

HOLT WINTERS EXPONENTIAL SMOOTHING UNTUK MERAMALKAN PRODUK DOMESTIK BRUTO DI INDONESIA

Iva Rizki Amalia^{1*}, Tatik Widiharih², Tarno³

^{1,2,3} Departemen Statistika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro

*e-mail : ivarizkiamalia2@gmail.com

DOI: 10.14710/j.gauss.13.1.219-229

Article Info:

Received: 2023-06-05

Accepted: 2024-10-18

Available Online: 2024-10-25

Keywords:

GDP, Holt Winters, MAPE

Abstract: A country's economic growth will be seen as having grown better or worse than in the past by measuring based on the increase in Gross Domestic Product (GDP). The pattern of Indonesian GDP from 2010 to 2022 shows that the data increases from year to year and there are seasonal fluctuations in the quarter. Holt Winters method is part of the Exponential Smoothing method used for forecasting if the data shows a trend and seasonality in the data pattern. The Holt Winters method has two models, namely additive and multiplicative. Holt Winters Additive is used if the data shows trends and seasonal patterns remain constant. Multiplicative Holt Winter is used if the data shows trends and seasonal patterns proportional to the average rate of the seasonal time series. The data used in this study are GDP Based on Current Prices (Nominal GDP) and GDP on the Basis of Constant Prices (Real GDP). Based on the evaluation of model performance using test data forecasting, the Holt Winters Multiplicative model of Nominal GDP with a MAPE value of 4,767535% is the best model because it has an accuracy value of <10%. While the Holt Winters Additive model of Real GDP with a MAPE value of 4,42387% is also the best model because it has an accuracy value of <10%.

1. PENDAHULUAN

Setiap negara akan mengumpulkan berbagai informasi mengenai kegiatan ekonominya agar secara kontinu dapat diperhatikan perubahan-perubahan tingkat dan corak kegiatan ekonomi yang berlaku. Pertumbuhan ekonomi suatu negara akan dilihat mengalami pertumbuhan lebih baik atau lebih buruk dari masa lalu dengan mengukur berdasarkan kenaikan Produk Domestik Bruto (Sukirno, 2010). Menurut Mankiw (2016), Produk Domestik Bruto atau *Gross Domestic Product* (GDP) memberi tahu tentang total pendapatan semua orang dan total pengeluaran negara untuk membeli barang dan jasanya dalam perekonomian. PDB dianggap sebagai ukuran terbaik dalam mengetahui kondisi perekonomian suatu negara, karena PDB dapat mengukur pendapatan dan pengeluaran secara keseluruhan. PDB diukur dalam interval waktu satu tahun atau satu kuartal (tiga bulan). Tujuan PDB adalah meringkas aktivitas ekonomi dalam suatu nilai uang tertentu selama periode waktu tertentu. Pertumbuhan ekonomi Indonesia tahunan pada tahun 2022 kembali mencapai 5% seperti sebelum pandemi yaitu pada tahun 2019. Secara kumulatif laju pertumbuhan ekonomi Indonesia tumbuh 5,31% pada tahun 2022, angka ini lebih tinggi dibandingkan tahun 2021 yang hanya mencapai 3,70%. Pertumbuhan ekonomi pada tahun 2022 merupakan capaian tertinggi sejak tahun 2013 lalu yang mencapai 5,56%. Kinerja ekonomi tahun 2022 menguat dibandingkan dengan tahun 2021. Perhitungan Produk Domestik Bruto (PDB) pada tahun 2022 untuk mengukur pertumbuhan perekonomian Indonesia berdasarkan atas dasar harga berlaku telah menyentuh angka Rp 19.588,4 triliun sedangkan PDB perkapita pada angka Rp 71,0 juta (BPS, 2023).

Penelitian mengenai peramalan PDB telah dilakukan oleh Romzi *et al.* (2010) menggunakan *Seasonal Adjustment* metode ARIMA pada data PDB Triwulanan tahun 1983

hingga 2009. Peramalan PDB triwulanan dengan ARIMA didapatkan model ARIMA (2,1,0)(0,1,1)₄. Peramalan faktor musiman dilakukan melalui dua tahap yaitu faktor musiman stabil dan faktor musiman efek *moving holiday*. Peramalan PDB Indonesia tahun 2010 yang bebas efek musiman diperoleh dengan cara mengurangi hasil ramalan metode ARIMA pada PDB Indonesia tahun 2010 dengan hasil ramalan faktor musiman stabil dan faktor musiman efek *moving holiday*. Hasil peramalan PDB tahun 2010 tanpa efek musiman (*seasonal adjustment*) menggambarkan kondisi ekonomi Indonesia di tahun 2010.

Data deret waktu pertumbuhan ekonomi Indonesia sangat memungkinkan adanya pola tren dan musiman (Asrirawan *et. al.*, 2022). Menurut Hyndman dan Athanasopoulos (2018), metode Holt Winters merupakan bagian dari metode *exponential smoothing* yang digunakan jika data tersebut menunjukkan adanya tren dan musiman pada pola datanya. Kelebihan metode *Holt Winters Exponential Smoothing* yaitu menganalisis tiga komponen dari pola data yaitu memberikan pembobotan yang lebih besar terhadap data baru atau level data, mengestimasi pola kecenderungan atau tren data, serta mengestimasi pola musiman dari data sehingga menghasilkan peramalan dengan tingkat kesalahan kecil. Metode Holt Winters mempunyai dua penyesuaian yang berbeda, yaitu Holt Winters aditif dan Holt Winters Multiplikatif. Menurut Montgomery *et al.* (2015) metode Holt Winters Aditif digunakan jika data menunjukkan adanya tren linier. Amplitudo pola musiman tetap naik atau turun konstan dalam waktu dan tetap tidak tergantung pada tingkat rata-rata dalam satu tahun. Metode Holt Winters Multiplikatif digunakan jika adanya tren linier dan amplitudo pola musiman sebanding dengan tingkat rata-rata deret waktu musiman.

Penelitian ini menggunakan metode Holt Winters untuk meramalkan nilai Produk Domestik Bruto di Indonesia. Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data PDB Atas Dasar Harga Berlaku dan PDB Atas Dasar Harga Konstan berdasarkan pendekatan penggunaan data kuartalan dari tahun 2010 sampai tahun 2022. Tujuan dalam penelitian ini yaitu mengidentifikasi model dengan menggunakan metode Holt Winters untuk peramalan Produk Domestik Bruto di Indonesia.

2. TINJAUAN PUSTAKA

PDB adalah nilai barang dan nilai jasa yang dihasilkan oleh suatu negara di dalam negeri selama satu tahun, termasuk yang dihasilkan oleh warga negara lain/asing. Dalam menghitung PDB, nilai barang dan nilai jasa yang dihasilkan oleh Warga Negara Indonesia (WNI) yang berada di luar negeri tidak termasuk dalam perhitungan tetapi diganti dengan yang dihasilkan oleh Warga Negara Asing (WNA) yang berada di Indonesia (Muchtolifah, 2010). Menurut Sukirno (2010) PDB dibedakan menjadi dua, yaitu PDB Atas Dasar Harga Berlaku (PDB nominal) dan PDB Atas Dasar Harga Konstan (PDB riil). PDB Atas Dasar Harga Berlaku adalah nilai barang-barang dan jasa-jasa yang dihasilkan suatu negara dalam suatu tahun dan dinilai menurut harga-harga yang berlaku pada tahun tersebut. PDB Atas Dasar Harga Konstan adalah nilai barang-barang dan jasa-jasa yang dihasilkan suatu negara dalam suatu tahun dan dinilai menurut dari harga yang tetap serta tidak terpengaruh dengan perubahan harga barang dan jasa tersebut. PDB dapat ditentukan dengan tiga cara yang semuanya pada prinsipnya harus memberikan hasil yang sama. Cara penghitungan PDB adalah dengan pendekatan produksi, pendekatan pendapatan, dan pendekatan pengeluaran atau penggunaan (Hildreth, 2016).

Peramalan adalah prediksi dari beberapa peristiwa atau peristiwa yang akan datang. Peramalan didasarkan pada data atau pengamatan pada variabel yang menarik (Montgomery *et al.*, 2015). Menurut Soejoeti (1987), Peramalan merupakan elemen yang sangat penting dalam pengambilan keputusan, karena efektif tidaknya suatu keputusan seringkali tergantung pada beberapa faktor yang tidak dapat kita lihat ketika mengambil keputusan.

Metode Analisis Runtun Waktu merupakan metode peramalan yang memiliki ciri-ciri bahwa deretan observasi pada suatu variabel dipandang sebagai realisasi dari variabel random berdistribusi bersama. Menurut Hyndman dan Athanasopoulos (2018), Runtun Waktu adalah pengamatan berurut yang dikumpulkan dari waktu ke waktu dengan periode waktu yang sama, misalnya dalam jam, harian, mingguan, bulanan, dan tahunan.

Data runtun waktu yang menunjukkan adanya pola tren, musiman, atau mengandung pola tren maupun musiman sekaligus, maka metode pemulusan eksponensial dapat digunakan sebagai metode peramalan untuk periode berikutnya. Pemulusan Eksponensial (*Exponential Smoothing*) merupakan salah satu model peramalan rata-rata bergerak yang melakukan pembobotan terhadap data masa lalu dengan cara eksponensial (Makridakis *et al.*, 1996). Menurut Hyndman dan Athanasopoulos (2018) Pemilihan metode *exponential smoothing* didasarkan pada komponen-komponen data (tren dan musiman) dari data deret waktu dan cara dimana data dimasukkan pada metode *exponential smoothing* (misalnya dengan cara aditif, teredam, atau multiplikatif).

Pada tahun 1957, Charles Holt mengusulkan sebuah metode untuk data runtun waktu yang biasa disebut dengan metode *Holt Exponential Smoothing*. Metode Holt kemudian dikembangkan oleh muridnya Peter Winters pada tahun 1960. Winters memberikan estimasi empiris pada data runtun waktu yang memiliki unsur musiman yang dikenal sebagai metode *Holt Winters Exponential Smoothing* (Hyndman *et al.*, 2008). Metode Holt Winters dibagi menjadi dua yaitu Holt Winters aditif dan Holt Winters multiplikatif. Metode Holt Winters menerapkan pemulusan eksponensial tiga kali untuk memuluskan level (L_t), tren (T_t), dan musiman (S_t) dengan konstanta pembobot pemulusan yang sesuai pada setiap prediksinya yaitu a , b , dan c . Konstanta pembobot pemulusan a , b , dan c nilainya terletak diantara 0 dan 1 dengan akurasi peramalan yang dilihat dari nilai MAPE (Makridakis *et al.*, 1999). Menurut Febriyanti *et al.* (2022), cara menentukan nilai konstanta pembobot pemulusan a , b , dan c metode Holt Winters Aditif dan Holt Winters Multiplikatif diperoleh menggunakan *trial and error* dengan *software R Studio*.

Metode Holt Winters dalam mengidentifikasi data ramalan diperlukan nilai awal estimasi level, tren, dan musiman. Penelitian akan menggunakan 4 deret data pada satu periode musiman ($s=4$), hal ini merupakan jumlah kuartal dalam satu tahun. Menurut Makridakis *et al.* (1999) Nilai awal level dan tren mempunyai persamaan yang identik untuk model aditif maupun model multiplikatif, sedangkan nilai awal musiman mempunyai model yang tidak identik. Persamaan nilai awal diidentifikasi pada periode s sebagai berikut:

1. Nilai Awal Level

$$L_s = \frac{1}{s} (Z_1 + Z_2 + \dots + Z_s) \quad (1)$$

2. Nilai Awal Tren

$$T_s = \frac{1}{s} \left[\frac{Z_{s+1} - Z_1}{s} + \frac{Z_{s+2} - Z_2}{s} + \dots + \frac{Z_{s+s} - Z_s}{s} \right] \quad (2)$$

3. Nilai Awal Musiman Aditif

$$S_1 = Z_1 - L_s, S_2 = Z_2 - L_s, \dots, S_s = Z_s - L_s \quad (3)$$

4. Nilai Awal Musiman Multiplikatif

$$S_1 = \frac{Z_1}{L_s}, S_2 = \frac{Z_2}{L_s}, \dots, S_s = \frac{Z_s}{L_s} \quad (4)$$

dengan s panjang musiman dimana satu periode musim yaitu 4 deret data, t deret data ke $1, 2, \dots, 36$, L_s estimasi nilai awal level, T_s estimasi nilai awal Tren, Z_s nilai aktual pada deret t dalam satu periode s , dan Z_{s+s} adalah nilai aktual pada deret t dalam dua periode s .

Metode peramalan Holt Winters dimulai pada periode kedua, hal ini diperoleh setelah menentukan konstanta pembobot pemulusan a , b , dan c serta nilai awal dari estimasi level, tren, dan musiman. Peramalan Holt Winters Aditif dan Multiplikatif pada estimasi level mempunyai persamaan yang identik. Persamaan nilai estimasi level, tren, musiman, dan peramalan diidentifikasi sebagai berikut:

1. Nilai Estimasi Level

Estimasi Level Aditif

$$L_t = a(Z_t - S_{t-s}) + (1 - a)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (5)$$

Estimasi Level Multiplikatif

$$L_t = a \frac{Z_t}{S_{t-s}} + (1 - a)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (6)$$

dengan, a konstanta pembobot pemulusan estimasi level ($0 \leq a \leq 1$), s panjang musiman dimana satu periode musiman yaitu 4 deret data, t deret data ke $5, 6, \dots, 36$, L_{t-1} estimasi nilai level deret $t-1$, L_t estimasi nilai level pada deret t , T_{t-1} estimasi nilai tren deret $t-1$, S_{t-s} estimasi nilai musiman deret $t-s$, Z_t nilai aktual pada deret t .

2. Nilai Estimasi Tren

Estimasi Tren Aditif dan Multiplikatif

$$T_t = b(L_t - L_{t-1}) + (1 - b)T_{t-1} \quad (7)$$

dengan, b konstanta pembobot pemulusan estimasi tren ($0 \leq b \leq 1$), t deret data ke $5, 6, \dots, 36$, L_{t-1} estimasi nilai level deret $t-1$, T_{t-1} estimasi nilai tren deret $t-1$, T_t estimasi nilai tren pada deret t .

3. Nilai Estimasi Musiman

Estimasi Musiman Aditif

$$S_t = c(Z_t - L_t) + (1 - c)S_{t-s} \quad (8)$$

Estimasi Musiman Multiplikatif

$$S_t = c \frac{Z_t}{L_t} + (1 - c)S_{t-s} \quad (9)$$

dengan, c konstanta pembobot pemulusan estimasi musiman ($0 \leq c \leq 1$), s panjang musiman dimana satu periode musiman yaitu 4 deret data, t deret data ke $5, 6, \dots, 36$, L_t estimasi nilai level pada deret t , S_t estimasi nilai musiman deret t , Z_t nilai aktual pada deret t , S_{t-s} estimasi nilai musiman deret $t-s$.

4. Estimasi nilai peramalan

Estimasi Peramalan Aditif

$$F_{t+m} = L_t + T_{tm} + S_{t-s+m} \quad (10)$$

Estimasi Peramalan Multiplikatif

$$F_{t+m} = (L_t + T_{tm})S_{t-s+m} \quad (11)$$

dengan, s panjang musiman dimana satu periode musiman yaitu 4 deret data, t deret data ke $5, 6, \dots, 36$, m banyaknya deret ke depan yang akan diramalkan ($m = 1, 2, \dots, M$), L_t estimasi nilai level pada deret t , T_t estimasi nilai tren pada deret t , T_m estimasi nilai tren pada deret t pada m deret ke depan, S_{t-s+m} estimasi nilai musiman deret $t-s+m$, Z_t nilai aktual pada deret t , F_{t+m} estimasi untuk periode $t+m$ (Makridakis *et al.*, 1999).

Ukuran statistik standar yang digunakan untuk mengukur kesalahan peramalan dalam penelitian ini adalah *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Menurut Makridakis *et al.* (1999) Semakin rendah nilai MAPE akan semakin baik, karena menunjukkan bahwa semakin kecil persentase kesalahan yang dihasilkan oleh model peramalan. Untuk menghitung nilai MAPE adalah sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \left(\frac{Z_t - F_t}{Z_t} \right) 100\% \right| \quad (12)$$

dengan, n merupakan banyaknya observasi, Z_t adalah data aktual deret ke- t , dan F_t adalah ramalan deret ke- t . Interpretasi nilai MAPE dibagi menjadi 4 bagian yang disarankan sebagai kriteria hasil peramalan oleh Lewis (1982) yaitu ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Nilai MAPE

MAPE	Hasil Peramalan
$\leq 10\%$	Sangat akurat
$10\% < MAPE \leq 20\%$	Baik
$20\% < MAPE \leq 50\%$	Masuk akal
$> 50\%$	Tidak akurat

3. METODE PENELITIAN

Jenis data dalam penelitian ini merupakan data sekunder. Data yang digunakan adalah data PDB di Indonesia yaitu PDB Atas Dasar Harga Berlaku dan PDB Atas Dasar Harga Konstan berdasarkan pendekatan penggunaan data kuartalan dari tahun 2010 sampai tahun 2022. Sumber data diperoleh dari web Bank Indonesia yang dapat diakses pada link <https://www.bi.go.id/id/statistik> (BI, 2023).

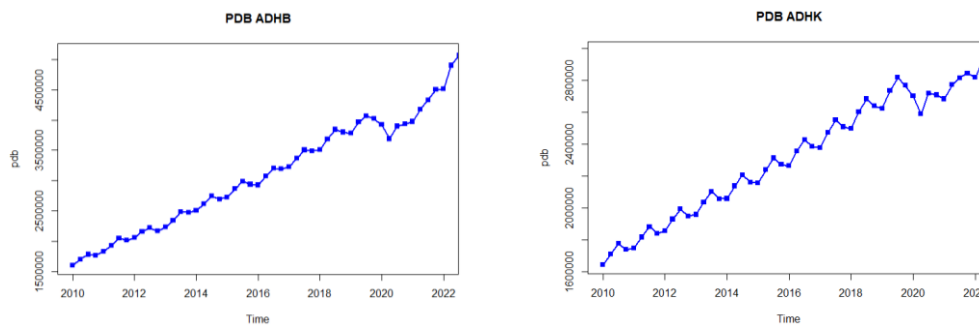
Langkah-langkah dalam melakukan analisis adalah :

1. Masukkan data Z_t ke dalam program aplikasi RStudio, dengan t adalah deret data dan t terdiri dari $1, \dots, 52$.
2. Membuat plot data Z_t untuk mengetahui pola data.
3. Melakukan Uji stasoneritas.
4. Membagi data menjadi data latih dan data uji, data latih terdiri dari 36 data sedangkan data uji terdiri dari 16 data.
5. Melakukan peramalan menggunakan metode Holt Winters pada data latih yaitu $t=1, \dots, 36$. Tahapan yang digunakan dalam metode Holt Winters adalah sebagai berikut:
 - a. Menentukan nilai konstanta pembobot pemulusan a , b , dan c dengan *Software* RStudio.
 - b. Menentukan nilai awal estimasi level ($L_{t-1} = L_1$), tren ($T_{t-1} = T_1$), dan musiman S_s dengan *Software* RStudio dimana s adalah panjang musiman. Satu periode musiman terdapat 4 deret data (s_1, s_2, s_3, s_4).
 - c. Mengidentifikasi nilai estimasi level (L_t), estimasi tren (T_t) serta estimasi musiman (S_t) periode selanjutnya yaitu data ke $t=5, \dots, 36$.

- d. Membuat model peramalan (F_{t+m}).
- e. mengidentifikasi nilai Ramalan (F_t), dimana peramalan dihitung untuk data ke $t=5, \dots, 36$.
6. Melakukan peramalan data uji yaitu $t=37, \dots, 52$ dengan model.
7. Melakukan evaluasi kinerja model dengan data uji berdasarkan nilai MAPE.
8. Melakukan peramalan untuk satu periode mendatang yaitu Kuartal I-IV tahun 2023.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data PDB di Indonesia dalam penelitian ini diperoleh dari data PDB Atas Dasar Harga Berlaku dan PDB Atas Dasar Harga Konstan dengan pendekatan penggunaan. Total jumlah data PDB adalah 52 data untuk masing-masing PDB. Nilai PDB yang akan digunakan diperoleh dari Kuartal I Tahun 2010 sampai dengan Kuartal IV Tahun 2022 dan disajikan dalam satuan Miliar Rupiah.



Gambar 1. Data PDB Atas Dasar Harga Berlaku dan Data PDB Atas Dasar Harga Konstan Tahun 2010 sampai Tahun 2022

Berdasarkan Gambar 1 diketahui bahwa kedua data dipengaruhi oleh pola tren dan pola musiman. Berdasarkan fluktuasi pola data pada tahun 2020 terjadi penurunan nilai PDB akibat pandemi Covid-19 dan mengalami kenaikan yang signifikan pada tahun 2022 pasca pemulihan ekonomi. Statistika deskriptif Data PDB ADHB dan PDB ADHK disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Statistik Deskriptif data PDB

PDB	N	Rata-rata	Min.	Maks.	Standar Deviasi
PDB ADHB	52	3.146.638	1.603.772	5.114.911	944.270,5
PDB ADHK	52	2.343.438	1.642.356	2.988.637	387.156

Berdasarkan Tabel 2 diketahui bahwa rata-rata setiap tahun PDB ADHB di Indonesia tahun 2010-2022 sebesar 3.146.638 miliar dengan nilai standar deviasi sebesar 944.270,5. Nilai PDB paling sedikit sebesar 1.603.772 miliar di tahun 2010 pada kuartal I dan nilai PDB paling banyak sebesar 5.114.911 miliar di tahun 2022 pada kuartal IV. PDB ADHK di Indonesia tahun 2010-2022 berdasarkan Tabel 2 diketahui bahwa rata-rata setiap tahun sebesar 2.343.438 miliar dengan nilai standar deviasi sebesar 387.156. Nilai PDB paling sedikit sebesar 1.642.356 miliar di tahun 2010 pada kuartal I dan nilai PDB paling banyak terjadi di tahun 2022 pada kuartal IV yaitu sebesar 2.988.637 miliar.

Model peramalan Holt Winter mempunyai dua model yang bersesuaian yaitu secara aditif dan multiplikatif. Model peramalan Holt Winters aditif digunakan jika data menunjukkan adanya tren dan musiman yang relatif konstan, sehingga menunjukkan bahwa data tidak stasioner dalam rata-rata dan cenderung stasioner dalam varian. Model peramalan Holt Winters Multiplikatif digunakan jika data menunjukkan adanya tren dan musiman tidak konstan, sehingga menunjukkan bahwa data tidak stasioner dalam rata-rata maupun varian.

Untuk mengetahui apakah data stasioner dalam rata-rata dan varian dilakukan uji Stasioneritas (Wei, 2006). Uji stasioneritas dilakukan dengan menggunakan transformasi Boc Cox, diperoleh estimasi nilai lambda (λ) sebesar 0,4646465 nilai tersebut tidak sama dengan satu sehingga dapat disimpulkan bahwa data PDB ADHB tidak stasioner dalam varian. Uji stasioneritas dalam rata-rata dengan menggunakan *Augmented Dickey-Fuller test* (ADF test) diperoleh nilai p-value = 0,7871 lebih besar dari 0,01 sehingga data PDB ADHB tidak stasioner dalam rata-rata. Hasil dari kedua uji stasioneritas menunjukkan bahwa PDB ADHB tidak stasioner dalam rata-rata dan variannya, oleh karena itu data diramalakan menggunakan metode Holt Winters Multiplikatif. Uji stasioneritas pada PDB ADHK dengan menggunakan transformasi Boc Cox, diperoleh estimasi nilai lambda (λ) sebesar 1,151515 nilai tersebut mendekati satu sehingga dapat disimpulkan bahwa data PDB ADHK stasioner dalam varian. Uji stasioneritas dalam rata-rata dengan menggunakan *Augmented Dickey-Fuller test* (ADF test) diperoleh nilai p-value = 0,675 lebih besar dari 0,01. Sehingga data PDB ADHK tidak stasioner dalam rata-rata. Hasil dari kedua uji stasioneritas menunjukkan bahwa PDB ADHK tidak stasioner dalam rata-rata dan stasioner dalam variannya, sehingga data diramalakan menggunakan metode Holt Winters Aditif.

Proses peramalan data dilakukan pada data latih dan data uji. Data latih digunakan untuk membuat model peramalan sedangkan data uji digunakan untuk melakukan evaluasi kinerja model berdasarkan nilai MAPE. Data PDB yang dipakai sebanyak 52 data, dimana data ini dibagi menjadi dua bagian berdasarkan rasio 70%:30%. Dari pembagian data diperoleh 36 data dipakai sebagai data latih dan 16 data dipakai sebagai data uji. Data latih (*in sample*) diperoleh dari nilai PDB Kuartal I 2010 – Kuartal IV 2018 dan data uji (*out sample*) diperoleh dari nilai PDB Kuartal I 2019 – Kuartal IV 2022.

Langkah awal metode Metode Holt Winters yaitu menentukan nilai konstanta pembobot pemulusan. Penentuan nilai konstanta pembobot pemulusan dilakukan dengan cara *trial and error* yang diperoleh menggunakan *software* RStudio. Diperoleh nilai konstanta pembobot pemulusan pada data PDB ADHB yaitu $a=0,7466038$, $b=0$, dan $c=1$. Pada data PDB ADHK diperoleh nilai konstanta pembobot pemulusan yaitu $a=0,5804701$, $b=0,03681894$, dan $c=1$.

Nilai Awal PDB ADHB diperoleh nilai awal estimasi level (L_s) sebesar 3803851, nilai awal estimasi tren (T_s) sebesar 60848,33 serta nilai awal estimasi musiman (S_s) masing-masing sebesar $S_1=0,9345808$, $S_2=1,009733$, $S_3=1,032154$, $S_4=0,9987808$. Pada PDB ADHK diperoleh nilai awal estimasi level (L_s) sebesar 2646409, nilai awal estimasi tren (T_s) sebesar 28577,905 serta nilai awal estimasi musiman (S_s) masing-masing sebesar $S_1=-46699,96$, $S_2=23841,95$, $S_3=69611,82$, $S_4=-7440,15$.

Peramalan Holt Winters dimulai pada periode kedua dengan menentukan nilai estimasi level, tren, dan musiman. Data PDB yang digunakan dimulai pada Kuartal I tahun 2011 atau deret data ke-5. Proses penghitungan dilakukan sampai data pengamatan terakhir pada data latih, yakni pada Kuartal IV tahun 2018 atau deret data ke-36. Tabel 3 dan Tabel 4 menunjukkan hasil penghitungan peramalan pada data latih PDB ADHB dan PDB ADHK.

Tabel 3. Nilai Estimasi Level, Tren, dan Musiman Data Latih PDB ADHB

Deret Data	PDB ADHB	Nilai Estimasi		
		Level	Tren	Musiman
5	1834355	1682071	60848,33	0,986801
6	1928233	1829503	60848,33	1,002769
...
36	3799214	3722645	60848,33	0,984444

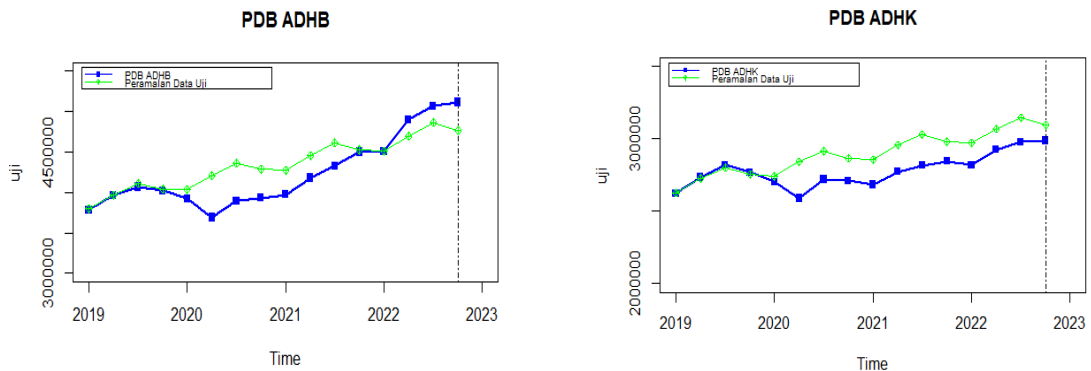
Tabel 4. Nilai Estimasi Level, Tren, dan Musiman Data Latih PDB ADHK

Deret Data	PDB ADHK	Nilai Estimasi		
		Level	Tren	Musiman
5	1748731	1702838	26575,13	-34157,1
6	1816268	1760454	27718,01	7131,01
...
36	2638970	2614720	28458,96	-9774,89

Peramalan pada metode Holt Winters di mulai pada periode kedua, dalam penelitian ini peramalan dimulai pada deret ke-5. Data PDB ADHB menggunakan peramalan Holt Winters Multiplikatif dan data PDB ADHK menggunakan peramalan Holt Winters Aditif. Model peramalan Holt Winters Multiplikatif untuk PDB ADHB data latih deret data $t=4, \dots, 35$ dengan $m=1$ dan $s=4$ diperoleh model persamaan yaitu $F_{t+m} = (L_t + T_t m)S_{t-s+m}$. Model peramalan Holt Winters Aditif untuk PDB ADHK data latih deret data $t=4, \dots, 35$ dengan $m=1$ dan $s=4$ diperoleh model seperti pada persamaan, yaitu $F_{t+m} = L_t + T_t m + S_{t-s+m}$.

Persamaan model peramalan latih akan digunakan untuk data uji dalam menentukan ketepatan peramalan. Persamaan model untuk m periode ke depan dilakukan dengan menggunakan data pengamatan terakhir pada data latih. Berdasarkan nilai estimasi level dan tren deret ke-36 serta estimasi musiman deret ke $(t-s+m)$ dengan t deret data ke-36, s panjang musiman dimana satu periode musiman yaitu 4 deret data. Model peramalan yang terbentuk untuk PDB ADHB adalah $F_{36+m} = (3722645 + 60848,33m)S_{32+m}$ dan model peramalan untuk PDB ADHK adalah $F_{36+m} = 2614720 + 28458,96m + S_{32+m}$.

Peramalan data uji dilakukan pada deret data ke-37 sampai dengan deret data ke-52. Hasil peramalan data uji PDB ADHB dan PDB ADHK dibandingkan dengan data aktual pada data PDB Kuartal I tahun 2019 sampai Kuartal IV tahun 2022 yang disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Perbandingan Nilai Aktual PDB Kuartal I Tahun 2019 - Kuartal IV Tahun 2022 dan Nilai Peramalan Data Uji

Gambar 2 menunjukkan bahwa data uji aktual dan data uji peramalan PDB ADHB mempunyai plot data yang saling berpotongan pada kuartal I tahun 2022 dan pada kuartal IV tahun 2022 data uji peramalan menurun menjauhi data aktual. Data uji aktual dan data uji peramalan PDB ADHK mempunyai plot data yang saling mendekati, dimana pada kuartal IV tahun 2022 data uji peramalan mendekati plot data uji aktual.

Perbandingan nilai data aktual pada data PDB Kuartal I tahun 2019 sampai Kuartal IV tahun 2022 dengan nilai peramalan data uji Metode Holt Winters dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan Nilai Aktual PDB Kuartal I Tahun 2019 - Kuartal IV Tahun 2022 dan Nilai Peramalan Data Uji

Deret data ke-	PDB ADHB uji	Peramalan PDB ADHB uji	PDB ADHK uji	Peramalan PDB ADHK uji
37	3782618	3795229	2625181	2628288
38	3964075	3963757	2735414	2727408
39	4067358	4114575	2818813	2801755
40	4018606	4042310	2769748	2753281
41	3923348	4034247	2703027	2742599
42	3690742	4209519	2589769	2841719
43	3897852	4365794	2720481	2916067
44	3931411	4285407	2709722	2867593
45	3972770	4273265	2684448	2856911
46	4177971	4455281	2773067	2956031
47	4327358	4617013	2816495	3030379
48	4498592	4528503	2846069	2981904
49	4508598	4512283	2819330	2971223
50	4897943	4701044	2924458	3070342
51	5066994	4868233	2977973	3144690
52	5114911	4771600	2988637	3096216

Ukuran statistik standar yang digunakan untuk mengukur kesalahan peramalan dalam penelitian ini adalah *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Nilai MAPE data latih PDB ADHB sebesar 1,148734% dan nilai MAPE data latih PDB ADHK sebesar 0,4452295%. Nilai MAPE data uji PDB ADHB sebesar 4,767535 % dan nilai MAPE data uji PDB ADHK sebesar 4,42387%. Hasil Peramalan menggunakan metode Holt Winters menunjukkan bahwa nilai MAPE <10% baik dari peramalan data latih dan peramalan data uji, sehingga model peramalan mempunyai nilai keakuratan yang tinggi dan ketepatan peramalan sangat baik.

Setelah diperoleh nilai konstanta pembobot pemulusan yang optimal dan persamaan model yang sesuai, dengan menggunakan *Software* RStudio selanjutnya melakukan peramalan nilai PDB di Indonesia tahun 2023. Hasil perhitungan nilai peramalan PDB tahun 2023 disajikan pada Tabel 6.

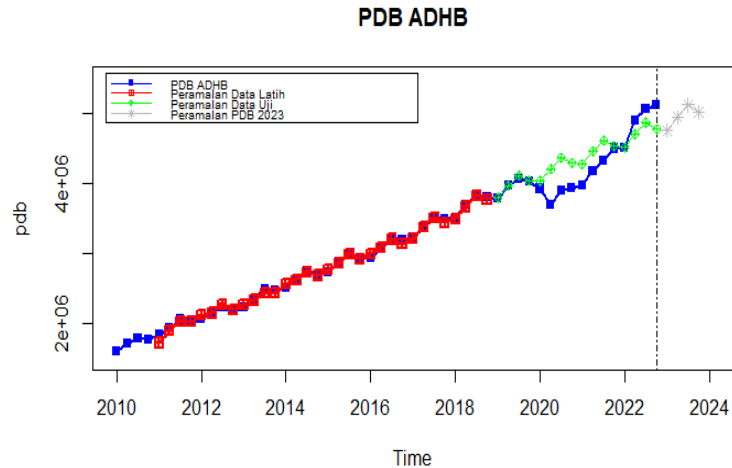
Tabel 6. Nilai Peramalan PDB Tahun 2023

Peramalan PDB 2023	PDB ADHB	PDB ADHK
Kuartal I	4751301	3085534
Kuartal II	4946806	3184654
Kuartal III	5119452	3259002
Kuartal IV	5014696	3210528

Tabel 6 adalah hasil peramalan nilai PDB ADHB dan PDB ADHK di Indonesia pada Kuartal I sampai dengan Kuartal IV tahun 2023 menggunakan metode Holt Winters . Tabel

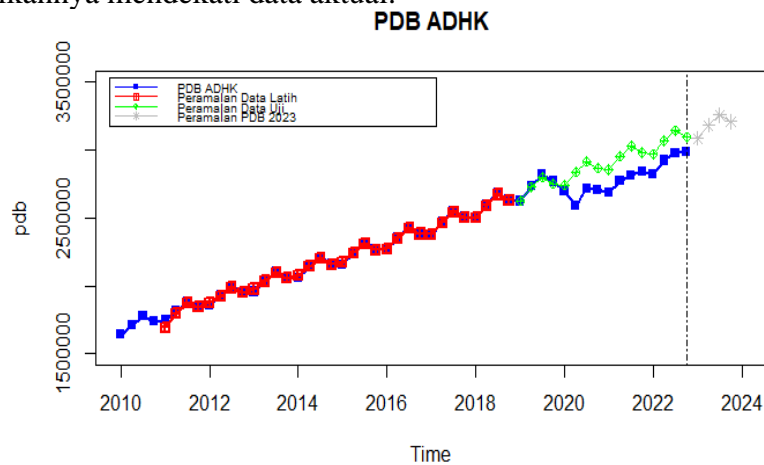
6 menunjukkan bahwa Nilai PDB ADHB lebih tinggi dibandingkan dengan nilai PDB ADHK pada masing-masing Kurtal. Perbedaan tersebut disebabkan karena adanya pengaruh perubahan harga pada perhitungan PDB ADHB, sedangkan PDB ADHK tidak dipengaruhi oleh perubahan harga.

Berdasarkan output *software* RStudio, disajikan plot data PDB di Indonesia tahun 2010-2022 dan hasil peramalan menggunakan metode Holt Winters pada Gambar 3 untuk PDB ADHB dan Gambar 4 untuk PDB ADHK.



Gambar 3. Grafik Perbandingan Data PDB ADHB Tahun 2010-2022 dengan Data Peramalan

Berdasarkan Gambar 3, plot peramalan data latih saling berhimpit dengan plot data PDB ADHB sehingga peramalan data latih mempunyai nilai yang hampir sama dengan data PDB ADHB. Plot peramalan data uji terlihat tidak sama fluktuasi datanya dan berpotongan menurun menjauhi plot PDB ADHB, sehingga peramalan data uji mempunyai nilai yang berbeda dengan data PDB ADHB. Peramalan PDB ADHB tahun 2023 menunjukkan plot data yang kenaikannya mendekati data aktual.



Gambar 4. Grafik Perbandingan Data PDB ADHK Tahun 2010-2022 dengan Data Peramalan

Berdasarkan Gambar 4, plot peramalan data latih saling berhimpit dengan plot data PDB ADHK sehingga peramalan data latih mempunyai nilai yang hampir sama dengan data PDB ADHK. Plot peramalan data uji berada diatas mendekati plot PDB ADHK, sehingga peramalan data uji mempunyai nilai yang berbeda dengan data PDB ADHK. Peramalan PDB ADHK tahun 2023 menunjukkan plot data yang kenaikannya terlihat menyambung dengan data aktual.

5. KESIMPULAN

Model untuk peramalan Produk Domestik Bruto berdasarkan Atas Dasar Harga Berlaku (PDB ADHB) di Indonesia dilakukan menggunakan metode Holt Winters Multiplikatif dengan nilai konstanta pembobot pemulusan $a=0,7466038$, $b=0$, dan $c=1$ adalah $F_{36+m} = (3722645 + 60848,33m)S_{32+m}$. Model untuk peramalan Produk Domestik Bruto berdasarkan Atas Dasar Harga Konstan (PDB ADHK) di Indonesia dilakukan menggunakan metode Holt Winters Aditif dengan nilai konstanta pembobot pemulusan $a=0,5804701$, $b=0,03681894$, dan $c=1$ adalah $F_{36+m} = 2614720 + 28458,96m + S_{32+m}$. Berdasarkan nilai MAPE peramalan data uji, Model Holt Winters data PDB ADHB dengan nilai MAPE sebesar 4,767535% merupakan model terbaik karena mempunyai nilai ketepatan <10%. Sedangkan Model Holt Winters data PDB ADHK dengan nilai MAPE sebesar 4,42387% juga merupakan model terbaik karena mempunyai nilai ketepatan <10%.

DAFTAR PUSTAKA

- Asrirawan, Permata, S. U., dan Fausan, M. I. 2022. *Pendekatan Univariate Time Series Modelling untuk Prediksi Kuartalan Pertumbuhan Ekonomi Indonesia Pasca Vaksinasi COVID-19*. Jambura Journal Of Mathematics, Vol. 4, No. 1, pp. 86-103. doi:<https://doi.org/10.34312/jjom.v4i1.11717>
- BI. 2023. *Statistik Ekonomi dan Keuangan Indonesia*. Diambil kembali dari Bank Indonesia: <https://www.bi.go.id/id/statistik/ekonomi-keuangan/seki/Default.aspx#headingThree>. Diakses: 24 Februari 2023
- BPS. 6 Februari 2023. *Pertumbuhan Ekonomi (Produk Domestik Bruto)*. Jakarta: Berita Resmi Statistik.
- Febriyanti, A. N., dan Rifai, N. A. 2022. *Metode Triple Exponential Smoothing Holt-Winters untuk Peramalan Jumlah Penumpang Kereta Api di Pulau Jawa*. Bandung Conference Series: Statistics, Vol. 2, No. 2, Hal. 152-158.
- Hildreth, L. 2016. *Textbook of Macroeconomics*. New York: White Word Publications.
- Hyndman, R., Koehler, A., Ord, J. K., dan Snyder, R. 2008. *Forecasting with Exponential Smoothing*. Berlin: Springer.
- Hyndman, R. J., dan Athanasopoulos, G. 2018. *Forecasting: Principles and Practice*. Australia: Texts.
- Lewis, C. D. 1982. *Industrial And Business Forecasting Methods: A practical guide to*. London: Butterworth Scientific.
- Makridakis, S., Wheelwright, S. C., Victor E., dan Mcgee. 1999. *Forecasting Methods and Applications*. Canada: John Wiley dan Sons.
- Mankiw, N. G. 2016. *Macroeconomics*. New York: Worth Publishers.
- Montgomery, D. C., Jennings, C. L., dan Kulahci, M. 2015. *Introduction to Time Series Analysis and Forecasting Second Edition*. Hoboken: Wiley dan Sons.
- Muchtolifah. 2010. *Ekonomi Makro*. Surabaya: Unesa University Press.
- Romzi, M., Kurniasari, A., Yuniarti, Kusuma, F., Amelia, R., dan Putri, T. E. 2010. *Seasonal Adjustment dan Peramalan PDB Triwulanan*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Soejoeti, Z. 1987. *Materi Pokok Analisis Runtun Waktu*. Jakarta: Karunika.
- Sukirno, S. 2010. *Makroekonomi*. Jakarta: PT RajaGrafindo Persada
- Wei, W. W. 2006. *Time Series Anlysis Univariate and Multivariate Methods* . Boston: Pearson Addison Wesley.