

## KOMPARASI ANTARA METODE DEKOMPOSISI DAN *WINTERS'S EXPONENTIAL SMOOTHING* DALAM PERAMALAN PEREDARAN JUMLAH UANG KARTAL DI INDONESIA

Ni Luh Esty Andjasari<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Halu Oleo, Kendari  
Email: [estyandjasari04@gmail.com](mailto:estyandjasari04@gmail.com)

Norma Muhtar<sup>1,a)</sup>, La Pimpi<sup>1,b)</sup>, La Gubu<sup>1,c)</sup>, Alfian<sup>1,d)</sup>, dan Ruslan<sup>1,e)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Halu Oleo, Kendari  
Email: <sup>a)</sup>[norma.muhtar@uho.ac.id](mailto:norma.muhtar@uho.ac.id), <sup>b)</sup>[lapimpi.uho.mipa@gmail.com](mailto:lapimpi.uho.mipa@gmail.com), <sup>c)</sup>[la.gubu@uho.ac.id](mailto:la.gubu@uho.ac.id),  
<sup>d)</sup>[alfianmath03@uho.ac.id](mailto:alfianmath03@uho.ac.id) dan <sup>e)</sup>[ruslantibandung@gmail.com](mailto:ruslantibandung@gmail.com)

### ABSTRAK

Untuk mengetahui hasil estimasi dan peramalan jumlah peredaran uang kartal di Indonesia dengan menggunakan metode dekomposisi dan *winter's exponential smoothing* serta mengetahui komparasi tingkat akurasi metode dekomposisi dan *winter's exponential smoothing* dalam mengestimasi dan meramalkan jumlah peredaran uang kartal di Indonesia. Data yang digunakan adalah data jumlah peredaran uang kartal di Indonesia bulan Januari 2018 hingga bulan Desember 2022. Analisis menggunakan metode dekomposisi meliputi komponen *trend*, siklus, musiman, dan *error* kemudian menjumlahkan nilai dari komponen-komponen tersebut. Sedangkan metode *winter's exponential smoothing* merupakan metode peramalan melalui proses pemulusan (*smoothing*) pada data yang memuat *trend* dan musiman dengan menggunakan tiga parameter pemulus yaitu alpha ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ), dan gamma ( $\gamma$ ). Metode terbaik untuk meramalkan jumlah peredaran uang kartal di Indonesia adalah metode dekomposisi, karena memiliki nilai kesalahan peramalan lebih kecil dibandingkan metode *winter's exponential smoothing* yaitu nilai MAPE sebesar 1,684%.

**Kata Kunci:** Uang Kartal, Peramalan, Dekomposisi, Winter's Exponential Smoothing

### ABSTRACT

To find out the results of estimating and forecasting the amount of currency circulation in Indonesia using the decomposition method and *winter's exponential smoothing* and to find out the comparative level of accuracy of the decomposition method and *winter's exponential smoothing* in estimating and predicting the amount of currency circulation in Indonesia. The data used is data on the amount of currency in circulation in Indonesia from January 2018 to December 2022. Analysis uses the decomposition method including trend, cycle, seasonal and error components and then adds up the values of these components. Meanwhile, the *winter's exponential smoothing* method is a forecasting method through a smoothing process on data that contains trends and seasonality using three smoothing parameters, namely alpha ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ), and gamma ( $\gamma$ ). The best method for predicting the amount of currency in circulation in Indonesia is the decomposition method, because it has a smaller forecasting error value than the *winter's exponential smoothing* method, namely a MAPE value of 1,684%.

**Keywords:** Currency, Forecasting, Decomposition, Winter's Exponential Smoothing

### 1. Pendahuluan

Uang merupakan komponen penting dalam perekonomian yang digunakan sebagai alat pembayaran dalam melakukan transaksi jual beli, baik dalam pertukaran barang ataupun jasa [1]. Jumlah uang beredar dalam arti sempit (*narrow money*) adalah jumlah uang beredar yang terdiri atas uang kartal dan uang giral [2]. Uang logam dan uang kertas termasuk dalam uang kartal dimana uang kartal merupakan uang yang dipakai untuk transaksi sehari-

hari. Selain uang kartal, ada juga uang giral yang merupakan alat pembayaran yang sah yang dikeluarkan oleh bank umum untuk mempermudah transaksi dalam jumlah yang cukup besar. Beberapa jenis uang giral antara lain cek dan giro [3].

Peredaran uang kartal merupakan indikator penting dalam mengukur aktivitas ekonomi suatu wilayah. Kemampuan untuk memahami dan meramalkan peredaran uang kartal regional

mempunyai nilai signifikan bagi lembaga keuangan, pemerintah, serta para pelaku bisnis dan ekonomi [4]. Peramalan peredaran uang kartal di Indonesia penting dilakukan untuk membantu pemerintah dan lembaga keuangan khususnya Bank Indonesia (BI) dalam menyusun perencanaan kebutuhan uang rupiah. Dengan memahami tren peredaran uang, mereka dapat mengambil tindakan yang tepat untuk menjaga nilai mata uang, mengendalikan tingkat inflasi, dan mendukung pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan [5].

Peramalan (*forecasting*) merupakan suatu kegiatan yang bertujuan untuk memperkirakan atau memprediksi apa yang terjadi pada masa yang akan datang dengan waktu yang relatif lama [6]. Data masa lampau dikumpulkan, dipelajari, dan dianalisis dihubungkan dengan perjalanan waktu dan menyatakan sesuatu yang akan terjadi di masa mendatang [7]. Salah satu metode peramalan yang dikembangkan adalah *time series*, yaitu peramalan yang menggunakan data sebelumnya untuk memprediksikan masa yang akan datang [8]. Metode yang dapat digunakan pada data *time series* antara lain *moving average* (*simple moving average*, *weighted moving average*, *exponential moving average*, *double moving average*, dan *triple moving average*), *exponential smoothing* (*single exponential smoothing*, *double exponential smoothing* dan *winter's exponential smoothing*), regresi, dekomposisi serta ARIMA [9].

Berbagai penelitian terkait dengan menggunakan metode dekomposisi dan *winter's exponential smoothing* telah dilakukan. [10], meneliti perbandingan hasil dari metode dekomposisi dan metode *winter's exponential smoothing* untuk peramalan jumlah pasien DBD di RSUD Dr. Soeselo Slawi, hasil prediksinya dengan metode dekomposisi menunjukkan bahwa tingkat keakuratan model yang diperoleh lebih baik dibanding dengan metode *winter's exponential smoothing*. Penelitian lain, [11] meneliti perbandingan analisis dekomposisi dan *exponential smoothing holt-winter* untuk peramalan rata-rata jumlah KPM PKH di NTB, hasil prediksinya metode *exponential smoothing holt-winter* menunjukkan nilai MAPE lebih kecil dibandingkan dengan nilai MAPE metode dekomposisi sehingga metode terbaik yaitu metode *exponential smoothing holt-winter*.

Metode dekomposisi adalah mendekomposisi (memecah) data deret berkala menjadi beberapa pola dan mengidentifikasi masing-masing komponen dari deret berkala tersebut secara terpisah [12]. Dengan kata lain metode dekomposisi adalah suatu metode yang memisahkan pola-pola dari data seperti faktor

*trend*, siklus, dan musiman untuk mendapatkan hasil peramalan yang lebih akurat. Metode dekomposisi terdiri dari model aditif dan model multiplikatif [13]. Kelebihan dari metode ini adalah komponen-komponennya dapat dipecah atau didekomposisi menjadi sub-pola yang menunjukkan setiap komponen dari deret waktu yang terpisah yang dapat meningkatkan akurasi dalam peramalan [14].

*Exponential smoothing* adalah suatu metode peramalan rata-rata bergerak yang melakukan pembobotan menurun secara *exponential* terhadap data observasi sebelumnya [15]. Metode *exponential smoothing* dapat digunakan untuk data stasioner dan juga data *non* stasioner [16]. Metode *exponential smoothing* memiliki berbagai jenis metode peramalan seperti *single exponential smoothing*, *double exponential smoothing* (metode *holt*), dan *triple exponential smoothing* (metode *winter's*) [17]. *Winter's exponential smoothing* atau biasa disebut dengan *tripel exponential smoothing* merupakan pemulusan *exponential smoothing* yang bertujuan untuk melakukan pemulusan pada data yang memuat *trend* dan variasi musiman dengan menggunakan tiga parameter pemulusan yakni  $\alpha$  ( $\alpha$ ),  $\beta$  ( $\beta$ ), dan  $\gamma$  ( $\gamma$ ) [18]. Metode *winter's exponential smoothing* dapat diselesaikan dengan menggunakan dua model yaitu model aditif dan model multiplikatif. Metode *winter's exponential smoothing* memiliki kelebihan yaitu dalam analisis pemulusan dilakukan tiga kali sehingga diperoleh hasil peramalan yang baik [19].

Berdasarkan uraian di atas, kedua metode yang digunakan memiliki kelebihan dan kekurangan yang berbeda. Pada dasarnya metode-metode tersebut memiliki tujuan yang sama, yaitu membuat prediksi mengenai kejadian di masa depan sehingga prediksi tersebut dapat digunakan sebagai pedoman dalam pengambilan keputusan. Membandingkan kedua metode dapat membantu dalam memilih pendekatan yang lebih tepat sesuai dengan karakteristik data tertentu guna meningkatkan akurasi peramalan [13].

Pada bagian kedua dijelaskan tentang metode penelitian untuk meramalkan jumlah peredaran uang kartal di Indonesia. Selanjutnya pada bagian ketiga dibahas hasil penelitian terkait perbandingan antara metode dekomposisi dan metode *winter's exponential smoothing* dalam meramalkan jumlah peredaran uang kartal di Indonesia. Pada bagian keempat membahas kesimpulan dan saran berdasarkan hasil yang diperoleh pada bagian tiga.

## 2. Metode

Pendekatan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan kuantitatif.

Peramalan kuantitatif melakukan pengumpulan data dari masa lampau, kemudian dipelajari dan dianalisis yang selanjutnya dihubungkan dengan perjalanan waktu yang hasilnya dapat menyampaikan sesuatu yang mungkin terjadi dimasa mendatang. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder.

Adapun prosedur dari penelitian ini adalah sebagai berikut: (1) Mengumpulkan data. (2) Memplot data. (3) Pengujian data (uji kecukupan data, uji *trend* dan uji musiman). (4) Meramalkan data dengan menggunakan metode dekomposisi. (5) Meramalkan data dengan menggunakan metode *winter's exponential smoothing* (6) Menentukan nilai kesalahan peramalan. (7) Menentukan metode terbaik dalam peramalan. (8) Membuat kesimpulan.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Data yang akan dianalisis dalam penelitian ini adalah data *time series* jumlah peredaran uang kartal di Indonesia mulai dari bulan Januari tahun 2018 hingga bulan Desember tahun 2022 yang diperoleh dari situs Badan Pusat Statistik Indonesia [20]. Data tersebut berupa 60 data yang disajikan pada Tabel 1 berikut:

**Tabel 1.** Data Jumlah Peredaran Uang Kartal di Indonesia Tahun 2018-2022

| Bulan     | Tahun                      |                            |                            |                            |                            |
|-----------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|           | 2018<br>(Miliar<br>Rupiah) | 2019<br>(Miliar<br>Rupiah) | 2020<br>(Miliar<br>Rupiah) | 2021<br>(Miliar<br>Rupiah) | 2022<br>(Miliar<br>Rupiah) |
| Januari   | 532.131                    | 579.294                    | 616.129                    | 712.529                    | 765.015                    |
| Februari  | 531.209                    | 570.435                    | 607.961                    | 698.227                    | 795.951                    |
| Maret     | 549.216                    | 585.579                    | 620.353                    | 692.478                    | 792.518                    |
| April     | 549.587                    | 592.935                    | 634.149                    | 732.644                    | 896.318                    |
| Mei       | 580.625                    | 675.635                    | 685.044                    | 743.534                    | 820.155                    |
| Juni      | 605.973                    | 625.354                    | 651.818                    | 739.006                    | 815.316                    |
| Juli      | 583.306                    | 619.652                    | 668.108                    | 758.703                    | 822.043                    |
| Agustus   | 587.788                    | 622.452                    | 661.168                    | 750.510                    | 805.459                    |
| September | 590.805                    | 614.231                    | 674.441                    | 748.616                    | 807.818                    |
| Oktober   | 581.592                    | 611.081                    | 707.854                    | 766.704                    | 808.649                    |
| November  | 586.236                    | 622.384                    | 712.636                    | 775.051                    | 840.492                    |
| Desember  | 625.370                    | 654.683                    | 760.045                    | 831.234                    | 897.799                    |

#### Plotting Data



**Gambar 1.** Plot Data Jumlah Peredaran Uang Kartal di Indonesia

#### Pengujian Data

##### 1. Uji Kecukupan Data

$$N' = \left[ \frac{k}{s} \sqrt{N \sum_{t=1}^N Y_t^2 - (\sum_{t=1}^N Y_t)^2} \right]^2$$

Berdasarkan perhitungan nilai  $N' \leq N$  yaitu  $31,4181 \leq 60$ . Oleh karena itu, maka dapat disimpulkan bahwa data yang digunakan dalam penelitian ini dianggap cukup dan memenuhi kriteria untuk dianalisis.

##### 2. Uji Trend

Tahap selanjutnya yaitu melakukan uji terhadap *trend* atau tidak, menggunakan uji *Augmented Dickey Fuller* (ADF). Diperoleh nilai sebesar  $p\text{-value} = 0,2984$  lebih besar dari taraf signifikansi 5% maka diterima  $H_0$  artinya terdapat akar unit maka data tidak stasioner.

##### 3. Uji Musiman

Langkah-langkah perhitungan yang dilakukan terkait pengujian adanya pengaruh musiman, dituliskan pada persamaan-persamaan berikut.

###### a. Jumlah kuadrat total

$$JKT = \sum_{i=1}^b \sum_{j=1}^k Y_{ij}^2 - \frac{T^2}{kb}$$

###### b. Jumlah kuadrat baris

$$JKB = \sum_{i=1}^b \frac{T_i^2}{k} - \frac{T^2}{kb}$$

###### c. Jumlah kuadrat kolom

$$JJK = \sum_{j=1}^k \frac{T_j^2}{b} - \frac{T^2}{kb}$$

###### d. Jumlah kuadrat galat

$$JKG = JKT - JKB - JJK$$

###### e. Menyusun tabel analisis variansi

| Sumber Variansi | Jumlah Kuadrat  | Derajat Bebas | Rata-Rata Kuadrat         | $F_{hitung}$      |
|-----------------|-----------------|---------------|---------------------------|-------------------|
| Rata-rata baris | 54.549.710.887  | 11            | $s_1^2 = 4.959.064.626$   | $f_1 = 11,17497$  |
| Rata-rata kolom | 478.595.670.635 | 4             | $s_2^2 = 119.648.917.659$ | $f_1 = 269,62214$ |
| Galat (Error)   | 19.525.668.008  | 44            | $s_3^2 = 443.765.182$     |                   |
| Total           | 552.671.049.529 | 59            |                           |                   |

**Tabel 2.** Analisis Variansi (ANOVA)

Berdasarkan Tabel 2 terlihat bahwa nilai  $F_{hitung}(f_1) = 11,17497 > F_{0,05;(11;44)} = 2,01405$  dan  $F_{hitung}(f_2) = 269,62214 > F_{0,05;(4;44)} = 2,58367$ . Oleh karena itu, pengujian  $H_0$  ditolak karena pada taraf kepercayaan 95% atau  $\alpha = 0,05$  berlaku  $F_{hitung} > F_{tabel}$ . Hal ini berarti bahwa bahwa data deret berkala yang dianalisis dipengaruhi faktor musiman.

**Metode Dekomposisi**

Dapat dilihat pada plot data pada Gambar 1 bahwa pola data cenderung memiliki variasi musiman yang bersifat konstan atau relatif stabil sehingga untuk peramalan menggunakan metode dekomposisi model aditif. Tahapan dalam melakukan peramalan jumlah peredaran uang kartal di Indonesia dengan menggunakan metode dekomposisi adalah sebagai berikut.

1. Menghitung Rata-Rata Bergerak Terpusat

Dalam menghitung rata-rata bergerak terpusat, sebelumnya dihitung rata-rata bergerak bulanan yaitu rata-rata 12 data berurutan dan hasilnya diletakkan pada periode tengahnya.

$$m_{t+0,5} = \frac{(Y_{t-5} + Y_{t-4} + Y_{t-3} + Y_{t-2} + Y_{t-1} + Y_t + Y_{t+1} + \dots + Y_{t+6})}{12}$$

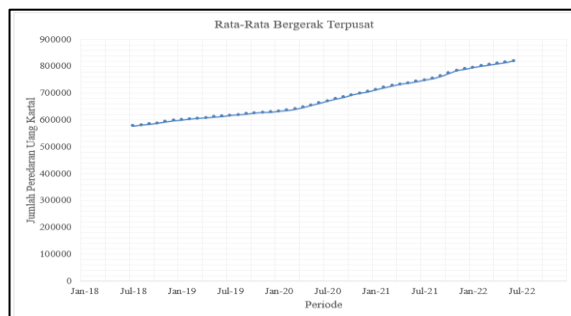
Dilanjutkan dengan menghitung rata-rata bergerak terpusat, karena panjang periode musiman adalah genap maka hasil perata-rataan ini dirata-ratakan kembali menggunakan 2 data berurutan. Hasilnya disajikan pada Tabel 3.

$$M_t = \frac{m_{t-0,5} + m_{t+0,5}}{2}$$

**Tabel 3.** Rata-Rata Bergerak Terpusat

| Periode | t  | Y (Miliar Rupiah) | Periode | t  | Y (Miliar Rupiah) |
|---------|----|-------------------|---------|----|-------------------|
| Jan-18  | 1  |                   | Jul-20  | 31 | 670.658,85        |
| Feb-18  | 2  |                   | Agu-20  | 32 | 678.436,59        |
| Mar-18  | 3  |                   | Sep-20  | 33 | 685.202,86        |
| Apr-18  | 4  |                   | Okt-20  | 34 | 692.312,00        |
| Mei-18  | 5  |                   | Nov-20  | 35 | 698.853,01        |
| Jun-18  | 6  |                   | Des-20  | 36 | 704.922,93        |
| Jul-18  | 7  | 577.285,05        | Jan-21  | 37 | 712.330,56        |
| Agu-18  | 8  | 580.884,56        | Feb-21  | 38 | 719.827,95        |
| Sep-18  | 9  | 584.034,08        | Mar-21  | 39 | 726.641,18        |
| Okt-18  | 10 | 587.355,35        | Apr-21  | 40 | 732.183,89        |
| Nov-18  | 11 | 593.120,25        | Mei-21  | 41 | 737.236,62        |
| Des-18  | 12 | 597.886,54        | Jun-21  | 42 | 742.803,48        |
| Jan-19  | 13 | 600.208,51        | Jul-21  | 43 | 747.956,60        |
| Feb-19  | 14 | 603.167,25        | Agu-21  | 44 | 754.215,37        |
| Mar-19  | 15 | 605.587,66        | Sep-21  | 45 | 762.455,57        |
| Apr-19  | 16 | 607.792,47        | Okt-21  | 46 | 773.443,67        |
| Mei-19  | 17 | 610.527,36        | Nov-21  | 47 | 783.455,95        |
| Jun-19  | 18 | 613.254,90        | Des-21  | 48 | 789.828,04        |
| Jul-19  | 19 | 616.011,04        | Jan-22  | 49 | 795.646,77        |
| Agu-19  | 20 | 619.109,42        | Feb-22  | 50 | 800.575,47        |
| Sep-19  | 21 | 622.121,93        | Mar-22  | 51 | 805.331,73        |
| Okt-19  | 22 | 625.288,10        | Apr-22  | 52 | 809.546,16        |
| Nov-19  | 23 | 627.397,41        | Mei-22  | 53 | 814.020,58        |
| Des-19  | 24 | 628.892,14        | Jun-22  | 54 | 819.520,83        |
| Jan-20  | 25 | 632.013,82        | Jul-22  | 55 |                   |
| Feb-20  | 26 | 635.645,98        | Agu-22  | 56 |                   |
| Mar-20  | 27 | 639.767,88        | Sep-22  | 57 |                   |
| Apr-20  | 28 | 646.308,84        | Okt-22  | 58 |                   |
| Mei-20  | 29 | 654.101,54        | Nov-22  | 59 |                   |
| Jun-20  | 30 | 662.252,10        | Des-22  | 60 |                   |

Hasil perhitungan rata-rata bergerak terpusat sebagaimana yang disajikan pada Tabel 3 dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



**Gambar 2.** Rata-Rata Bergerak Terpusat

2. Menghitung Komponen Musiman dan Acak

Komponen musiman dan acak dihitung dengan cara mengurangi data pada waktu ke-t pada Tabel 1 dengan rata-rata bergerak terpusat waktu ke-t pada Tabel 3.

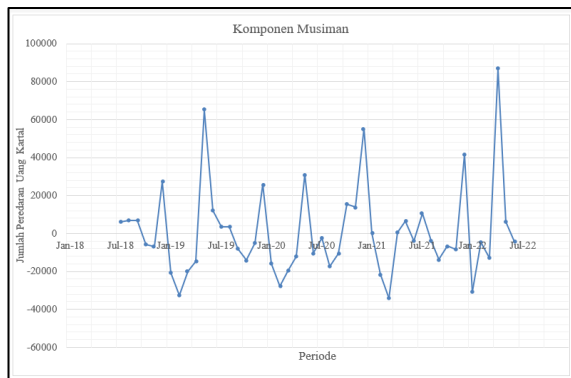
$$Kma_t = Ya_t - Ma_t$$

Diperoleh hasil komponen musiman terhadap rata-rata bergerak terpusat yang hasilnya disajikan pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Komponen Musiman

| Periode | t  | Y (Miliar Rupiah) | Periode | t  | Y (Miliar Rupiah) |
|---------|----|-------------------|---------|----|-------------------|
| Jan-18  | 1  |                   | Jul-20  | 31 | -2.550,62         |
| Feb-18  | 2  |                   | Agu-20  | 32 | -17.269,06        |
| Mar-18  | 3  |                   | Sep-20  | 33 | -10.761,62        |
| Apr-18  | 4  |                   | Okt-20  | 34 | 15.541,82         |
| Mei-18  | 5  |                   | Nov-20  | 35 | 13.782,87         |
| Jun-18  | 6  |                   | Des-20  | 36 | 55.121,71         |
| Jul-18  | 7  | 6.020,82          | Jan-21  | 37 | 198,68            |
| Agu-18  | 8  | 6.903,76          | Feb-21  | 38 | -21.601,33        |
| Sep-18  | 9  | 6.770,79          | Mar-21  | 39 | -34.163,15        |
| Okt-18  | 10 | -5.763,58         | Apr-21  | 40 | 459,66            |
| Nov-18  | 11 | -6.884,48         | Mei-21  | 41 | 6.297,58          |
| Des-18  | 12 | 27.483,94         | Jun-21  | 42 | -3.797,11         |
| Jan-19  | 13 | -20.914,51        | Jul-21  | 43 | 10.746,37         |
| Feb-19  | 14 | -32.732,25        | Agu-21  | 44 | -3.705,26         |
| Mar-19  | 15 | -20.008,66        | Sep-21  | 45 | -13.839,33        |
| Apr-19  | 16 | -14.857,47        | Okt-21  | 46 | -6.739,76         |
| Mei-19  | 17 | 65.107,64         | Nov-21  | 47 | -8.404,61         |
| Jun-19  | 18 | 12.099,11         | Des-21  | 48 | 41.405,67         |
| Jul-19  | 19 | 3.640,96          | Jan-22  | 49 | -30.631,66        |
| Agu-19  | 20 | 3.342,58          | Feb-22  | 50 | -4.624,39         |
| Sep-19  | 21 | -7.890,93         | Mar-22  | 51 | -12.813,37        |
| Okt-19  | 22 | -14.207,10        | Apr-22  | 52 | 86.771,57         |
| Nov-19  | 23 | -5.013,41         | Mei-22  | 53 | 6.134,10          |
| Des-19  | 24 | 25.790,86         | Jun-22  | 54 | -4.204,70         |
| Jan-20  | 25 | -15.884,82        | Jul-22  | 55 |                   |
| Feb-20  | 26 | -27.684,98        | Agu-22  | 56 |                   |
| Mar-20  | 27 | -19.414,64        | Sep-22  | 57 |                   |
| Apr-20  | 28 | -12.159,84        | Okt-22  | 58 |                   |
| Mei-20  | 29 | 30.942,93         | Nov-22  | 59 |                   |
| Jun-20  | 30 | -10.434,10        | Des-22  | 60 |                   |

Hasil perhitungan komponen musiman dan acak dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



**Gambar 3.** Komponen Musiman

3. Rata-Rata Medial dan Indeks Musiman

Rata-rata medial disusun dari data komponen musiman pada Tabel 4 menurut bulan untuk setiap tahunnya. Rata-rata medial adalah nilai rata-rata untuk setiap bulan setelah dikeluarkan nilai terbesar dan terkecil. Rata-rata medial yang dihasilkan kemudian dikurangi dengan faktor koreksi sehingga rata-rata totalnya menjadi 0 (model aditif). Dari perhitungan rata-rata medial akan didapat indeks musiman.

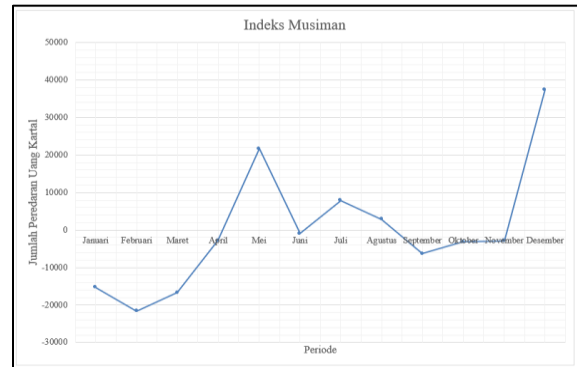
$$Ia_t = Aa_t - Fpa$$

Diperoleh hasil rata-rata medial dan indeks musiman yang hasilnya disajikan pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Rata-Rata Medial dan Indeks Musiman

| Bulan     | Rata-Rata Medial (Miliar Rupiah) | Indeks Musiman (Miliar Rupiah) |
|-----------|----------------------------------|--------------------------------|
| Januari   | -18.399,67                       | -15.364,85                     |
| Februari  | -24.643,15                       | -21.608,34                     |
| Maret     | -19.711,65                       | -16.676,84                     |
| April     | -5.850,09                        | -2.815,28                      |
| Mei       | 18.620,25                        | 21.655,07                      |
| Juni      | -4.000,91                        | -966,09                        |
| Juli      | 4.830,89                         | 7.865,70                       |
| Agustus   | -181,34                          | 2.853,48                       |
| September | -9.326,27                        | -6.291,46                      |
| Oktober   | -6.251,67                        | -3.216,86                      |
| November  | -5.948,95                        | -2.914,14                      |
| Desember  | 34.444,80                        | 37.479,62                      |
| Rata-rata | -3.034,81                        | 0                              |

Hasil perhitungan rata-rata medial dan indeks musiman dapat dilihat pada Gambar 4 berikut:



**Gambar 4.** Indeks Musiman

4. *Seasonally Adjusted Series (Deseasonalized)*

Data *deseasonalized* merupakan data yang telah dihilangkan faktor musimannya. Diperoleh dengan mengurangi data aktual pada Tabel 1 dengan indeks musiman pada Tabel 5.

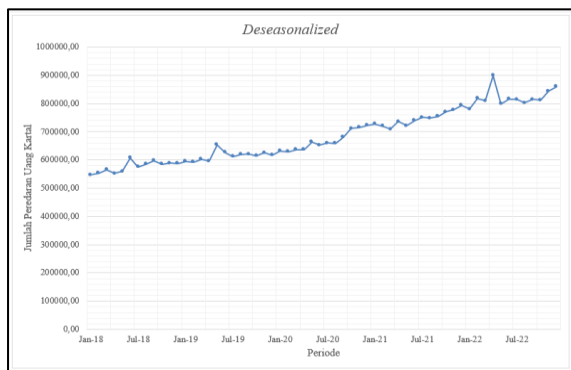
$$Dsa_t = Ya_t - Ia_t$$

Hasil perhitungan data *deseasonalized* disajikan pada Tabel 6.

**Tabel 6.** *Deseasonalized*

| Periode | t  | Y (Miliar Rupiah) | Periode | t  | Y (Miliar Rupiah) |
|---------|----|-------------------|---------|----|-------------------|
| Jan-18  | 1  | 547.496,33        | Jul-20  | 31 | 660.242,53        |
| Feb-18  | 2  | 552.817,62        | Agu-20  | 32 | 658.314,05        |
| Mar-18  | 3  | 565.893,19        | Sep-20  | 33 | 680.732,70        |
| Apr-18  | 4  | 552.402,47        | Okt-20  | 34 | 711.070,68        |
| Mei-18  | 5  | 558.970,07        | Nov-20  | 35 | 715.550,02        |
| Jun-18  | 6  | 606.938,95        | Des-20  | 36 | 722.565,02        |
| Jul-18  | 7  | 575.440,17        | Jan-21  | 37 | 727.894,09        |
| Agu-18  | 8  | 584.934,84        | Feb-21  | 38 | 719.834,96        |
| Sep-18  | 9  | 597.096,33        | Mar-21  | 39 | 709.154,87        |
| Okt-18  | 10 | 584.808,63        | Apr-21  | 40 | 735.458,83        |
| Nov-18  | 11 | 589.149,91        | Mei-21  | 41 | 721.879,13        |
| Des-18  | 12 | 587.890,86        | Jun-21  | 42 | 739.972,46        |
| Jan-19  | 13 | 594.658,85        | Jul-21  | 43 | 750.837,27        |
| Feb-19  | 14 | 592.043,34        | Agu-21  | 44 | 747.656,63        |
| Mar-19  | 15 | 602.255,84        | Sep-21  | 45 | 754.907,70        |
| Apr-19  | 16 | 595.750,28        | Okt-21  | 46 | 769.920,77        |
| Mei-19  | 17 | 653.979,93        | Nov-21  | 47 | 777.965,48        |
| Jun-19  | 18 | 626.320,09        | Des-21  | 48 | 793.754,09        |
| Jul-19  | 19 | 611.786,30        | Jan-22  | 49 | 780.379,96        |
| Agu-19  | 20 | 619.598,52        | Feb-22  | 50 | 817.559,42        |
| Sep-19  | 21 | 620.522,46        | Mar-22  | 51 | 809.195,20        |
| Okt-19  | 22 | 614.297,86        | Apr-22  | 52 | 899.133,01        |
| Nov-19  | 23 | 625.298,14        | Mei-22  | 53 | 798.499,61        |
| Des-19  | 24 | 617.203,38        | Jun-22  | 54 | 816.282,22        |
| Jan-20  | 25 | 631.493,85        | Jul-22  | 55 | 814.177,09        |
| Feb-20  | 26 | 629.569,34        | Agu-22  | 56 | 802.605,57        |
| Mar-20  | 27 | 637.030,08        | Sep-22  | 57 | 814.108,97        |
| Apr-20  | 28 | 636.964,28        | Okt-22  | 58 | 811.865,84        |
| Mei-20  | 29 | 663.389,40        | Nov-22  | 59 | 843.406,54        |
| Jun-20  | 30 | 652.784,09        | Des-22  | 60 | 860.318,99        |

Hasil perhitungan data *Seasonally Adjusted Series (deseasonalized)* dapat dilihat pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Deseasonalized

5. Komponen Trend

Dalam mencari persamaan trend digunakan data deseasonalized atau seasonally adjusted series pada Tabel 6 dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\hat{Y} = a + bX$$

Dimana:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n X_i Y_i - \sum_{i=1}^n X_i^2 \sum_{i=1}^n Y_i}{(\sum_{i=1}^n X_i)^2 - n \sum_{i=1}^n X_i^2}$$

dan

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i - n \sum_{i=1}^n X_i Y_i}{(\sum_{i=1}^n X_i)^2 - n \sum_{i=1}^n X_i^2}$$

Sehingga diperoleh:

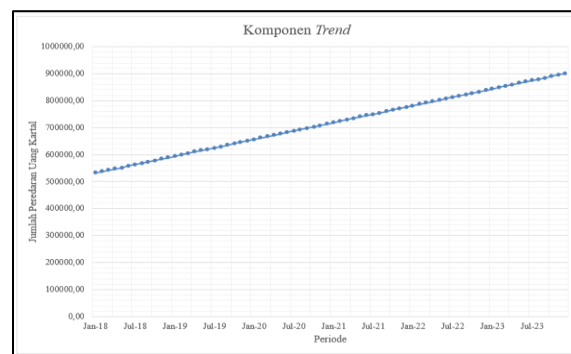
$$\hat{Y} = 526.459,57 + 5.194,78X$$

Tabel 7. Komponen Trend

| Periode | X(t) | Y (Miliar Rupiah) | Periode | X(t) | Y (Miliar Rupiah) |
|---------|------|-------------------|---------|------|-------------------|
| Jan-18  | 1    | 531.654,35        | Jan-21  | 37   | 718.666,58        |
| Feb-18  | 2    | 536.849,13        | Feb-21  | 38   | 723.861,37        |
| Mar-18  | 3    | 542.043,92        | Mar-21  | 39   | 729.056,15        |
| Apr-18  | 4    | 547.238,70        | Apr-21  | 40   | 734.250,94        |
| Mei-18  | 5    | 552.433,49        | Mei-21  | 41   | 739.445,72        |
| Jun-18  | 6    | 557.628,27        | Jun-21  | 42   | 744.640,51        |
| Jul-18  | 7    | 562.823,06        | Jul-21  | 43   | 749.835,29        |
| Agu-18  | 8    | 568.017,84        | Agu-21  | 44   | 755.030,07        |
| Sep-18  | 9    | 573.212,62        | Sep-21  | 45   | 760.224,86        |
| Okt-18  | 10   | 578.407,41        | Okt-21  | 46   | 765.419,64        |
| Nov-18  | 11   | 583.602,19        | Nov-21  | 47   | 770.614,43        |
| Des-18  | 12   | 588.796,98        | Des-21  | 48   | 775.809,21        |
| Jan-19  | 13   | 593.991,76        | Jan-22  | 49   | 781.004,00        |
| Feb-19  | 14   | 599.186,55        | Feb-22  | 50   | 786.198,78        |
| Mar-19  | 15   | 604.381,33        | Mar-22  | 51   | 791.393,56        |
| Apr-19  | 16   | 609.576,11        | Apr-22  | 52   | 796.588,35        |
| Mei-19  | 17   | 614.770,90        | Mei-22  | 53   | 801.783,13        |
| Jun-19  | 18   | 619.965,68        | Jun-22  | 54   | 806.977,92        |
| Jul-19  | 19   | 625.160,47        | Jul-22  | 55   | 812.172,70        |
| Agu-19  | 20   | 630.355,25        | Agu-22  | 56   | 817.367,48        |
| Sep-19  | 21   | 635.550,04        | Sep-22  | 57   | 822.562,27        |
| Okt-19  | 22   | 640.744,82        | Okt-22  | 58   | 827.757,05        |
| Nov-19  | 23   | 645.939,60        | Nov-22  | 59   | 832.951,84        |
| Des-19  | 24   | 651.134,39        | Des-22  | 60   | 838.146,62        |
| Jan-20  | 25   | 656.329,17        | Jan-23  | 61   | 843.341,41        |

|        |    |            |        |    |            |
|--------|----|------------|--------|----|------------|
| Feb-20 | 26 | 661.523,96 | Feb-23 | 62 | 848.536,19 |
| Mar-20 | 27 | 666.718,74 | Mar-23 | 63 | 853.730,97 |
| Apr-20 | 28 | 671.913,53 | Apr-23 | 64 | 858.925,76 |
| Mei-20 | 29 | 677.108,31 | Mei-23 | 65 | 864.120,54 |
| Jun-20 | 30 | 682.303,09 | Jun-23 | 66 | 869.315,33 |
| Jul-20 | 31 | 687.497,88 | Jul-23 | 67 | 874.510,11 |
| Agu-20 | 32 | 692.692,66 | Agu-23 | 68 | 879.704,9  |
| Sep-20 | 33 | 697.887,45 | Sep-23 | 69 | 884.899,68 |
| Okt-20 | 34 | 703.082,23 | Okt-23 | 70 | 890.094,46 |
| Nov-20 | 35 | 708.277,02 | Nov-23 | 71 | 895.289,25 |
| Des-20 | 36 | 713.471,80 | Des-23 | 72 | 900.484,03 |

Hasil perhitungan komponen trend dapat dilihat pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6. Komponen Trend

6. Komponen Siklus

Komponen siklus diperoleh dengan cara mengurangkan komponen rata-rata bergerak terpusat pada Tabel 3 dengan komponen trend pada Tabel 7, hasilnya disajikan pada Tabel 8.

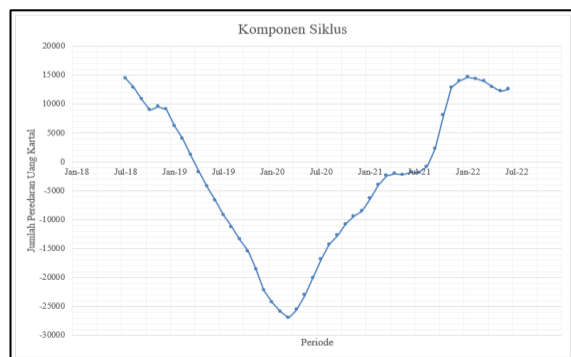
$$Ca_t = Ma_t - Ta_t$$

Tabel 8. Komponen Siklus

| Periode | t  | Y (Miliar Rupiah) | Periode | t  | Y (Miliar Rupiah) |
|---------|----|-------------------|---------|----|-------------------|
| Jan-18  | 1  |                   | Jul-20  | 31 | -16.839,03        |
| Feb-18  | 2  |                   | Agu-20  | 32 | -14.256,07        |
| Mar-18  | 3  |                   | Sep-20  | 33 | -12.684,59        |
| Apr-18  | 4  |                   | Okt-20  | 34 | -10.770,23        |
| Mei-18  | 5  |                   | Nov-20  | 35 | -9.424,01         |
| Jun-18  | 6  |                   | Des-20  | 36 | -8.548,87         |
| Jul-18  | 7  | 14.462,00         | Jan-21  | 37 | -6.336,02         |
| Agu-18  | 8  | 12.866,72         | Feb-21  | 38 | -4.033,42         |
| Sep-18  | 9  | 10.821,45         | Mar-21  | 39 | -2.414,97         |
| Okt-18  | 10 | 8.947,94          | Apr-21  | 40 | -2.067,04         |
| Nov-18  | 11 | 9.518,06          | Mei-21  | 41 | -2.209,10         |
| Des-18  | 12 | 9.089,57          | Jun-21  | 42 | -1.837,03         |
| Jan-19  | 13 | 6.216,75          | Jul-21  | 43 | -1.878,69         |
| Feb-19  | 14 | 3.980,71          | Agu-21  | 44 | -814,71           |
| Mar-19  | 15 | 1.206,33          | Sep-21  | 45 | 2.230,71          |
| Apr-19  | 16 | -1.783,64         | Okt-21  | 46 | 8.024,03          |
| Mei-19  | 17 | -4.243,53         | Nov-21  | 47 | 12.841,52         |
| Jun-19  | 18 | -6.710,79         | Des-21  | 48 | 14.018,83         |
| Jul-19  | 19 | -9.149,42         | Jan-22  | 49 | 14.642,78         |
| Agu-19  | 20 | -11.245,83        | Feb-22  | 50 | 14.376,69         |
| Sep-19  | 21 | -13.428,11        | Mar-22  | 51 | 13.938,17         |
| Okt-19  | 22 | -15.456,72        | Apr-22  | 52 | 12.957,81         |
| Nov-19  | 23 | -18.542,19        | Mei-22  | 53 | 12.237,45         |

|        |    |            |        |    |           |
|--------|----|------------|--------|----|-----------|
| Des-19 | 24 | -22.242,25 | Jun-22 | 54 | 12.542,92 |
| Jan-20 | 25 | -24.315,35 | Jul-22 | 55 |           |
| Feb-20 | 26 | -25.877,98 | Agu-22 | 56 |           |
| Mar-20 | 27 | -26.950,86 | Sep-22 | 57 |           |
| Apr-20 | 28 | -25.604,68 | Okt-22 | 58 |           |
| Mei-20 | 29 | -23.006,77 | Nov-22 | 59 |           |
| Jun-20 | 30 | -20.050,99 | Des-22 | 60 |           |

Hasil perhitungan komponen siklus dapat dilihat pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7. Komponen Siklus

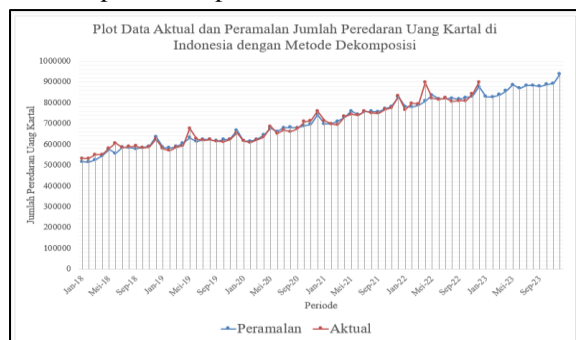
#### 7. Menggabungkan Musiman, Trend dan Siklus

Setelah diperoleh indeks musiman, komponen trend dan komponen siklus, selanjutnya dilakukan peramalan metode dekomposisi dengan menjumlahkan ketiga komponen tersebut. Hasil peramalan disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Peramalan Metode Dekomposisi

| Bulan     | Tahun                   |                         |                         |                         |                         |                         |
|-----------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|           | 2018<br>(Miliar Rupiah) | 2019<br>(Miliar Rupiah) | 2020<br>(Miliar Rupiah) | 2021<br>(Miliar Rupiah) | 2022<br>(Miliar Rupiah) | 2023<br>(Miliar Rupiah) |
| Januari   | 516.289                 | 584.844                 | 616.649                 | 696.966                 | 780.282                 | 827.977                 |
| Februari  | 515.241                 | 581.559                 | 614.038                 | 698.220                 | 778.967                 | 826.928                 |
| Maret     | 525.367                 | 588.911                 | 623.091                 | 709.964                 | 788.655                 | 837.054                 |
| April     | 544.423                 | 604.977                 | 643.494                 | 729.369                 | 806.731                 | 856.110                 |
| Mei       | 574.089                 | 632.182                 | 675.757                 | 758.892                 | 835.676                 | 885.776                 |
| Juni      | 556.662                 | 612.289                 | 661.286                 | 741.837                 | 818.555                 | 868.349                 |
| Juli      | 585.151                 | 623.877                 | 678.525                 | 755.822                 | 820.038                 | 882.376                 |
| Agustus   | 583.738                 | 621.963                 | 681.290                 | 757.069                 | 820.221                 | 882.558                 |
| September | 577.743                 | 615.830                 | 678.911                 | 756.164                 | 816.271                 | 878.608                 |
| Oktober   | 584.138                 | 622.071                 | 689.095                 | 770.227                 | 824.540                 | 886.878                 |
| November  | 590.206                 | 624.483                 | 695.939                 | 780.542                 | 830.038                 | 892.375                 |
| Desember  | 635.366                 | 666.372                 | 742.403                 | 827.308                 | 875.626                 | 937.964                 |

Hasil dari penggabungan musiman, trend dan siklus dapat dilihat pada Gambar 8 berikut.



Gambar 8. Plot Data Aktual dan Peramalan Metode Dekomposisi

#### Metode Winter's Exponential Smoothing

Sama seperti pada metode dekomposisi, pada metode *winter's exponential smoothing* juga menggunakan model aditif. Dalam metode *winter's exponential smoothing*, langkah pertama untuk mencari ramalan perlu menetapkan nilai untuk parameter  $\alpha, \beta$ , dan  $\gamma$  dengan mengambil sembarang nilai dengan syarat di antara 0 dan 1. Kemudian menentukan nilai awal, sebagai berikut.

1. Menghitung nilai awal pemulusan level ( $S_L$ )

$$S_L = \frac{1}{L}(Y_1 + Y_2 + Y_3 + \dots + Y_L)$$

2. Menghitung nilai awal pemulusan trend ( $b_L$ )

$$b_L = \frac{1}{L} \left( \frac{(Y_{L+1} - Y_1)}{L} + \frac{(Y_{L+2} - Y_2)}{L} + \dots + \frac{(Y_{L+L} - Y_L)}{L} \right)$$

3. Menghitung nilai awal pemulusan musiman ( $I_1, I_2, \dots, I_{12}$ )

$$I_t = Y_t - S_L$$

Setelah memperoleh nilai awal, selanjutnya mencari nilai pemulusan untuk data keseluruhan, trend dan musiman. Peramalan *winter's exponential smoothing* model aditif ditunjukkan pada persamaan sebagai berikut.

1. Menghitung pemulusan level

$$S_t = \alpha(Y_t - I_{t-L}) + (1 - \alpha)(S_{t-1} + b_{t-1})$$

2. Menghitung pemulusan trend

$$b_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}$$

3. Menghitung pemulusan musiman

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

4. Nilai peramalan pada waktu ke-t

$$F_{t+1} = S_t + b_t + I_{t-L}$$

5. Nilai peramalan pada m periode kedepan dengan nilai awal pada waktu ke-t

$$F_{t+m} = S_t + b_t m + I_{t-L+m}$$

Hasil perhitungan nilai pemulusan level, nilai pemulusan trend dan nilai pemulusan musiman disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Perhitungan Nilai Pemulusan Level, Trend dan Musiman

| t  | $S_t$<br>(Miliar Rupiah) | $b_t$<br>(Miliar Rupiah) | $I_t$<br>(Miliar Rupiah) | t  | $S_t$<br>(Miliar Rupiah) | $b_t$<br>(Miliar Rupiah) | $I_t$<br>(Miliar Rupiah) |
|----|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1  |                          |                          | -43.188,47               | 31 | 661.722,22               | 4.040,72                 | 6.102,32                 |
| 2  |                          |                          | -44.110,67               | 32 | 657.396,36               | 3.204,06                 | 4.292,56                 |
| 3  |                          |                          | -26.103,60               | 33 | 663.409,76               | 3.484,99                 | 10.856,41                |
| 4  |                          |                          | -25.732,76               | 34 | 688.812,06               | 5.676,75                 | 17.675,91                |
| 5  |                          |                          | 5.305,19                 | 35 | 698.073,37               | 6.035,21                 | 14.339,12                |
| 6  |                          |                          | 30.652,91                | 36 | 709.246,04               | 6.548,96                 | 50.478,45                |
| 7  |                          |                          | 7.985,92                 | 37 | 723.510,97               | 7.320,56                 | -11.462,58               |
| 8  |                          |                          | 12.468,37                | 38 | 733.691,36               | 7.606,55                 | -35.642,96               |
| 9  |                          |                          | 15.484,92                | 39 | 728.980,19               | 6.374,76                 | -35.734,53               |
| 10 |                          |                          | 6.271,82                 | 40 | 748.480,31               | 7.687,31                 | -16.654,71               |
| 11 |                          |                          | 10.915,82                | 41 | 735.208,11               | 5.591,34                 | 9.632,26                 |
| 12 | 575.319,95               | 3.263,03                 | 50.050,53                | 42 | 740.202,18               | 5.531,61                 | -1.158,59                |
| 13 | 605.628,24               | 5.967,58                 | -28.019,66               | 43 | 749.964,28               | 5.954,67                 | 8.475,05                 |
| 14 | 613.413,14               | 6.149,31                 | -43.091,39               | 44 | 749.942,18               | 5.536,98                 | 940,39                   |

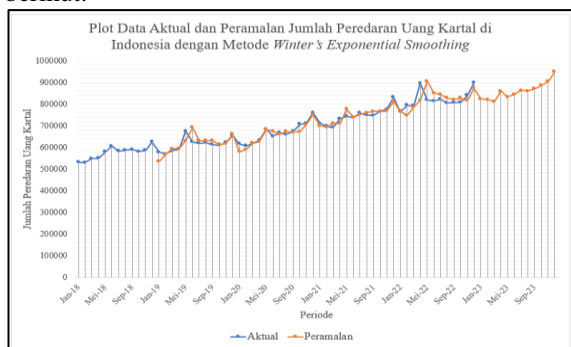
|    |            |          |            |    |            |           |            |
|----|------------|----------|------------|----|------------|-----------|------------|
| 15 | 614.707,89 | 5.663,85 | -28.826,36 | 45 | 744.493,67 | 4.276,42  | 4.795,96   |
| 16 | 619.321,97 | 5.558,87 | -26.321,54 | 46 | 748.928,98 | 4.292,31  | 17.765,02  |
| 17 | 652.880,70 | 8.358,89 | 21.009,39  | 47 | 757.836,25 | 4.753,81  | 16.927,50  |
| 18 | 620.247,05 | 4.259,59 | 7.661,55   | 48 | 773.781,14 | 5.872,93  | 56.755,16  |
| 19 | 616.595,93 | 3.468,51 | 3.549,06   | 49 | 777.697,19 | 5.677,24  | -12.560,13 |
| 20 | 613.853,93 | 2.847,46 | 8.985,10   | 50 | 813.081,20 | 8.647,95  | -18.981,40 |
| 21 | 605.639,62 | 1.741,27 | 9.280,74   | 51 | 825.748,25 | 9.049,86  | -33.480,35 |
| 22 | 605.796,53 | 1.582,83 | 5.383,21   | 52 | 882.959,16 | 13.866,02 | 10.357,24  |
| 23 | 609.898,37 | 1.834,73 | 12.328,65  | 53 | 843.656,43 | 8.549,09  | -20.188,35 |
| 24 | 607.358,60 | 1.397,28 | 47.597,02  | 54 | 830.192,76 | 6.347,79  | -13.504,83 |
| 25 | 630.560,40 | 3.577,75 | -15.790,22 | 55 | 822.387,63 | 4.932,48  | 537,15     |
| 26 | 644.558,55 | 4.619,80 | -37.246,93 | 56 | 813.272,77 | 3.527,73  | -6.938,31  |
| 27 | 649.179,12 | 4.619,88 | -28.825,93 | 57 | 808.311,67 | 2.678,84  | 34,85      |
| 28 | 657.909,16 | 5.030,90 | -24.016,29 | 58 | 798.603,42 | 1.440,12  | 10.817,51  |
| 29 | 663.614,67 | 5.098,36 | 21.387,76  | 59 | 814.534,40 | 2.889,22  | 25.054,95  |
| 30 | 653.584,40 | 3.585,48 | -823,61    | 60 | 831.975,15 | 4.344,39  | 64.916,63  |

Sedangkan hasil peramalan metode *Winter's Exponential Smoothing* disajikan pada Tabel 11.

**Tabel 11.** Hasil Peramalan Metode *Winter's Exponential Smoothing*

| Bulan     | Tahun                      |                            |                            |                            |                            |
|-----------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|           | 2019<br>(Miliar<br>Rupiah) | 2020<br>(Miliar<br>Rupiah) | 2021<br>(Miliar<br>Rupiah) | 2022<br>(Miliar<br>Rupiah) | 2023<br>(Miliar<br>Rupiah) |
| Januari   | 535.395                    | 580.736                    | 700.005                    | 768.191                    | 823.759                    |
| Februari  | 567.485                    | 591.047                    | 693.585                    | 747.731                    | 821.683                    |
| Maret     | 593.459                    | 620.352                    | 712.472                    | 785.995                    | 811.528                    |
| April     | 594.639                    | 627.477                    | 711.339                    | 818.143                    | 859.710                    |
| Mei       | 630.186                    | 683.949                    | 777.555                    | 906.457                    | 833.509                    |
| Juni      | 691.892                    | 676.375                    | 739.976                    | 851.047                    | 844.537                    |
| Juli      | 632.493                    | 660.719                    | 751.836                    | 845.016                    | 862.923                    |
| Agustus   | 632.533                    | 674.748                    | 760.212                    | 828.261                    | 859.792                    |
| September | 632.186                    | 669.881                    | 766.156                    | 821.596                    | 871.110                    |
| Oktober   | 613.653                    | 672.278                    | 766.446                    | 828.756                    | 886.237                    |
| November  | 618.295                    | 706.817                    | 767.560                    | 816.971                    | 904.818                    |
| Desember  | 661.784                    | 751.706                    | 813.069                    | 874.179                    | 949.024                    |

Hasil peramalan dengan metode *Winter's Exponential Smoothing* dapat dilihat pada Gambar 9 berikut.



**Gambar 9.** Plot Data Aktual dan Peramalan Metode *Winter's Exponential Smoothing*

6. Mencari nilai alpha, beta dan gamma optimal dengan menggunakan *solver*

Setelah didapatkan nilai MAPE selanjutnya digunakan fitur *solver* yang ada di *Microsoft Excel* untuk mencari nilai  $\alpha$ ,  $\beta$ , dan  $\gamma$  yang paling optimal sehingga menghasilkan nilai kesalahan atau MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) yang paling kecil. Dari fitur *Solver* ini diperoleh nilai alpha sebesar 0,6, beta sebesar 0,1 dan gamma sebesar 0,9.

### Menghitung Kesalahan Peramalan

*Mean Absolute Percent Error* (MAPE) merupakan ukuran kesalahan *relative*. Hasil perhitungan MAPE kedua metode adalah sebagai berikut:

a. Metode Dekomposisi

$$MAPE = \frac{101,03}{60} = 1,684\%$$

b. Metode *Winter's Exponential Smoothing*

$$MAPE = \frac{127}{48} = 2,645\%$$

### Pembahasan

Proses penelitian diawali dengan membuat pola data untuk menentukan model aditif atau model multiplikatif. Berdasarkan plot data pada Gambar 1 terlihat bahwa pola data jumlah peredaran uang kartal di Indonesia Januari 2018 sampai Desember 2022 mengalami fluktuasi naik dan turun yang berarti bahwa data tersebut mengandung unsur *trend*, musiman dan data tidak stasioner. Pada plot tersebut juga terlihat bahwa pola musiman tidak berubah seiring bertambahnya periode waktu (tidak mengalami peningkatan), maka dapat disimpulkan bahwa pemodelan yang sesuai adalah model aditif. Untuk memastikan hasil identifikasi pada tahap sebelumnya, perlu dilakukan pengujian data di antaranya uji kecukupan data, uji *trend* dan uji musiman. Oleh karena data dalam penelitian ini dianggap cukup dan memenuhi kriteria untuk dianalisis serta mengandung komponen *trend* dan musiman maka data dapat dianalisis dengan menggunakan metode dekomposisi dan *winter's exponential smoothing*.

Peramalan pada metode dekomposisi model aditif diawali dengan menghitung rata-rata bergerak terpusat untuk memisahkan unsur siklus-*trend*. Unsur *trend* memberikan pandangan tentang perubahan jangka panjang sedangkan siklus mengidentifikasi fluktuasi berulang dalam suatu rentang waktu. Dalam rata-rata bergerak tidak terdapat unsur musiman dan tanpa atau sedikit sekali unsur acak. Dilanjutkan dengan menghitung komponen musiman dan acak terhadap rata-rata bergerak terpusat dimana pengaruh musiman pada nilai rata-rata bergerak terpusat dari data yang telah dihilangkan faktor musiman dan acak sebelumnya. Terlihat pula tidak ada pola *trend* pada komponen musiman tersebut. Untuk menghilangkan keacakan dari nilai-nilai pada komponen musiman dapat menggunakan rata-rata medial yang perhitungannya menghasilkan indeks musiman. Tahap selanjutnya adalah menghitung *trend* metode linear menggunakan data *deseasonalized* yang telah dihilangkan faktor musimannya sehingga dihasilkan



pola siklus dan *trend* pada data. Diperoleh nilai *trend*  $\hat{Y} = 526.459,57 + 5.194,78X$  untuk setiap  $X$  periode. Nilai  $a = 526459,57$  yang merupakan titik potong artinya jika nilai  $b = 0$ , maka nilai  $\hat{Y}$  yang diperoleh sama dengan  $a$ . Berdasarkan persamaan *trend* diperoleh nilai  $b = 5194,78$  positif yang berarti nilai *trend* pada data memiliki *trend* positif atau *trend* naik dalam kata lain jumlah peredaran uang kartal di Indonesia tiap tahunnya mengalami kenaikan. Untuk komponen siklus yang merupakan perubahan atau naik turunnya gelombang dalam sebuah periode dan berulang di periode lain terlihat bahwa komponen siklus yang awalnya mengalami penurunan kemudian mengalami kenaikan. Hasil peramalan berdasarkan penjumlahan nilai dari indeks musiman, *trend* dan siklus secara keseluruhan disajikan pada Tabel 9 dan Gambar 8, dimana peramalan jumlah peredaran uang kartal di Indonesia dengan menggunakan metode dekomposisi menghasilkan nilai ramalan yang cenderung mengikuti pola data aktual.

Peramalan menggunakan metode *winter's exponential smoothing* diawali dengan mengambil sembarang nilai di antara 0 dan 1 dalam menetapkan nilai untuk parameter  $\alpha$ ,  $\beta$ , dan  $\gamma$ . Kemudian dilanjutkan dengan menentukan nilai awal taksiran (inisialisasi) yang berpengaruh terhadap prediksi berikutnya. Setelah memperoleh nilai awal, selanjutnya mencari nilai pemulusan untuk data keseluruhan, *trend* dan musiman. Model *winter's exponential smoothing* diperoleh dari kombinasi nilai  $\alpha$ ,  $\beta$ , dan  $\gamma$  menggunakan fitur *solver* yang ada di *Microsoft Excel* untuk mencari nilai  $\alpha$ ,  $\beta$ , dan  $\gamma$  yang paling optimal sehingga menghasilkan nilai kesalahan atau MAPE yang paling kecil yaitu  $\alpha$  sebesar 0,6,  $\beta$  sebesar 0,1 dan  $\gamma$  sebesar 0,9. Proses pengoptimalan ini dilakukan diakhir setelah diperoleh nilai MAPE yang awalnya masih menggunakan nilai  $\alpha$ ,  $\beta$ , dan  $\gamma$  sembarang nilai antara 0 dan 1. Hasil peramalan secara keseluruhan disajikan pada tabel Tabel 11 dan Gambar 9, diperoleh bahwa peramalan jumlah peredaran uang kartal di Indonesia dengan menggunakan metode *winter's exponential smoothing* menghasilkan nilai ramalan yang cenderung mengikuti pola data aktual.

Menguji akurasi peramalan dilakukan guna meminimalisir kesalahan dalam memprediksi kedepannya. Kesalahan peramalan diketahui dengan mengurangi data aktual dengan data peramalan. Berdasarkan teori-teori sebelumnya, ramalan yang baik adalah ramalan yang mempunyai nilai *error* yang paling rendah. Pada penelitian ini, ukuran yang digunakan untuk menguji akurasi suatu model adalah

*Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Perhitungan dari pengujian akurasi yang telah diperoleh untuk metode dekomposisi memiliki ukuran nilai MAPE sebesar 1,684%. Adapun untuk metode *winter's exponential smoothing* memiliki ukuran nilai MAPE sebesar 2,645%.

Untuk menentukan model yang lebih akurat, dapat dilakukan dengan cara membandingkan nilai-nilai dari ukuran MAPE tersebut. Nilai yang ditunjukkan lebih kecil merupakan model yang lebih tepat digunakan untuk memprediksi kasus dalam penelitian ini. Pengujian dari kedua metode yang menghasilkan nilai *error* terkecil adalah metode dekomposisi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa metode terbaik untuk meramalkan jumlah peredaran uang kartal di Indonesia periode selanjutnya adalah metode dekomposisi.

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Setelah dilakukan perbandingan antara metode dekomposisi dan *winter's exponential smoothing* untuk data jumlah persebaran uang kartal di Indonesia periode Januari 2018 sampai dengan Desember 2022 diperoleh bahwa metode terbaik untuk peramalan periode 2023 adalah metode dekomposisi. Hal ini dilihat dari nilai MAPE metode dekomposisi yaitu sebesar 1,684% yang mana lebih kecil dibandingkan dengan nilai MAPE metode *winter's exponential smoothing* sebesar 2,645%.

Penulis berharap lebih banyak lagi penelitian tentang peramalan sejenis dengan menggunakan berbagai metode ataupun dengan bantuan *software* lain untuk mengaplikasikan ilmu matematika di berbagai bidang dalam kehidupan sebagai tindakan perencanaan maupun pencegahan hal-hal yang tidak diinginkan dan sebaiknya pahami pola data dengan teliti terlebih dahulu sebelum menerapkan metode peramalan guna memastikan analisis yang akurat serta hasil prediksi yang baik.

**Ucapan Terima Kasih:** Saya ucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing dan tim penguji yang telah memberikan saran dan dukungan dalam penyusunan Tugas Akhir ini serta pihak-pihak yang telah memfasilitasi dan membantu berjalannya penelitian ini.

#### Daftar Pustaka

- [1] N. I. Rachmawati, Setiawan, and Suhartono, "Peramalan Inflow dan Outflow Uang Kartal Bank Indonesia di Wilayah Jawa Tengah dengan Menggunakan Metode ARIMA, Time Series Regression, dan ARIMAX," *J. Sains dan Seni ITS*, vol. 4, no. 2, pp. 323–329, 2015.

- [2] C. J. Anwar, “Pengaruh Variabel Makro Ekonomi Terhadap Kredit Perbankan,” *Tirtayasa Ekon.*, vol. 11, no. 1, 2016.
- [3] S. Dandu, “Faktor-faktor yang Berpengaruh Terhadap Minat Menggunakan Uang Elektronik (E-Money) pada PT. Bank Rakyat Indonesia, Tbk. Cabang Pnakkukang Makassar,” *AkMen J. Ilm.*, vol. 16, no. 3, pp. 452–464, 2019.
- [4] A. Indrasetianingsih, W. Pramesti, F. Fitriani, H. Reihana, K. Sari, and H. D. Priyanto, “Peramalan Peredaran Inflow dan Outflow Uang Kartal Regional Jawa Timur dengan Menggunakan Metode Regresi Time Series,” *Pros. Semin. Nas. Has. Ris. dan Pengabd.*, pp. 1–13, 2023.
- [5] N. S. Rahmi, “Peramalan Inflow Uang Kartal Bank Indonesia Kpw Tasikmalaya Jawa Barat dengan Metode Klasik dan Modern,” *J. Stat. Univ. Muhammadiyah Semarang*, vol. 8, no. 2, pp. 166–174, 2020.
- [6] E. Fani, F. A. Widjajati, and Soehardjoepri, “Perbandingan Metode Winter Eksponensial Smoothing dan Metode Event Based untuk Menentukan Penjualan Produk Terbaik di Perusahaan X,” *J. Sains dan Seni ITS*, vol. 6, no. 1, 2017.
- [7] K. Pulungan and Pristiwanto, “Penerapan Metode Tripel Exponential Smoothing dalam Peramalan Keuntungan Perusahaan dalam Tingkat Penjualan Alat Tulis Kantor,” *BUILD. Informatics Technol. Sci.*, vol. 3, no. 1, pp. 43–47, 2021.
- [8] H. D. P. Habsari, I. Purnamasari, and D. Yuniarti, “Forecasting Uses Double Exponential Smoothing Method and Forecasting Verification Uses Tracking Signal Control Chart (Case Study: Ihk Data of East Kalimantan Province),” *J. Ilmu Mat. dan Terap.*, vol. 14, no. 1, pp. 13–22, 2020.
- [9] R. Satyarini, “Menentukan Metode Peramalan yang Tepat,” *Bina Ekon. Maj. Ilm. Fak. Ekon. Unpar*, vol. 11, no. 1, pp. 59–70, 2007.
- [10] J. D. Fitria, N. Karohmah, and Sunarmi, “Peramalan Jumlah Pasien DBD di Rsud Dr. Soeselo Slawi dengan Metode Dekomposisi dan Triple Exponential Smoothing Winter’s,” *Semin. Nas. Pendidikan, Sains dan Teknol.*, pp. 145–152, 2017.
- [11] M. H. Amaly, W. P. Nurmayanti, and S. Nisrina, “Perbandingan Analisis Dekomposisi dan Exponential Smoothing Holt Winters untuk Peramalan Rata-Rata Jumlah KPM PKH di NTB,” *J Stat.*, vol. 15, no. 2, pp. 259–264, 2017.
- [12] O. J. Kendek, J. D. Prang, and M. Paendong, “Prediksi Jumlah Pengunjung Perpustakaan Universitas Sam Ratulangi Manado Menggunakan Metode Dekomposisi,” *JdC*, vol. 3, no. 1, pp. 73–80, 2014.
- [13] Mursidah, Yunina, Nurhasanah, and D. Yuni, “Perbandingan Metode Exponential Smoothing dan Metode Decomposition Untuk Meramalkan Persediaan Beras ( Studi Kasus Divre Bulog Lhokseumawe ),” *J. Visioner Strateg.*, vol. 10, no. 1, pp. 37–46, 2021.
- [14] S. Yuni, M. W. Talakua, and Y. A. Lesnussa, “Peramalan Jumlah Pengunjung Perpustakaan Universitas Pattimura Ambon Menggunakan Metode Dekomposisi,” *J. Ilmu Mat. dan Terap.*, vol. 9, no. 1, pp. 41–50, 2015.
- [15] B. Santosa, S. Suharyanto, and D. Legono, “Penerapan Optimasi Parameter pada Metode Exponential Smoothing untuk Perkiraan Debit,” *Media Komun. Tek. Sipil*, vol. 18, no. 1, pp. 73–79, 2010.
- [16] A. N. Aini, P. K. Intan, and N. Ulinuha, “Prediksi Rata-Rata Curah Hujan Bulanan di Pasuruan Menggunakan Metode Holt-Winters Exponential Smoothing,” *JRST (Jurnal Ris. Sains dan Teknol.*, vol. 5, no. 2, pp. 117–122, 2021.
- [17] S. Alfarisi, “Sistem Prediksi Penjualan Gamis Toko QITAZ Menggunakan Metode Single Exponential Smoothing,” *JABE (Journal Appl. Bus. Econ.*, vol. 4, no. 1, pp. 80–95, 2017.
- [18] S. Lestari and A. S. Ahmar, “Eksplorasi Metode Triple Exponential Smoothing Pada Peramalan Jumlah Penggunaan Air Bersih di PDAM Kota Makassar,” *J. Stat. Its Appl. Teach. Res.*, vol. 2, no. 3, pp. 128–146, 2020.
- [19] R. Y. Hayuningtyas, “Implementasi Metode

Triple Exponential Smoothing Untuk Prediksi Penjualan Alat Kesehatan,” *J. Sains dan Manaj.*, vol. 8, no. 1, pp. 29–35, 2020.

- [20] BPS, “Uang Beredar (Milyar Rupiah),” Badan Pusat Statistik. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/MTIzIzI=/uang-beredar--milyar-rupiah-.html>

Diterima tgl. 15 Juli 2024  
Direvisi tgl. 29 Juli 2024  
Disetujui untuk terbit tgl. 15 Sept. 2024