

Efektivitas Metode *Exponential Smoothing* dan *Autoregressive Conditional Heteroscedastic (ARCH)* dalam Memprediksi Harga Saham

Diyas Arya Nugroho¹, Alicia Arifin², Wiwik Wiyanti³

^{1,2,3} Program Studi Statistika, Universitas Matana, Tangerang, Indonesia

Jl. CBD Barat Kav. 1. Gading Serpong Tangerang, Indonesia, 15810

Email: diyas.nugroho@student.matanauniversity.ac.id¹,

alicia.arifin@student.matanauniversity.ac.id², wiwik.chae@gmail.com³

Korespondensi penulis : diyas.nugroho@student.matanauniversity.ac.id

Abstrak

Volatilitas merupakan suatu alat ukur untuk menentukan probabilitas portofolio bisnis di masa depan yang berpotensi turun atau naik. Volatilitas sangat memengaruhi pergerakan nilai harga saham, maka dari itu, peramalan terhadap volatilitas perlu dilakukan apabila seseorang ingin membeli atau menjual saham. Untuk melakukan peramalan, diperlukan adanya penggunaan metode yang tepat. Pada penelitian ini, menerapkan beberapa metode untuk peramalan, yaitu dengan menggunakan metode *Exponential Smoothing* : *Single Exponential Smoothing (SES)*, *Adaptive-Response-Rate Single Exponential Smoothing (ARRSES)* dan *Holt's Linear* serta metode ARCH. Hasil dari analisis menunjukkan bahwa persentase kesalahan menggunakan metode *exponential smoothing* yaitu SES, ARRSES, Holt's Linear berkisar 4% - 6,6% sedangkan dengan metode ARCH-GARCH berkisar 9,81% - 12,4%. Dengan demikian, metode *exponential smoothing* yang digunakan lebih baik dalam kasus harga saham pada penelitian ini yaitu dengan tingkat kesalahan yang lebih kecil dibandingkan metode ARCH.

Kata Kunci: saham, SES, ARRSES, Holt's, ARCH.

Abstract

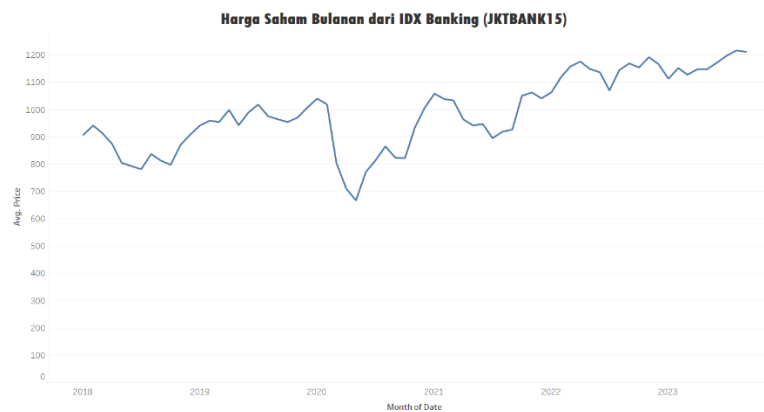
Volatility is a measuring tool to determine the probability of a future business portfolio that has the potential to go down or up. Volatility greatly affects the movement of stock prices; therefore, forecasting volatility needs to be done if someone wants to buy or sell stocks. To make a forecast, it is necessary to use the right method. In this study, several methods for forecasting were applied, namely the Exponential Smoothing method: Single Exponential Smoothing (SES), Adaptive-Response-Rate Single Exponential Smoothing (ARRSES), Holt's Linear, and the ARCH method. The results of the analysis show that the percentage of error using the exponential smoothing method, namely SES, ARRSES, and Holt's linear, ranges from 4% to 6.6%, while with the ARCH-GARCH method, it ranges from 9.81% to 12.4%. Thus, the exponential smoothing method used is better in the case of stock prices in this study, namely with a smaller error rate than the ARCH method.

Keywords: stock, SES, ARRSES, Holt's, ARCH.

1. Pendahuluan

Volatilitas adalah salah satu instrumen yang penting untuk menentukan probabilitas portofolio bisnis di masa depan. Volatilitas memengaruhi pergerakan harga saham. Dalam memahami pergerakan harga saham, diperlukan adanya peramalan mengenai volatilitas. Namun demikian, menurut [1], volatilitas biasanya dipandang sebagai variabel laten atau variabel yang tidak dapat diukur secara langsung, sehingga membuat prediksi volatilitas menjadi sangat rumit. Berdasarkan hal tersebut, diperlukan adanya peramalan data yang berkaitan dengan volatilitas sebagai suatu tolak ukur melihat suatu harga saham yang mana nilainya berpotensi turun atau naik.

Volatilitas dapat terjadi karena beberapa faktor. Menurut [2], faktor tersebut berupa pengumuman laba, pengumuman ramalan, pengumuman dividen, pengumuman pendanaan, pengumuman industri sekuritas dan lain sebagainya. Pada saat pengumuman tersebut berlangsung, lonjakan harga saham akan terjadi serta akan kembali melanjutkan *trend* setelah adanya koreksi harga saham.



Gambar 1. Harga Saham Bulanan JKT BANK15

Volatilitas tidak hanya melonjak selama krisis, namun akan turun kembali ke tingkat volatilitas yang kira-kira sama seperti sebelum krisis [3]. Sebagai contoh adalah data harga saham dari JKT BANK15 pada Gambar 1. Terlihat dari grafik gambar 1 bahwa harga sama JKT BANK15 mengalami pola *trend* naik, akan tetapi karena adanya volatilitas pola *trend* naik tidak terlihat cukup mulus. Dari Gambar 1, nilai saham pada 24 Maret 2020 terjadi penurunan harga yang drastis, akan tetapi pada 11 Januari 2021 harga kembali pada harga sebelum terjadinya volatilitas. Hal tersebut terjadi karena yang seharusnya harga saham masih kuat dalam *trend* naiknya dan setelah terjadi volatilitas harga saham kembali koreksi untuk melanjutkan *trend* naik. Berdasarkan gambar 1 pula, terlihat adanya karakteristik *trend* naik yang di mana data tersebut cocok digunakan pada model *Exponential Smoothing* [4]. Sedangkan, adanya karakteristik data pengaruh volatilitas yang berubah-ubah maka cocok menggunakan model *Autoregressive and Heteroskedastic Models* [5]. Oleh sebab tersebut, pada penelitian ini akan memeriksa keefektifan kedua model tersebut dalam memprediksi data yang mempunyai karakter adanya *trend* serta volatilitas data yang berubah-ubah.

Metode *Exponential Smoothing* dapat digunakan untuk melakukan peramalan harga saham dengan melihat harga saham di masa yang akan datang (*future*). *Exponential*

Smoothing membuat peramalan dengan bergantung pada rata-rata bergerak harga saham di masa kemudian untuk memproyeksikan harga saham di masa depan, biasanya harga di masa depan akan lebih besar dibandingkan harga di masa kemudian [6]. Proyeksi ini menggunakan konstanta *smoothing* atau pemulusan dengan nilai parameter dari 0 hingga 1. Nilai konstanta 0 yang berarti harga prediksi di masa depan akan sangat kecil dipengaruhi oleh kesalahan (*error*) harga prediksi di masa depan. Sedangkan untuk nilai konstanta 1, artinya harga prediksi di masa depan akan sangat dipengaruhi oleh *error* pada harga prediksi di masa depan [6]. Pada metode *Exponential Smoothing* dibutuhkan pemilihan beberapa nilai parameter, karena bobot atau hasil prediksi yang diperoleh akan ditentukan oleh nilai parameter yang digunakan. Pada penelitian ini, metode *Exponential Smoothing* yang digunakan yaitu, *Single Exponential Smoothing (SES)*, *Adaptive-Response-Rate Single Exponential Smoothing (ARRSES)* dan *Holt's Linear*.

Dalam penelitian [7] mengatakan bahwa data *time series* merupakan data terurut berdasar waktu yang mana tidak konstan dan berubah-ubah dari satu periode ke periode lainnya. Varian dari residualnya juga berubah-ubah bergantung dari data historis sebelumnya. Adapun metode peramalan yang digunakan untuk mengestimasi perilaku yang seperti ini cocok menggunakan *Autoregressive Conditional Heteroscedasticity Model (ARCH)*. Berdasarkan [5] sebelumnya, Jika adanya karakteristik volatilitas dalam suatu data kurun waktu, data kurun waktu tersebut dapat dimodelkan dengan *Autoregressive Conditional Heteroscedasticity Models (ARCH Model)* dan menggeneralisasikan menggunakan *Generalized ARCH*.

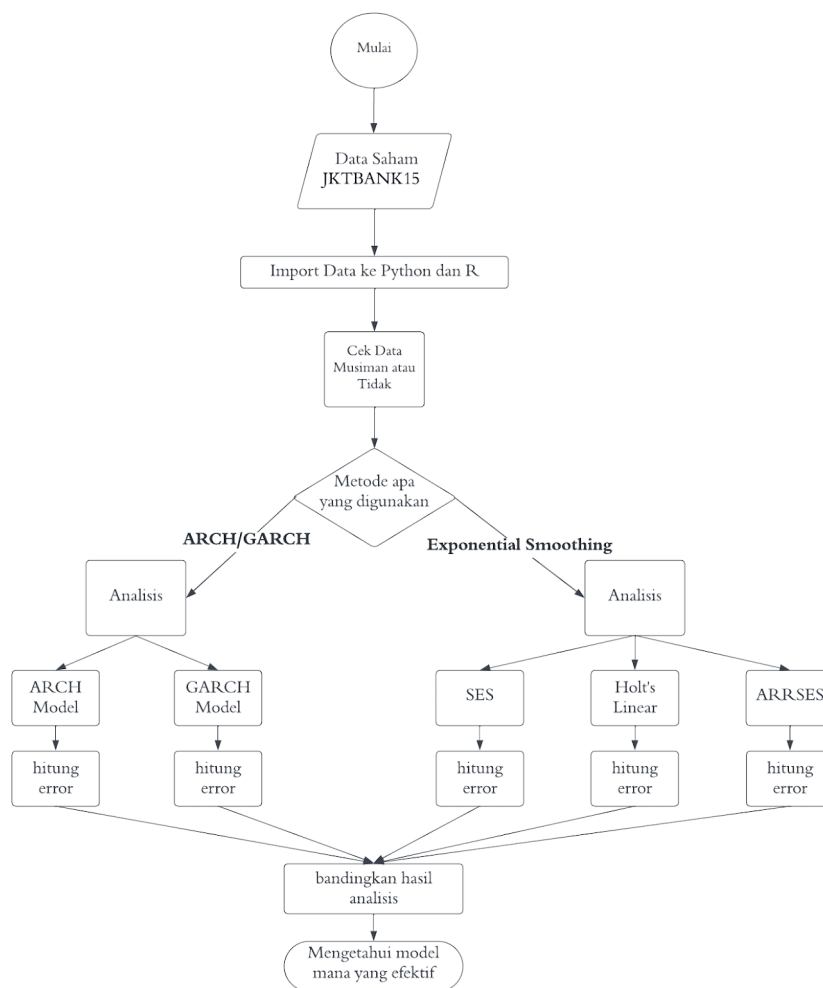
ARCH dan GARCH model banyak digunakan dalam memprediksi harga saham, dan kebanyakan hasil penelitian tersebut menyatakan bahwa metode ARCH/GARCH memiliki nilai kesalahan atau *error* yang tergolong baik, seperti penelitian yang dilakukan oleh [8] tentang memprediksi harga saham sektoral, hasil *error* atau nilai MAPE yang 8,06% . Hasil ini menyatakan bahwa hasil prediksi tersebut tergolong cukup baik (MAPE < 10%). Selanjutnya, berdasarkan penelitian [9] tentang prediksi harga pasar saham emas, perak, minyak mentah, dan platinum, metode *Exponential Smoothing (double exponential smoothing, holt's linear trend, dan random walk)* cocok digunakan dalam data pasar karena data pasar saham sensitive terhadap data yang data yang berfluktuasi dengan cepat. Kemudian, terdapat juga beberapa penelitian yang mengatakan bahwa metode *Exponential Smoothing* dan turunannya cocok digunakan dalam data saham yang bisa dibidang fluktuatif dengan tingkat *error* yang tergolong baik, seperti hasil *error* penelitian yang dilakukan [4] sebelumnya, nilai MAPE yang diperoleh sebesar sangat kecil mendekati nol, yaitu 0-0,73% dalam menggunakan SES, ARRSES sebesar 0-0,66%, dan metode Holt's sebesar 0-0,29%. Bukan hanya itu, bahkan metode Holt's Linier juga digunakan untuk prediksi data kesehatan oleh [10] dengan memperoleh nilai *error* prediksi yaitu MAPE sangat kecil yaitu sebesar 2,54%.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui efektifitas metode peramalan yang digunakan. Metode yang dimaksud adalah *Exponential Smoothing : Single Exponential Smoothing (SES)*, *Adaptive-Response-Rate Single Exponential Smoothing (ARRSES)* dan *Holt's Linear* serta *Autoregressive Conditional Heteroskedastic Models (ARCH)*. Serta dari semua metode yang digunakan, metode manakah yang lebih efektif digunakan untuk prediksi tipe data bervolatilitas. Harapan adanya penelitian ini berguna untuk mengambil langkah dalam melakukan keputusan yang tepat untuk peramalan data harga saham.

Selain itu, harapan dari penelitian ini yaitu memberikan gambaran kepada pembaca untuk mengetahui cara melakukan peramalan data harga saham dengan pengaruh volatilitas serta memberikan informasi tentang metode mana yang baik untuk dipertimbangkan digunakan dalam peramalan data harga saham yang mempunyai ciri volatilitas.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif. Jenis data yang digunakan adalah data runtun waktu (*time-series*). *Time-series* data merupakan suatu data terurut yang dapat digunakan dalam peramalan untuk melihat hubungan pola data runtun waktu serta dapat memproyeksikan pola data tersebut untuk di masa depan [6]. Adapun skema alur penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema Metode Penelitian

Sampel yang digunakan dalam studi kasus penelitian ini adalah 70 data harga saham JKT BANK15 dimulai pada tanggal 8 November 2012 hingga 22 September 2023, data tersebut dapat diakses pada situs [11]. Data saham JKT BANK15 adalah nilai harga 15 saham perbankan dalam indeks saham. Suatu perusahaan yang bisa masuk ke dalam indeks ini adalah perusahaan yang memiliki nilai jual-beli yang tinggi dan faktor

fundamental yang baik. Indeks ini digunakan untuk mengukur kinerja perusahaan-perusahaan perbankan [12]. Selanjutnya, datanya diunduh dan di-import ke dalam *software coding* agar dapat dengan mudah untuk dianalisis lebih lanjut. Analisis yang digunakan menggunakan bantuan *software coding* Python dan R. Teori yang digunakan untuk analisa data yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperti di bawah ini.

2.1 Autokorelasi

Autokorelasi adalah salah satu alat statistika untuk mengukur hubungan linear yang terdapat pada dua atau lebih variabel [13]. Autokorelasi berfungsi untuk memeriksa adanya musiman pada data. Jika tidak terdapat data musiman dalam data maka dapat menggunakan metode Holt's Linear, dan jika sebaliknya gunakan metode Holt's Winter. Metode Holt's Winter digunakan jika terdapat musiman pada data yang diuji. Autokorelasi pada data runtun waktu sangat berguna dalam memvalidasi pola yang terdapat pada data tersebut, apakah terdapat pola tren, musiman, dan siklus [6]. Adapun formula yang digunakan autokorelasi di (1)

$$r_k = \frac{\sum_{t=k+1}^n (Y_t - \bar{Y})(Y_{t-k} - \bar{Y})}{\sum_{t=1}^n (Y_t - \bar{Y})^2} \quad (1)$$

Keterangan : t = waktu; Y_t = nilai observasi ke- t ; Y_{t-k} = nilai observasi ke $t - k$; Y = nilai rata-rata data observasi; k = jeda waktu observasi (*observations lagged*). Autokorelasi dihitung dengan bantuan dari *software coding* Python, seperti *codingan* yang dilakukan oleh [14].

2.2 Single Exponential Smoothing (SES)

Single Exponential Smoothing adalah cara memprediksi nilai dengan hasil prediksi sebelumnya dan disesuaikan dengan menggunakan *error* prediksi [6]. Adapun formula yang digunakan seperti dalam Persamaan (2)

$$F_{t+1} = F_t + \alpha(Y_t - F_t) \quad (2)$$

Keterangan : t = *time*/waktu; F_t = Nilai *forecast* ke- t ; F_{t+1} = Nilai *forecast* ke- $t + 1$; Y_t = nilai yang diobservasi (*observed value*); α = konstanta pemulusan (*smoothing*)

Nilai α di antara 0-1. Ketika mendekati 0 nilai prediksi yang dihasilkan memiliki nilai yang telah disesuaikan yang sedikit dari nilai *error* sebelumnya. Begitu juga sebaliknya, jika mendekati 1, nilai prediksinya memiliki nilai *error* yang sudah disesuaikan dengan substansial. Cara memilih dapat menggunakan metode *trial and error*, nilai juga dapat dipilih dengan melihat nilai *mean square error* (MSE) yang terkecil [6].

Untuk melakukan peramalan menggunakan metode ini pada pemrograman *python*, dapat menggunakan *package* `from statsmodels.tsa.api import SimpleExpSmoothing`. Fungsi yang digunakan adalah `SimpleExpSmoothing()`.

2.3 Adaptive-Response-Rate Single Exponential Smoothing (ARRSES)

ARRSES merupakan pendekatan adaptif SES. ARRSES merupakan bagian dari metode *single exponential smoothing* yang adaptif. Metode ini memiliki kelebihan dari SES karena model ini nilai α dapat berubah-ubah mengikuti pola pada data [6]. Adapun formula yang digunakan seperti dalam Persamaan (3) di bawah ini.

$$F_{t+1} = \alpha_t Y_t + (1 - \alpha_t) F_t \quad (3)$$

Yang mana : $\alpha_{t+1} = \left| \frac{A_t}{M_t} \right| \quad (4)$

$$A_t = \beta E_t + (1 - \beta) A_{t-1} \quad (5)$$

$$M_t = \beta |E_t| + (1 - \beta) M_{t-1} \quad (6)$$

$$E_t = Y_t - F_t \quad (7)$$

Keterangan : Y_t = nilai observasi (observed value); A_t = nilai estimasi pemulusan *forecast error (smoothed error)*; M_t = nilai estimasi absolut *error pemulusan forecast (absolute smoothed error)*; dan E_t = *forecast error*.

Fungsi yang digunakan untuk peramalan metode *Adaptive-Response-Rate Single Exponential Smoothing* (ARRSES) pada pemrograman *python* adalah *Holt*, *package* yang digunakan adalah **from** statsmodels.tsa.api **import** Holt. Dengan fungsi *Holt()* kemudian menambahkan `damped_trend = True` untuk melakukan pendekatan adaptif.

2.4 Holt's Linear

Metode *Holt's Linear* membutuhkan dua buah estimasi, pertama untuk mendapatkan *smoothed value*, dan yang kedua untuk mendapat nilai *trend*. Mencari prediksi menggunakan metode ini dapat melalui *trend* dikali dengan banyaknya periode yang akan diprediksi dan ditambahkan nilai awal. Bedanya metode ini dengan yang lainnya adalah *Holt's Linear Exponential Smoothing* ini menggunakan 2 *smoothing* konstan, dan mempunyai nilai di antara 0 – 1 (nol hingga satu). Metode ini dibentuk untuk mengatasi trend yang mana SES mengasumsikan tidak ada data dasarnya yang memiliki *trend*. Metode *Holt's Linear* biasa disebut juga *double exponential smoothing*. Jika dan memiliki nilai yang mana, maka metode ini ekuivalen dengan "*Brown's double exponential smoothing*" [6]. Adapun formula yang digunakan seperti dalam Persamaan (4) di bawah ini.

$$L_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (8)$$

$$b_t = \beta (L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta) b_t \quad (9)$$

$$F_{t+m} = L_t + b_t m \quad (10)$$

Keterangan: L_t = estimasi seri level di waktu ke- t ; b_t = estimasi *slope* pada t ; m = banyaknya periode yang nantinya akan di prediksi.

Dengan bantuan *software python*, peramalan metode *Holt's Linear* dapat menggunakan *package* **from** statsmodels.tsa.api **import** Holt. Fungsi untuk peramalan tersebut adalah *Holt()*.

2.5 ARCH Model

Autoregressive conditionally heteroscedastic (ARCH) model peramalan dengan pendekatan variansi data *time series*. Model ARCH digunakan untuk mendeskripsikan perubahan, kemungkinan besar variansi perubahan data. Meskipun ARCH model bisa digunakan untuk mendeskripsikan perubahan variansi yang naik secara perlahan, yang sering digunakan juga dalam situasi yang mungkin terdapat periode pendek yang meningkatnya variansi [15]. Adapun formula yang digunakan seperti dalam Persamaan (5) menurut [16].

$$\text{Var}(y_t|y_{t-1}) = \sigma^2 = \alpha_0 + \alpha_1 y_{t-1}^2 \quad (11)$$

Jika variansnya diasumsikan sama dengan 0, maka ARCH model dapat dituliskan sebagai Persamaan 12 dan 13, yang diasumsikan t berdistribusi normal (rata-rata=0 dan standar deviasi = 1) [11].

$$y_t = \sigma_t \epsilon_t \quad (12)$$

$$\sigma_t = \sqrt{\alpha_0 + \alpha_1 y_{t-1}^2} \text{ dan } \epsilon_t \sim (\mu = 0, \sigma^2 = 1) \quad (13)$$

Dengan bantuan dari *software* R, peramalan metode *Autoregressive conditionally heteroscedastic* menggunakan *package* FinTS [17], seperti *codingan* yang dilakukan oleh [18].

2.6 GARCH Model

GARCH merupakan model secara general dari ARCH model. Menurut [15] *Generalized autoregressive conditionally heteroscedastic* (GARCH) adalah turunan dari ARCH. Adapun formula yang digunakan seperti dalam persamaan (6) berdasar [15].

$$\text{Var}(y_t|y_{t-1}, \dots, y_{t-m}) = \sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 y_{t-1}^2 + \dots + \alpha_m y_{t-m}^2 \quad (14)$$

GARCH model biasanya menggunakan hasil observasi kuadrat dan variansi nilai sebelumnya untuk memodelkan variansi pada waktu ke- t . Sebagai contoh GARCH(1,1) adalah $\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 y_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2$ (6) [16]. Dengan bantuan dari *software* R, peramalan metode *Autoregressive conditionally heteroscedastic* menggunakan *package* rugarch [19], seperti *codingan* yang dilakukan oleh [18].

2.7 Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

MAPE merupakan salah satu standar pengukuran hasil *error* statistik. Perhitungan MAPE adalah rata-rata dari nilai persentase *error* di setiap titik Y_t [6]. MAPE dipresentasikan dalam bentuk persentase (%). Rumus MAPE adalah rumus yang tertera di (7) berdasar [6].

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |PE_t| \quad (15)$$

$$PE_t = \left(\frac{Y_t - F_t}{Y_t} \right) \times 100 \quad (16)$$

Dengan n adalah jumlah periode, PE_t adalah *percentage error* atau persentase error di titik t . Y_t adalah titik observasi, dan F_t adalah nilai forecast ke- t [6].

3. Hasil dan Pembahasan

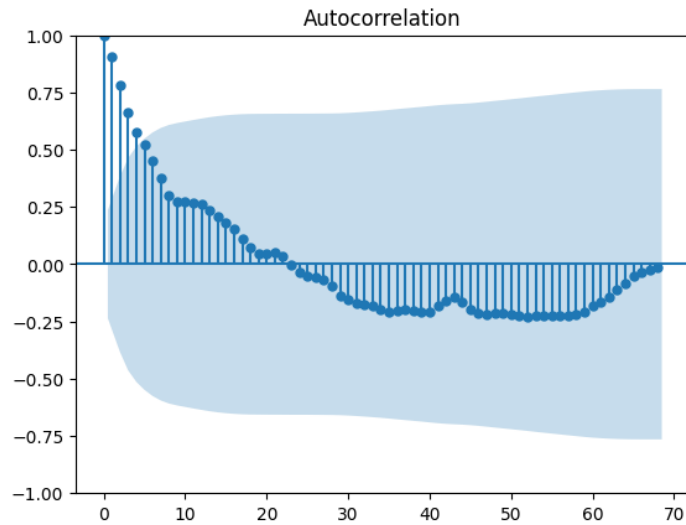
Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data harga saham JKT BANK15 dari tanggal 02 Februari 2018 sampai dengan 22 September 2023 yang dapat diakses pada website investing.com. Data pada penelitian ini diakses pada waktu 22 September 2023. Data saham yang digunakan merupakan data bulanan JKT BANK15. Data saham (JKT BANK15) merupakan harga saham sektor bank. Data saham merupakan data harian, namun informasi data terurut harian tidak selalu tersedia, atau dengan istilah lain adanya data *null*. Data *null* ini terjadi ketika terdapat hari libur nasional, hari sabtu dan hari minggu, sehingga terdapat data yang kosong. Karena keterbatasan ini, peneliti menggunakan data bulanan yang merepresentasikan ekonomi atau menggambarkan kondisi harga saham.

Data saham yang digunakan untuk analisa data, dibagi menjadi *initial* data (data awal) dan data *testing* (*data uji*). Data dianalisa dengan metode *Exponential Smoothing* dengan nilai *alpha* yang digunakan adalah 0,2, 0,4, 0,6, dan 0,995 untuk *Single Exponential Smoothing*, nilai *alpha* 0,995 serta nilai beta 0,2, 0,4, 0,6, dan 0,9 untuk *Adaptive-Response-Rate Single Exponential Smoothing (ARRSES)* dan *Holt's Linear* serta dengan menggunakan ARCH lag 1, ARCH lag 2, dan GARCH. Nilai *alpha* yang digunakan mengacu pada *trial and error* sesuai dengan referensi [6].

Langkah analisa data, pertama adalah memeriksa/cek faktor musiman pada data. Tabel 1 merupakan hasil ringkasan tabel dari 36 nilai autokorelasi. Pada hasil tabel 1, terlihat bahwa nilai kelipatan lag12 tidak bernilai maksimal ataupun minimal, atau dengan kata lain tidak ada unsur musiman pada data saham. Unsur musiman, juga dapat dilihat dengan memvisualisasikan nilai autokorelasi [6], dapat dilihat pada gambar 3. Dari hasil plot ACF, terlihat plotnya tidak membentuk pola bukit dan lembah pada rentang waktu yang sama. Sehingga hasil analisis dari plot ACF adalah data tidak memiliki musim (*season*). Maka dari itu, metode *holt's winter* dari *exponential smoothing* tidak digunakan dalam analisis data

Tabel 1. Tabel Hasil Analisis Autokorelasi

Lag	Autokorelasi	Lag	Autokorelasi	Lag	Autokorelasi
1	0,91	13	0,23	25	-0,05
2	0,78	14	0,21	26	-0,05
3	0,66	15	0,18	27	-0,07
4	0,58	16	0,15	28	-0,10
5	0,52	17	0,11	29	-0,14
6	0,45	18	0,07	30	-0,16
7	0,38	19	0,05	31	-0,17
8	0,30	20	0,05	32	-0,18
9	0,27	21	0,05	33	-0,18
10	0,27	22	0,03	34	-0,20
11	0,27	23	0,00	35	-0,21
12	0,26	24	-0,04	36	-0,20



Gambar 3. Visualisasi Analisis Autokorelasi

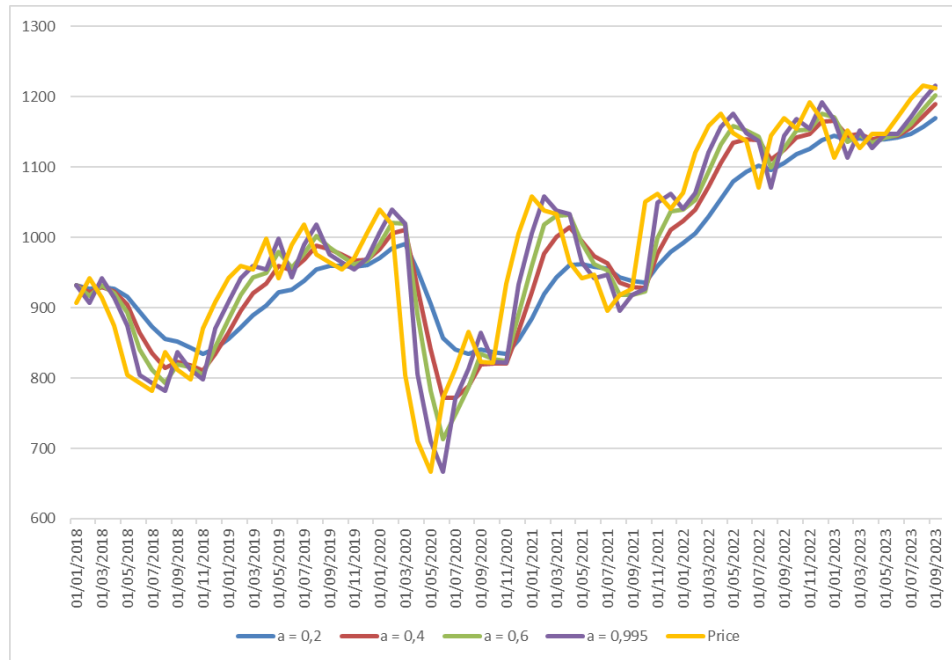
3.1. Single Exponential Smoothing (SES)

Perhitungan metode SES dilakukan dengan bantuan *software python*, level *smoothing* (α) yang digunakan adalah 0,2, 0,4, 0,6 dan 0,995. Nilai *alpha* (α) yang dipilih merupakan nilai *alpha* yang menyebabkan hasil prediksi mempunyai MAPE (*Mean Absolut Percentage Error*) terkecil. Hal ini dilakukan untuk menentukan metode SES dengan level pemulusan terbaik [6]. Pemilihan nilai *alpha* pada metode ini menggunakan cara *trial and error*, cara ini disebutkan dalam [6] sebagai metode menentukan nilai *alpha* yang efektif dengan nilai *error* terkecil atau dalam penelitian ini menggunakan indikator MAPE sebagai ukurannya. Tabel 2 merupakan nilai perhitungan MAPE dari hasil prediksi dengan metode SES.

Tabel 2. Nilai MAPE Metode *Single Exponential Smoothing* (SES)

MAPE (%)			
$\alpha = 0,2$	$\alpha = 0,4$	$\alpha = 0,6$	$\alpha = 0,995$
6,6284	5,3406	4,7574	4,1083

Hasil prediksi yang dengan nilai MAPE terkecil diperoleh pada saat $\alpha = 0,995$, yang mana memiliki MAPE sebesar 4,1%. Dengan kata lain, metode SES dengan level pemulusan $\alpha = 0,995$ merupakan peramalan data harga saham terbaik dengan selisih harga saham dan *error* terkecil. Gambar 4 merupakan visualisasi dari hasil *output* prediksi data saham dengan menggunakan SES.



Gambar 4. Visualisasi Metode Single Exponential Smoothing (SES)

Pada Gambar 4, terlihat semakin grafik prediksi tersebut mendekati grafik data asli maka, tingkat kesalahan akan semakin kecil. Visualisasi Gambar 4, menunjukkan bahwa prediksi dengan level pemulusan $\alpha = 0,995$ memiliki grafik yang hampir mendekati grafik dari data asli. Grafik level pemulusan $\alpha = 0,995$ ditunjukkan dengan warna kuning pada Gambar 4.

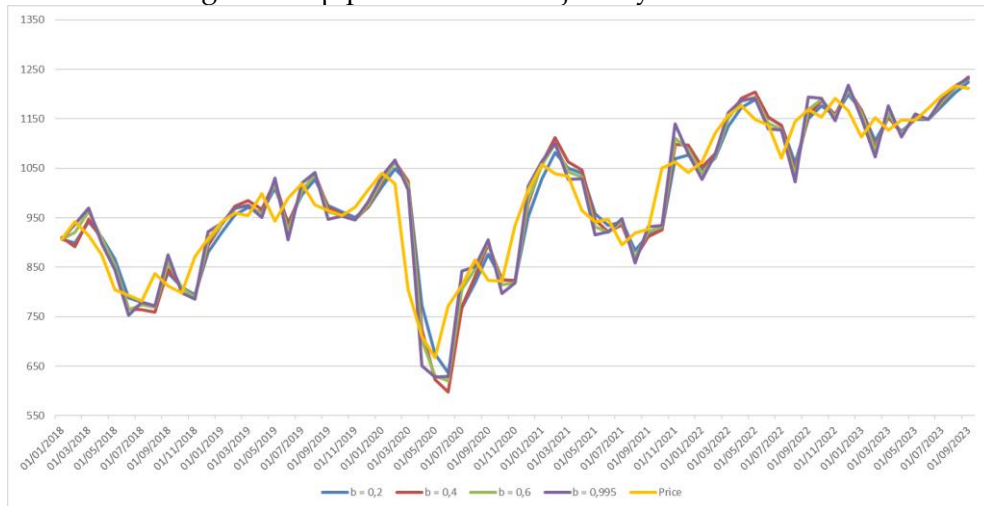
3.2. Adaptive-Response-Rate Single Exponential Smoothing (ARRSES)

Metode ARRSES adalah analisis lanjutan dari metode SES, metode ini lebih kompleks dibanding SES. Metode SES lebih bagus untuk digunakan apabila data yang digunakan tidak mempunyai pola data yang berubah-ubah sedangkan, metode ARRSES kebalikannya [6]. Hal ini dikarenakan pada metode ARRSES pemulusan fluktuasi perubahan α dikontrol dengan nilai β , dimana perubahan α akan meningkat seiring meningkatnya nilai β [6]. Perhitungan kesalahan metode ARRSES dengan nilai α (0,995) tetap dan nilai β adalah 0,2, 0,4, 0,6, dan 0,9 dapat dilihat pada Tabel 3. Pemilihan nilai beta juga menggunakan cara *trial and error* yang menyebabkan nilai prediksi mempunyai nilai MAPE terkecil.

Tabel 3. Nilai MAPE Metode Adaptive-Response-Rate Single Exponential Smoothing (ARRSES)

MAPE (%)			
ARRSES dengan $\alpha = 0,995$			
$\beta = 0,2$	$\beta = 0,4$	$\beta = 0,6$	$\beta = 0,9$
4,0004	4,0157	4,0147	4,3561

Hasil perhitungan MAPE dari metode ARRSES nilai β sebagai pengontrol perubahan α yang memiliki tingkat persentase kesalahan terkecil sebesar 4% adalah $\beta = 0,2$. Jika dilihat hasil MAPE dari setiap tingkatan nilai β memiliki selisih yang tidak terlalu besar. Hal ini dikarenakan nilai $\alpha = 0,995$ pada metode SES adalah yang terbaik selanjutnya dikontrol dengan nilai β pada metode lanjutan yaitu ARRSES.



Gambar 5. Visualisasi Metode Adaptive-Response-Rate Single Exponential Smoothing (ARRSES)

Grafik prediksi yang dihasilkan pada Gambar 5 terlihat metode ARRSES hampir terlihat mirip. Nilai MAPE terlihat bahwa perbedaan kesalahan dari masing-masing nilai β tidak terlalu besar selisihnya, maka pada grafik terlihat pemulusannya hampir sama satu dengan yang lainnya. Metode ARRSES terbaik dapat diambil dengan nilai MAPE terkecil yaitu 4% dengan nilai $\alpha = 0,995$ dan $\beta = 0,2$.

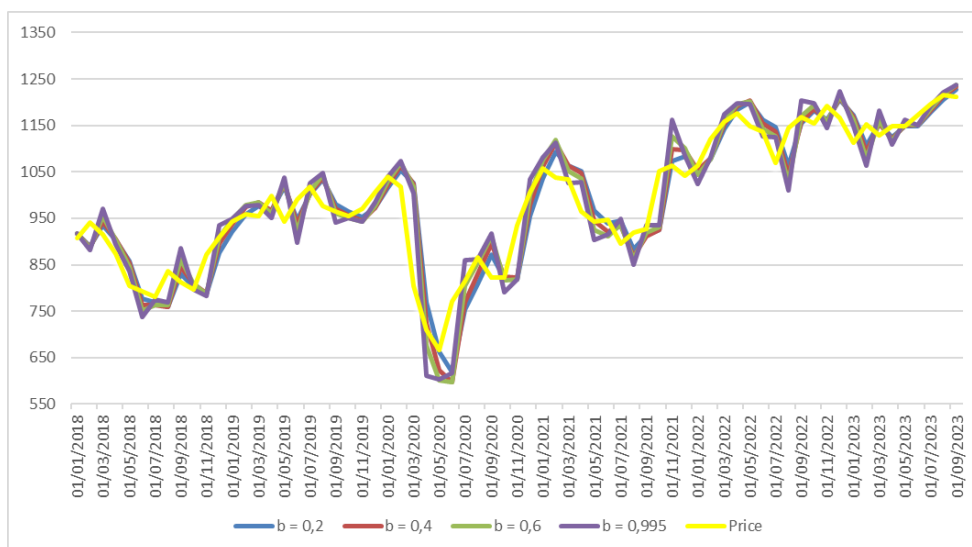
3.3. Holt's Linear

Metode Holt's Linear dianalisis menggunakan *software* python, dengan menggunakan level pemulusan atau $\alpha = 0,995$ dan tren pemulusan atau β sebesar 0,2, 0,4, 0,6, dan 0,9. Pemilihan nilai beta di sini sama dengan metode sebelumnya, yaitu menggunakan cara *trial and error*. Nilai beta yang menyebabkan MAPE dari nilai prediksi terkecil adalah pada saat 0,2. Adapun perhitungan *output* nilai MAPE dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai MAPE Metode Holt's Linear

MAPE (%)			
Holt's Linear dengan $\alpha = 0.995$			
$\beta = 0.2$	$\beta = 0.4$	$\beta = 0.6$	$\beta = 0.9$
4,2032	4,3304	4,4848	5,0560

Dari Tabel 4, hasil perhitungan MAPE dapat disimpulkan bahwa nilai β terbaik adalah 0,2 dengan tingkat persentase kesalahan sebesar 0,042 atau 4,2%. Dengan kata lain, untuk metode Holt's Linear menghasilkan *error* terkecil dan pemulusan terbaik pada saat nilai $\alpha = 0,995$ dan $\beta = 0,2$.



Gambar 5. Visualisasi Metode Holt's Linear

Grafik yang ditampilkan pada Gambar 5 adalah hasil analisis menggunakan metode Holt's Linear memiliki karakteristik yang hampir sama. Hal tersebut juga dapat dilihat pada perbedaan nilai MAPE yang mempunyai selisih kecil. Dari grafik tidak menunjukkan perbedaan yang berbeda seperti pada metode SES. Grafik terbaik ditunjukkan pada warna biru dengan $\alpha = 0,995$ dan $\beta = 0,2$ serta tingkat persentase kesalahan adalah 4,2%.

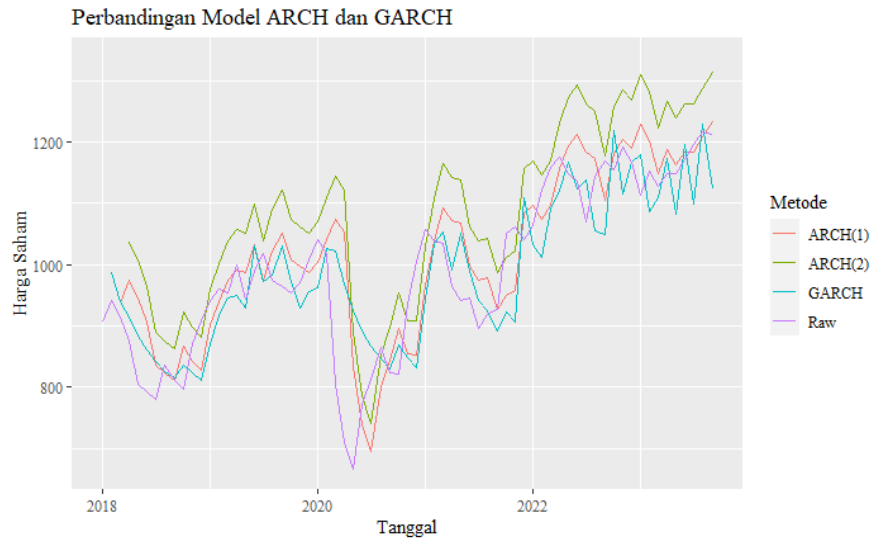
3.4. ARCH dan GARCH

Analisa data dengan metode ARCH-GARCH dianalisis dengan menggunakan *software* R. Lag yang digunakan adalah lag 1 (ARCH(1)) dan 2 (ARCH(2)). Nilai perhitungan kesalahan hasil peramalan yang dihasilkan ditunjukkan pada Tabel 5. Selanjutnya, hasil perbandingan nilai peramalan dengan data asli (*actual*) pada Gambar 6.

Tabel 5. Nilai MAPE Metode ARCH dan GARCH

MAPE (%)		
ARCH(1)	ARCH(2)	GARCH
10,9648	12,4171	9,8139

Grafik yang ditunjukkan pada Gambar 6 memiliki karakteristik yang berbeda dengan data *actual*. Jarak antara data prediksi dengan data *actual* memiliki perbedaan yang cukup berbeda. Hal ini didukung dengan perolehan nilai *error* prediksi yang lebih dari 5%.



Gambar 6. Visualisasi Metode ARCH dan GARCH

3.5. Perbandingan Hasil Analisis Metode

Hasil perbandingan *error* prediksi (MAPE) dari metode SES, ARRSES, Holt's Linier dan ARCH-GARCH dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Nilai MAPE

Metode	Parameter	MAPE (%)
SES	$\alpha = 0.2$	6,6284
	$\alpha = 0.4$	5,3406
	$\alpha = 0.6$	4,7574
	$\alpha = 0.995$	4,1083
ARRSES	$\beta = 0.2$	4,0004
	$\beta = 0.4$	4,0157
	$\beta = 0.6$	4,0147
	$\beta = 0.9$	4,3561
Holt's Linear	$\beta = 0.2$	4,2032
	$\beta = 0.4$	4,3304
	$\beta = 0.6$	4,4848
ARCH	lag 1	6,6284
	lag 2	5,3406
	GARCH	-

Dari hasil Tabel 6, dapat dilihat bahwa perbedaan nilai kesalahan metode *exponential smoothing* (SES, ARRSES, Holt's Linier) dengan model *Autoregressive conditionally heteroscedastic* (ARCH-GARCH) berbeda. Tingkat kesalahan ketiga metode *exponential smoothing* di bawah 5%, sementara Tingkat kesalahan prediksi ARCH lebih dari 5%. Dapat disimpulkan bahwa metode *exponential smoothing* (SES, ARRSES dan Holt's Linier) lebih cocok digunakan untuk data saham JKT BANK15. Metode *exponential smoothing* yang paling akurat pada data ini adalah metode ARRSES dengan tingkat

kesalahan 4%. Pada penelitian [4] sebelumnya, dengan menggunakan metode *adaptive-response-rate single exponential smoothing* mendapatkan nilai MAPE berkisar 0-0,66% namun, pada penelitian ini didapatkan MAPE 4%. Hal ini diduga pada penelitian sebelumnya data yang digunakan tidak berfluktuatif sehingga nilai MAPE yang dihasilkan cukup kecil akan tetapi, pada penelitian ini data yang digunakan dipengaruhi oleh volatilitas atau berubah-ubah dari waktu ke waktu.

4. Kesimpulan

Kesimpulan dari hasil analisis yang sudah dilakukan pada penelitian ini adalah penggunaan metode *Exponential Smoothing: SES, ARSSES* dan *Holt's Linear* dapat digunakan untuk peramalan dengan persentase kesalahan 4% - 6,6% sementara untuk metode ARCH diperoleh persentase kesalahan 9,81% - 12,4%. Dengan demikian, diperoleh kesimpulan bahwa metode *exponential smoothing: SES, ARSSES* dan *Holt's Linier* lebih baik dalam meramalkan harga saham dibandingkan dengan metode ARCH dan GARCH

Saran untuk peneliti selanjutnya adalah menganalisa ARCH dan GARCH untuk digunakan dalam data yang mempunyai karakter yang cocok dengan metode tersebut. Selain itu, peneliti selanjutnya dapat tetap menggunakan metode *exponential smoothing* jenis lainnya, yaitu seperti *Holt's Winter* maupun *Pegel's Classification* untuk digunakan dalam peramalan data runtun waktu yang mempunyai karakter musiman.

Daftar Pustaka

- [1] H. J. Sim, C. W. Chong, Z. Ruxian, Y. C. Leong, and L. W. Theng, "Forecasting the High-Frequency Exchange Rate Volatility With Smooth Transition Exponential Smoothing," *Asian Acad. Manag. J. Account. Financ.*, vol. 18, no. 2, pp. 241–269, 2022, doi: 10.21315/aamjaf2022.18.2.10.
- [2] G. Foster, *Financial Statement Analysis*. Pearson Education India, 1986.
- [3] R. Reider, "Volatility forecasting I: GARCH models," *New York*, pp. 1–16, 2009.
- [4] W. Wiyanti, "Effectiveness of Single and Double Exponential Smoothing: SES, ARSSES and Holt's Linear for Time Series Data Prediction with Trend and Non-seasonal Characteristic (Covid-19 Vaccinate Case)," *J. Mat. Stat. dan Komputasi*, vol. 20, no. 1, pp. 52–64, 2023, doi: 10.20956/j.v20i1.27193.
- [5] D. Rosadi, *Analisis runtun waktu: dan apolikasinya dengan R*. Gajah Mada University Press, 2014.
- [6] H. R. Makridakis S, Wheelwright SC, "1 / the Forecasting Perspective," *Forecast. methods Appl.*, pp. 1–632, 1997.
- [7] A. Widarjono, "Ekonomi Pembangunan Aplikasi Model Arch Kasus Tingkat Inflasi Di Indonesia," *Jep*, vol. 7, no. 1, pp. 71–82, 2002.
- [8] A. P. Desvina and N. Rahmah, "Penerapan Metode ARCH/GARCH Dalam Peramalan Indeks Harga Saham Sektoral," vol. 2, no. 1, 2016.
- [9] S. A. Shukor *et al.*, "Forecasting Stock Market Price of Gold, Silver, Crude Oil and Platinum by Using Double Exponential Smoothing, Holt's Linear Trend and Random Walk," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1874, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1874/1/012087.
- [10] C. Della Evania, W. Wiyanti, and C. Author, "Perbandingan Metode Holt's Linier

- dan GPT-4 untuk Peramalan Jumlah Kasus Kematian Diabetes Melitus di Indonesia," *J. Math.*, vol. 7, no. 1, pp. 1–9, 2024.
- [11] "IDX Banking Chart (JKBANK15)," Investing.com.
- [12] "Indeks - PT bursa efek Indonesia."
- [13] S. Bisgaard and M. Kulahci, *Time series analysis and forecasting by example*. John Wiley & Sons, 2011.
- [14] A. Dotis-Georgiou, "Autocorrelation in Time Series Data | Blog | InfluxData," InfluxData.
- [15] "11.1 ARCH/GARCH Models | STAT 510," Courses, PennState: Statistics Online.
- [16] R. H. Sumway and D. S. Stoffer, "Time series analysis and its applications with R examples," *Time Ser. Anal. its Appl. with R examples*, 2006.
- [17] A. Spencer, G. N. Boshnakov, and M. G. N. Boshnakov, "Package 'FinTS'."
- [18] C. Colonescu, "Using R for principles of Econometrics," p. 253, 2016.
- [19] A. Galanos and T. Kley, "Package 'rugarch'."