

PEMODELAN VOLATILITAS SAHAM MENGGUNAKAN MODEL ASYMMETRIC POWER AUTOREGRESSIVE CONDITIONAL HETEROSCEDASTICITY

Merista Dominika Br Pandia, Naomi Nesyana Debataraaja, Shantika Martha

INTISARI

Model Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (GARCH) merupakan generalisasi dari model Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (ARCH). Model GARCH digunakan untuk memodelkan volatilitas pada return saham yang memiliki heteroskedastisitas. Namun model GARCH mengabaikan efek asimetris pada volatilitas sehingga ditemukan model Asymmetric Power Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (APARCH). Model APARCH digunakan untuk memodelkan volatilitas yang memiliki efek asimetris. Efek asimetris dapat dilihat dari cross correlogram dengan melakukan korelasi silang residual kuadrat model Box-Jenkins dan residual model GARCH. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan model APARCH return saham Bank Central Asia (BCA) pada 4 Juni 2015 sampai dengan 28 Maret 2018. Hasil penelitian menunjukkan model terbaik Box-Jenkins adalah model AR(3). Residual kuadrat model AR(3) digunakan untuk melakukan uji heteroskedastisitas sedangkan residual model GARCH(1,1) digunakan untuk uji efek asimetris. Model APARCH terbaik yang diperoleh adalah APARCH (1,1).

Kata Kunci: Asimetris, GARCH, APARCH

PENDAHULUAN

Pergerakan harga saham suatu perusahaan selalu menjadi perhatian bagi investor [1]. Data saham berupa data deret waktu seperti harian, mingguan, bulanan dan tahunan. Metode deret waktu dibagi menjadi dua yaitu deret waktu homoskedastis dan heteroskedastis berdasarkan sifat variansi residualnya. Homoskedastisitas merupakan variansi residual yang konstan sedangkan heteroskedastisitas sebaliknya. Homoskedastisitas yang ada pada data deret waktu dapat dimodelkan dengan model *Box Jenkins* yaitu model *Autoregressive (AR)*, *Moving Average (MA)*, *Autoregressive Moving Average (ARMA)*, dan *Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)* [2].

Data deret waktu yang memiliki heteroskedastisitas seperti data saham dapat dimodelkan menggunakan model *Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (ARCH)* [3]. Model ARCH dikembangkan menjadi model *Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (GARCH)* untuk memodelkan data deret waktu yang memiliki pengaruh simetris pada volatilitasnya. Namun, *return* saham memiliki pengaruh yang asimetris pada volatilitasnya. Oleh karena itu, suatu model yang digunakan untuk memperbaiki kelemahan dari model ARCH dan GARCH yaitu *Asymmetric Power Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (APARCH)*. Model APARCH merupakan model yang dapat menangkap pengaruh asimetris pada volatilitas [4].

Tujuan penelitian ini adalah menentukan model volatilitas saham menggunakan model APARCH. Data yang digunakan adalah data saham BCA harian dari tanggal 4 Juni 2015 sampai dengan 28 Maret 2018. Data yang diolah merupakan *return* saham. *Return* saham diuji stasioneritas dan dimodelkan dalam model *Box Jenkins*. Kemudian residual model *Box Jenkins* yang terbaik diuji untuk melihat adanya heteroskedastisitas dengan menggunakan uji *Lagrange Multiplier (ARCH-LM)*. Apabila terdapat heteroskedastisitas maka *return* saham dimodelkan ke dalam model GARCH dan diuji pengaruh asimetris. Selanjutnya uji asimetris dilakukan pada residual kuadrat model *Box Jenkins* yang terbaik dengan salah satu dari residual model GARCH menggunakan korelasi silang. Jika terdapat

pengaruh asimetris maka menggunakan model APARCH, jika tidak terdapat maka menggunakan model GARCH.

RETURN DAN VOLATILITAS SAHAM

Return harga saham adalah tingkat pengembalian yang diberikan oleh saham-saham dalam pasar. *Return* saham sapat dibagi menjadi dua yaitu *return* ekspektasi dan *return* realisasi. *Return* ekspektasi merupakan *return* yang diharapkan oleh investor di masa yang akan datang. *Return* realisasi merupakan *return* yang telah terjadi. *Return* harga saham dapat dirumuskan sebagai berikut [5]:

$$r_t = \ln \left(\frac{S_t}{S_{t-1}} \right) \quad (1)$$

dengan $r_t =$ *return* saham

$S_t =$ harga saham pada periode t

$S_{t-1} =$ harga saham pada periode t-1

Volatilitas merupakan pengukuran statistik untuk fluktuasi harga saham selama periode tertentu [6]. Secara umum volatilitas di pasar keuangan mencerminkan tingkat risiko yang dihadapi investor karena menggambarkan fluktuasi pergerakan harga saham dan ketidakpastian yang dimiliki investor. Hal ini menyebabkan minat investor untuk berinvestasi menjadi tidak stabil. Pada saat penurunan yang besar pada harga saham maka terjadi peningkatan yang signifikan pada volatilitas.

UJI LAGRANGE MULTIPLIER (ARCH-LM)

Data runtun waktu yang mengandung masalah heteroskedastisitas dapat dideteksi dengan uji ARCH-LM [7]. Hipotesis dalam pengujian ARCH-LM adalah sebagai berikut:

H0: Galat model tidak heteroskedastik

H1: Galat model heteroskedastik

Statistik uji:
$$F = \frac{(SSR_0 - SSR_1)/p}{SSR_1/(n-2p-1)}$$

dengan: $p =$ orde pada model ARCH

$n =$ jumlah observasi

$SSR_0 = \sum_{p+1}^n (\varepsilon_t^2 - \bar{\omega})$; $\varepsilon_t =$ proses *white noise* dan $\bar{\omega} =$ rata-rata dari ε_t^2

$SSR_1 = \sum_{p+1}^n \hat{\varepsilon}_t^2$; $\hat{\varepsilon}_t^2 =$ residual kuadrat terkecil

Kriteria pengujian adalah H0 ditolak jika probabilitas dari $F < \alpha$ [8].

AKAIKE INFORMATION CRITERION (AIC)

Sejumlah pendekatan lain untuk spesifikasi model telah diusulkan sejak model *Box-Jenkins* ditemukan. Salah satu yang paling banyak dipelajari adalah *Akaike Information Criterion* (AIC) yang dapat dirumuskan sebagai berikut [9]:

$$AIC = -2 \left(\frac{l}{n} \right) + 2 \left(\frac{k}{n} \right) \quad (3)$$

dimana: $l = -\frac{nq}{2} (1 + \log 2\pi) - \frac{n}{2} \log |\hat{\Omega}|$ dengan $|\hat{\Omega}| = \det \left(\frac{\sum \hat{\varepsilon} \hat{\varepsilon}'}{n} \right)$

$k =$ jumlah parameter yang diestimasi

$n =$ banyak observasi

MODEL GENERALIZED AUTOREGRESSIVE CONDITIONAL HETEROSCEDASTICITY (GARCH)

Model GARCH dikemukakan oleh Bollerslev pada tahun 1986. Model tersebut merupakan generalisasi dari model ARCH. Model GARCH adalah model runtun waktu yang digunakan untuk menggambarkan sifat dinamik fungsi volatilitas dari data. Bentuk umum model GARCH(p,q) adalah

$$\hat{\sigma}_t^2 = \omega + \sum_{i=1}^p \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j \hat{\sigma}_{t-j}^2 \tag{4}$$

dengan: ω = konstanta

β_j = parameter GARCH

α_i = parameter ARCH

ε_t = proses *white noise*

p = orde ARCH

q = orde GARCH

Jika $q=0$, maka model yang dimiliki adalah model ARCH [10]. Koefisien model GARCH(p,q) memiliki sifat:

1. $\omega > 0$
2. $\alpha_i \geq 0$ untuk $i = 1, 2, \dots, p$
3. $\beta_j \geq 0$ untuk $j = 1, 2, \dots, q$
4. $\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q (\alpha_i + \beta_j) < 1$

UJI PENGARUH ASIMETRIS

Data runtun waktu dimodelkan terlebih dahulu ke model GARCH untuk mengetahui apakah data tersebut memiliki pengaruh simetris atau asimetris pada volatilitasnya. Efek asimetris artinya terdapat perbedaan pengaruh antara *bad news* ataupun *good news* terhadap volatilitas saham. Perbedaan yang dimaksud adalah *bad news* memiliki pengaruh yang lebih kuat terhadap peningkatan volatilitas dibandingkan *good news* [1]. *Bad news* merupakan keadaan keadaan yang menyebabkan penurunan yang besar pada harga saham sehingga mengakibatkan peningkatan volatilitas misalnya kondisi tingkat suku bunga yang naik. *Good news* kebalikan dari *bad news* misalnya ketika nilai tukar rupiah naik [11].

Uji pengaruh asimetris dilakukan dengan melihat korelasi antara ε_t^2 (standar residual kuadrat model *Box Jenkins*) dan ε_{t-p} (standar residual model GARCH) pada *cross correlogram*. Jika terdapat lag yang melebihi garis maka nilai *cross correlation* berbeda signifikan dengan nol yang berarti kondisi *bad news* dan *good news* memberi pengaruh asimetris terhadap volatilitas [4].

MODEL ASYMMETRIC POWER AUTOREGRESSIVE CONDITIONAL HETEROSKEDASTICITY (APARCH)

Model ARCH dan GARCH memiliki kelemahan dalam menangkap kejadian ketidaksimetrisan *good news* dan *bad news* dalam volatilitas. Oleh karena itu, model yang digunakan untuk memperbaiki kelemahan dari model GARCH yaitu model *Asymmetric Power Autoregressive Conditional Heterokedasticity* (APARCH) [12]. Model APARCH merupakan pengembangan dari model GARCH dengan menggunakan suatu parameter berpangkat δ . Model APARCH mampu menangkap kejadian ketidakasimetrisan *good news* dan *bad news* dalam volatilitas. Bentuk umum model APARCH adalah sebagai berikut :

$$\hat{\sigma}_t^\delta = \omega + \sum_{i=1}^p \alpha_i (|\varepsilon_{t-i}| - \gamma_i \varepsilon_{t-i})^\delta + \sum_{j=1}^q \beta_j \hat{\sigma}_{t-j}^\delta ; \delta \geq 0 \tag{5}$$

dimana:

- ω = konstanta
- β_j = parameter GARCH, untuk $j= 1,2, \dots,q$ dan ≥ 0
- a_i = parameter ARCH, untuk $i = 1,2, \dots p$ dan ≥ 0
- ε_t = proses *white noise*
- q = orde GARCH
- p = orde ARCH
- γ_i = konstanta asimetris
- δ = parameter APARCH

δ merupakan parameter yang harus bernilai bebas, jika tidak maka akan memiliki beberapa kasus khusus yang akan membentuk model GARCH baik model asimetris maupun simetris [13] yaitu:

1. ARCH ketika $\delta = 2, \beta_j = 0$, dan $\gamma_i = 0, i= 1,2, \dots ,p$ dan $j= 1,2,\dots,q$.
2. GARCH ketika $\delta=2$ dan $\gamma_i = 0, i= 1,2, \dots ,p$
3. Taylor/Scwert GARCH ketika $\delta= 1$ dan $\gamma_i=0, i= 1,2, \dots ,p$

STUDI KASUS

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan *return* dari saham saham Bank Central Asia harian dari 4 Juni 2015 sampai dengan 28 Maret 2018 sebanyak 738 observasi [14]. Statistik deskriptif dari data *return* disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Statistik Deskriptif *Return* Saham BCA

Statistik	Nilai
Mean	0,000652
Maksimum	0,068319
Minimum	-0,06074
Observasi	738

Nilai maksimum *return* sebesar 0,068319 artinya nilai *close* saham pada hari t lebih besar pada hari t-1. Nilai minimum *return* sebesar -0,060743 artinya nilai *close* saham pada hari t lebih kecil dibandingkan pada hari t-1. Uji stasioner dilakukan dengan *Augmented Dickey-Fuller Unit Root Test*. Gambar 1 menyajikan hasil uji stasioner untuk *return* saham BCA.

Augmented Dickey-Fuller Unit Root Test on UJIUNITROOT		
	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-25.49315	0.0000
Test critical values:		
1% level	-3.442098	
5% level	-2.866614	
10% level	-2.569533	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Gambar 1 Uji Stasioneritas *Augmented Dickey Fuller*

Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa nilai probabilitas lebih kecil dari α (0,05). Hal ini berarti bahwa *return* saham bersifat stasioner. Dari hasil ACF dan PACF dapat ditentukan model rata-rata dari data *return* saham. Gambar 2 menyajikan ACF dan PACF dari *return* saham.

Correlogram of RBCA					
Date: 05/31/18 Time: 23:10					
Sample: 5/29/2015 5/29/2018					
Included observations: 738					
Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.004	0.004	0.0105 0.919
		2	-0.068	-0.068	3.4287 0.180
		3	-0.115	-0.115	13.257 0.004
		4	-0.028	-0.033	13.849 0.008
		5	-0.031	-0.048	14.552 0.012

Gambar 2 ACF dan PACF dari *Return* Saham

Nilai PACF yang berada di luar selang kepercayaan adalah pada lag 3 dan nilai ACF yang berada di luar selang kepercayaan adalah pada lag 3 dengan selang kepercayaan yaitu $\pm 0,072148597$. Jadi terdapat 3 model yang diuji untuk melihat model terbaik yaitu AR(3), MA(3) dan ARMA(3,3). Berdasarkan hasil pengujian pada AR(3), MA(3) dan ARMA(3,3) diperoleh bahwa ARMA (3,3) tidak signifikan karena terdapat nilai probabilitas koefisien yang lebih dari α (0,05). Model *Box Jenkins* terbaik adalah model AR(3) karena memiliki variansi residual yang terkecil ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Nilai Variansi Residual Model Box Jenkins

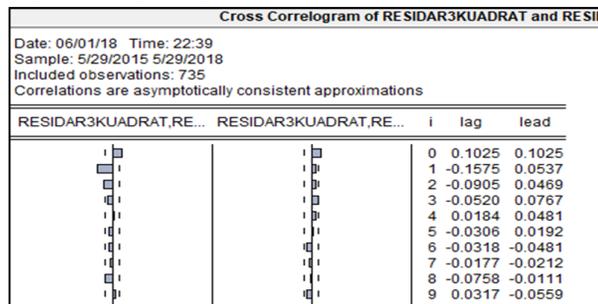
Model	Variansi Residual
AR(3)	0,123846
MA(3)	0,124879

Heteroskedastisitas pada *return* saham dapat dilihat dengan cara uji ARCH-LM. Heteroskedastisitas terdapat pada *return* saham jika nilai probabilitas lebih kecil dari α (0,05). Uji ARCH-LM disajikan pada Gambar 3.

Heteroskedasticity Test: ARCH			
F-statistic	8.047104	Prob. F(10,717)	0.0000
Obs*R-squared	73.46087	Prob. Chi-Square(10)	0.0000

Gambar 3 Uji ARCH-LM pada Model AR(3)

Pada Gambar 3 terlihat bahwa nilai probabilitas *F* lebih kecil dari α (0,05) sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat heteroskedastisitas pada *return* saham. Jika data *return* saham memiliki heteroskedastisitas maka selanjutnya melihat pengaruh asimetris terhadap volatilitas. Hal tersebut dapat dilakukan dengan cara menghitung standar residual dari salah satu model GARCH yaitu model GARCH(1,1), GARCH(1,2), GARCH(2,1) atau GARCH(2,2). Uji pengaruh asimetris dilakukan dengan cara melakukan korelasi silang pada standar residual kuadrat model AR(3) dengan standar residual model GARCH(1,1). Korelasi silang menggunakan aplikasi *evIEWS* dengan melihat *cross correlogram*. *Cross correlogram* disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4 *Cross Correlogram* Standar Residual Kuadrat Model AR(3) dengan Standar Residual Model GARCH(1,1)

Pada Gambar 4 terdapat lag yang keluar dari garis yaitu lag kedua sehingga dapat disimpulkan bahwa kondisi *bad news* dan *good news* memberi pengaruh asimetris terhadap volatilitas. Jika terdapat pengaruh asimetris terhadap volatilitas maka pemodelan volatilitas tidak dapat menggunakan model GARCH. Pengujian signifikansi dari model dengan orde *p* dan *q* dengan menggunakan uji signifikansi parameter dengan α (0,05). Koefisien berpengaruh secara signifikan terhadap model jika probabilitas $< \alpha$. Estimasi parameter model APARCH disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 Estimasi Paramater Model APARCH

Variabel	Model							
	APARCH (1,1)		APARCH(1,2)		APARCH (2,1)		APARCH(2,2)	
	Koefisien	Probabilitas	Koefisien	Probabilitas	Koefisien	Probabilitas	Koefisien	Probabilitas
ω	0,001	0,401	0,001	0,337	0,000	0,369	0,000	0,386
α_1	0,166*	0,000	0,184*	0,000	0,187*	0,000	0,176*	0,000
γ_1	0,455*	0,000	0,489*	0,000	0,607*	0,000	0,648*	0,000
α_2	-	-	-	-	-0,104*	0,008	-0,118*	0,005
γ_2	-	-	-	-	0,810*	0,016	0,829*	0,005
β_1	0,671*	0,000	0,231	0,098	0,869*	0,000	1,147*	0,000
β_2	-	-	0,429*	0,002	-	-	-0,238	0,258
δ	1,253*	0,000	1,218*	0,000	1,144*	0,000	1,089*	0,000

*koefisien yang signifikan

Berdasarkan Tabel 3 maka dapat disimpulkan bahwa setiap koefisien ω untuk setiap model tidak signifikan. Pada Tabel 3 terdapat juga satu koefisien yang tidak signifikan pada model APARCH(1,2) yaitu koefisien β_1 sedangkan pada model APARCH(2,2) koefisien β_2 . Selain uji signifikansi untuk menentukan model terbaik dapat digunakan dengan melihat nilai terkecil dari AIC masing-masing model. Nilai AIC dari model disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4 Nilai AIC pada Model APARCH

Model	AIC
APARCH (1,1)	-5,9754
APARCH (1,2)	-5,9786
APARCH (2,1)	-5,9785
APARCH (2,2)	-5,9764

Berdasarkan Tabel 4 model yang memiliki nilai AIC terkecil adalah model APARCH(1,2). Namun perbedaan nilai AIC dari setiap model sangat kecil sehingga untuk menentukan model terbaik dengan menggunakan asas *parsimony*. Oleh karena itu model terbaik untuk pemodelan volatilitas adalah model APARCH (1,1). Bentuk model APARCH (1,1) sebagai berikut:

$$\hat{\sigma}_t^{1,253} = 0,166(|\varepsilon_{t-1}| - 0,455\varepsilon_{t-1})^{1,253} + 0,671\hat{\sigma}_{t-1}^{1,253}$$

Volatilitas *return* saham BCA pada saat t dipengaruhi secara positif oleh guncangan dan volatilitas pada satu periode sebelumnya, sebagaimana ditunjukkan oleh koefisien ARCH (α) dan GARCH (β) pada Tabel 3. Koefisien γ menunjukkan keberadaan efek asimetris pada saham BCA. Jika pada saat ini terjadi *bad news* maka para investor harus berhati-hati dalam langkah mengambil investasi. Oleh karena itu, investor yang berani mengambil resiko tinggi perlu mengamati fluktuasi dari *return* saham dan guncangan yang terjadi pada periode-periode sebelumnya, yakni sebelum mengambil langkah investasi saat ini.

Model yang layak digunakan adalah model yang memiliki *white noise*. Model yang memiliki *white noise* adalah model yang tidak memiliki korelasi pada residual. Residual model APARCH(1,1) diuji untuk melihat adanya *white noise*. *Correlogram* residual model APARCH(1,1) disajikan pada Gambar 5.

Correlogram of Standardized Residuals					
Date: 09/30/18 Time: 22:51					
Sample: 6/04/2015 3/28/2018					
Included observations: 735					
Q-statistic probabilities adjusted for 1 ARMA term(s)					
Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	-0.031	-0.031	0.7162
		2	-0.056	-0.057	2.9966 0.083
		3	-0.017	-0.021	3.2099 0.201
		4	-0.023	-0.028	3.6100 0.307
		5	-0.003	-0.007	3.6155 0.461
		6	-0.095	-0.100	10.374 0.065
		7	-0.011	-0.020	10.462 0.107
		8	0.013	-0.000	10.594 0.157
		9	0.017	0.011	10.807 0.213
		10	0.053	0.049	12.911 0.167
		11	0.076	0.081	17.238 0.069
		12	-0.019	-0.015	17.495 0.094
		13	0.027	0.037	18.049 0.114
		14	0.037	0.047	19.105 0.120
		15	0.015	0.030	19.268 0.155
		16	-0.053	-0.035	21.366 0.126
		17	0.004	0.024	21.379 0.164

Gambar 5 Correlogram Residual Model APARCH(1,1)

Model APARCH(1,1) memiliki *white noise* karena pada Gambar 5 tidak ada lag yang melewati garis sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat korelasi residual pada model. Jika tidak terdapat korelasi pada residual model APARCH(1,1) maka model APARCH(1,1) layak digunakan.

PENUTUP

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Model *Box Jenkins* yang terbaik adalah AR(3) dengan nilai variansi residual sebesar 0,123846.
2. Uji asimetris dilakukan pada model GARCH(1,1) dengan cara korelasi silang pada residual kuadrat model AR(3) dengan residual GARCH(1,1).

Model APARCH yang layak memodelkan volatilitas adalah model APARCH(1,1). Model APARCH sudah layak digunakan karena memiliki *white noise*. Berikut ini adalah bentuk model APARCH(1,1) pada *return* saham.

$$\hat{\sigma}_t^{1,253} = 0,166 \left(|\varepsilon_{t-1}| - 0,455 \varepsilon_{t-1} \right)^{1,253} + 0,671 \hat{\sigma}_{t-1}^{1,253}$$

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sari, L. K., Achsani, N. A., Sartono, B., 2017, Pemodelan Volatilitas return saham: Studi Kasus Pasar Saham Asia, *Jurnal Ekonomi dan Pembangunan Indonesia*, **18**: 35-52.
- [2] Cryer, J. D., dan Chan, K. S., 2008, *Time Series Analysis With Applications in R*, Springer Science+Business Media, Iowa.
- [3] Engle, R. F., 1982, Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation, *Econometrica*, **50**: 987-1007.
- [4] Elvitra, W. E., Warsito, B., dan Hoyyi, A., 2013, Metode Peramalan Menggunakan Model Volatilitas Asymmetric Power Autoregressive Conditional Heteroscedasticity pada Return Nilai Tukar Rupiah terhadap Dollar, *Prosiding SNS*, Universitas Diponegoro.
- [5] Awartani, B. M., Corradi, V., 2005, Predicting the volatility of the S&P-500 stock index via GARCH models: the role of asymmetries, *International Journal of Forecasting*, **21**:167-183.
- [6] Firmansyah, 2006, *Analisis Volatilitas Harga Kopi Internasional*, Jakarta, Usahawan.
- [7] Rosadi D, 2012, *Ekonometrika & Analisis Runtun Waktu Terapan dengan Eviews*, Andi Offset, Yogyakarta
- [8] Tsay, R., S., 2005, *Analysis of Financial Time Series*, New York, Wiley

- [9] Azzam, I., 2007, The Effect of Model-Selection Uncertainty on Autoregressive Models Estimates, *International Research Journal of Finance and Economics*, **2**: 80-92.
- [10] Bollerslev, T., 1986, Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity, *Journal of Econometrics*, **28**:61-79.
- [11] Krisna, A. A., Wirawati, N. G., 2013, Pengaruh Inflasi, Nilai Tukar Rupiah, Suku Bunga SBI pada Indeks Harga Saham Gabungan Di BEI, *E-Jurnal Akuntansi Universitas Udayana*, **2**:421-435.
- [12] Ding, Z., Granger, C. W. J., dan Engle, R. F., 1993, A Long Memory Property Of Stock Market Returns And A New Model, *Journal of Empirical Finance*, **1**:83-106
- [13] Laurent, S., 2003, Analytical derivatives of the APARCH model, *Computation Economics*, **24**:51-57
- [14] <https://finance.yahoo.com/quote/BBCA.JK/history?period1=1432832400&period2=1527526800&interval=1d&filter=history&frequency=1d>, (29 Mei 2018)

MERISTA DOMINIKA BR PANDIA : Fakultas MIPA Universitas Tanjungpura, Pontianak,
meristapandia@gmail.com

NAOMI NESSYANA DEBATARAJA : Fakultas MIPA Universitas Tanjungpura, Pontianak,
naominessyana@math.untan.ac.id

SHANTIKA MARTHA : Fakultas MIPA Universitas Tanjungpura, Pontianak,
shantika.martha@math.untan.ac.id
