

**PERBANDINGAN ANALISIS PERAMALAN ARIMA, SARIMA
DAN *EXPONENTIAL SMOOTHING HOLT-WINTERS*
TERHADAP HARGA BATUBARA**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana
di Jurusan Matematika pada Fakultas MIPA**

OLEH:

ARIA PUTRI ALZA

08011282025034



**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2024

LEMBAR PENGESAHAN

**PERBANDINGAN ANALISIS PERAMALAN ARIMA, SARIMA DAN
EXPONENTIAL SMOOTHING HOLT-WINTERS TERHADAP HARGA
BATUBARA**

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar

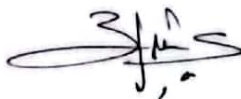
Sarjana Sains Bidang Studi Matematika

Oleh

Aria Putri Alza

NIM. 08011282025034

Pembimbing Kedua



Endang Sri Kresnawati, S.Si., M.Si.
NIP. 197702082002122003

Indralaya, November 2024
Pembimbing Utama



Dr. Yuli Andriani, S.Si., M.Si.
NIP. 197207021999032001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika



Dr. Dian Cahyawati S. S.Si., M.Si.
NIP. 197303212000122601

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Aria Putri Alza
NIM : 08011282025034
Fakultas/Jurusan : Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan
Alam/Jurusan Matematika

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata satu (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain.

Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini yang berasal dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau tidak telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi dari skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya, 25 November 2024

Penulis,



Aria Putri Alza

NIM. 08011282025034

HALAMAN PERSEMBAHAN

"Bacalah, dan Tuhanmulah Yang Maha Mulia. Yang mengajar (manusia) dengan pena. Dia mengajarkan manusia apa yang tidak diketahuinya. "

(QS. Al-'Alaq: 3 – 5)

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

- ❖ Allah SWT.
- ❖ Mama dan Papa tercinta
- ❖ Saudaraku tersayang
- ❖ Keluarga Besar
- ❖ Seluruh Dosen dan Guruku
- ❖ Sahabat dan Temanku
- ❖ Almameterku

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah dengan segala firmanNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "**Perbandingan Analisis Peramalan ARIMA, SARIMA dan *Exponential Smoothing Holt-Winters* terhadap Harga Batubara**" sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains bidang studi Matematika di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.

Dengan segala hormat dan kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih kepada orang tua penulis, yaitu **Bapak Alek Yohanes** dan **Ibu Zawiro** yang senantiasa memberikan dukungan, doa, perhatian, cinta dan kasih sayang, serta semangat kepada penulis untuk dapat menyelesaikan masa studi perkuliahan ini. Penulis juga menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan kepada:

1. Bapak **Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D.**, selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya
2. Ibu **Dr. Dian Cahyawati Sukanda, S.Si., M.Si.**, selaku ketua Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya yang telah membimbing serta mengarahkan penulis untuk urusan akademik selama perkuliahan
3. Ibu **Des Alwine Zayanti, S.Si., M.Si.**, selaku Sekretaris Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya yang telah membimbing serta mengarahkan penulis untuk urusan akademik selama perkuliahan

4. Ibu **Dr. Yuli Andriani, S.Si., M.Si.**, selaku dosen pembimbing utama yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan bimbingan dan pengarahan dengan penuh perhatian dan kesabaran sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
5. Ibu **Endang Sri Kresnawati, S.Si., M.Si.**, selaku dosen pembimbing kedua yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan bimbingan dan pengarahan dengan penuh perhatian dan kesabaran sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
6. Ibu **Dra. Ning Eliyati, M.Pd.**, selaku Ketua Pelaksana dan Sekretaris Pelaksana yang bersedia meluangkan waktunya dalam seminar penulis sekaligus sebagai dosen penguji yang telah bersedia meluangkan waktu, tanggapan serta kritik dan saran yang bermanfaat dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Bapak **Drs. Endro Setyo Cahyono, M.Si.**, selaku dosen penguji yang telah bersedia meluangkan waktu, tanggapan serta kritik dan saran yang bermanfaat dalam menyelesaikan skripsi ini.
8. **Seluruh Dosen di Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya** yang telah memberikan bimbingan, nasihat serta ilmu yang bermanfaat bagi penulis selama menjalankan perkuliahan.
9. Bapak **Irwanyah** selaku admin dan Ibu **Khamidah** selaku pegawai tata usaha Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya yang telah membantu selama perkuliahan.

10. **Semua guru** yang telah memberikan ilmu yang sangat bermanfaat hingga mengantarkan penulis pada tahap ini.
11. Saudara penulis tersayang **Fajri Putra Alza, Rahmat Putra Alza, Akbar Putra Alza** dan **Fajra Sari Putri Alza**, serta seluruh keluarga besar penulis yang selalu membantu, mendoakan dan menyemangati penulis selama proses perkuliahan.
12. Sahabat dan teman penulis **Aulia Mifta Maharani, Fefrida Simamora, Safta Dwi Sekarsari, Stefanie Fortunita Candra** dan **Yulia Fariani**.
13. Semua pihak yang penulis tidak dapat sebutkan satu persatu. Penulis ucapkan terima kasih, semoga amal baik semua pihak mendapat balasan yang berlipat ganda dari Allah S.W.T.

Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat untuk semua pihak yang membutuhkan terutama mahasiswa Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.

Indralaya, 2024

Penulis

COMPARISON OF FORECAST ANALYSIS OF ARIMA, SARIMA AND EXPONENTIAL SMOOTHING HOLT-WINTERS ON COAL PRICES

By

ARIA PUTRI ALZA

08011282025034

ABSTRACT

This study compares the accuracy of ARIMA, SARIMA, and Exponential Smoothing Holt-Winters models in forecasting coal prices. Coal prices that change over time require price forecasting to support decision making. Therefore, this study forecasts coal prices through ARIMA, SARIMA and Exponential Smoothing Holt-Winters to obtain the best method in forecasting coal prices from November 2024 to October 2025. The data used are monthly coal price data from September 2017-August 2023 for training data and September 2023 - October 2024 for testing data. The best model is selected based on accuracy criteria such as Mean Absolute Error (MAE), Mean Squared Error (MSE), and Mean Absolute Percentage Error (MAPE). The results of the study indicate that Exponential Smoothing Holt-Winters (multiplicative) produces higher accuracy than ARIMA and SARIMA by obtaining an MSE of 230.2615, an MAE value of 12.40 and a MAPE value of 9.7963% which indicates a very good forecasting model, so this model has a higher level of accuracy for predicting coal prices. The suggestion in this study is that further researchers can use data with different conditions to compare the level of forecast accuracy produced.

Keywords: ARIMA, SARIMA, Exponential Smoothing Holt-Winters, price forecasting, coal

**PERBANDINGAN ANALISIS PERAMALAN ARIMA, SARIMA DAN
EXPONENTIAL SMOOTHING HOLT-WINTERS TERHADAP HARGA
BATUBARA**

By

ARIA PUTRI ALZA

08011282025034

ABSTRAK

Penelitian ini membandingkan keakuratan model ARIMA, SARIMA, dan *Exponential Smoothing Holt-Winters* dalam meramalkan harga harga batubara. Harga batubara yang berubah-ubah setiap waktu memerlukan peramalan harga untuk mendukung pengambilan keputusan. Oleh karena itu penelitian ini meramalkan harga batubara melalui ARIMA, SARIMA dan *Exponential Smoothing Holt-Winter* untuk mendapatkan metode terbaik dalam meramalkan harga batubara bulan November 2024 sampai dengan Oktober 2025. Data yang digunakan merupakan data bulanan harga batubara dari September 2017- Agustus 2023 untuk data *training* dan September 2023 - Oktober 2024 untuk data *testing*. Model terbaik dipilih berdasarkan kriteria akurasi seperti *Mean Absolute Error* (MAE), *Mean Squared Error* (MSE), dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Exponential Smoothing Holt-Winters* (multiplikatif) menghasilkan keakuratan lebih tinggi dibandingkan ARIMA dan SARIMA dengan memperoleh MSE sebesar 230,2615, nilai MAE sebesar 12,40 dan nilai MAPE sebesar 9,7963% yang mengindikasikan model peramalan sangat baik, sehingga model ini memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi untuk meramalkan harga batubara. Adapun saran dalam penelitian ini adalah agar peneliti selanjutnya dapat menggunakan data dengan kondisi yang berbeda untuk membandingkan tingkat akurasi peramalan yang dihasilkan.

Kata kunci: ARIMA, SARIMA, *Exponential Smoothing Holt-Winters*, peramalan harga, batubara.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRACT	vii
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
DAFTAR SIMBOL	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan.....	4
1.5 Manfaat.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Konsep Dasar <i>Time Series</i>	6
2.1.1 Pola Data <i>Time Series</i>	6
2.1.2 Peramalan (<i>Forecasting</i>).....	8
2.1.3 Stasioneritas Data.....	9
2.1.4 ACF dan PACF	11
2.2 Pemodelan <i>Time Series</i> ARIMA	11
2.2.1 Identifikasi Model ARIMA.....	13
2.2.2 Estimasi Parameter Model ARIMA	14
2.2.3 Uji Diagnostik Model ARIMA	15
2.2.4 Pemilihan Model ARIMA terbaik.....	16
2.3 Pemodelan <i>Time Series</i> SARIMA	16
2.3.1 Identifikasi Model SARIMA.....	17
2.3.2 Estimasi Parameter Model SARIMA.....	18
2.3.3 Uji Diagnostik Model SARIMA	18
2.3.4 Pemilihan Model SARIMA Terbaik	18
2.4 Metode <i>Exponential Smoothing</i>	19
2.5 Pemodelan <i>Exponential Smoothing Holt-Winters</i>	19
2.5.1 Inisialisasi.....	21
2.5.2 Model <i>Exponential Holt-Winters</i> Multiplikatif.....	21
2.5.3 Metode <i>Exponential Holt-Winters</i> Aditif.....	21
2.6 Keakuratan Model Peramalan	21
2.6.1 <i>Mean Squared Error</i> (MSE)	22
2.6.2 <i>Mean Absolute Error</i> (MAE).....	22
2.6.3 <i>Mean Absolute Percentage Error</i> (MAPE).....	23
2.7 Harga Batubara.....	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	24

3.1	Waktu	24
3.2	Tempat.....	24
3.3	Alat.....	24
3.4	Metode Penelitian.....	24
	3.4.1 Sumber Data.....	24
	3.4.2 Data Penelitian	24
	3.4.3 Metode Analisis Data.....	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		30
4.1	Deskripsi Data	30
4.2	Pemodelan ARIMA	31
	4.2.1 Identifikasi Model ARIMA.....	31
	4.2.2 Estimasi Parameter Model ARIMA	37
	4.2.3 Uji Diagnostik Model ARIMA	38
	4.2.4 Pemilihan Model ARIMA Terbaik	39
	4.2.5 Keakuratan Model ARIMA.....	40
4.3	Pemodelan SARIMA.....	42
	4.3.1 Identifikasi Model SARIMA.....	42
	4.3.2 Estimasi Parameter Model SARIMA	46
	4.3.3 Uji Diagnostik Model SARIMA	47
	4.3.4 Pemilihan Model SARIMA Terbaik	49
	4.3.5 Keakuratan Model SARIMA	49
4.4	Pemodelan <i>Exponential Smoothing Holt-Winters</i>	51
	4.4.1 Menentukan Nilai Awal Peramalan Model Aditif	51
	4.4.2 Menentukan Nilai Parameter α , β , dan γ Model Aditif	52
	4.4.3 Menghitung Peramalan Pemulusan Model Aditif.....	53
	4.4.4 Menentukan Nilai Awal Peramalan Model Multiplikatif	53
	4.4.5 Menentukan Nilai Parameter α , β , dan γ Model Multiplikatif.....	54
	4.4.6 Menghitung Peramalan Pemulusan Model Multiplikatif	55
	4.4.7 Pemilihan Model <i>Exponential Smoothing Holt-Winters</i> Terbaik.....	55
	4.4.8 Keakuratan Model <i>Exponential Smoothing Holt-Winters</i>	56
4.5	Pemilihan Model Terbaik.....	57
4.6	Hasil Peramalan.....	58
4.7	Pembahasan dan Analisis Data.....	59
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		64
5.1	Kesimpulan.....	64
5.2	Saran.....	64
DAFTAR PUSTAKA		65
LAMPIRAN.....		70

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai λ dan transformasinya.....	10
Tabel 2.2 Karakteristik ACF dan PACF	14
Tabel 3.1 Data Harga Batubara.....	24
Tabel 4.1 Statistik Deskriptif Data Batubara	30
Tabel 4.2 Uji Signifikansi Parameter Model Harga Batubara dengan <i>z test of coefficients</i> setelah Transformasi dan <i>Differencing 2</i>	37
Tabel 4.3 Uji White Noise dengan <i>Ljung-Box</i>	38
Tabel 4.4 Uji Normalitas.....	39
Tabel 4.5 Pemilihan Model ARIMA terbaik.....	40
Tabel 4. 6 Hasil Peramalan Model ARIMA Harga Batubara 14 Periode Selanjutnya dengan Data Transformasi dan data testing	40
Tabel 4.7 Hasil Peramalan Model ARIMA dan Data <i>Testing</i> Harga Batubara 14 periode selanjutnya.....	41
Tabel 4.8 Uji Signifikansi Parameter Model Harga Batubara dengan <i>z test of coefficients</i>	47
Tabel 4.9 Uji White Noise dengan <i>Ljung-Box</i>	48
Tabel 4.10 Uji Normalitas SARIMA	48
Tabel 4.11 Nilai AIC SARIMA Harga Batubara	49
Tabel 4.12 Hasil Peramalan Model SARIMA Harga Batubara 14 Periode Selanjutnya dengan data transformasi dan data testing	49
Tabel 4.13 Hasil Peramalan Model SARIMA dan Data <i>Testing</i> Harga Batubara 14 Periode Selanjutnya.....	50

Tabel 4.14 Nilai Awal Pemulusan Model Aditif	52
Tabel 4.15 Nilai Parameter α , β , dan γ Pemulusan Model Aditif.....	52
Tabel 4.16 Hasil MSE, RMSE, MAE, MAPE	53
Tabel 4.17 Nilai Awal Pemulusan Model <i>Multiplicative</i>	54
Tabel 4.18 Nilai parameter α , β , dan γ Model <i>Multiplikatif</i>	54
Tabel 4.19 Hasil MSE, RMSE, MAE, MAPE	55
Tabel 4.20 Perbandingan <i>Forecast Error Data Training</i> Harga Batubara Model Aditif dan Model Multiplikatif.....	55
Tabel 4.21 Hasil Peramalan Holt Winters Multiplikatif dan Data <i>Testing</i> Harga Batubara 14 Periode Selanjutnya	56
Tabel 4.22 Perbandingan Keakuratan Model Peramalan berdasarkan Hasil Peramalan Data <i>Testing</i>	57
Tabel 4.23 Hasil Peramalan Harga Batubara 12 periode ke depan dengan Holt-Winters Multiplikatif.....	58
Tabel 4.24 Tabel Penelitian Terdahulu	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pola Data Horisontal	7
Gambar 2.2 Pola Data Musiman	7
Gambar 2.3 Pola Data Siklis	8
Gambar 2.4 Pola Data <i>Trend</i>	8
Gambar 4.1 Plot <i>Time series</i> Data <i>Training</i> Harga Batubara	32
Gambar 4.2 Plot Data <i>Training</i> Harga Batubara setelah Transformasi	34
Gambar 4.3 Plot ACF Data <i>Training</i> Harga Batubara setelah Transformasi dan <i>Differencing 2</i>	36
Gambar 4.4 Plot PACF Data <i>Training</i> setelah Transformasi dan <i>Differencing 2</i>	36
Gambar 4.5 Plot Musiman Data Batubara	42
Gambar 4.6 Plot ACF dan PACF SARIMA	46

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Output <i>Box-Cox</i> ARIMA sebelum transformasi	70
Lampiran 2. Data <i>Training</i> Harga Batubara setelah di Transformasi	70
Lampiran 3. Output <i>Box-Cox</i> sesudah transformasi	72
Lampiran 4. Output Uji Stasioneritas <i>Augmented Dickey-Fuller</i> (ARIMA)	72
Lampiran 5. Output Uji Signifikansi Parameter model ARIMA untuk Data <i>Training</i> Harga Batubara setelah di Transformasi dan <i>Differencing 2</i>	72
Lampiran 6. Output uji <i>residual White Noise</i> dengan <i>Ljung-Box</i>	73
Lampiran 7. Output uji normalitas dengan <i>Kolmogorov-Smirnov</i>	74
Lampiran 8. Model ARIMA untuk Data <i>Training</i> Harga Batubara setelah di Transformasi dan <i>Differencing 2</i>	74
Lampiran 9. Output <i>Box-Cox</i> SARIMA sebelum transformasi	75
Lampiran 10. Output <i>Box-Cox</i> SARIMA sesudah transformasi	75
Lampiran 11. Output Uji Stasioneritas <i>Augmented Dickey-Fuller</i> sebelum <i>differencing</i> (SARIMA)	75
Lampiran 12. Output Uji Stasioneritas <i>Augmented Dickey-Fuller</i> sesudah <i>differencing</i> (SARIMA)	75
Lampiran 13. Hasil pengujian <i>Augmented Dickey-Fuller</i> setelah efek musiman dihilangkan	76
Lampiran 14. <i>Difference_data</i>	76
Lampiran 15. <i>Difference_data2</i>	76
Lampiran 16. Output uji signifikansi parameter SARIMA dengan <i>z test of</i> <i>coefficients</i>	77

Lampiran 17. Output uji <i>residual White Noise</i> dengan <i>Ljung-Box</i>	78
Lampiran 18. Output uji normalitas SARIMA dengan <i>Kolmogorov-Smirnov</i>	78
Lampiran 19. Output model SARIMA 1, 1, 0 (0, 1, 17).....	78
Lampiran 20. Nilai awal parameter <i>holt winters additive</i>	78
Lampiran 21. Nilai parameter α , β , dan γ <i>holt winters additive</i>	79
Lampiran 22. Nilai MSE, RMSE, MAPE dan MAD <i>holt winters additive</i>	79
Lampiran 23. Nilai awal parameter <i>holt winters multiplicative</i>	79
Lampiran 24. Nilai parameter α , β , dan γ <i>holt winters multiplicative</i>	80
Lampiran 25. Nilai MSE, RMSE, MAPE dan MAD <i>holt winters multiplicative</i> .	80
Lampiran 26. Hasil <i>Mean Absolute Percentage Error</i> (MAPE) ARIMA (0,2,1) sesudah nilai peramalan di kembalikan ke skala aslinya.	80
Lampiran 27. Hasil MSE, RMSE dan MAE ARIMA (0,2,1) sesudah nilai peramalan di kembalikan ke skala aslinya.	81
Lampiran 28. Hasil <i>Mean Absolute Percentage Error</i> (MAPE) SARIMA 1, 1, 0 (0, 1, 17) sesudah nilai peramalan di kembalikan ke skala aslinya.	81
Lampiran 29. Hasil MSE, RMSE dan MAE SARIMA 1, 1, 0 (0, 1, 17 sesudah nilai peramalan di kembalikan ke skala aslinya.	81
Lampiran 30. Hasil <i>Mean Absolute Percentage Error</i> (MAPE) Holt Winters Multiplikatif	82
Lampiran 31. Hasil MSE dan MAE <i>Holt-Winters</i> Multiplikatif.....	82
Lampiran 32. Data Batubara Aktual dan Transformasi September 2017-September 2024.....	82
Lampiran 33. Syntax R	84

DAFTAR SIMBOL

Notasi	Deskripsi
$T(Z_t)$	Transformasi Box-Cox dari variabel Z_t
λ	Parameter transformasi Box-Cox
W_t	Nilai waktu t dari variabel setelah <i>differencing</i>
$\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p$	Koefisien autoregresif untuk model ARIMA
e_t	Nilai residual atau error pada waktu t
AIC (M)	<i>Akaike Information Criterion</i> , digunakan untuk memilih model terbaik dari beberapa model. $AIC(M) = n \ln \sigma_\epsilon^2 + 2M$.
n	Jumlah total observasi atau data yang digunakan dalam model. menentukan ukuran dataset yang dipertimbangkan dalam perhitungan AIC.
σ_ϵ^2	Varianss dari kesalahan peramalan (residual) yang dihasilkan oleh model. σ_ϵ^2 mencerminkan seberapa besar kesalahan model terhadap data.
M	Jumlah total parameter dalam model yang diestimasi. Semakin banyak parameter yang digunakan, semakin besar nilai M, yang dapat mempengaruhi nilai AIC.
SARIMA(p, d, q) (P, D, Q) ^S	Model SARIMA dengan parameter musiman dan non-musiman
(p, d, q)	Parameter non-musiman: order AR, differencing, dan MA
$(P, D, Q)^S$	Parameter musiman: order AR, differencing, dan MA
S	Periode musiman. Misalnya, $S = 12$ untuk data bulanan dengan siklus musiman tahunan.
B^S	Operator <i>backshift</i> musiman yang menggeser data sejumlah S periode ke belakang.
Φ_p	Koefisien <i>autoregressive</i> (AR) ke- p yang menunjukkan pengaruh lag dalam model ARIMA atau SARIMA.
a_t	Residual atau kesalahan peramalan pada waktu t dalam model SARIMA.
θ_q	Koefisien parameter <i>moving average</i> ke- q
$\Phi_p(B^S)$	Operator <i>backshift</i> musiman untuk bagian <i>autoregressive</i> (AR) musiman pada model SARIMA.
$\Phi_p(B)$	Operator <i>backshift</i> untuk bagian <i>autoregressive</i> (AR) non musiman dalam model SARIMA.

$(1 - B)^d$	<i>Differencing</i> untuk membuat data <i>non</i> musiman menjadi stasioner.
$(1 - B^S)^D$	<i>Differencing</i> musiman untuk membuat data musiman menjadi stasioner.
$\theta_q(B)$	Koefisien <i>moving average</i> (MA) dalam model ARIMA atau SARIMA yang menggunakan operator <i>backshift</i> B.
$\theta_Q(B^S)$	Operator <i>backshift</i> musiman untuk bagian <i>moving average</i> (MA) musiman dalam model SARIMA.
Z_t	Data yang diamati pada waktu t dalam model SARIMA.
a_t	Residual atau kesalahan peramalan pada waktu t dalam model SARIMA.
α	Parameter pemulusan untuk komponen level dalam metode <i>Holt-Winters Exponential Smoothing</i> .
$\hat{Y}_{(t+1)}$	Peramalan nilai masa depan dalam metode <i>Holt-Winters</i> . Nilai baru yang diperhalus atau ramalan baru untuk periode berikutnya.
Y_t	Data aktual pada waktu t
\hat{Y}_t	Nilai lama yang diperhalus atau rata-rata pengalaman suatu deret yang diperhalus pada ke periode t-1
\hat{Y}_t	Nilai peramalan dalam RMSE
A_t	Data aktual pada periode ke-t
F_t	Data peramalan pada periode ke-t
MSE	<i>Mean Squared Error</i> , rata-rata kuadrat dari kesalahan peramalan untuk menentukan keakuratan model.
RMSE	<i>Root Mean Squared Error</i> , akar dari rata-rata kuadrat kesalahan peramalan.
MAE	<i>Mean Absolute Error</i> , rata-rata nilai absolut dari kesalahan peramalan untuk menentukan keakuratan model.
MAPE	<i>Mean Absolute Percentage Error</i> , rata-rata persentase absolut dari kesalahan peramalan.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Globalisasi yang berkembang pesat meningkatkan persaingan di berbagai sektor usaha, memaksa pelaku bisnis untuk mengelola dana mereka dengan tepat agar tetap kompetitif (Saputra, 2023). Salah satu sektor usaha tersebut adalah perusahaan pengguna batubara.

Batubara sebagai bahan bakar dan bahan dasar utama industri besar, memerlukan ketersediaan dalam jumlah besar. Karena harganya yang berubah-ubah setiap waktu, perusahaan perlu meramalkan harga untuk mengelola biaya bahan bakar (Almas et al., 2018). Menurut Assauri (1984), peramalan diperlukan untuk mempersiapkan kebijakan di masa depan berdasarkan analisis data masa lalu. Erdin (2020) berpendapat peramalan merupakan teknik yang digunakan untuk meramalkan nilai pada masa depan berdasarkan data masa lalu. Menurut Supranto (2010), ramalan adalah perkiraan atau dugaan mengenai terjadinya suatu kejadian di masa depan.

Penelitian ini menggunakan data *time series*, yang menurut Rosadi (2021), merupakan data yang dikumpulkan dengan berurutan dalam rentang waktu tertentu. Data pada penelitian ini dianalisis menggunakan *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA), *Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average* (SARIMA) dan *Exponential Smoothing Holt-Winters*. ARIMA merupakan pengembangan dari ARMA untuk data tidak stasioner setelah *differencing*. ARIMA efektif untuk peramalan jangka pendek karena hanya bergantung pada data historis

tanpa memperhitungkan variabel independen (Salwa et al., 2018). SARIMA efektif untuk meramalkan data *time series* dengan pola musiman, dengan akurasi yang tinggi (Prianda & Widodo, 2021). Metode *Exponential Smoothing Holt-Winters* menggunakan tiga persamaan untuk menangani unsur stasioner, tren, dan musiman, mirip dengan metode *Holt*, akan tetapi metode *Exponential Smoothing Holt-Winters* mampu mengatasi efek musiman (Makridakis et al., 1999).

Kelebihan metode ini adalah kemampuannya meramalkan data dengan pola musiman dan tren sekaligus (Safitri, 2017), sehingga jika harga batubara menunjukkan tren jangka panjang dan pola musiman, metode ini bisa meramalkan harga dengan mempertimbangkan kedua hal tersebut. Beberapa cara untuk mengukur kesalahan peramalan yang relevan pada penelitian inii antara lain *Mean Square Error* (MSE), *Mean Absolute Error* (MAE) dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) (Juanda & Junaidi, 2012).

Meskipun telah banyak penelitian terkait peramalan harga komoditas, penelitian yang secara langsung membandingkan efektivitas metode ARIMA, SARIMA, dan *Holt-Winters* dalam meramalkan harga batubara masih terbatas. Beberapa penelitian terdahulu yang relevan antara lain adalah penelitian oleh Febiola et al. (2024) menemukan bahwa ARIMA (0,1,1) lebih unggul dibandingkan SARIMA dalam meramalkan jumlah penumpang di Bandara Provinsi Kepulauan Bangka Belitung dengan MAPE sebesar 9,41%. Sulaiman & Juarna (2021) menyatakan bahwa Holt-Winters lebih akurat dibandingkan ARIMA (0,1,12) dalam meramalkan tingkat pengangguran di Indonesia dengan RMSE sebesar 0.45 dan MSE sebesar 0.2025. Zahrunnisa et al. (2021) menemukan bahwa *Double*

Exponential Smoothing (DES) lebih efektif dengan nilai MAPE 2,99% dibandingkan ARIMA dalam meramalkan garis kemiskinan di Provinsi Jawa Tengah. Mutmainnah dalam penelitiannya menemukan bahwa SARIMA lebih akurat daripada *Holt-Winters* dalam peramalan curah hujan di Kota Makassar dengan MSE sebesar 32,380 dan MAD sebesar 0,722. Fahmuddin et al. (2023) menunjukkan bahwa ARIMA lebih unggul daripada *Single Exponential Smoothing* dalam meramalkan nilai ekspor kakao Indonesia dengan nilai MAPE 10,92874%. Khaulasari et al. (2021) menyatakan bahwa SARIMA lebih efektif daripada *Winter Exponential Smoothing* dalam meramalkan PDB triwulan atas dasar harga berlaku menurut pengeluaran konsumsi rumah tangga dengan nilai MSE minimum sebesar 0.3895. Muryanto (2021) menemukan bahwa SARIMA lebih baik daripada ARIMA dalam meramalkan Indeks Harga Konsumen (IHK) di Kota Balikpapan dengan RMSE terkecil sebesar 0.4637. Safitri et al. (2017) berpendapat dalam peramalan jumlah kedatangan wisatawan mancanegara ke Bali Ngurah Rai melalui pintu masuk tahun 2010-2015 menyatakan bahwa *Exponential Smoothing Holt-Winters* lebih efektif dibandingkan ARIMA dikarenakan nilai MAPE nya lebih kecil yaitu 8,86198% sedangkan MAPE ARIMA 9,40981%. Hasil ini memberikan dasar penting untuk membandingkan metode peramalan harga batubara.

Penelitian ini menggunakan data harga batubara September 2017 hingga Agustus 2023 untuk data *training* dan September 2023 hingga September 2024 untuk data *testing* guna meramalkan harga batubara dari Oktober 2024 sampai Oktober 2025 menggunakan ARIMA, SARIMA dan *Exponential Smoothing Holt-Winters*.

Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat membantu akademisi dan praktisi guna menghasilkan peramalan yang lebih akurat dan berkontribusi pada literatur ilmiah terkait metode peramalan serta menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya.

1.2 Perumusan Masalah

Bagaimana metode peramalan yang terbaik melalui metode ARIMA, SARIMA dan *Exponential Smoothing Holt-Winter* yang dapat digunakan untuk meramalkan harga batubara bulan November 2024 sampai dengan Oktober 2025?

1.3 Batasan Masalah

1. Penelitian ini di fokuskan terhadap perbandingan metode peramalan Harga Batubara menggunakan Metode ARIMA, SARIMA dan *Exponential Smoothing Holt-Winter* .
2. Data yang dipakai adalah data Harga Batubara periode September 2017 sampai Agustus 2023 untuk data *training* dan September 2023 hingga Oktober 2024 untuk data *testing*, sehingga seluruh data yang ada adalah Harga Batubara periode September 2017 sampai Oktober 2024
3. Memakai *software R-Studio* dan Excel sebagai alat bantu analisis peramalan.

1.4 Tujuan

Mendapatkan metode peramalan terbaik melalui ARIMA, SARIMA dan *Exponential Smoothing Holt-Winter* untuk meramalkan harga batubara bulan November 2024 sampai dengan Oktober 2025.

1.5 Manfaat

Menemukan metode peramalan terbaik melalui ARIMA, SARIMA dan *Exponential Smoothing Holt-Winter* untuk meramalkan harga batubara sehingga menghasilkan peramalan yang lebih akurat dan berkontribusi pada literatur ilmiah terkait metode peramalan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Y., Yuniarti, D., & Fathurahman, M. (2007). Model intervensi untuk mengetahui dampak kenaikan tarif dasar listrik juli 2010 terhadap pemakaian listrik di kota samarinda. *Jurnal Eksponensial*, 3(2), 1-10.
- Aktivani, S. (2020). Uji stasioneritas data inflasi kota Padang. *Statistika*, 20(2), 83–90.
- Al Qarani, M. A., Santoso, R., & Safitri, D. (2018). Pengembangan estimasi parameter pada metode exponential smoothing holt-winters additive menggunakan metode optimasi golden section (studi kasus: wisatawan mancanegara yang menggunakan jasa akomodasi di DIY). *Jurnal Gaussian*, 7(4), 348–360.
- Almas, M. F., Setiawan, B. D., & Sutrisno. (2018). Implementasi metode backpropagation untuk peramalan harga batubara. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 2(12), 6502–6511.
- Anindita, T., & Syaputra, A. A. (2018). Analisis pengaruh kurs USD, harga batubara acuan, dan volume produksi terhadap volume ekspor pada PT. Bukit Asam (Persero) Tbk. *Jurnal Manajemen Industri dan Logistik*, 1(2), 111–120.
- Aryati, A., Purnamasari, I., & Nasution, Y. N. (2020). Peramalan dengan menggunakan metode holt-winters exponential smoothing (studi kasus: jumlah wisatawan mancanegara yang berkunjung ke Indonesia). *Jurnal EKSPONENSIAL*, 11(1), 99–105.
- Assauri, S. (1984). *Teknik & metoda peramalan: Penerapannya dalam ekonomi & dunia usaha* (Edisi Satu). Jakarta: Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia .
- Berutu, S. S. (2013). Peramalan penjualan dengan metode fuzzy time series. *HimsyaTech*.
- Deviana, S., Nusyirwan, Azis, D., & Ferdias, P. (2021). Analisis model autoregressive integrated moving average data deret waktu dengan metode momen sebagai estimasi parameter. *Jurnal Siger Matematika*, 02(02), 57–67.
- Ekananda, M. (2014). *Analisis data time series: Untuk penelitian, manajemen dan akuntansi*. Jakarta: Mitra Wacana Media

- Erudin. (2020). *Peramalan jumlah penyediaan air bersih oleh perusahaan daerah air minum (pdam) terhadap masyarakat di kabupaten Gowa tahun 2020 dengan metode arima* (skripsi, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar).
- Fahmuddin, M. S., & Ruliana, S. S. M. (2023). Perbandingan metode arima dan single exponential smoothing dalam peramalan nilai ekspor kakao indonesia. *VARIANSSI: Journal of Statistics and Its Application on Teaching and Research*, 5(3), 163–176.
- Fakhriyana, D., Hoyyi, A., & Widiharah, T. (2016). Perbandingan model arch/garch, model arima, dan model fungsi transfer (studi kasus indeks harga saham gabungan dan harga minyak mentah dunia tahun 2013 sampai 2015). *Jurnal Gaussian*, 5(4), 633-640.
- Febiola, A., Dewi, A., Fazarin, F. M., Ramadhani, F., Khaffi, M. A., Akbar, R., & Dalimunthe, D. Y. (2024). Perbandingan metode arima dan sarima dalam peramalan jumlah penumpang bandara provinsi kepulauan bangka belitung. *Journal of Mathematics*, 6(2), 160–168.
- Hamidah, S. N , Salam, N., & Susanti, D. S. (2020). Teknik peramalan menggunakan metode pemulusan eksponensial holt-winters. *Jurnal Matematika Murni dan Terapan "Pilon"*, 07(02), 26–33.
- Juanda, B., & Junaidi. (2012). *Ekonometrika deret waktu: Teori dan aplikasi*. Bogor IPB Press
- Junaidi. (2014). Analisis hubungan deret waktu untuk peramalan. *Repository Universitas Jambi*, 1–5.
- Khaulasari, H., Sari, S. K., Qomaru, N., Leonardo, E. D., & C.A.A, O. F. (2021). Peramalan produk domestik bruto triwulan atas dasar harga berlaku menurut pengeluaran konsumsi rumah tangga menggunakan sarima dan winter exponential smoothing. *Jurnal Matematika ALGEBRA*, 2(2), 96-104.
- Khoiri, H. A. (2023). *Analisis deret waktu univariat*. UNIPMA Press
- Kusdarwati, Samingun Handoyo, Usman Effendi, H. (2022). *Analisis deret waktu univariat linier* (Issue 85).
- Lasabuda, G. P., & Mangantar, M. (2022). Pengaruh struktur modal, likuiditas, dan profitabilitas terhadap nilai perusahaan pada perusahaan subsektor otomotif yang terdaftar di bursa efek Indonesia 2017-2020. *Jurnal EMBA : Jurnal Riset*

Ekonomi, Manajemen, Bisnis Dan Akuntansi, 10(2), 337-345.

- Lestari, S. I., Ulinnuha, N., & Martutik. (2020). Peramalan beban listrik jangka pendek menggunakan autoregressive integrated moving average (arima). *Jurnal Matematika ALGEBRA*, 1(1), 41-49.
- Makridakis, S., Wheelwright, S.C., & McGee, V. E. (1993). *Metode dan aplikasi peramalan (Edisi kedua, Jilid 1)*. Diterjemahkan oleh U.S Andriyanto & A. Basith. Jakarta: Penerbit Erlangga
- Makridakis, S., Wheelwright, S.C., & McGee, V. E. (1999). *Metode dan aplikasi peramalan (Jilid 1, Edisi kedua, Edisi revisi yang disempurnakan)*. Diterjemahkan oleh Ir. Hari Suminto. Jakarta: Binarupa Aksara. (Judul Asli: Forecasting: Methods and Applications, Second Edition).
- Muryanto. (2021). Pemodelan arima dan sarima untuk peramalan indeks harga konsumen kota balikpapan: studi kasus ihk kota balikpapan bulan januari 2011-desember 2020. *BESTARI BPS Kalimantan Timur*, 1(2), 21-28. BPS Kabupaten Penajam Paser Utara.
- Mutmainnah. (2019). Perbandingan metode sarima dan exponential smoothing holt-winters dalam meramalkan curah hujan di kota makassar (Skripsi, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar). Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
- Pongdatu, G. A. N., Abinowi, E., & S, W. (2020). Peramalan transaksi penjualan dengan metode holt-winter exponential smoothing. *Jurnal Ilmiah Teknologi Infomasi Terapan*, 6(3), 228–233.
- Prianda, B. G., & Widodo, E. (2021). Perbandingan metode seasonal arima dan extreme learning machine pada peramalan jumlah wisatawan mancanegara ke Bali. *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, 15(4), 639–650.
- Rinjani, S. N., Hoyyi, A., & Suparti, S. (2019). Pemodelan fungsi transfer dan backpropagation neural network untuk peramalan harga emas (studi kasus harga emas bulan juli 2007 sampai februari 2019). *Jurnal Gaussian*, 8(4), 474–485.
- Robial, S. M. (2018). Perbandingan model statistik pada analisis metode peramalan time series (studi kasus: PT. Telekomunikasi Indonesia, Tbk Kandatel Sukabumi). *Jurnal Ilmiah SANTIKA*, 8(2), 1–17.

- Rosadi, D. (2021). *Analisis time series dan aplikasinya dengan R* (Cetakan ketiga). Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Safitri, T. (2017). *Perbandingan peramalan menggunakan metode exponential smoothing holt- winters dan arima* (Skripsi, Universitas Negeri Semarang). Jurusan Matematika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang, 1–144.
- Safitri, T., Dwidayati, N., & Sugiman. (2017). Perbandingan peramalan menggunakan metode exponential smoothing holt-winters dan arima. *UNNES Journal of Mathematics*, 6(1), 48–58.
- Salwa, N., Tatsara, N., Amalia, R., & Zohra, A. F. (2018). Peramalan harga bitcoin menggunakan metode arima (autoregressive integrated moving average). *Journal of Data Analysis*, 1(1), 21–31.
- Saputra, I. (2023). Pengaruh earning pershare, harga batubara acuan dan nilai tukar terhadap harga saham. *Al-KALAM: JURNAL KOMUNIKASI, BISNIS DAN MANAJEMEN*, 10(1), 13.
- Sinurat, R. P. P. (2023). Potensi Penerimaan pajak penghasilan di Indonesia: sebuah analisis deret waktu. *Jurnal Pajak Indonesia*, 7(2), 33–42.
- Sulaiman, A., & Juarna, A. (2021). Peramalan tingkat pengangguran di Indonesia menggunakan metode time series dengan model arima dan holt-winters. *Jurnal Ilmu Komputer*, Fakultas Ilmu Komputer Universitas Gunadarma.
- Supranto, J. (2010). *Metode ramalan kuantitatif untuk perencanaan ekonomi dan bisnis* (Cetakan kelima, edisi revisi). Jakarta: Rineka Cipta. ISBN 978-979-518-991-6
- Supriatna, A., Subartini, B., & Hertini, E. (2017). Peramalan wisatawan mancanegara ke Jawa Barat melalui pintu masuk bandara husein sastranegara dan pelabuhan muarajati menggunakan metode sarima. *8thIndustrial Research Workshop and National Seminar*, 560–565.
- Syahroni, M. I. (2023). Analisis data kuantitatif. *Jurnal Al-Musthafa STIT Al-Aziziyah Lombok Barat*, 3(3), 1-13.
- Tarno. (2013). Kombinasi prosedur pemodelan subset arima dan deteksi outlier untuk peramalan data time series. *Prosiding Seminar Nasional Statistika*, 10(1970), 583–592.

- Yusuf, R. A. M., & Yanti, T. S. (2021). Perbandingan metode seasonal autoregressive integreted moving average (sarima) dan metode fuzzy time series untuk model peramalan jumlah wisatawan mancanegara di bali. *Prosiding Statistika*, 7(2), 597–605.
- Zahrunnisa, A., Nafalana, R. D., Rosyada, I. A., & Widodo, E. (2021). Perbandingan metode exponential smoothing dan arima pada peramalan garis kemiskinan provinsi jawa tengah. *Lebesgue: Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika, Matematika dan Statistika*, 2(3), 300-314.
- Zulhamidi, & Hardianto, R. (2017). Peramalan penjualan teh hijau dengan metode arima (studi kasus pada pt. mk). *Jurnal PASTI*, XI(3), 231–244.