

Received: 03 November 2022

Revised: 27 December 2022

Accepted: 29 December 2022

Published: 31 December 2022

## Peramalan Harga Saham Dengan Model Hybrid Arima-Garch dan Metode Walk Forward

Arman Haqqi Anna Zili<sup>1, a)</sup>, Derick Hendri<sup>1, b)</sup>, Selly Anastassia Amellia Kharis<sup>2, c)</sup>

<sup>1</sup>*Departemen Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,  
Universitas Indonesia, Depok, 16424, Indonesia*

<sup>2</sup>*Departemen Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi,  
Universitas Terbuka, Tangerang Selatan, 15418, Indonesia*

E-mail: <sup>a)</sup>[armanhaz@sci.ut.ac.id](mailto:armanhaz@sci.ut.ac.id), <sup>b)</sup>[derickhen@yahoo.co.id](mailto:derickhen@yahoo.co.id), <sup>c)</sup>[selly@ecampus.ut.ac.id](mailto:selly@ecampus.ut.ac.id)

### Abstract

For an Investor, modelling and forecasting the stock prices are very important. Stock price fluctuate as time goes and these changes vary from one point of time to another. These changes can be really dangerous if ignored because the risk of loss it might create. Many models have been created with the purpose of minimizing the risk of loss. In this study, the ARIMA-GARCH model will be used to predict closing price in the stock prices which contain volatility. The reason for using the combination of the two models is due to ARIMA model unable to handle large volatility along with non-linear data. Thus, it is hoped the use of this combined model can solve this problem. The data that is used on this study is the closing price of 2 stocks that is part of the LQ45 index. In this research, the data will be used on the combined model to get the forecast price of the next day. Then, the rest of the forecast price will be found using a process called Walk Forward. After acquiring all the forecasted price, it is found that the combination of ARIMA (1,1,1)-GARCH (1,1) yield the best result in forecasting the stock prices. Then, by using MAE and RMSE to check the error of the results, it can be concluded that the ARIMA-GARCH model is a model that is able to predict stock prices well.

**Keywords:** Forecast, model, stock, Volatility, Walk Forward

### Abstrak

Pemodelan dan peramalan harga saham merupakan hal yang sangat penting bagi seorang investor. Harga saham selalu mengalami perubahan seiring berjalannya waktu. Perubahan ini tidak konstan dan sangat berdampak jika diabaikan karena hal tersebut dapat menimbulkan risiko kerugian. Banyak model yang sudah dibuat dengan tujuan untuk meminimalkan risiko kerugian tersebut. Pada penelitian ini, akan digunakan model ARIMA-GARCH untuk meramalkan volatilitas dalam harga saham. Alasan dari penggunaan gabungan kedua model tersebut adalah karena Model ARIMA saja tidak dapat menangani data dengan volatilitas besar dan non-linear. Maka, diharapkan bahwa penggunaan dari model gabungan ini dapat menangani masalah tersebut. Data harga saham yang digunakan pada penelitian ini adalah data harga

penutupan dalam dua saham yang termasuk dari indeks LQ45. Pada penelitian ini, data tersebut akan dimasukkan ke dalam model gabungan tersebut untuk mendapat peramalan di hari selanjutnya. Setelah itu, akan digunakan metode Walk Forward untuk mendapat semua hasil peramalannya. Dari hasil tersebut, didapat bahwa penggabungan dari ARIMA (1,1,1)-GARCH (1,1) memberikan prediksi harga saham yang terbaik untuk kedua saham yang dipilih. Lalu, menggunakan hasil MAE dan RMSE dari saham, dapat disimpulkan bahwa model ARIMA-GARCH merupakan model yang dapat memprediksi harga saham dengan baik.

**Kata-kata kunci:** Peramalan, Pemodelan, Saham, Volatilitas, *Walk Forward*

## PENDAHULUAN

Investasi menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) dapat diartikan sebagai sebuah kegiatan yang dilakukan oleh seseorang dengan menanamkan uang atau modal ke dalam suatu perusahaan atau proyek dengan tujuan memperoleh keuntungan. Seseorang yang melakukan kegiatan investasi biasa disebut sebagai Investor (Tandelilin, 2010). Ada banyak bentuk Investasi yang dapat dilakukan di dunia saat ini. Salah satu contoh investasi yang paling dikenal adalah investasi di pasar modal. Pasar modal berdasarkan KBBI merupakan seluruh kegiatan yang mempertemukan penawaran dan permintaan dana jangka panjang, pusat keuangan, bank dan firma yang meminjamkan uang secara besar-besaran, pasar atau bursa modal yang memperjualbelikan surat berharga yang berjangka lebih dari satu tahun. Salah satu aset keuangan yang paling populer di pasar modal adalah saham (Nurlita, 2015). Saham menurut KBBI dapat diartikan sebagai surat bukti kepemilikan bagian modal perseroan terbatas yang memberi hak atas dividen dan lain-lain menurut besar kecilnya modal yang disetorkan. Pasar modal pertama di dunia adalah Amsterdam Stock Exchange yang dibuat pada tahun 1602 (Basmar dkk, 2021). Walaupun pasar modal pertama di dunia baru dibentuk pada tahun tersebut, kegiatan investasi sebenarnya sudah berjalan jauh sebelum itu. Kegiatan investasi pertama di dunia sudah dilakukan dari ribuan tahun yang lalu, hanya saja dalam bentuk yang berbeda.

Kegiatan investasi menjanjikan keuntungan, namun tentu saja juga membawa suatu bentuk risiko. Pada pasar modal, seorang investor akan menghadapi risiko penurunan harga saham yang akan mengakibatkan kerugian modal. Ada banyak faktor yang menyebabkan perubahan pada harga saham di pasar modal seperti perubahan tingkat suku bunga, kebijakan pemerintah, dan lain-lain. Seorang investor biasanya mengambil keputusan dalam berinvestasi setelah mempertimbangkan hal-hal tersebut (Windasari, 2018). Salah satu hal yang sering dilakukan seorang investor sebelum mengambil keputusan adalah dengan menggunakan model untuk meramalkan harga saham di kemudian hari.

Seiring berjalannya waktu, perkembangan teknologi dan ilmu pengetahuan semakin maju. Begitupun dengan bidang pembelajaran data runtun waktu (*time series*) yang merupakan salah satu bagian dari pembelajaran mesin (*machine learning*). Terdapat banyak model yang telah diciptakan dan dapat digunakan untuk proses peramalan tersebut. Salah satu model yang sering digunakan adalah model ARIMA. Model ARIMA telah banyak dikembangkan menjadi model-model baru yang dipercaya memiliki kemampuan peramalan yang lebih baik. Salah satu pengembangan model baru yang dibuat dari model ARIMA adalah model ARIMA-GARCH. Model ARIMA-GARCH bekerja seperti model ARIMA tetapi model ini lebih baik dalam menghadapi volatilitas yang sering muncul pada harga saham. Maka dari itu, akan digunakan model ARIMA-GARCH yang kemudian akan dibandingkan dengan model lain untuk peramalan harga saham pada penelitian ini.

Model ARIMA pertama kali diperkenalkan oleh Box dan Jenkins (1970) sebagai sebuah metode untuk mengestimasi rangkaian data runtun waktu (Yunita, 2020). Setelah penemuan ini, model ARIMA kemudian banyak digunakan oleh peneliti dalam masalah rangkaian data runtun waktu. Salah satu peneliti yang menggunakan model ARIMA untuk meneliti harga saham adalah Jeffrey E Jarrett dan Eric Kyper (2011). Penelitian tersebut memprediksi harga indeks pasar saham di China dan mencapai konklusi bahwa hasil yang mereka dapat bisa berubah jika terdapat banyak titik balik (volatilitas) yang merupakan kelemahan utama model ARIMA (Jarret & Kyper, 2011). Banyak penelitian lain yang juga mengalami masalah serupa dalam menggunakan model ARIMA sehingga banyak peneliti mencoba menggunakan alternatif lain. Contoh dari alternatif tersebut adalah dengan

menggunakan metode lain seperti *Artificial Neural Network* (ANN) atau dengan model gabungan seperti model ARIMA-GARCH.

Model GARCH pertama kali ditemukan oleh Tim Bollerslev (1986) untuk pengelompokan volatilitas (Anisa & Himawan, 2007). Model GARCH merupakan peningkatan dari model ARCH dimana volatilitasnya bergantung pada nilai harian kemarin beserta nilai volatilitas sebelumnya. Dengan menggabungkan model ARIMA dan model GARCH, model baru yang disebut model *hybrid* ARIMA-GARCH akan menjadi gabungan dua buah model yang akan saling menutupi kekurangan masing-masing model tersebut. Salah satu peneliti yang telah menggunakan model gabungan ARIMA-GARCH adalah Babu dan Reddy pada penelitian tentang prediksi saham di India. Babu dan Reddy menggunakan model ARIMA-GARCH karena data runtun waktu pada penelitian tersebut memiliki volatilitas yang tinggi sehingga model ARIMA-GARCH merupakan model yang tepat untuk masalah tersebut (Babu & Reddy, 2015). Hasil dari penelitiannya juga dibandingkan dengan metode ARIMA dan eror dari hasil peramalannya dievaluasi dengan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*), MAE (*Mean Absolute Error*) dan RMSE (*Root Mean Square Error*). Hasilnya menunjukkan bahwa eror yang didapat dari model ARIMA-GARCH lebih kecil jika dibandingkan dengan model ARIMA saja. Dari hasil penelitiannya dapat ditarik kesimpulan bahwa penggunaan model gabungan seperti ARIMA-GARCH lebih baik daripada model ARIMA pada situasi tersebut.

Metode *Walk Forward* merupakan salah satu metode yang digunakan di bidang keuangan untuk menentukan parameter optimal dalam strategi untuk *trading* (Zbikowski, 2015). Metode ini bekerja dengan memperbarui model setiap kali terdapat data baru yang dihasilkan. Jadi, data yang dihasilkan dari model ARIMA-GARCH tadi akan digunakan untuk memperbarui model untuk membuat hasil peramalan yang didapat model menjadi lebih akurat. Salah satu peneliti yang menggunakan metode ini adalah Sidra Mehtab dan Jaydip Sen. Mehtab dan Sen menggunakan metode ini untuk runtun waktu multivariat dan hasilnya mengindikasikan bahwa metode ini membuat hasilnya lebih baik daripada tidak menggunakan metode ini (Mehtab & Sen, 2020). Pada penelitian ini, digunakan model ARIMA-GARCH dan metode *Walk Forward* untuk meramalkan pergerakan dari harga saham. Hasil dari peramalan tersebut dibandingkan dengan data harga saham yang sebenarnya.

## METODOLOGI

### Bahan dan Data

Langkah pertama yang dilakukan dalam penelitian ini adalah mengumpulkan segala jenis pengetahuan-pengetahuan yang diperlukan seperti jurnal dan hasil penelitian yang berhubungan. Pengetahuan yang sudah diperoleh dari penelitian terdahulu dan jurnal tersebut digunakan untuk merumuskan masalah dan tujuan dari penelitian ini. Langkah selanjutnya adalah pengumpulan data-data yang diperlukan. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data harga penutupan harian dari dua saham yang dipilih dari saham-saham yang terdaftar pada indeks saham LQ45. Saham yang terdaftar pada indeks saham LQ45 merupakan saham-saham yang memiliki catatan keuangan perusahaan yang baik, pertumbuhan perusahaan yang stabil, tingkat likuiditas tinggi dan nilai kapitalisasi pasar besar (Setyawan & Syaftina, 2013). Hal tersebut membuat saham-saham yang terdaftar di indeks saham LQ45 dikategorikan sebagai saham-saham yang aman menurut BEI. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah dua saham dari 45 saham yang terdaftar pada indeks saham LQ45 dan catatannya ada di yahoo finance, yaitu data harga saham penutupan (*closing price*) dari perusahaan PT Bank Central Asia Tbk. (kode saham: BBCA) dan PT Pabrik Kertas Tjiwi Kimia Tbk. (kode saham: TKIM). Data yang diambil adalah data pada periode waktu harian dari tanggal 1 Januari 2015 hingga 1 Januari 2020.

Perangkat lunak yang digunakan untuk membuat program implementasi model ARIMA-GARCH dalam memprediksi harga saham adalah perangkat lunak RStudio. Proses pertama yang dilakukan adalah membersihkan dan mengolah data yang didapat. Setelah data dibersihkan dan diolah, selanjutnya dibuat model yang sesuai dengan data yang digunakan. Dari model tersebut, didapat hasil prediksi harga penutupan saham. Hasil yang didapat dicek erornya menggunakan metode *Mean Absolute Error* (MAE) dan *Root Mean Squared Error* (RMSE) dan dibandingkan dengan data asli.

Pada penelitian ini, dua buah saham yang dipilih dari indeks saham LQ45 dilakukan berdasarkan volatilitas saham. Volatilitas harga saham merupakan pergerakan naik atau turunnya suatu saham selama periode tertentu dan mencerminkan tingkat risiko yang dihadapi investor (Rosyida dkk, 2020). Apabila volatilitas pada saham tinggi, maka saham tersebut mengalami fluktuasi harga saham yang besar. Jika volatilitasnya rendah, maka artinya saham tersebut mengalami fluktuasi harga saham yang kecil (Nasution & Sulistyono, 2016). Umumnya volatilitas saham diukur dengan standar deviasi tingkat pengembalian saham tersebut. Menurut Jeffrey Bloem (2015), dalam mencari tingkat pengembalian saham untuk menghitung volatilitas saham, digunakan tingkat pengembalian logaritmik (Sudarto, Wati, & Kurniasih, 2021). Alasan hal tersebut dilakukan adalah untuk mengurangi nilainya yang besar menjadi kecil. Persamaan tingkat pengembalian logaritmik harian ditunjukkan pada (1).

$$R = \ln \frac{H_t}{H_{t-1}} \tag{1}$$

Dengan  $R$  adalah tingkat pengembalian logaritmik harian,  $H_t$  adalah harga penutupan pada suatu hari yang dinotasikan sebagai  $t$ ,  $H_{t-1}$  adalah harga penutupan pada hari sebelumnya dan dinotasikan sebagai  $t-1$ . Setelah nilai  $R$  ditemukan, maka dapat dicari nilai volatilitas saham hariannya dengan persamaan milik Jeffrey Bloem (2015) yang ditunjukkan pada (2).

$$\text{Volalitas saham harian} = \sqrt{\frac{\sum(R - \bar{R})^2}{n}} \tag{2}$$

dengan  $\bar{R}$  adalah rata-rata tingkat pengembalian logaritmik harian. Menurut Jeffrey Bloem (2015), untuk mendapat nilai volatilitas saham tahunan, persamaannya ditunjukkan pada (3).

$$\text{Volalitas saham tahunan} = \sqrt{n} \times \sqrt{\frac{\sum(R - \bar{R})^2}{n}} \tag{3}$$

dengan  $n$  adalah jumlah hari dalam 1 tahun yang terjadi perdagangan saham.

Dari persamaan tingkat pengembalian logaritmik harian di atas beserta data harga penutupan harian saham-saham LQ45 periode 01-01-2015 sampai dengan 01-01-2020, akan dicari volatilitas tahunan saham-saham terdaftar di indeks LQ45. Hasil perhitungannya ditampilkan pada Tabel 1.

**TABEL 1.** Daftar Volatilitas Tahunan Saham-Saham yang Terdaftar pada Indeks LQ 45

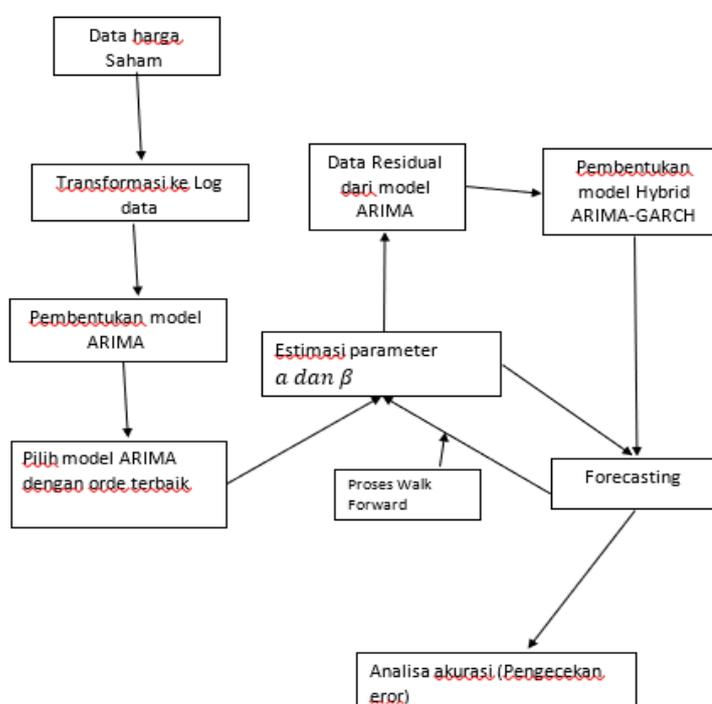
No	Kode	Volatilitas	No	Kode	Volatilitas
1	BBCA	0.198199661	24	ACES	0.377239783
2	TLKM	0.252269704	25	INTP	0.384709371
3	UNVR	0.253026892	26	PTPP	0.385242803
4	ICBP	0.262111011	27	PWON	0.388412265
5	BMRI	0.287725875	28	MDKA	0.402053542
6	BBRI	0.289263274	29	SCMA	0.408041193
7	INDF	0.297674104	30	CTRA	0.425762762
8	BBNI	0.29912442	31	PTBA	0.428919338
9	ASII	0.299673139	32	ANTM	0.430136569
10	KLBF	0.303794172	33	SMRA	0.433113757
11	JSMR	0.307566257	34	ITMG	0.433665875
12	HMSP	0.326081386	35	EXCL	0.446306831
13	GGRM	0.330904382	36	PGAS	0.451811019
14	BTPS	0.339984698	37	ADRO	0.455599712
15	MIKA	0.34615397	38	CPIN	0.46071166
16	AKRA	0.347838465	39	MNCN	0.465611398
17	BSDE	0.352590604	40	SRIL	0.472127613
18	BBTN	0.356324751	41	JPFA	0.481713458

No	Kode	Volatilitas	No	Kode	Volatilitas
19	TOWR	0.362433967	42	INCO	0.482050332
20	WIKA	0.36928335	43	INKP	0.507415647
21	TBIG	0.369595665	44	ERAA	0.541681637
22	SMGR	0.370042019	45	TKIM	0.557541191
23	UNTR	0.372588512			

Dari Tabel 1, dapat dilihat nilai-nilai volatilitas tahunan saham LQ45. Dapat dilihat bahwa saham yang memiliki tingkat volatilitas tahunan tertinggi adalah saham TKIM dan saham dengan volatilitas tahunan terendah adalah BBCA. Maka dari itu, data dari kedua saham tersebut merupakan data yang dipilih untuk penelitian ini karena dianggap sudah representatif untuk 43 data saham lainnya. Pada penelitian ini akan diimplementasikan model Hybrid ARIMA-GARCH untuk memprediksi harga saham pada indeks LQ45 dengan volatilitas terbesar dan terkecil.

### Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan ditunjukkan pada GAMBAR 1.



GAMBAR 1. Metode Penelitian

Data yang sudah terkumpul digunakan untuk metode *Walk Forward*. Data dibagi menjadi 80% sebagai data *train set* dan 20% sebagai data *test set*. Setelah itu, data *train set* digunakan untuk membentuk model. Model yang dibuat dari data tersebut meramalkan data untuk hari kedepannya. Untuk memprediksi harga penutupan saham pada hari selanjutnya, data pada hari itu yang didapat setelah prediksi pertama ( $Y_{t+1}'$ ) akan digunakan juga. Proses tersebut akan diulang sampai seluruh sisa data yang digunakan untuk membuat model mendapat hasil harga penutupannya dari model. Setelah itu, akan ditentukan orde terbaik yang akan digunakan dalam model ARIMA.

Untuk menentukan model ARIMA dengan orde terbaik, penelitian ini menggunakan *Autocorrelation Function (ACF)* dan *Partial Autocorrelation Function (PACF)* untuk melihat estimasi orde *Autoregressive* dan *Moving Average*. Selanjutnya adalah mencari nilai untuk ACF dan PACF agar dapat diplot menjadi grafik. Berikut langkah untuk mencari nilai ACF dan PACF: Untuk ACF (*Autocorrelation Function*),

1. Estimasi nilai rata-rata (*mean*) dari sampel dengan persamaan (4).

$$\bar{y} = \frac{\sum_{t=1}^T y_t}{T} \tag{4}$$

2. Hitung nilai korelasi sampel dengan persamaan (5).

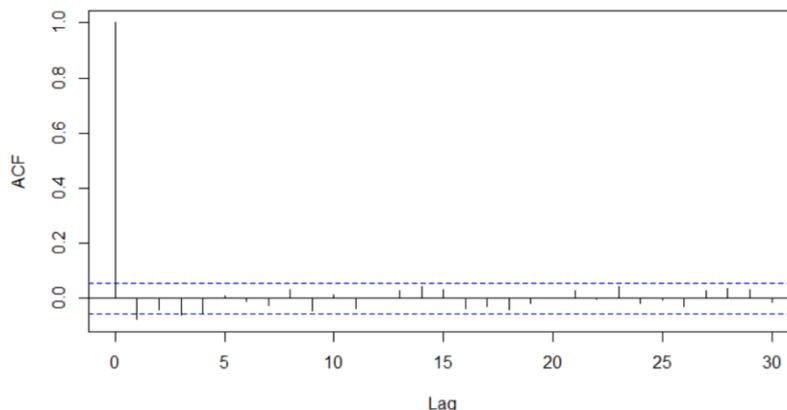
$$\hat{\rho}_i = \frac{\sum_{t=i+1}^T (y_t - \bar{y})(y_{t-i} - \bar{y})}{\sum_{t=1}^T (y_t - \bar{y})^2} \tag{5}$$

3. Cari nilai varians, nilai ini biasa didapat dari *white noise*.

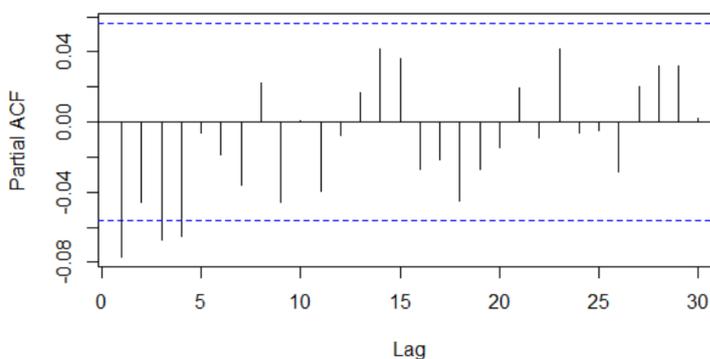
Metode PACF mencoba untuk menghilangkan efek dari korelasi orde lain. Dengan menggunakan regresi OLS (*Ordinary Least Squares*), persamaan PACF ditunjukkan (6).

$$y_{t,n} = \phi_{i,1} y_{t-1} + \phi_{i,2} y_{t-2} + \dots + \phi_{i,j} y_{t-j} + \epsilon_t \tag{6}$$

akan dicari nilai  $\phi_{i,n}$  untuk  $n = 1, 2, \dots, j$  dan  $n$  merupakan orde dari PACF. Setelah mengetahui formulasi untuk ACF dan PACF, diperkenalkan metode untuk mengidentifikasi orde menggunakan grafik-grafik tersebut. Grafik ACF memperlihatkan tren menurun setelah  $p$  lag dan grafik PACF langsung terpotong setelah  $p$  lag untuk model AR ( $p$ ). Grafik PACF akan memperlihatkan tren menurun setelah  $q$  lag dan grafik ACF akan langsung terpotong setelah  $q$  lag untuk model MA ( $q$ ). GAMBAR 2 menunjukkan plot ACF setelah *differencing* dan GAMBAR 3 menunjukkan plot PACF setelah *differencing*.



**GAMBAR 2.** Plot ACF setelah *differencing*



**GAMBAR 3.** Plot PACF setelah *differencing*

Setelah ACF dan PACF digunakan, tren dapat dilihat untuk menentukan model yang potensial digunakan. Sebagai contoh, dari hasil ACF di atas, dapat dilihat bahwa grafik terpotong setelah satu lag yang menandakan bahwa model MA (1) sesuai untuk model tersebut. Dari PACF, dapat dilihat hasil yang sama walaupun tidak sejelas untuk ACF. Hal ini menandakan bahwa model AR (1) sesuai untuk digunakan untuk data ini. Walaupun begitu, belum tentu orde yang dapat dilihat dari ACF dan PACF merupakan orde terbaik, terutama untuk hasil PACF-nya. Maka perlu dilakukan tes lanjutan atau ukuran lain untuk menentukan model ARIMA terbaik. Dari GAMBAR 2 dan 3, dapat terlihat orde terbaik untuk model AR dan MA, tetapi karena terdapat kemungkinan bahwa model ARIMA yang terbentuk dari kedua model tersebut dapat berubah, harus dipastikan diproses selanjutnya. Persamaan (7) menunjukkan model ARIMA (p,d,q).

$$Y_t^{(d)} = c + \beta_1 \cdot Y_{t-1} + \dots + \beta_p \cdot Y_{t-p} + a_1 \cdot e_t + a_2 \cdot e_{t-1} + \dots + a_q \cdot e_{t-q} \quad (7)$$

Orde p dapat dilihat dalam persamaan di atas dari jumlah ke belakang data yang digunakan, Orde q menunjukkan jumlah eror *white noise* yang ada dalam model dan Orde d menunjukkan jumlah *differencing* yang dilakukan dalam model. *Differencing* merupakan proses dimana data pada  $t + 1$  dikurangi dengan data  $t$ ,  $t + 2$  dikurangi dengan data  $t + 1$  dan seterusnya untuk seluruh data. Tujuan dari proses ini adalah untuk membuat data berubah dari yang awalnya non-stasioner menjadi stasioner. Proses ini disebut satu kali *differencing*. Setelah satu kali *differencing* dilakukan, jumlah total data akan berkurang 1. Tren ini terus berlanjut tergantung dengan jumlah *differencing* yang dilakukan. Jika dilakukan sebanyak d kali, maka jumlah data juga akan berkurang sebanyak d. Data setelah *differencing* sebanyak d kali merupakan data yang akan digunakan pada model ARIMA dengan orde (p,d,q). Pada penelitian ini, proses *differencing* sebanyak satu kali sudah cukup untuk membuat data menjadi stasioner sehingga kemudian dapat ditentukan hasil ACF dan PACF di atas. Karena *differencing* sebanyak satu kali sudah cukup maka orde d-nya adalah 1.

Untuk model ARIMA, setelah jumlah orde *differencing* sudah didapat, selanjutnya menemukan orde p dan q. Persamaan (8) merupakan bentuk dasar model ARIMA (1,1,1).

$$Y_t' = c + \beta_1 \cdot Y_{t-1} + e_t + a_1 \cdot e_{t-1} \quad (8)$$

dengan nilai  $\beta$  merupakan parameter dari model AR dan merupakan angka [-1,1], nilai  $a$  merupakan parameter dari model MA dan merupakan angka [-1,1], dan nilai  $c$  merupakan konstanta. Setelah mendapatkan estimasi kisaran orde terbaik untuk ARIMA, tahap selanjutnya adalah untuk mendapat orde terbaik secara pasti. Proses pemilihan model terbaik tersebut dapat ditentukan dengan nilai *Aikake Information Criterion* (AIC) model dengan orde tersebut. Persamaan (9) merupakan model untuk mengetahui nilai AIC.

$$AIC = 2k - 2 \cdot \ln(\hat{L}) \quad (9)$$

dengan  $k$  adalah jumlah parameter yang diestimasi dalam model dan  $\hat{L}$  adalah nilai maksimum dari fungsi likelihood dari model.

Data selanjutnya dimasukkan ke dalam model ARIMA dengan orde p, d, q dan derajat kebebasan yang berbeda. Setelah data dimasukkan ke dalam model tersebut, dicek nilai AIC dari model dengan orde tersebut. Seharusnya, nilai p, d dan q dapat berkisar dari 0 sampai angka yang sangat tinggi. Berdasarkan hasil tersebut, dapat dilihat bahwa orde q adalah 1 dan orde p kemungkinan besar 1. Untuk memastikan hal tersebut, dijalankan orde p dari 0-2, q dari 0-2 dan d dari 0-2. Setelah seluruh model dengan berbagai orde berbeda sudah dimasukkan, model ARIMA dengan orde terbaik merupakan model yang ordenya menghasilkan nilai AIC terkecil. Model ARIMA dengan orde terbaik untuk data harga saham tersebut merupakan model ARIMA (1,1,1). Langkah selanjutnya adalah estimasi parameter-parameter dari model ARIMA. Metode yang digunakan untuk tahap ini adalah metode Estimasi *Likelihood* Maksimal (*Maximum Likelihood Estimation*). Setelah semua parameter diperoleh, maka model ARIMA telah selesai dibentuk.

Dari data harga penutupan saham BBKA dan TKIM, dapat terlihat bahwa nilai harganya memiliki sifat autokorelasi. Artinya, harga pada hari selanjutnya bersifat dependen terhadap harga pada hari ini dan hari kemarin-kemarinnya. Untuk memastikan, dari hasil model ARIMA dengan orde terbaik (AIC terendah), dicek apakah terdapat korelasi data dari untuk satu titik waktu ke waktu lainnya. Data yang dipakai diperiksa menggunakan *autocorrelation function* (ACF) untuk mengetahui apakah terdapat autokorelasi pada setiap lag. Metode lainnya yang dapat digunakan adalah Ljung Box Q-test yang merupakan metode yang lebih kuantitatif untuk mengecek autokorelasi pada banyak titik waktu. Menggunakan data dari harga penutupan saham BBKA, terlihat bahwa  $H_0$  akan ditolak yang mengartikan terdapat korelasi antara data di banyak titik waktu. Hal tersebut menunjukkan bahwa harus ada penggunaan metode lanjutan karena model ARIMA kurang baik dalam peramalan data dengan volatilitas seperti ini. Maka dari itu, ditambahkan model GARCH untuk mendapatkan peramalan yang lebih akurat. Model GARCH merupakan model yang baik untuk menghadapi data dengan tingkat volatilitas. Model yang digunakan pada penelitian ini adalah model gabungan antara model ARIMA dan GARCH. Error dari hasil peramalan di model ARIMA yang sebelumnya telah selesai dibentuk digunakan untuk pembentukan model GARCH. Setelah model *hybrid* ARIMA-GARCH diperoleh, baru kemudian proses peramalan dan penghitungan error peramalannya dapat dilakukan.

Pada penelitian ini, model GARCH yang digunakan adalah model GARCH (1,1) karena model tersebut simpel dan diyakini banyak peneliti merupakan model yang baik dibanding model GARCH lain untuk masalah volatilitas dalam stokastik. Untuk model tersebut, dilakukan estimasi parameter juga dengan metode *Maximum likelihood estimation* (MLE) sama seperti model ARIMA. Data residual yang didapat dari peramalan harga penutupan menggunakan model ARIMA dengan orde terbaik dimasukkan ke model GARCH. Model GARCH yang dipakai pada penelitian ini adalah model GARCH (1,1) karena model tersebut sangat baik untuk menghadapi data yang memiliki volatilitas dan juga simpel berdasarkan banyak peneliti. Berdasarkan namanya, model ini terbentuk dari model *Autoregressive* (AR) dengan memperhitungkan heteroskedastisitas. Model ini memiliki 2 bagian persamaan, yaitu persamaan AR(q) dan juga bagian persamaan yang memperhitungkan autokorelasinya. Dari sini, hasil peramalan yang didapat lebih akurat karena peramalan ini memperhitungkan volatilitas.

Setelah menggunakan model ARIMA dengan orde terbaik dan model GARCH (1,1) untuk meramalkan data harga penutupan saham dari 600 data awal, hasilnya akan dibandingkan dengan harga penutupan saham sebenarnya yaitu 603 data di akhir. Error dihitung dari perbandingan kedua hal tersebut. Metode pengecekan error yang digunakan adalah *Root Mean Squared Error* (RMSE) dan MAE (*Mean Average Error*). Jika erornya kecil, artinya peramalan yang dihasilkan oleh model merupakan peramalan yang akurat. Sebaliknya, jika erornya besar, maka peramalan yang dihasilkan model kurang akurat. Berikut merupakan persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai error untuk penelitian ini pada persamaan (10) dan (11)

$$\text{RMSE} = \frac{\sum \sqrt{(\hat{Z}_t - Z_t)^2}}{n} \quad (9)$$

$$\text{MAE} = \frac{\sum_{t=1}^n |\hat{Z}_t - Z_t|}{n} \quad (10)$$

Dimana  $\hat{Z}_t$  adalah harga penutupan berdasarkan model ARIMA-GARCH dan  $Z_t$  adalah harga penutupan sebenarnya

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengolahan Data

Setelah data sudah dikumpulkan, data dibagi menjadi dua untuk metode *walk forward*. 80% data diawal digunakan untuk membuat model dan memprediksi sedangkan 20% sisa datanya dipakai untuk

mengetes eror. Setelah data dibagi menjadi 2, dilakukan pemilihan model ARIMA-GARCH yang terbaik untuk dimplementasi.

### Pemilihan Model Arima-Garch

Penelitian ini memilih model ARIMA-GARCH dengan orde yang memiliki akurasi terbaik. Ada 2 set orde yang akan dipilih, yaitu orde untuk model ARIMA terbaik dan orde untuk model GARCH. Pemilihan model dengan orde terbaik dalam penelitian ini dipisah metode pencariannya. Untuk model ARIMA, model dengan orde terbaik dipilih menggunakan perangkat lunak R dengan cara memasukkan data harga penutupan saham dan mencari orde yang dapat menghasilkan nilai AIC terkecil. Untuk model GARCH, model optimal dipilih langsung, yaitu model GARCH (1,1). Walaupun model tersebut sangat sederhana, tapi dapat membuat prediksi yang akurat.

Pada penelitian ini, pemilihan orde terbaik dilakukan menggunakan perangkat lunak RStudio. Untuk model ARIMA, awalnya dapat digunakan fungsi ACF dan PACF untuk mencari autokorelasi dari fungsinya. Dari RStudio, dapat dilihat bahwa grafik terpotong setelah lag pertama. Maka dari itu, dapat diestimasikan perkiraan untuk orde terbaik model ARIMA sekitar 0-2. Estimasi bisa dicekikan tetapi akan menjadi semakin tidak aman. Setelah itu, diuji nilai AIC untuk mencari orde terbaik untuk model ARIMA dan digabungkan dengan model GARCH (1,1) dengan cara memasukkan nilai residual yang didapat dari model ARIMA dengan orde terbaik tersebut.

Karena metode Walk Forward digunakan dalam penelitian ini, setelah mendapat hasil di hari selanjutnya, hasil tersebut akan dipakai model untuk digunakan untuk prediksi hari selanjutnya lagi. Metode ini digunakan agar prediksi yang didapat untuk jadi akurat. Selanjutnya, eror perbandingan tersebut dihitung menggunakan RMSE dan MAE. Hasil akhir ditampilkan dalam bentuk grafik untuk mendapatkan visualisasi yang lebih baik.

### Implementasi Model ARIMA-GARCH dalam Memprediksi Harga Saham

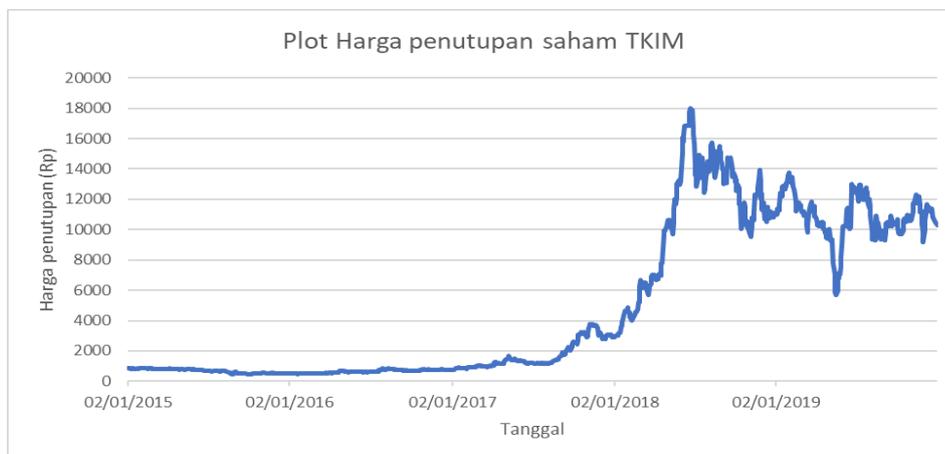
GAMBAR 4 dan 5 menunjukkan plot harga penutupan saham PT Bank Central Asia Tbk (kode saham: BBCA) dan PT Pabrik Kertas Tjiwi Tbk (kode saham: TKIM) secara berturut-turut.



**GAMBAR 4.** Plot harga penutupan saham PT Bank Central Asia Tbk (kode saham: BBCA)

Dari GAMBAR 4 dan 5, dapat dilihat bahwa pergerakan harga penutupan saham dari saham BBCA dan saham TKIM memiliki pola yang cukup berbeda. Harga penutupan saham BBCA bergerak naik dalam jangka panjang dalam periode 5 tahun tersebut. Terdapat beberapa kejadian penurunan pada beberapa titik waktu namun tidak terlalu signifikan. Pada akhirnya, terbentuk pola kenaikan secara stabil selama periode tersebut. Sebaliknya, harga penutupan saham TKIM dapat terlihat lebih tidak stabil dibandingkan saham BBCA. Dapat terlihat kenaikan tajam yang diikuti oleh banyak

penurunan setelahnya. Walaupun pada akhirnya, terjadi kenaikan dalam harga penutupan, pergerakannya sangat tidak dapat diprediksi. Pergerakan ini yang menyebabkan saham BBCA untuk memiliki volatilitas terendah dan TKIM untuk memiliki volatilitas terbesar jika dibandingkan dengan saham-saham lain yang terdaftar di indeks LQ45.



**GAMBAR 5.** Plot harga penutupan saham PT Pabrik Kertas Tjiwi Tbk (kode saham: TKIM).

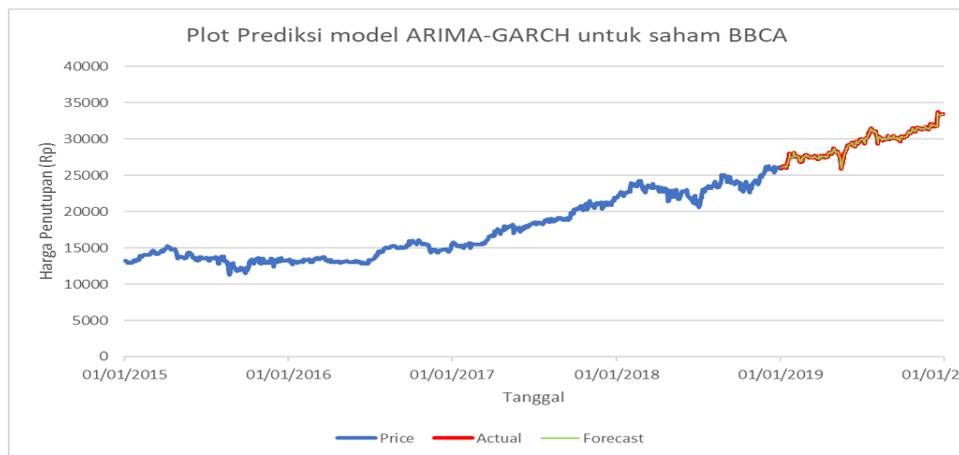
### Implementasi Model ARIMA-GARCH untuk Memprediksi Harga Saham PT Bank Central Asia Tbk (BBCA)

Model dengan orde terbaik pada data BBCA adalah ARIMA (1,1,1) dan GARCH (1,1). Karena model optimal sudah ditemukan, maka dilakukan tes akurasi untuk model ARIMA-GARCH dengan orde tersebut menggunakan sisa data yang tidak digunakan untuk membuat model. Tabel 2 menunjukkan perbandingan antara hasil prediksi yang didapat dari model dibandingkan dengan hasil aktual untuk beberapa hari di awal untuk gambaran yang lebih baik.

**TABEL 2.** Perbandingan antara Nilai Ramalan dan Asli untuk Saham BBCA

No	Forecast	Actual
1	26026.21681	26025
2	26273.78065	26275
3	26279.07605	26275
4	26030.86763	26000
5	26300.51935	26300
6	...	...

GAMBAR 6 merupakan plot gambar untuk hasil prediksi model ARIMA-GARCH untuk saham BBCA.



**GAMBAR 6.** Plot Prediksi Model ARIMA-GARCH untuk Saham BBKA.

Setelah mendapat hasil prediksi dari model, selanjutnya adalah mencari tahu akurasi dari prediksi tersebut dengan membandingkan erornya dengan data aktual. Perhitungan eror tersebut dilakukan dengan metode RMSE dan MAE. Sebelum dinormalisasi yang berarti datanya masih dalam bentuk log,  $RMSE = 0.0007962414$  dan  $MAE = 0.0004918293$ . Setelah dinormalisasi yang artinya data sudah dibuat mencari bentuk harga,  $RMSE = 23.90049$  dan  $MAE = 14.5504$ .

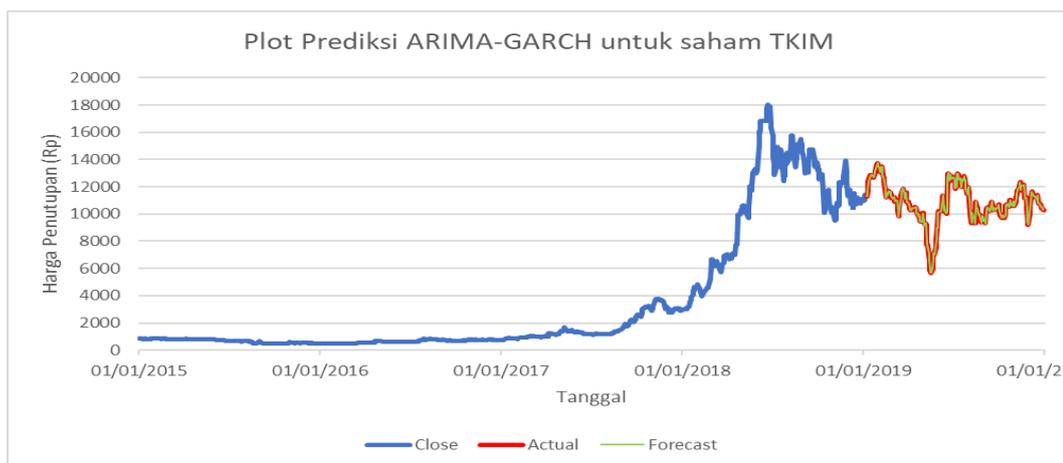
### Implementasi Model ARIMA-GARCH untuk Memprediksi Harga Saham PT Pabrik Kertas Tjiwi Kimia Tbk (TKIM)

Untuk mengimplementasi model ARIMA-GARCH dalam memprediksi harga saham TKIM, hal pertama yang harus dilakukan adalah mendapat data mengenai harga penutupan harian untuk saham TKIM. Model dengan orde terbaik untuk data TKIM adalah ARIMA (1,1,0) dan GARCH (1,1). Karena model optimal sudah ditemukan, maka dilakukan tes akurasi untuk model ARIMA-GARCH dengan orde tersebut menggunakan sisa data yang tidak digunakan untuk membuat model. Tabel 3 menunjukkan perbandingan antara hasil prediksi yang didapat dari model dibandingkan dengan hasil aktual untuk beberapa hari di awal.

**TABEL 3.** Perbandingan antara Nilai Ramalan dan Aktual untuk saham TKIM

No	Forecast	Actual
1	11312.91352	11300
2	11288.27301	11250
3	11699.96779	11700
4	12399.33975	26000
5	12849.68234	12850
6	...	...

GAMBAR 7 menunjukkan plot prediksi model ARIMA-GARCH untuk saham TKIM.



**GAMBAR 7.** Plot Prediksi Model ARIMA-GARCH untuk Saham TKIM.

Setelah mendapat hasil prediksi dari model, selanjutnya adalah mencari tahu akurasi dari prediksi tersebut dengan membandingkan erornya dengan data aktual. Perhitungan eror tersebut dilakukan dengan metode RMSE dan MAE. Sebelum didenormalisasi, RMSE = 0.001433689 dan MAE = 0.004453492. Setelah dinormalisasi, RMSE = 15.124 dan MAE = 4.774341.

**Analisis Hasil Prediksi Model ARIMA-GARCH**

Berdasarkan GAMBAR 6 dan 7, dapat dilihat bahwa garis prediksi (hijau) secara keseluruhan kurang lebih mendekati nilai aktual (merah). Walaupun tidak secara sempurna dapat menutupi, dapat dilihat bahwa jarak antara kedua garis tidak jauh. Maka dari itu, dapat dikatakan bahwa model ARIMA-GARCH dapat memprediksi nilai saham dengan cukup baik. Terlebih lagi, nilai RMSE dan MAE yang dihasilkan dari model juga cukup kecil. Hasil tes eror dari model ARIMA-GARCH untuk saham BBCA sebelum data didenormalisasi adalah RMSE = 0.0007962414 dan MAE = 0.0004918293. Hasil RMSE dan MAE ini termasuk baik karena mendekati 0. Semakin rendah nilai eror, maka semakin akurat hasil tersebut dibandingkan dengan yang aslinya. Hasil tes eror dari model ARIMA-GARCH untuk saham TKIM adalah RMSE = 0.001433689 dan MAE = 0.004453492. Hasil RMSE dan MAE ini juga termasuk baik karena mendekati nilai 0. Dari hasil ini, dapat dilihat bahwa model ARIMA-GARCH dapat menghadapi data dengan volatilitas tinggi dengan baik.

Setelah didenormalisasi, hasil tes eror untuk saham BBCA adalah RMSE = 23.90049 dan MAE = 14.5504. Artinya, rata-rata selisih dari harga saham aktual dan harga saham dari prediksi model adalah Rp 24 (RMSE) atau Rp 15 (MAE). Dengan mempertimbangkan harga BBCA yang mencapai puluhan ribu, selisih tersebut tidak terlalu signifikan sehingga dapat diinterpretasikan bahwa prediksi yang didapat sangat dekat dengan hasil asli. Kemudian, untuk model TKIM, hasil RMSE = 15.124 dan MAE = 4.774341. Artinya, rata-rata selisih harga saham aktual dan harga saham dari prediksi model adalah Rp 15 (RMSE) dan Rp 5 (MAE). Harga TKIM juga mencapai puluhan ribu tetapi secara keseluruhan di bawah BBCA. Dari hasil tersebut, dapat dilihat bahwa hasil prediksi yang didapat untuk saham TKIM lebih akurat dibanding saham BBCA. Tabel 4 membandingkan hasil eror RMSE dan MAE terhadap saham BBCA dan TKIM.

**TABEL 4.** Perbandingan Hasil Eror RMSE

Model	ARIMA	ARIMA-GARCH	GRU
BBCA (logdata)	0.0408156	0.0007962414	0.04495444
BBCA (data asli)	1210.2121	23.90049	455.06613219
TKIM (logdata)	1.057704	0.001433689	0.0641513933
TKIM (data asli)	24235.82	15.124	19.065226916

**TABEL 5.** Perbandingan hasil eror MAE

Model	ARIMA	ARIMA-GARCH	GRU
BBCA (logdata)	0.03570524	0.0004918293	0.18310843
BBCA (data asli)	1048.046	14.55004	567.08871910
TKIM (logdata)	0.9220236	0.004453492	0.2181686364
TKIM (data asli)	19367.57	4.774341	20.68825345

Berdasarkan Tabel 4 & 5, model ARIMA-GARCH menghasilkan eror yang lebih kecil dibandingkan dengan model ARIMA. Perbedaan tersebut terlihat sangat jelas pada data TKIM. Model ARIMA kurang tepat untuk data dengan volatilitas yang tinggi seperti saham TKIM. Walaupun hasil eror untuk ARIMA-GARCH pun makin tinggi dalam menghadapi data dengan volatilitas tinggi, namun kenaikannya tidak signifikan. Model di baris kanan adalah model *Gated Recurrent Unit* (GRU). Model ini merupakan salah satu bagian dari pembelajaran mesin yaitu *Artificial Neural Network* (ANN). ANN merupakan sebuah metode yang bekerja dengan menirukan cara kerja otak manusia dalam mengolah data untuk digunakan dalam mendeteksi objek, mengenali ucapan dan membuat keputusan. Secara keseluruhan, berdasarkan analisa di atas, dapat disimpulkan bahwa model ARIMA-GARCH merupakan model yang dapat memprediksi harga saham dengan baik, terutama jika diimplementasikan metode *Walk Forward*. Walaupun hasil prediksi saham dengan volatilitas tinggi memiliki error yang lebih tinggi dibanding dengan yang volatilitas rendah, secara keseluruhan, eror dari keduanya mendekati 0. Maka, model dapat dibilang dapat memprediksi data dengan volatilitas rendah maupun tinggi dengan sangat baik.

### KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam penelitian ini, dilakukan implementasi model ARIMA-GARCH untuk memprediksi harga penutupan saham BBCA dan TKIM. Periode data yang digunakan adalah dari 01-01-2015 hingga 01-01-2020. Implementasi model ARIMA-GARCH dilakukan untuk masing-masing data harga saham dan didapat model terbaik untuk data BBCA dan TKIM adalah ARIMA (1,1,1)-GARCH (1,1). Model tersebut digunakan untuk meramalkan 20% data yang tidak digunakan untuk membuat model menggunakan metode *Walk Forward* dan mendapat hasil RMSE = 0.0007962414 dan MAE = 0.0004918293 untuk saham BBCA dan RMSE = 0.001433689 dan MAE = 0.004453492 untuk saham TKIM. Dari hasil RMSE dan MAE yang didapat dari kedua saham, dapat disimpulkan bahwa model ARIMA-GARCH merupakan model yang dapat memprediksi harga saham dengan baik.

### REFERENSI

- Anisa, A., & Himawan, H 2007, 'Penggunaan GARCH dalam Pemodelan Data Nilai Tukar IDR terhadap USD', Jurnal Matematika, Statistika Dan Komputasi, vol. 3, no. 2, hh. 60-69.
- Basmar, E., Purba, B., Damanik, D., Banjarnahor, A. R., Sipayung, P. D., Hutabarat, M. L. P., ... & Wisnujati, N. S. Ekonomi Bisnis Indonesia. (Yayasan Kita Menulis, 2021), hh. 15-16
- Babu, C.N., & Reddy, B.E 2015, 'Prediction of selected Indian stock using a partitioning-interpolation based ARIMA-GARCH model', Applied Computing and Informatics, vol. 11 no. 2, hh. 130-143.
- Kamus Besar Bahasa Indonesia Online 2022, "investasi" diakses 3 Juli 2022
- Kamus Besar Bahasa Indonesia Online 2022, "pasar modal" diakses 3 Juli 2022
- Kamus Besar Bahasa Indonesia Online 2022, "saham" diakses 3 Juli 2022
- Iman, N 2008. "Psp: Memulai Investasi Reksa Dana". Elex Media Komputindo.
- Jarrett, J. E., & Kyper, E 2011. ARIMA modeling with intervention to forecast and analyze Chinese stock prices. International Journal of Engineering Business Management, vol. 3 no.3, hh. 53-58.
- Kamus Besar Bahasa Indonesia Online 2022, "investasi" diakses 3 Juli 2022.
- Mehtab, S., & Sen, J 2020, 'Stock price prediction using convolutional neural networks on a multivariate timeseries', , Proceedings of the 3rd National Conference on Machine Learning and Artificial Intelligence (NCMLAI'20), February 1, New Delhi, India.

- Nasution, L. Z., & Sulistyono, S 2016. Pengaruh Volume Perdagangan Saham, Frekuensi Perdagangan Saham, Volatilitas Harga Saham, dan Kapitalsiasi Pasar terhadap Return Saham Perusahaan Makanan dan Minuman yang Terdaftar di Bursa Efek Indonesia. *Jurnal Riset Mahasiswa Akuntansi*, vol. 4 no.2.
- Nurlita, A 2015. Investasi di pasar modal syariah dalam kajian Islam. *Kutubkhanah*, vol. 17 no.1, hh. 1-20.
- Rosyida, H., Firmansyah, A., & Wicaksono, S. B 2020. 'Volatilitas harga saham: leverage, ukuran perusahaan, pertumbuhan aset'. *JAS (Jurnal Akuntansi Syariah)*, vol. 4 no. 2, hh. 196-208.
- Setyawan, I. R., & Syaftina, R 2013. Penilaian Kinerja Keuangan Pada Emiten Lq-45 Periode 2007–2011 Di Bursa Efek Indonesia. *Universitas Tarumanagara Journal of Accounting*, vol. 17 no. 1, hh. 84-100.
- Sudarto, Wati, H. H., & Kurniasih, R 2021. Memodel Volatilitas Return Saham Dengan Model E-Garch Dan T-Garch. *Jurnal Ekonomi, Bisnis Dan Akuntansi (JEBA)*, vol. 23 no. 2, hh. 77-92.
- Tandelilin, E. Dasar-dasar manajemen investasi (Kanisius Media, Yogyakarta, 2010). hh. 1.3
- Windasari, W 2018. Analisis Teknikal Harga Saham Waskita Karya Tahun 2017 dengan Metode ARIMA. *Jurnal Ilmiah Akuntansi dan Keuangan*, vol. 7 no. 1, hh. 80-84.
- Yunita, T 2020. 'Peramalan Jumlah Penggunaan Kuota Internet Menggunakan Metode Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)', *Journal of Mathematics Theory and Application*, vol. 2, no.1, hh. 16-22.
- Żbikowski, K 2015. 'Using volume weighted support vector machines with walk forward testing and feature selection for the purpose of creating stock trading strategy'. *Expert Systems with Applications*, vol. 42 no. 4, hh. 1797-1805.