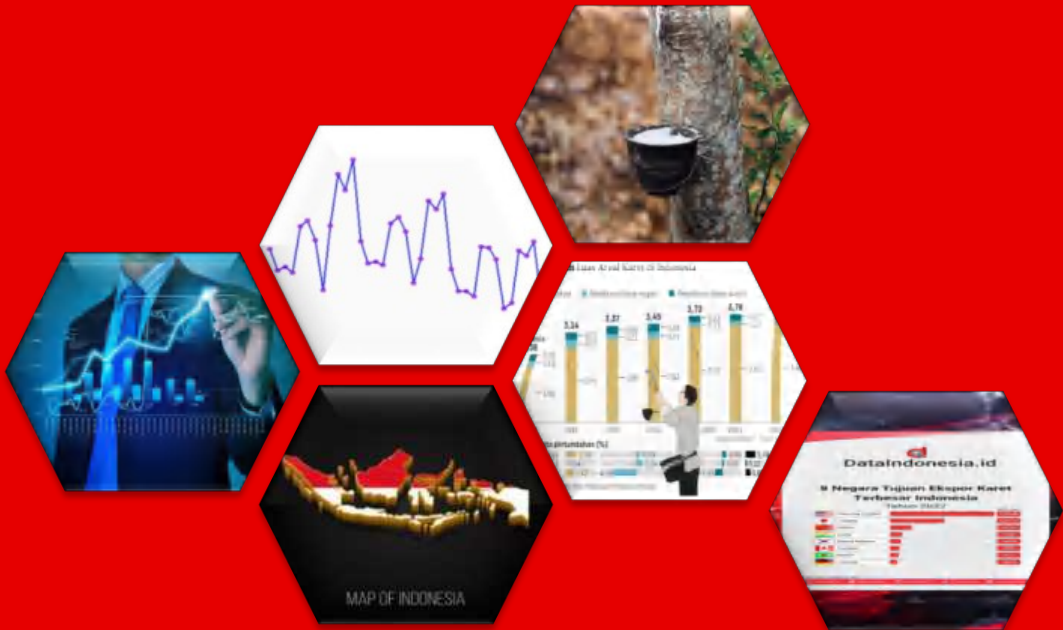


**APLIKASI PEGEL'S EKSPONENTIAL SMOOTHING MENGGUNAKAN
OPTIMASI MODIFIKASI GOLDEN SECTION PADA PERAMALAN
PRODUKSI KARET KERING DI INDONESIA TAHUN 2022**



**RAHMI NURUL AINUN FITRAH
H051201017**



**PROGRAM STUDI STATISTIKA
MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**Optimization Software:
www.balesio.com**

**APLIKASI PEGEL'S EKSPONENTIAL SMOOTHING MENGGUNAKAN
OPTIMASI MODIFIKASI GOLDEN SECTION PADA PERAMALAN
PRODUKSI KARET KERING DI INDONESIA TAHUN 2022**

**RAHMI NURUL AINUN FITRAH
H01201017**



**PROGRAM STUDI STATISTIKA DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**



**Optimization Software:
www.balesio.com**

**APLIKASI PEGEL'S EKSPONENTIAL SMOOTHING MENGGUNAKAN
OPTIMASI MODIFIKASI GOLDEN SECTION PADA PERAMALAN
PRODUKSI KARET KERING DI INDONESIA TAHUN 2022**

**RAHMI NURUL AINUN FITRAH
H051201017**



**PROGRAM STUDI STATISTIKA
DEPARTEMEN STATISTIKA
MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
JUNI 2024**



SKRIPSI
APLIKASI PEGEL'S EKSPONENTIAL SMOOTHING MENGGUNAKAN
OPTIMASI MODIFIKASI GOLDEN SECTION PADA PERAMALAN
PRODUKSI KARET KERING DI INDONESIA TAHUN 2022

RAHMI NURUL AINUN FITRAH

H051201017

Skripsi,

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Sarjana Statistika pada 11 Juni 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

pada

Program Studi Statistika
Departemen Statistika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin
Makassar

Mengesahkan:

Pembimbing tugas akhir,



Sitti Sahriman, S.Si., M.Si.

5042002

Mengetahui:

Ketua Program Studi,



Dr. Anisa Islamiyati, S.Si., M.Si.

NIP.197708062005012002

iii



Optimization Software:
www.balesio.com



AnyScanner

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul "Aplikasi *Pegel's Exponential Smoothing* Menggunakan Optimasi Modifikasi *Golden Section* pada Peramalan Produksi Karet Kering di Indonesia Tahun 2022" adalah benar karya saya dengan arahan dari Ibu Sitti Sahriman, S.Si., M.Si. sebagai Pembimbing. Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 11 Juni 2024



Rahmi Nurul Ainun Fitrah

NIM H051201017



Optimization Software:
www.balesio.com

UCAPAN TERIMA KASIH

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh. Puji syukur kehadiran Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* atas segala rahmat, hidayah, dan karunia-Nya yang telah dilimpahkan sehingga penulis mampu menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul "**Aplikasi Pegel's Eksponential Smoothing Menggunakan Optimasi Modifikasi Golden Section pada Peramalan Produksi Karet Kering di Indonesia Tahun 2022**" yang disusun sebagai salah satu syarat akademik untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Statistika Departemen Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari bahwa penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan motivasi dari berbagai pihak yang terus mendukung, baik secara moral maupun material. Oleh karena itu, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang tulus dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada **Bapak Hamrin** dan **Ibu Sitti Rahmatang** yang selalu memberikan dukungan penuh, cinta, dan kasih sayang, serta ikhlas menemani penulis dengan doa dan restu mereka. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada saudara-saudara tercinta **Annisa Faradhita Hiday**, **Wafiq Sarah Azizah**, **Kahlil Bathny Gibran**, dan **Ummul Fadhilah Ummah** yang selalu menghibur dan memberikan semangat.

Penghargaan yang tinggi dan ucapan terima kasih dengan penuh ketulusan dan keikhlasan juga penulis ucapkan kepada:

1. **Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc.**, selaku Rektor Universitas Hasanuddin beserta seluruh jajarannya.
2. **Bapak Dr. Eng. Amiruddin**, selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin beserta seluruh jajarannya.
3. **Ibu Dr. Anna Islamiyati, S.Si., M.Si.**, selaku Ketua Departemen Statistika Unhas yang sudah mendorong dan memotivasi mahasiswanya untuk selesai tepat waktu.
4. **Ibu Sitti Sahriman, S.Si., M.Si.**, selaku Dosen Pembimbing Utama penulis yang telah meluangkan waktu dan pemikirannya untuk senantiasa memberikan ilmu, arahan, motivasi, dan afirmasi positif kepada penulis dari awal hingga penyusunan skripsi selesai.
5. **Ibu Anisa, S.Si., M.Si.** selaku Dosen Penguji sekaligus Penasehat Akademik penulis dan **Dra. Nasrah Sirajang, M.Si.** selaku Dosen Penguji yang telah meluangkan waktu dalam memberikan saran serta kritikan yang membangun kepada penulis dalam penyempurnaan skripsi ini.
6. Segenap **Dosen Pengajar** dan **Staf** yang telah memberikan ilmu dan bimbingan kepada penulis dalam berbagai hal selama menempuh pendidikan di Departemen Statistika.



Fajran, teman hidup penulis yang posisinya tidak bisa siapaapun. Penulis bersyukur karena Allah mengatur hidup penulis terlahir dalam waktu yang berdekatan sehingga tidak perlu berlama-lama untuk menemukan teman yang paling baik dan pengertian. Penulis juga memilih berpihak kepada penulis dalam urusan apapun.

8. Sobat seperjuangan perskripsian, **Eunike Laurine Randa, Krisna Dwi Kayana, Nur Aulia, Nahla Karimah, dan Parida Ayu Ningsih**. Kalian telah menjadi bagian penting dari perjalanan akademis penulis, dan berkat dukungan, motivasi, serta kebersamaan kalian selama masa-masa mengerjakan skripsi, penulis bisa menyelesaikannya dengan baik dan tepat waktu.
9. Ciwi-Ciwi Among, **Afika, Aish, Aliah, Aul, Ayu, Cynthia, Icha, Jihan, Krisna, Laurine, Nadia, Nahla, Radia, Rifdah, Parida, Peby, dan Putri**. Penulis bersyukur punya partner kuliah wanita-wanita tangguh yang beberapa diantaranya adalah para cegil tapi ditakdirkan untuk tetap menjadi independent women. Terima kasih sudah banyak menemani penulis dalam perjalanan menuju dewasa, selalu ada untuk berbagi cerita, baik yang ringan maupun yang serius. Setiap momen yang kita habiskan bersama, baik itu tertawa, bercerita, atau sekadar berbagi pengalaman sehari-hari, selalu menjadi pelipur lara yang membuat hari-hari penulis lebih ceria.
10. Sahabat-sahabat **A(Mong Us)** pria, **Lord Fadlan, Lord Fahmi, Lord Mukhlis, Lord Rais, Lord Reza, Lord Ryval, Lord Theo, Lord Yoel** dan kawan-kawan. Terima kasih telah memberikan kenangan indah selama masa kuliah. Setiap momen kebersamaan, baik itu saat belajar, berdiskusi, maupun saat bersantai, akan selalu penulis kenang dan hargai.
11. Teman-teman seangkatan **Stat'20**. Kalian semua telah menjadi bagian penting dari perjalanan akademis dan pribadi penulis semasa kuliah. Penulis berharap kita semua dapat meraih kesuksesan dan kebahagiaan di masa depan.
12. Sahabat JILC Kendari Wua-Wua, **Firzha Renaldi Salam, Suzan Aprilya, Anang Permana Kamil, Aida Milasari**, serta teman-teman lainnya. Berkat semangat belajar selama 2 bulan bimbel dan asrama di JILC mampu mengantarkan penulis lolos SBMPTN di Statistika Unhas. Kenangan Tahun 2020 bersama kalian ditengah badai Covid-19 abadi dalam ingatan penulis.
13. **Teman-Teman Se-MIPA 2 SMAN 01 Bombana**. 3 tahun pernah dilalui bersama meski sekarang sudah berada di jalan masing-masing. Semoga berakhir dititik terbaik menurut takdir.
14. Kepada seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, terima kasih untuk segala dukungan, partisipasi, dan apresiasi yang telah diberikan. Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan skripsi ini, untuk itu dengan segala kerendahan hati penulis memohon maaf. Akhir kata, semoga tulisan ini dapat memberikan manfaat untuk berbagai pihak.

Penulis,

Rahmi Nurul Ainun Fitrah



ABSTRAK

Metode *Pegel's Eksponential Smoothing* merupakan metode peramalan yang memiliki tiga parameter, yaitu α, β , dan γ . *Pegel's Eksponential Smoothing* mempertimbangkan pemisah aspek tren dan musiman dimana modelnya bersifat aditif dan multiplikatif. Penentuan nilai parameter dalam penelitian ini menggunakan optimasi nonlinear, yaitu modifikasi metode *Golden Section* dengan prinsip mengurangi daerah batas x yang mungkin menghasilkan nilai fungsi objektif optimum secara iteratif sehingga mampu meminimalkan jumlah percobaan yang diperlukan untuk mencapai solusi optimal dengan mengurangi jumlah langkah pencarian secara sistematis. Data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik yaitu jumlah produksi karet kering perkebunan Indonesia periode Januari 2017-Desember 2022 diasumsikan mengandung tipe efek musiman multiplikatif dikarenakan amplitudo atau ketinggian pola musimannya relatif tidak stabil. Penelitian ini membandingkan 3 model tren yaitu tanpa tren, tren aditif, dan tren multiplikatif pada metode *Pegel's Eksponential Smoothing* musiman multiplikatif. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk memprediksi jumlah produksi karet kering perkebunan Indonesia periode Januari 2022-Desember 2022. Validasi terhadap data *testing* menunjukkan bahwa metode *Pegel's Eksponential Smoothing* musiman multiplikatif tren multiplikatif dengan nilai MAPE sebesar 3,389001% dan nilai RMSE sebesar 8.839,965080 adalah metode yang memiliki akurasi peramalan paling baik dalam meramalkan data tersebut dibanding dengan 3 model tren lainnya.

Kata kunci: *Pegel's Eksponential Smoothing*, Modifikasi, *Golden Section*, Karet Kering.



Optimization Software:
www.balesio.com

ABSTRACT

Pegel's Exponential Smoothing method is a forecasting method that has three parameters, namely α , β , and γ . Pegel's Exponential Smoothing considers the separation of trend and seasonal aspects where the model is additive and multiplicative. The determination of parameter values in this study uses nonlinear optimization, namely the modification of the Golden Section method with the principle of reducing the boundary region x , which may produce the optimum objective function value iteratively to minimize the number of trials required to achieve the optimal solution by systematically reducing the number of search steps. The data obtained from the Indonesian Central Statistics Agency, which is the amount of dry rubber production from Indonesian plantations for the period January 2017-December 2022, is assumed to contain multiplicative seasonal effects because the amplitude or height of the seasonal pattern is relatively unstable. This research compares 3 trend models, namely no trend, additive trend, and multiplicative trend in the multiplicative seasonal Pegel's Exponential Smoothing method. The purpose of this research is to predict the amount of dry rubber production in Indonesian plantations for the period January 2022-December 2022. Validation of the testing data shows that the multiplicative trend seasonal Pegel's Exponential Smoothing method with a MAPE value of 3.389001% and an RMSE value of 8,839.965080 is the method that has the best forecasting accuracy in forecasting the data compared to the other 3 trend models.

Keywords: Pegel's Eksponential Smoothing, Modified, Golden Section, dry rubber.




Optimization Software:
www.balesio.com

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
DAFTAR NOTASI.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Landasan Teori	4
1.6.1 <i>Time Series</i>	4
1.6.2 <i>Eksponensial Smoothing</i>	5
1.6.3 <i>Pegel's Eksponensial Smoothing</i>	5
1.6.4 <i>Metode Golden Section</i>	9
1.6.5 <i>Metode Golden Section</i>	11
1.6.6 <i>Peramalan</i>	14
1.6.7 <i>ring</i>	15



BAB II METODOLOGI PENELITIAN	16
2.1 Jenis dan Sumber Data	16
2.2 Variabel Penelitian	16
2.3 Metode Analisis	16
BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN	19
3.1 Deskripsi Data	19
3.2 Penentuan Nilai Awal	20
3.2.1 Nilai Awal <i>Smoothing</i> Level	20
3.2.2 Nilai Awal <i>Smoothing</i> Tren	20
3.2.3 Nilai Awal <i>Smoothing</i> Musiman Multiplikatif	21
3.3 Penentuan Nilai Parameter	22
3.3.1 Optimasi Nilai Parameter <i>Pegel's Eksponential Smoothing</i> Musiman Multiplikatif Tanpa Tren	22
3.3.2 Optimasi Nilai Parameter <i>Pegel's Eksponential Smoothing</i> Musiman Multiplikatif Tren Aditif	25
3.3.3 Optimasi Nilai Parameter <i>Pegel's Eksponential Smoothing</i> Musiman Multiplikatif Tren Multiplikatif	28
3.4 Peramalan Jumlah Produksi Karet Kering Perkebunan Indonesia Tahun 2022.....	31
3.4.1 Peramalan <i>Pegel's Eksponential Smoothing</i> Musiman Multiplikatif Tanpa Tren	31
3.4.2 Peramalan <i>Pegel's Eksponential Smoothing</i> Musiman Multiplikatif Tren Aditif	33
3.4.3 Peramalan <i>Pegel's Eksponential Smoothing</i> Musiman Multiplikatif Tren Multiplikatif	34
3.5 Perbandingan Hasil Peramalan Musiman Multiplikatif dan Musiman Aditif Metode <i>Pegel's Eksponential Smoothing</i>	36
BAB IV PENUTUP	38
4.1 Kesimpulan	38
4.2 Saran	38
DAFTAR PUSTAKA.....	39
	41



DAFTAR TABEL

Nomor Urut	Halaman
1. Simbol yang Digunakan pada <i>Pegel's Eksponential Smoothing</i>	7
2. Peramalan Periode ke Depan dengan Menggunakan <i>Pegel's Eksponential Smoothing</i>	8
3. Kriteria Nilai MAPE.....	14
4. Data produksi karet kering perkebunan Indonesia (Ton)	16
5. Deskripsi Data.....	19
6. Nilai Awal <i>Smoothing</i> Musiman Multiplikatif Jumlah Produksi Karet Kering Perkebunan Indonesia	22
7. Optimasi Nilai Parameter <i>Pegel's Eksponential Smoothing</i> Musiman Multiplikatif Tanpa Tren dengan $\varepsilon = 10^{-3}$	24
8. Optimasi Nilai Parameter <i>Pegel's Eksponential Smoothing</i> Musiman Multiplikatif Tren Aditif dengan $\varepsilon = 10^{-3}$	28
9. Optimasi Nilai Parameter <i>Pegel's Eksponential Smoothing</i> Musiman Multiplikatif Tren Multiplikatif dengan $\varepsilon = 10^{-3}$	31
10. Validasi Data <i>Testing Pegel's Eksponential Smoothing</i> Musiman Multiplikatif Tanpa Tren dengan $\varepsilon = 10^{-3}$	32
11. Validasi Data <i>Testing Pegel's Eksponential Smoothing</i> Musiman Multiplikatif Tren Aditif dengan $\varepsilon = 10^{-3}$	33
12. Validasi Data <i>Testing Pegel's Eksponential Smoothing</i> Musiman Multiplikatif Tren Multiplikatif dengan $\varepsilon = 10^{-3}$	35
13. Perbandingan Hasil Peramalan Musiman Multiplikatif dan Musiman Aditif Metode <i>Pegel's Eksponential Smoothing</i>	36



DAFTAR GAMBAR

Nomor Urut	Halaman
1. Jenis Pola Data Runtun Waktu (a) Pola Data Horizontal (b) Pola Data Musiman (c) Pola Data Siklis (d) Pola Data Tren	4
2. Pola Data Berdasarkan Klasifikasi <i>Pegel's</i>	6
3. Pengurangan Interval Pencarian x optimal (a) dari $[a,d]$ menjadi $[a,c]$ (b) dari $[a,d]$ menjadi $[b,d]$	9
4. Plot Data Jumlah Produksi Karet Kering Perkebunan Indonesia Tahun 2017-2022	19
5. Grafik Peramalan Jumlah Produksi Karet Kering Perkebunan Indonesia Tahun 2022	35



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor Urut	Halaman
1. Optimasi Nilai Parameter <i>Pegel's Exponential Smoothing</i> Musiman Multiplikatif Tanpa Tren dengan $\varepsilon = 10^{-3}$	42
2. Optimasi Nilai Parameter <i>Pegel's Exponential Smoothing</i> Musiman Multiplikatif Tren Aditif dengan $\varepsilon = 10^{-3}$	43
3. Optimasi Nilai Parameter <i>Pegel's Exponential Smoothing</i> Musiman Multiplikatif Tren Multiplikatif dengan $\varepsilon = 10^{-3}$	44



DAFTAR NOTASI

Notasi	Keterangan
S_t	: peramalan satu periode ke- t
Z_t	: data aktual pada periode ke- t .
α	: konstanta <i>smoothing</i> untuk data asli,
B_t	: nilai <i>smoothing</i> tren pada waktu ke- t ,
β	: konstanta <i>smoothing</i> tren,
I_t	: nilai <i>smoothing</i> musiman multiplikatif,
γ	: konstanta <i>smoothing</i> musiman,
L	: panjang musiman
t	: indeks waktu
F_{t+m}	: nilai peramalan untuk m periode ke depan,
m	: jumlah periode ke depan yang akan diramalkan,
a	: batas bawah interval pencarian,
b	: batas atas interval pencarian,
ε	: nilai toleransi berhentinya iterasi.



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara produsen dan eksportir karet terbesar di dunia. Sebagai komoditi yang memberikan kontribusi cukup tinggi dalam perdagangan luar negeri, karet selayaknya menjadi komoditi yang terus diperhatikan oleh pemerintah. Selama kurun waktu Januari 2017- Desember 2021, kinerja produksi karet menunjukkan tren penurunan (Badan Pusat Statistik, 2023). Hal ini disebabkan oleh rendahnya harga karet yang menyebabkan banyak petani memutuskan beralih ke mata pencaharian lain. Penurunan kuantitas produksi karet yang tidak terduga memberikan dampak bagi pertumbuhan perekonomian Indonesia. Oleh karena itu, perlu ada strategi yang tepat sehingga produksi karet cenderung terus meningkat. Strategi tersebut dapat terwujud apabila pemerintah maupun pelaku ekonomi dapat memprediksi kondisi pasar yang akan datang. Dengan demikian, diperlukan adanya suatu peramalan mengenai jumlah produksi karet di masa depan.

Salah satu metode yang digunakan untuk meramalkan kejadian di masa depan adalah analisis *time series*. Analisis ini mempertimbangkan pengaruh waktu secara berurutan (Ruhiat & Suwanda, 2019). Langkah penting dalam memilih metode *time series* adalah dengan mempertimbangkan jenis pola data, baik pola horizontal, tren, siklis, maupun musiman (Ariyanto dkk., 2020). Salah satu jenis dari analisis *time series* yang digunakan dalam peramalan yaitu metode *Exponential Smoothing*. Karakteristik dari metode ini yaitu nilai parameter yang menurun secara eksponensial terhadap nilai pengamatan yang lebih lama (Ihsan dkk., 2020).

Menurut Makridakis dkk. (1999), awalnya Holt (1957) mengusulkan metode *Ekspponential Smoothing* yang berlaku untuk data *time series* yang mengandung pola konstan. Holt (1958) mengusulkan suatu prosedur *Ekspponential Smoothing* untuk data *time series* yang mengandung pola tren yang kemudian dikenal dengan metode *Double Ekspponential Smoothing*. Winters (1965) mengembangkan metode dua parameter dari Holt tersebut untuk kasus yang memiliki unsur musiman yang dikenal sebagai metode *Holt-Winters*. Selanjutnya Pegels (1969) mengembangkan metode tersebut dengan mengklasifikasikan pola tren dan musiman yang dikenal dengan metode *Pegel's Ekspponential Smoothing*.



Optimization Software:
www.balesio.com

tial Smoothing merupakan metode yang mempertimbangkan tren dan musiman dimana modelnya bersifat aditif atau dkk., 2021). Model aditif digunakan apabila *plot* data asli si tren dan musiman yang mengandung unsur linear. Model n jika *plot* data asli menunjukkan fluktuasi tren dan musiman unsur multiplikatif (Islamiyah dkk., 2020). Terdapat tiga

parameter *smoothing* pada metode ini, yaitu α yang mengendalikan sejauh mana observasi terakhir memengaruhi peramalan, β yang mengendalikan sejauh mana komponen tren memengaruhi peramalan, dan γ yang mengendalikan sejauh mana musiman memengaruhi peramalan. Nilai parameter tersebut berada direntang antara 0 sampai 1. Diperlukan adanya metode untuk menduga ketiga nilai parameter tersebut. Umumnya penentuan nilai parameter *smoothing* dengan menggunakan metode *trial and error* atau dipilih secara subjektif oleh peneliti namun metode ini dapat memakan banyak waktu karena terdapat banyak kombinasi parameter yang harus dieksplorasi.

Salah satu metode yang digunakan dalam penentuan parameter *smoothing* yang optimal yaitu menggunakan *Golden Section* namun metode ini hanya dapat digunakan untuk menyelesaikan *nonlinear programming* satu variabel sehingga dirancang modifikasi metode *Golden Section* yang dapat menyelesaikan permasalahan dengan banyak variabel. Metode ini menggunakan prinsip mengurangi daerah batas x yang mungkin menghasilkan nilai fungsi objektif optimum secara iteratif sehingga mampu meminimalkan jumlah percobaan yang diperlukan untuk mencapai solusi optimal dengan mengurangi jumlah langkah pencarian secara sistematis (Aqajahs dkk., 2018). Evaluasi nilai parameter peramalan menggunakan ukuran kesalahan peramalan rata-rata kesalahan persentase absolut (*Mean Absolute Percentage Error*). Harga parameter peramalan yang terbaik adalah harga yang memberikan nilai eror peramalan yang terkecil (Yuwida dkk., 2012).

Beberapa penelitian yang menerapkan metode *Pegel's Eksponential Smoothing* telah dilakukan diantaranya adalah Oral (2019) membandingkan *Winter's Eksponential Smoothing* dan *Pegel's Eksponential Smoothing* musiman aditif tren aditif pada data *Turkey's Quartely GPD* Tahun 1999-2018. Penelitian lainnya yaitu Setiawan dkk. (2019) membandingkan metode peramalan *Winter Eksponential Smoothing* dan *Pegel's Eksponential Smoothing* dengan pemantauan *Tracking Signal* pada data jumlah produksi kelapa sawit Provinsi Kalimantan Timur periode Januari 2014-Desember 2017. Selanjutnya Sinaga dkk. (2021) menerapkan metode *Pegel's Eksponential Smoothing* pada data yang mengandung pola musiman multiplikatif dengan membandingkan tiga pola tren (tanpa tren, tren aditif, dan tren multiplikatif), data yang digunakan yaitu jumlah produksi kelapa sawit Provinsi Kalimantan Timur periode Januari 2014-Desember 2018.



sebelumnya menggunakan metode *trial and error* atau dipilih oleh peneliti untuk menentukan nilai parameter optimal pada *Pegel's Eksponential Smoothing*. Adapun penelitian ini menggunakan metode *Golden Section*. Data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik mengenai produksi karet kering perkebunan Indonesia tahun 2017-2022 menunjukkan grafik yang polanya memperlihatkan adanya faktor tren dan metode *Pegel's Eksponential Smoothing* cocok digunakan dalam

penelitian ini. Oleh karena itu, peneliti tertarik untuk mengangkat judul tentang **“Aplikasi *Pegel’s Exponential Smoothing* Menggunakan Optimasi Modifikasi *Golden Section* pada Peramalan Produksi Karet Kering di Indonesia Tahun 2022”**. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat membantu pemerintah sebagai rujukan dalam mengelola dan merencanakan produksi karet periode ke depan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menentukan nilai optimal dari parameter *smoothing* pada metode *Pegel’s Exponential Smoothing* dengan optimasi modifikasi *Golden Section*?
2. Bagaimana mendapatkan hasil peramalan produksi karet kering perkebunan Indonesia Tahun 2022 menggunakan metode *Pegel’s Exponential Smoothing* dengan optimasi modifikasi *Golden Section*?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penulisan skripsi ini adalah:

1. Data yang digunakan dalam peramalan merupakan data sekunder yaitu data produksi karet kering perkebunan Indonesia pada periode Januari 2017 - Desember 2022.
2. Pendugaan parameter α, β , dan γ pada *Pegel’s Exponential Smoothing* menggunakan metode modifikasi *Golden Section* dengan nilai *threshold error* (ϵ) = 10^{-3}
3. Peramalan yang dilakukan hanya memprediksi jumlah produksi karet kering perkebunan Indonesia untuk 12 bulan ke depan.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan nilai optimal dari parameter *smoothing* pada metode *Pegel’s Exponential Smoothing* dengan optimasi modifikasi *Golden Section*.
2. Mendapatkan hasil peramalan produksi karet kering perkebunan Indonesia Tahun 2022 menggunakan metode *Pegel’s Exponential Smoothing* dengan optimasi modifikasi *Golden Section*.



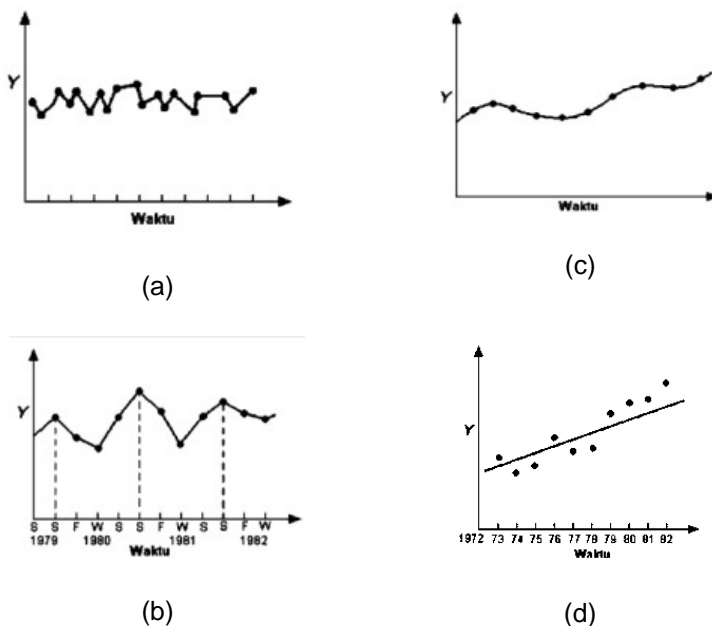
peramalan menggunakan *Pegel's Eksponential Smoothing* menggunakan optimasi modifikasi *Golden Section*.

1.6 Landasan Teori

1.6.1 Time Series

Analisis *time series* adalah analisis yang mempelajari tentang hubungan antar waktu yang satu dengan waktu yang lainnya. Tujuan dalam analisis *time series* adalah untuk menemukan cara yang tepat atau suatu model yang tepat untuk mengekspresikan hubungan waktu yang terstruktur antara beberapa data atau peristiwa untuk kemudian dapat dilakukan evaluasi dari hubungan tersebut atau dilakukan peramalan dari satu atau lebih data (Deviana dkk., 2021).

Dalam pemilihan metode ada beberapa pola data yang harus dipelajari antara lain (Ariyanto dkk., 2020) :



Gambar 1. Jenis Pola Data Runtun Waktu (a) Pola Data Horizontal (b) Pola Data Musiman (c) Pola Data Siklis (d) Pola Data Tren



al, pola ini terjadi jika terdapat data yang berfluktuasi disekitar g tetap, stabil, atau disebut stasioner dalam rata-rata seperti).

an, pola data ini terjadi bila datanya berulang setiap periode ari, mingguan, bulanan, triwulan, dan tahun seperti pada

- c. Pola data siklis, pola data ini terjadi bila suatu pola data yang terjadinya setiap beberapa tahun, biasanya jika dipengaruhi oleh fluktuasi ekonomi jangka panjang seperti yang berhubungan dengan siklus bisnis dapat dilihat pada Gambar 1.(c).
- d. Pola data tren, pola data tren terjadi jika terdapat kenaikan atau penurunan dari data secara gradual dari gerakan datanya dalam jangka panjang dapat dilihat pada Gambar 1.(d).

1.6.2 *Exponential Smoothing*

Peramalan *Exponential Smoothing* merupakan salah satu metode dalam time series yang menggunakan pembobotan data masa lalu secara exponential. Dalam hal ini, metode *Exponential Smoothing* terbagi atas tiga yaitu *Single Exponential Smoothing* yang digunakan untuk *smoothing* data yang stasioner, tidak memiliki tren dan variasi musiman sehingga hanya menggunakan satu parameter yaitu alpha (α), *Double Exponential Smoothing* yang digunakan dalam *smoothing* data yang memuat tren namun tidak memiliki variasi musiman, memiliki dua parameter *smoothing* yaitu alpha (α) dan beta (β), dan *Triple Exponential Smoothing* merupakan *smoothing* exponential smoothing yang bertujuan untuk melakukan *smoothing* pada data yang memuat tren, dan variasi musiman dengan menggunakan tiga parameter *smoothing* yakni alpha (α), beta (β), dan gamma (γ).

Beberapa keuntungan dari jumlah penggunaan metode *Exponential Smoothing* adalah banyak mengurangi masalah penyimpanan data, sehingga tidak perlu lagi menyimpan semua data historis atau sebagian; hanya pengamatan terakhir, ramalan terakhir, dan suatu nilai konstanta yang harus disimpan (Makridakis dkk., 1999). Hal ini disebabkan karena metode ini memiliki keunggulan dibandingkan metode-metode lainnya, yaitu metode penghalusan eksponensial bersifat sederhana, intuitif dan mudah dipahami. Artinya, walaupun sederhana namun sangat berguna bagi peramalan jangka pendek (*shortterm forecasting*) dari data *time series* yang panjang. Bentuk umum dari *Exponential Smoothing* adalah:

$$S_t = \alpha Z_t + (1 - \alpha)S_{t-1} \quad (1)$$

Keterangan:

S_t : Peramalan satu periode ke- t

α : Parameter *smoothing* dengan konstanta $0 \leq \alpha \leq 1$

Z_t : Data aktual pada periode sebelumnya

S_{t-1} : Peramalan pada periode ke- t .

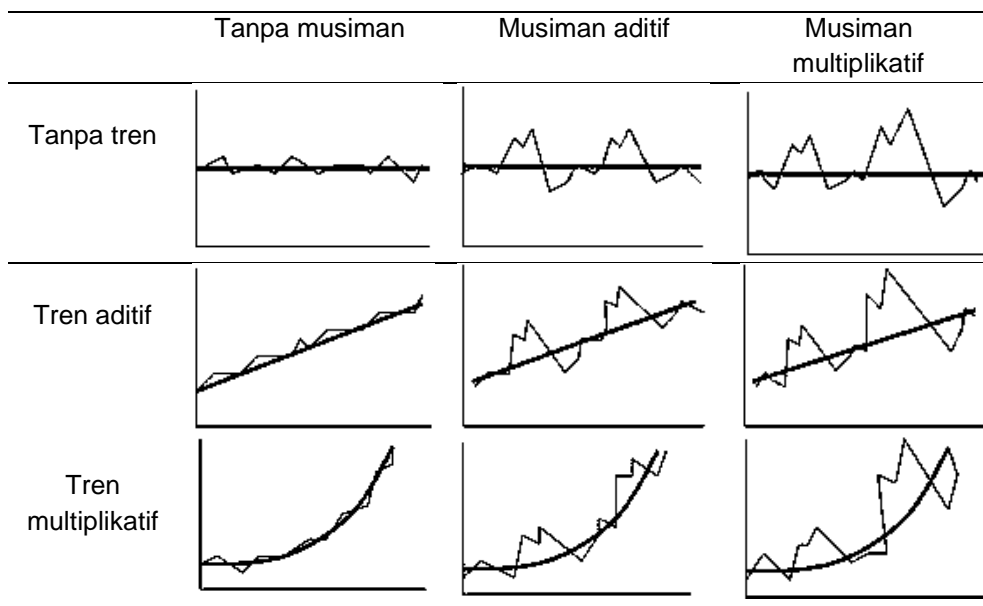
Exponential Smoothing

Exponential Smoothing merupakan metode yang mempertimbangkan tren dan musiman serta modelnya bersifat aditif (*linier*) atau



multiplikatif (*nonlinear*). Model multiplikatif digunakan apabila *plot* data asli menunjukkan fluktuasi tren dan musiman terlihat berubah-ubah. Model aditif dilakukan jika *plot* data asli menunjukkan fluktuasi tren dan musiman yang relatif stabil (Makridakis dkk., 1999). Metode *Pegel's Eksponential Smoothing* membantu dalam menyelesaikan berbagai kemungkinan model yang akan ditemui dalam kasus-kasus peramalan. Terdapat sembilan kemungkinan model peramalan yang semuanya mempunyai persamaan *eksponential smoothing* yang berbeda-beda untuk setiap model (Setiawan dkk., 2019).

Selain keempat pola dasar data yang telah disajikan sebelumnya (horizontal, musiman, tren, dan siklus), terdapat juga klasifikasi pola data dua arah berdasarkan klasifikasi *Pegel's*. Jenis pola ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pola Data Berdasarkan Klasifikasi *Pegel's*

Hal ini menunjukkan sekumpulan pola data yang telah digunakan secara ekstensif dalam mengevaluasi performansi dari berbagai metode peramalan. Identifikasi pola data harus tepat karena model peramalan yang tidak sesuai akan kurang baik jika dibandingkan dengan model yang tepat. Pembagian pola data berdasarkan *Pegel's* ini, dimana terjadi pemisahan yang lebih detail mengenai

man yang masing-masing dibagi ke dalam kategori aditif dan multiplikatif menandakan bahwa data bersifat aditif dan pola multiplikatif (Sinaga dkk., 2021).

yang digunakan dalam implementasi *Pegel's Eksponential Smoothing* pada Persamaan 2:

$$S_t = \alpha P + (1 - \alpha)Q \quad (2)$$



dengan nilai P dan Q berubah-ubah menurut sel tempat di mana nilai *smoothing* S_t ini berada. Tabel 1 menunjukkan nilai P dan Q yang sesuai.

Tabel 1. Simbol yang Digunakan pada *Pegel's Exponential Smoothing*

Komponen Tren	Komponen Musiman		
	Tanpa Musiman	Musiman Aditif	Musiman Multiplikatif
Tanpa Tren	$P = Z_t$ $Q = S_{t-1}$	$P = Z_t - I_{t-L}$ $Q = S_{t-1}$	$P = Z_t/I_{t-L}$ $Q = S_{t-1}$
Tren Aditif	$P = Z_t$ $Q = S_{t-1} + B_{t-1}$	$P = Z_t - I_{t-L}$ $Q = S_{t-1} + B_{t-1}$	$P = Z_t/I_{t-L}$ $Q = S_{t-1} + \beta_{t-1}$
Tren Multiplikatif	$P = Z_t$ $Q = S_{t-1}\beta_{t-1}$	$P = Z_t - I_{t-L}$ $Q = S_{t-1}\beta_{t-1}$	$P = Z_t/I_{t-L}$ $Q = S_{t-1}\beta_{t-1}$

Dalam menginisialisasi metode *Pegel's Exponential Smoothing* dibutuhkan nilai awal *smoothing*, *smoothing* faktor tren dan *smoothing* faktor musiman. Estimasi nilai awal dari indeks musiman membutuhkan setidaknya data lengkap selama satu musim. Nilai awal konstanta *smoothing* level didapatkan dengan menggunakan nilai rata-rata musim pertama seperti pada Persamaan 3.

$$S_L = \frac{1}{L}(Z_1 + Z_2 + \dots + Z_t) \quad (3)$$

Nilai inisialisasi faktor tren aditif ditunjukkan oleh Persamaan 4.

$$B_L = \frac{1}{L} \left(\frac{Z_{L+1} - Z_1}{L} + \frac{Z_{L+2} - Z_2}{L} + \dots + \frac{Z_{L+t} - Z_L}{L} \right) \quad (4)$$

dan untuk inisialisasi faktor tren multiplikatif menggunakan data lengkap selama dua musim (dua periode) ditunjukkan oleh Persamaan 5.

$$B_L = \frac{1}{L} \left(\frac{Z_{L+1}}{Z_1} + \frac{Z_{L+2}}{Z_2} + \dots + \frac{Z_{L+t}}{Z_L} \right) \quad (5)$$

kemudian didapatkan nilai inisialisasi indeks musiman dengan menggunakan rasio dari data tahun pertama dengan rata-rata data tahun kedua untuk model aditif seperti pada Persamaan 6.

$$I_1 = Z_1 - S_L, I_2 = Z_2 - S_L, \dots, I_t = Z_t - S_L \quad (6)$$

untuk model multiplikatif seperti pada Persamaan 7.

$$I_1 = \frac{Z_1}{S_L}, I_2 = \frac{Z_2}{S_L}, \dots, I_t = \frac{Z_t}{S_L} \quad (7)$$

dengan



siman

u

pada waktu ke- t .

g untuk tren dan musiman ditampilkan pada Persamaan 8,
maan 10, dan Persamaan 11.

Tren aditif

$$B_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)B_{t-1} \quad (8)$$

Tren multiplikatif

$$B_t = \beta \left(\frac{S_t}{S_{t-1}} \right) + (1 - \beta)B_{t-1} \quad (9)$$

Musiman aditif

$$I_t = \gamma(Z_t - S_t) + (1 - \gamma)I_{t-L} \quad (10)$$

Musiman multiplikatif

$$I_t = \gamma \frac{Z_t}{S_t} + (1 - \gamma)I_{t-L} \quad (11)$$

dan α , β , serta γ semuanya dibatasi antara 0 dan 1.

dengan

α : konstanta *smoothing* untuk data asli,

B_t : nilai *smoothing* tren pada waktu ke- t ,

β : konstanta *smoothing* tren,

I_t : nilai *smoothing* musiman multiplikatif,

γ : konstanta *smoothing* musiman,

Persamaan untuk membuat ramalan m periode ke depan dengan menggunakan *Pegel's exponential smoothing* ditunjukkan pada Tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2. Peramalan Periode ke Depan dengan Menggunakan *Pegel's Exponential Smoothing*

Komponen Tren	Komponen Musiman		
	Tanpa	Aditif	Multiplikatif
Tanpa	S_t	$S_t + I_{t-L+m}$	$S_t I_{t-L+m}$
Aditif	$S_t + mB_t$	$S_t + mB_t + I_{t-L+m}$	$(S_t + mB_t)I_{t-L+m}$
Multiplikatif	$S_t B_t^m$	$S_t B_t^m + I_{t-L+m}$	$S_t I_{t-L+m} B_t^m$

dengan

F_{t+m} : nilai peramalan untuk m periode ke depan,

m : jumlah periode ke depan yang akan diramalkan,

t : indeks waktu,

L : panjang musiman,

B_t : nilai *smoothing* tren pada waktu ke- t ,

I_t : nilai *smoothing* musiman multiplikatif,

Pegel's exponential smoothing pada waktu ke- t (Makridakis dkk., 1999).



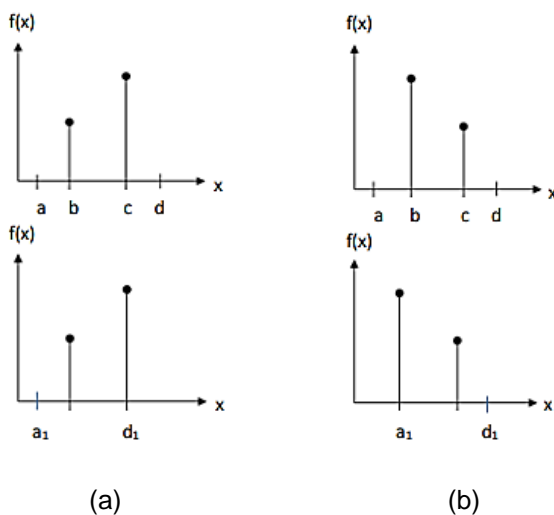
1.6.4 Metode Golden Section

Algoritma *Golden Section* umumnya digunakan untuk menyelesaikan *non linier programming* satu variabel yang berbentuk:

Maksimasi atau minimasi : $f(x)$

Dengan kendala : $a \leq x \leq d$.

Algoritma ini menggunakan prinsip mengurangi daerah batas x yang mungkin menghasilkan harga fungsi obyektif optimum (maksimum atau minimum) secara iteratif (Mahkya dkk., 2014). Proses pengurangan interval yang diilustrasikan oleh Gambar 2 berikut (Harahap & Darnius, 2022). Dibutuhkan nilai r (*Golden Ratio*) untuk mendapatkan sebuah titik baru yang simetris dapat dilihat pada Persamaan 17.



Gambar 3. Pengurangan Interval Pencarian x optimal (a) dari $[a, d]$ menjadi $[a, c]$ (b) dari $[a, d]$ menjadi $[b, d]$.

Misalkan pada suatu iterasi harga fungsi optimum mungkin terletak dalam rentang x $[a, d]$. Tahapan selanjutnya adalah menentukan dua harga x yang tersebut yaitu b dan c , dan interval kemungkinan dari fungsi $f(x)$ dari $[a, d]$ menjadi $[a, c]$ atau $[b, d]$ tergantung dari harga $f(x)$ di $x = c$ (Yuwida dkk., 2012). Untuk memperoleh interval b dan c dari interval $[a, d]$ digunakan perbandingan nilai r , sehingga:

$$\frac{c - a}{d - a} = \frac{d - b}{d - a} = r \quad (12)$$



dapat di tuliskan:

$$b = d - r(d - a) = ra + (1 - r)d \quad (13)$$

$$c = a + r(d - a) = a + d - b \quad (14)$$

Pada setiap langkah iterasi, ditentukan dua titik pada interval yang ada. Untuk menghemat langkah perhitungan, hanya satu titik baru yang ditentukan untuk setiap langkah iterasi. Titik berikutnya adalah titik yang ditentukan pada langkah sebelumnya. Misalnya, rentang $[a, d]$ dapat dikurangi menjadi $[a, c]$. Rentang $[a, c]$ adalah rentang baru, sehingga dapat ditulis sebagai $[a_1, d_1]$. Hanya satu titik baru yang didefinisikan, yaitu b_1 , karena titik b digunakan sebagai titik c_1 . Sehingga diperoleh hubungan:

$$b_1 = ra_1 + (1 - r)d_1 \quad (15)$$

$$r = \frac{c_1 - a_1}{d_1 - a_1} = \frac{b - a}{c - a} \quad (16)$$

Untuk mendapatkan nilai r diperoleh dengan cara menyelesaikan Persamaan diatas yaitu dengan mensubstitusikan Persamaan 13 dan Persamaan 14 ke Persamaan 16.

$$r = \frac{b - a}{c - a}$$

$$r = \frac{d - r(d - a) - a}{a + r(d - a) - a}$$

$$r = \frac{d - a - r(d - a)}{r(d - a)}$$

$$r^2 = \frac{d - a}{d - a} - \frac{r(d - a)}{d - a}$$

$$r^2 = 1 - r$$

$$r^2 + r - 1 = 0$$

$$r_{1,2} = \frac{-1 \pm \sqrt{1^2 - 4(1)(-1)}}{2(1)}$$

$$r_1 = \frac{-1 + \sqrt{5}}{2} = 0,618033989 \quad (17)$$



$$r_2 = \frac{-1 - \sqrt{5}}{2} = -1,618033989 \quad (18)$$

Agar interval menjadi semakin kecil, diperlukan syarat $0 < r < 1$, sehingga nilai yang dipakai adalah r_1 yaitu 0,618033 (Aqajahs dkk., 2018).

1.6.5 Modifikasi Metode *Golden Section*

Algoritma *Golden Section* hanya dapat menyelesaikan *nonlinier programming* dengan satu variabel (x) maka dirancang sebuah metode yang dapat menyelesaikan permasalahan dengan banyak variabel. Bentuk umum *nonlinier programming* yang dimaksud adalah (Ai, 2002):

$$\begin{aligned} \text{maksimasi atau minimasi} & \quad : f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \\ & \\ \text{dengan kendala} & \quad : \begin{aligned} & a_1 \leq x_1 \leq d_1 \\ & a_2 \leq x_2 \leq d_2 \\ & \vdots \\ & a_n \leq x_n \leq d_n \end{aligned} \end{aligned}$$

Nilai optimal parameter dihasilkan melalui optimasi modifikasi metode *Golden Section* dilakukan dengan menentukan $f(x_i)$ minimum diantara semua kombinasi x_i (Harahap & Darnius, 2022).

Kombinasi x_i untuk 2 parameter:

$$x_{0,0} = (\alpha_1, \gamma_1)$$

$$x_{0,1} = (\alpha_1, \gamma_2)$$

$$x_{1,0} = (\alpha_2, \gamma_1)$$

$$x_{1,1} = (\alpha_2, \gamma_2)$$

Kombinasi x_i untuk 3 parameter:

$$x_{0,0,0} = (\alpha_1, \beta_1, \gamma_1)$$

$$x_{0,1,0} = (\alpha_1, \beta_2, \gamma_1)$$

$$x_{0,0,1} = (\alpha_1, \beta_1, \gamma_2)$$

$$x_{1,0,0} = (\alpha_2, \beta_1, \gamma_1)$$

$$x_{0,1,1} = (\alpha_1, \beta_2, \gamma_2)$$

$$x_{1,1,0} = (\alpha_2, \beta_2, \gamma_1)$$

$$x_{1,0,1} = (\alpha_2, \beta_1, \gamma_2)$$



Berdasarkan harga $f(x_i)$ minimum, pembaruan interval dilakukan dengan syarat sebagai berikut:

Syarat untuk 2 parameter:

Jika $f(\alpha_1, \gamma_1)$ adalah nilai minimum, maka:

- a_1 baru nilainya tetap
- a_2 baru nilainya tetap
- d_1 baru = α_2
- d_2 baru = γ_2

Jika $f(\alpha_1, \gamma_2)$ adalah nilai minimum, maka:

- a_1 baru nilainya tetap
- a_2 baru = γ_1
- d_1 baru = α_2
- d_2 baru nilainya tetap

Jika $f(\alpha_2, \gamma_1)$ adalah nilai minimum, maka:

- a_1 baru = α_1
- a_2 baru nilainya tetap
- d_1 baru nilainya tetap
- d_2 baru = γ_2

Jika $f(\alpha_2, \gamma_2)$ adalah nilai minimum, maka:

- a_1 baru = α_1
- a_2 baru = γ_1
- d_1 baru nilainya tetap
- d_2 baru nilainya tetap

Syarat untuk 3 parameter:

Jika $f(\alpha_1, \beta_1, \gamma_1)$ adalah nilai minimum, maka:

- a_1 baru nilainya tetap
- a_2 baru nilainya tetap
- a_3 baru nilainya tetap
- d_1 baru = α_2
- d_2 baru = β_2
- d_3 baru = γ_2

Jika $f(\alpha_1, \beta_2, \gamma_1)$ adalah nilai minimum, maka:

- a_1 baru nilainya tetap
- a_2 baru = β_1



- a_3 baru = γ_1
- d_1 baru = α_2
- d_2 baru = β_2
- d_3 baru nilainya tetap

Jika $f(\alpha_1, \beta_2, \gamma_2)$ adalah nilai minimum, maka:

- a_1 baru nilainya tetap
- a_2 baru = β_1
- a_3 baru = γ_1
- d_1 baru = α_2
- d_2 baru nilainya tetap
- d_3 baru nilainya tetap

Jika $f(\alpha_2, \beta_1, \gamma_1)$ adalah nilai minimum, maka:

- a_1 baru = α_1
- a_2 baru nilainya tetap
- a_3 baru nilainya tetap
- d_1 baru nilainya tetap
- d_2 baru = β_2
- d_3 baru = γ_2

Jika $f(\alpha_2, \beta_2, \gamma_1)$ adalah nilai minimum, maka:

- a_1 baru = α_1
- a_2 baru = β_1
- a_3 baru nilainya tetap
- d_1 baru nilainya tetap
- d_2 baru nilainya tetap
- d_3 baru = γ_2

Jika $f(\alpha_2, \beta_1, \gamma_2)$ adalah nilai minimum, maka:

- a_1 baru = α_1
- a_2 baru nilainya tetap
- a_3 baru = γ_1
- d_1 baru nilainya tetap
- d_2 baru = β_2
- d_3 baru nilainya tetap

Jika $f(\alpha_2, \beta_2, \gamma_2)$ adalah nilai minimum, maka:

- a_1 baru = α_1
- a_2 baru = β_1
- a_3 baru = γ_1



tap
tap
tap

1.6.6 Akurasi Peramalan

Dalam proses peramalan hasil peramalan yang diperoleh setiap metode umumnya berbeda karena hasil peramalan mengandung unsur derajat ketidakpastian sehingga untuk mengetahui data peramalan yang lebih akurat diperlukan beberapa perhitungan untuk mengukur kesesuaian antara data aktual dengan data peramalan. Ada beberapa perhitungan yang sering digunakan dalam menghitung kesalahan peramalan total yaitu *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), *Root Mean Square Error* (RMSE)

a. *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE)

Menurut Heizer & Render (2009), *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) menyatakan persentase kesalahan hasil peramalan terhadap permintaan aktual selama periode tertentu yang akan memberikan informasi persentase kesalahan terlalu tinggi atau rendah. Kriteria nilai MAPE ditunjukkan pada Tabel 3.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Z_t - F_t}{Z_t} \right| \times 100\% \quad (19)$$

Tabel 3. Kriteria Nilai MAPE

MAPE	Signifikansi
< 10%	Kemampuan peramalan sangat baik
10% – 20%	Kemampuan peramalan baik
20% – 50%	Kemampuan peramalan cukup
> 50%	Kemampuan peramalan buruk

b. *Root Mean Square Error*

Root Mean Square Error (RMSE) merupakan perhitungan kesalahan dari nilai besarnya rata-rata eror pada suatu pengamatan, sehingga RMSE biasa digunakan untuk mengetahui besar kesalahan pada data dari model. RMSE dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut (Melyani dkk., 2021):

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (Z_t - F_t)^2}{n}} \quad (20)$$

dengan:



pada data periode t
 alan pada data periode t
 a

1.6.7 Karet Kering

Karet kering merupakan karet alam yang telah diproses menjadi bentuk kering. Karet kering berkontribusi sebagai sumber devisa non-migas, pemasok bahan baku industri dan berperan penting dalam mendorong pertumbuhan pusat ekonomi baru di daerah pengembangan (Fitria dkk., 2023). Perkebunan Indonesia menjadi sumber mata pencaharian bagi 2,2 juta keluarga petani (Direktoral Jenderal Perkebunan, 2021). Dan menjadi penyumbang devisa negara sebesar 2,38 juta ton dengan nilai US\$4,12 milyar (Dewan Karet Indonesia, 2021). Perkebunan karet kering di Indonesia terdiri atas Perkebunan Karet Rakyat (PR), Perkebunan Besar Negara (PBN), dan Perkebunan Besar Swasta (PBS). Sebagian besar produksi didominasi oleh Perkebunan Karet Rakyat (Syarifita dkk., 2023). Perkembangan produksi karet kering Perkebunan Besar (PB) dari Tahun 2017 sampai 2022 cenderung menurun (Badan Pusat Statistik, 2023).

