainkan masing-masing dari keduanya mempunyai garis edar yang ditempuh oleh masing-masing dalam musim panas dan musim dinginnya. Sebagai akibat dari hal tersebut, maka berbeda-bedalah panjang dan pendek malam dan siang hari. Untuk lanjutan bunyi ayatnya yang artinya *“Itulah ketentuan Allah Yang Maha Perkasa lagi Maha Mengetahui.”* Ayat ini memiliki arti makna semuanya beredar berdasarkan pengaturan dari Tuhan Yang Mahaperkasa, tanpa membangkang dan tanpa menentang, lagi Maha Mengetahui segala sesuatu. Maka tidak ada sesuatu pun yang tersembunyi dari pengetahuannya barang sebesar zarah pun, baik yang ada di bumi maupun yang ada di langit. Dalam Al-Qur'an apabila Allah menyebutkan tentang penciptaan malam, siang,

matahari, dan bulan sering kali diakhiri dengan penyebutan sifat perkasa dan sifat mengetahui, seperti yang terdapat dalam ayat ini. Dan juga firman Allah pada Q.S AL-Qashash [28] Ayat 73:

وَمِنْ رَحْمَتِهِ ۖ جَعَلَ لَكُمْ اللَّيْلَ وَالنَّهَارَ لِتَسْكُنُوا فِيهِ وَلِتَبْتَغُوا مِنْ فَضْلِهِ ۗ وَلَعَلَّكُمْ تَشْكُرُونَ

“Dan karena rahmat-Nya, Dia jadikan untukmu malam dan siang supaya kamu beristirahat pada malam itu dan supaya kamu mencari sebagian dari karunia-Nya (pada siang hari) dan agar kamu bersyukur kepada-Nya.” (Q.S AL-Qashash: 73)

Kandungan ayat tersebut dalam tafsir Ibnu Katsir menjelaskan bahwa kalimat “Dan karena rahmat-Nya (kepada kalian) Dia jadikan untukmu malam dan siang.” Penggalan ayat ini memiliki arti yakni Dia menciptakan siang dan malam hari. Potongan ayat selanjutnya “supaya kamu beristirahat pada malam itu dan supaya kamu mencari sebagian dari karunia-Nya.” potongan ayat ini memiliki arti yakni pada siang hari dengan melakukan perjalanan, berpergian, dan melakukan aktivitas serta kesibukan. Ungkapan ini menurut istilah ilmu balagh dinamakan *Al laf dan nasyr*. Pada potongan ayat selanjutnya “dan agar kamu bersyukur kepada-Nya.” Arti tafsir dari potongan ayat ini yakni bersyukur kepada Allah dengan melakukan berbagai macam ibadah di malam dan siang hari; dan barang siapa yang meninggalkan sesuatu dari ibadah itu di malam harinya, maka ia dapat mengqadanya di siang hari; atau jika ia meninggalkannya di siang hari, maka dapat mengqadanya di malam hari. Dan juga firman Allah terdapat pada surat Luqman ayat 34:

إِنَّ اللَّهَ عِنْدَهُ عِلْمُ السَّاعَةِ وَيُنزِلُ الْغَيْثَ وَيَعْلَمُ مَا فِي الْأَرْحَامِ وَمَا تَدْرِي نَفْسٌ مَآذَا تَكْسِبُ غَدًا وَمَا تَدْرِي نَفْسٌ بِأَيِّ أَرْضٍ تَمُوتُ إِنَّ اللَّهَ عَلِيمٌ خَبِيرٌ ۗ

*“Sesungguhnya Allah, hanya pada sisi-Nya sajalah pengetahuan tentang hari kiamat; dan Dialah Yang menurunkan hujan, dan mengetahui apa yang ada di dalam rahim. Dan tiada seorang pun yang dapat mengetahui (dengan pasti) apa yang akan diusahakannya besok. Dan tiada seorang pun yang dapat mengetahui di bumi mana dia akan mati. Sesungguhnya Allah Maha Mengetahui lagi Maha Mengenal.”* (QS. Luqman:34)

Hari perhitungan amal adalah dimana allah memperlihatkan kepada hamba-hamba-Nya tentang amal mereka. Allah ta’ala berfirman:

إِنَّ إِلَيْنَا إِيَابَهُمْ ثُمَّ إِنَّ عَلَيْنَا حِسَابَهُمْ ء

*“Sungguh, kepada Kami-lah mereka kembali. kemudian sesungguhnya (kewajiban) Kami-lah membuat perhitungan atas mereka.”* (QS. Al-Ghasyiyah: 25 – 26)

Rasulullah shallallahu ‘alaihi wa sallam sering berdoa di dalam sholat dengan mengucapkan:

اَللّٰهُمَّ حَاسِبِيْ حِسَابًا يَّسِيْرًا

*“Ya Allah, hisablah diriku dengan hisab yang mudah.”* (HR.Ahmad)

Kemudian ‘Aisyah radhiyallahu ‘anha bertanya tentang apa itu hisab yang mudah? Rasulullah shallallahu ‘alaihi wa sallam menjawab: “Allah memperlihatkan kitab (hamba)-Nya kemudian Allah memaafkannya begitu saja. Barangsiapa yang dipersulit hisabnya, niscaya ia akan binasa.” (Diriwayatkan oleh Ahmad, VI/48, 185, al-Hakim, I/255, dan Ibnu Abi ‘Ashim dalam Kitaabus Sunnah, no. 885. Hadits ini dinilai shohih oleh al-Hakim dan adz-Dzahabi)

## BAB V

### PENUTUP

Bab ini akan menjelaskan kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan pada bab sebelumnya tentang implementasi metode *Triple Exponential Smoothing Holt-Winters* untuk peramalan produksi listrik kecamatan timpah di Kalimantan Selatan. Saran yang disampaikan peneliti ketika penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi sehingga menghasilkan penelitian yang lebih baik di masa mendatang.

#### 5.1 Kesimpulan

Peramalan metode *triple exponential smoothing* pada periode 3 bulan yang terbaik adalah aditif dengan parameter  $\alpha=0,3$ ,  $\beta=0,2$ ,  $\gamma=0,8$  dan nilai MAPE 5,690%. Sedangkan untuk periode 12 bulan yang terbaik adalah aditif dengan parameter  $\alpha=0,1$ ,  $\beta=0,1$ ,  $\gamma=0,4$  dan nilai MAPE 6,649%. Dan untuk peramalan dengan periode 6 bulan yang terbaik adalah aditif dengan parameter  $\alpha=0,1$ ,  $\beta=0,1$ ,  $\gamma=0,6$  dan nilai MAPE 7,050%. Hasil analisa dari 3 periode tersebut di atas yang terbaik adalah aditif dengan periode 3 bulan dengan nilai MAPE terkecil yaitu 5,690%. Hal ini dikarenakan nilai peramalan cenderung meningkat pada setiap periode yang disebabkan oleh beberapa faktor seperti trend positif, efek musiman yang meningkat dan komponen level mengikuti pola peningkatan.

#### 5.2 Saran

Saran yang dapat penulis sampaikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut :

1. Pada penelitian ini dilakukan peralaman produksi listrik berdasarkan periode diantaranya 3, 6, 12 periode. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat dilakukan peramalan dengan periode yang berbeda sekaligus menambah jumlah data peramalan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Akolo, I. R. (2019). Perbandingan Exponential Smoothing Holt-Winters Dan Arima Pada Peramalan Produksi Padi Di Provinsi Gorontalo. *Jurnal Technopreneur (JTech)*, 7(1), 20–26. <https://doi.org/10.30869/jtech.v7i1.314>
- Aryati, A., Purnamasari, I., & Nasution, Y. N. (2020). Peramalan dengan Menggunakan Metode Holt-Winters Exponential Smoothing (Studi Kasus: Jumlah Wisatawan Mancanegara yang Berkunjung Ke Indonesia) Forecasting using the method of Holt-Winters Exponential Smoothing (Case Study: Number of Foreign Tourists Visiting Indonesia). *Jurnal EKSPONENSIAL*, 11(1).
- Danilov, K., & Maltseva, S. (2021). Energy consumption forecasting as a service. *Proceedings - 2021 IEEE 23rd Conference on Business Informatics, CBI 2021 - Main Papers*, 2, 167–172. <https://doi.org/10.1109/CBI52690.2021.10068>
- Despa, D., Arinto, F., Delano, J., Ardhi Muhammad, M., Teknik Elektro, J., Teknik, F., Lampung, U., Soemantri Brojonegoro no, J., & Lampung, B. (2019). *Prediksi Kebutuhan Listrik Tiga Fase Dengan Jaringan Syaraf Tiruan Berdasarkan Data Erte System Universitas Lampung*.
- Fitri, A., Anwar, S., Zohra, A. F., & Nasution, M. H. (2018). Peramalan Laju Inflasi Bulanan Kota Padang Menggunakan Metode Triple Exponential Smoothing Forecasting Monthly Inflation Rate Of Padang City Using Triple Exponential Smoothing Method. *Agustus*, 21(2), 1–10. <https://doi.org/10.22437/jiseb.v21i2.6050>
- Gede, I., Sri Budarsa, K., Wayan, I., Ardana, R., Luh, ✉, Suardani, G. P., & Muliana, I. P. (2022). *Household Electricity Utilization Monitoring System Using Microcontroller Based SCADA*. <https://doi.org/10.32996/jcsts>
- Lestari, S., Ahmar, A. S., & Ruliana, R. (2020). Eksplorasi Metode Triple Exponential Smoothing Pada Peramalan Jumlah Penggunaan Air Bersih di PDAM Kota Makassar. *VARIANSI: Journal of Statistics and Its Application on Teaching and Research*, 2(3), 128. <https://doi.org/10.35580/variansiunm14641>
- Montgomery, D. C., Jennings, C. L., & Kulahci, M. (n.d.). *Wiley Series in Probability and Statistics*.
- Nangi, J., Hartinah Indrianti, S., & Pramono, B. (2018). Peramalan Persediaan Obat Menggunakan Metode Triple Exponential Smoothing (Tes) (Studi Kasus : Instalasi Farmasi Rsud Kab. Muna). *Peramalan Persediaan Obat Menggunakan Metode Triple Exponential Smoothing (TES) (Studi Kasus : Instalasi Farmasi RSUD KAB.MUNA)*, 4(1), 135–142.
- Navarro, M. M., & Navarro, B. B. (2019). *Optimal Short-Term Forecasting Using GA-Based Holt-Winters Method*.

- Nugroho, N. A., Purqon, A., Bumi, L. F., Keahlian, K., Bumi, F., & Kompleks, S. (2015). *Analisis 9 Saham Sektor Industri di Indonesia Menggunakan Metode SVR*.
- Nurvianti, I., Darma Setiawan, B., & Abdurrachman Bachtiar, F. (2019). *Perbandingan Peramalan Jumlah Penumpang Keberangkatan Kereta Api di DKI Jakarta Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing dan Triple Exponential Smoothing* (Vol. 3, Issue 6). <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- Omar, M. S., & Kawamukai, H. (2021). Prediction of NDVI using the Holt-Winters model in high and low vegetation regions: A case study of East Africa. *Scientific African*, 14. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e01020>
- Prayudani, S., Hizriadi, A., Lase, Y. Y., Fatmi, Y., & Al-Khowarizmi. (2019). Analysis Accuracy of Forecasting Measurement Technique on Random K-Nearest Neighbor (RKNN) Using MAPE and MSE. *Journal of Physics: Conference Series*, 1361(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1361/1/012089>
- Rini Oktaviani, Dwi Marisa Midyanti, & Syamsul Bahri. (2021). Implementasi Metode Regresi Linear Untuk Prediksi Kebutuhan Energi Listrik Pln Rayon Sintang Berbasis Website. *Implementasi Metode Regresi Linear Untuk Prediksi Kebutuhan Energi Listrik Pln Rayon Sintang Berbasis Website*, 09, 119–130.
- Rumini, & Norhikmah. (2020). *Perbandingan Metode ARIMA Dan Exponential Smoothing Holt-Winters Untuk Peramalan Data Kunjungan*. 9.
- Safitri, T., Dwidayati, N., & Kunci, K. (2017a). Perbandingan Peramalan Menggunakan Metode Exponential Smoothing Holt-Winters dan Arima. *Unnes Journal of Mathematics*, 6(1), 48–58. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ujm>
- Safitri, T., Dwidayati, N., & Kunci, K. (2017b). Perbandingan Peramalan Menggunakan Metode Exponential Smoothing Holt-Winters dan Arima. *Unnes Journal of Mathematics*, 6(1), 48–58. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ujm>
- Saragih, I., Harmatama, D., & Wanto, A. (2020). Prediksi Perkembangan Jumlah Pelanggan Listrik Menurut Pelanggan Area Menggunakan Algoritma Backpropagation. *Technology and Science (BITS)*, 2(1), 48–54.
- Sintiya, E. S., Kusumawardana, A., Furqon, M. A., Najwa, N. F., Puspitaningrum, A. C., & Afrah, A. S. (2020). SARIMA and Holt-Winters Seasonal Methods for Time Series Forecasting in Tuberculosis Case. *4th International Conference on Vocational Education and Training, ICOVET 2020*, 19–23. <https://doi.org/10.1109/ICOVET50258.2020.9229889>
- Sofiana, Suparti, Hakim, A., & Utami, I. (2020). Peramalan Jumlah Penumpang Pesawat Di Bandara Internasional Ahmad Yani Dengan Metode Holt Winter's

Exponential Smoothing Dan Metode Exponential Smoothing Event Based. *Peramalan Jumlah Penumpang Pesawat Di Bandara Internasional Dan Metode Exponential Smoothing Event Based*, 9, 535–545. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/gaussian/>

Syahputri, S., Sinurat, S., & Saputra, I. (2021). Prediksi Kebutuhan Energi Listrik Pada PT. PLN (Persero) Rayon Aek Nabara Dengan Metode Exponential Smoothing. In *Journal of Informatics, Electrical and Electronics Engineering* (Vol. 1, Issue 1). <https://djournals.com/jieee>

*tafsir-ibnu-katsir-surat-al-hasyr*. (n.d.).

Yulia Polyviana, Dmytro Chumachenko, & Tetyana Chumachenko. (2019). Computer Aided System of Time Series Analysis Method for Forecasting the Epidemic Outbreaks. *Computer Aided System of Time Series Analysis Method for Forecasting the Epidemic Outbreaks*.

Zubair, A., & Umamit, R. (2021). *Penerapan Metode Holt-Winters Untuk Peramalan Penjualan pada Industri Makanan Ringan Application of Holt-Winters Method for Sales Forecasting in the Snack Food Industry* (Vol. 20, Issue 4).