

Perbandingan Model *Integrated Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (IGARCH)* dan *Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity in Mean (GARCH-M)* untuk Perhitungan *Value at Risk*

Oleh: Andika Fajar Ramadhana
Univeristas Muhammadiyah Semarang

Article history	Abstract
Submission : Revised : Accepted :	Foreign exchange trading can be an investment alternative because of the fast movement of exchange rates and its liquid nature. Measuring risk is important because it relates to a sizeable investment of funds. One of the popular risk measurement methods is the Value at Risk (VaR) method. In financial time series data usually has variants that are not constant (heteroscedasticity). To solve this problem, ARCH / GARCH models are used. One development ARCH / GARCH is Integrated Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (IGARCH) & Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity in Mean (GARCH-M). The advantage of the IGARCH method is that it can fully capture the presence of the root unit with a high frequency. While the advantage of the GARCH-M method is that it is suitable for long-term risk analysis. Based on the research results, the best model for forecasting the volatility of the Singapore dollar buying exchange rate risk is IGARCH (1,1) with a MAPE value of 93.46% lower than the MAPE value of the GARCH-M model of 106.2%. So that the IGARCH model (1,1) is better used in forecasting the risk volatility of investing in the Singapore dollar exchange rate. The results of forecasting the volatility of the IGARCH model for the next 1 period are 0.00870632 and if the invested funds are IDR 10,000,000, the Value at Risk value at the 95% confidence level is IDR 115,396.62.
Keyword: Foreign Exchange, GARCH-M, IGARCH, Return, Risk Value	

PENDAHULUAN

Valuta asing merupakan pertukaran atau konversi mata uang suatu negara dengan negara lain. Pasar valuta asing memfasilitasi pertukaran valuta untuk mempermudah transaksi perdagangan internasional. Dengan adanya pasar valuta asing, pemerintah juga dapat mengendalikan kurs. Apakah mata uang negara tersebut melemah atau menguat. Valuta asing memiliki sistem kurs. Menurut undang-undang no.24 tahun 1999, Bank Indonesia diberikan kewenangan untuk menentukan sistem nilai kurs yang berlaku. Dalam penentuan sistem kurs valuta asing ada tiga cara yang digunakan yaitu Kurs tetap (*Fixed Exchange Rate*), Kurs Mengambang (*Floating Exchange Rate*), dan Kurs Distabilkan (*Managed Floating Rate*).

Tarif dari pertukaran mata uang disebut dengan kurs. Mata uang suatu negara selalu menghadapi kemungkinan penurunan kurs

(depresiasi) terhadap mata uang lainnya, atau sebaliknya mata uang bisa juga mengalami kenaikan nilai tukar (apresiasi). Adanya kemungkinan penurunan dan kenaikan kurs ini membuat banyak orang memilih berinvestasi dari valas karena sifatnya yang likuid atau dapat dijual kembali dengan cepat.

Investasi adalah cara mengakumulasi kekayaan untuk menghadapi masa depan yang seringkali penuh ketidakpastian. Investasi menggunakan valuta asing menjadi suatu trend yang sekarang mulai digemari oleh masyarakat, karena caranya yang sangat mudah dan proses pencairannya sangat flexible. Akan tetapi disetiap jenis investasi pasti memiliki resiko, untung ataupun rugi yang akan didapat, maka diperlukannya pengetahuan tentang manajemen resiko.

Salah satu metode pengukuran risiko yang populer digunakan adalah metode *Value at Risk (VaR)*. *Value at Risk* dapat diartikan sebagai

kerugian terburuk dari suatu portofolio aset pada suatu jangka waktu tertentu dengan suatu tingkat kepercayaan tertentu. *VaR* dapat menghitung besarnya kerugian terburuk yang dapat terjadi dengan mengetahui posisi aset, volatilitas dari aset, tingkat kepercayaan akan terjadinya risiko, dan *time horizon* atau jangka waktu penempatan aset.

Data time series finansial atau keuangan umumnya memiliki varian yang tidak konstan (heterokedastisitas). Untuk mengatasi masalah tersebut pada tahun 1982 peneliti bernama Eagle memperkenalkan model *Autoregressive Conditional Heteroscedasticity* (ARCH) yang kemudian penelitian tersebut dikembangkan oleh Bollerslev, 1986 menjadi model *Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity* (GARCH). Model GARCH menyediakan kerangka kerja yang lebih fleksibel untuk mengakomodasi sifat volatilitas dalam data keuangan. Sehingga model ARCH atau GARCH menjadi model yang paling sering digunakan untuk meramalkan volatilitas untuk perhitungan nilai risiko (*VaR*).

Namun model ARCH-GARCH tidak selalu dapat menangkap secara penuh adanya *unit root* dengan frekuensi tinggi, sehingga sangat sulit untuk memberikan keputusan kapan investor akan memposisikan dirinya sebagai pembeli atau penjual. Pada tahun 1993 Francq dan Jakojan menemukan model *Integrated Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity* (IGARCH) yang dapat menutupi kelemahan model GARCH. Selain metode IGARCH terdapat metode lain yang merupakan pengembangan dari metode GARCH, yaitu metode *Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity in Mean* (GARCH-M).

Penelitian tentang metode IGARCH pernah dilakukan oleh (Nendra Mursetya, 2016) yang melakukan identifikasi model IGARCH untuk peramalan *Value at Risk* dengan hasil didapatkan model terbaik yaitu IGARCH(1,1) dengan nilai log likelihood yaitu sebesar 3857,979. Serta penelitian tentang metode GARCH-M yang dilakukan oleh (Wella Cintya Pradewita, 2017) yang melakukan perbandingan model ARIMAX GARCH dengan GARCH-M untuk peramalan risiko berinvestasi saham, dengan hasil model GARCH-M lebih baik dibandingkan model ARIMAX-GARCH, karena memiliki nilai MAPE yang lebih rendah Sebesar 118,0229.

Oleh karena itu, dari fakta diatas fokus dalam penelitian ini adalah akan melakukan

perhitungan *Value at Risk* berdasarkan hasil perbandingan dua metode pengembangan dari ARCH/GARCH yaitu *Integrated Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity* (IGARCH) dan metode *Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity in Mean* (GARCH-M) pada kasus volatilitas data return kurs rupiah terhadap SGD (Singapore Dollar).

LANDASAN TEORI

Value at Risk (VaR)

VaR dapat didefinisikan sebagai estimasi kerugian maksimum yang akan didapat selama periode waktu (*holding period*) tertentu dalam kondisi pasar normal pada tingkat kepercayaan (*confidence level*) tertentu. Secara sederhana *VaR* ingin menjawab pertanyaan “seberapa besar (dalam persen atau sejumlah uang tertentu) investor dapat merugi selama waktu investasi *T* dengan tingkat kepercayaan $(1 - \alpha)$ ”. Berdasarkan pertanyaan tersebut, dapat dilihat tiga variabel yang penting yaitu besar kerugian, periode waktu dan besar tingkat kepercayaan. Rumus perhitungan nilai *VaR* dengan metode varian-kovarian adalah (Jorion,2007) :

$$\text{Var} = -Z(1 - \alpha) \cdot \sigma \sqrt{T \cdot E}$$

Dengan:

$Z(1 - \alpha)$ = Kuantil distribusi normal standar

E = Nilai aset

σ = Volatilitas

T = *Holding period*

$1 - \alpha$ = Tingkat Konfidensi

Apabila data tidak berdistribusi normal dilakukan pendekatan *Cornish Fisher Expansion* yaitu dengan melakukan koreksi pada nilai *Z*, dengan rumus sebagai berikut:

$$Z_{\text{koreksi}} = Z - \left(\frac{1}{6} x (Z^2) x s \right) + \frac{1}{6} x s$$

Dimana *s* adalah nilai skewness dari data *return*.

Uji Lagrange Multiplier

Model ARCH dan GARCH digunakan apabila varian dalam model terdapat varian yang tidak konstan (*heteroscedasticity*). Untuk mengecek ada atau tidaknya efek ARCH, dapat dilakukan menggunakan statistik uji *Lagrange-Multiplier* (LM) yang diperkenalkan oleh Engle (Tsay, 2002).

$H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_m = 0$ (tidak ada efek ARCH)

$H_1 : \alpha_i \neq 0, i = 1, 2, \dots, m$ (terdapat efek ARCH)

Taraf Signifikansi : α

Statistik Uji : $LM = \frac{(SSR_0 - SSR_1)/m}{SSR_1/(n-2m-1)}$

Dengan,

m = banyaknya lag yang diuji

$SSR_0 = \sum_m^n + 1(\alpha_t^2 - \bar{\omega})$ = rata-rata sampel dari α_t^2

$SSR_1 = \sum_{m+1}^n + 1\hat{\epsilon}_t^2$

n = banyak data

kriteria uji : Tolak H_0 jika Probabilitas $LM > \chi^2(m)$ atau $p\text{-value} < \alpha$

Model Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (ARCH)

Model ARCH diperkenalkan pertama kali oleh Engle (1982) untuk memodelkan volatilitas residual yang sering terjadi pada data-data keuangan. Bentuk umum model ARCH (p) (Tsay,2002) :

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \epsilon_{t-1}^2 + \alpha_2 \epsilon_{t-2}^2 + \dots + \alpha_p \epsilon_{t-p}^2$$

Dengan :

$\alpha_t = \epsilon_t \sigma_t$, dimana α_t = nilai residual ke- t yang diperoleh dari model ARMA dan

ϵ_t = nilai residual ke- t dari model

Dalam model ARCH parameter-parameternya harus memenuhi $\alpha_0 \geq 0, \alpha_i \geq 0, i > 1$. Secara lengkap Model ARCH dapat dituliskan sebagai berikut:

$$W_t = \phi_0 + \sum_{i=1}^p \phi_i Z_{t-i} - \sum_{i=1}^q \theta_i e_{t-i} + \epsilon_t$$

$$\epsilon_t \sim N(0, \sigma^2)$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \epsilon_{t-1}^2 + \alpha_2 \epsilon_{t-2}^2 + \dots + \alpha_p \epsilon_{t-p}^2$$

Dengan merupakan persamaan conditional mean (Brooks, 2014).

Model Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (GARCH)

Model ini dikemukakan oleh Bollerslev pada tahun 1986 yang merupakan generalisasi dari model ARCH, yang dikenal dengan *Generalized Autoregressive Conditional Heterokedasticity* (GARCH). Pada model GARCH, varian residual (σ_t^2) tidak hanya dipengaruhi oleh residual periode lalu (α_{t-1}^2) tetapi juga varians residual periode lalu (σ_{t-1}^2).

Bentuk umum model GARCH (p, q) (Tsay,2002)

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i \alpha_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j \sigma_{t-j}^2$$

Dengan

$\alpha_t = \epsilon_t \sigma_t$

α_t adalah akar dari σ_t^2 dan ϵ_t adalah proses i.i.d seringkali diasumsikan berdistribusi normal standart $N(0,1)$.

Koefisien-koefisien dari model GARCH(p, q) bersifat $\alpha_0 > 0, \alpha_i \geq 0$ untuk $i = 1, 2, \dots, p, \beta_j \geq 0$ untuk $j = 1, 2, \dots, q$ agar $\sigma_t^2 > 0$ dan $\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q (\alpha_i + \beta_j) < 1$ agar model bersifat stasioner.

Model Integrated Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (IGARCH)

Model *Integrated Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity* (IGARCH) digunakan apabila dalam model GARCH terdapat akar unit. *Integrated* dimaksudkan bahwa kemungkinan terdapat masalah akar unit yang dapat mengakibatkan ketidakstasioneran. Oleh sebab itu IGARCH memiliki solusi stasioner untuk variansi yang tak hingga. Sehingga IGARCH dapat digunakan apabila dalam data yang digunakan dalam peramalan mengalami masalah kestasioneran, yaitu jumlah koefisien GARCH sama dengan satu. Permodelan IGARCH (*Integrated Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity*) menurut Engle dan Bollerslev (1993) :

$$\sigma_t^2 = \sum_{i=1}^p \alpha_i \alpha_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j \sigma_{t-j}^2$$

Dimana

$$\sum_{i=1}^p \alpha_i + \sum_{j=1}^q \beta_j = 1, \alpha_i \geq 0 \text{ dan } \beta_j \geq 0$$

α_i adalah koefisien residual dan β_j adalah koefisien ragam residual yang bertindak seperti proses akar unit, sehingga akan tetap menjaga keutuhan model ragam bersyarat tersebut. Perbedaan utama antara IGARCH dan GARCH adalah dalam IGARCH konstanta α_0 dihilangkan dan jumlah koefisien ARCH dan GARCH sama dengan satu (Francq dan Zakoian, 2010).

Model Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity in Mean (GARCH-M)

Apabila memasukan variansi bersyarat ke dalam persamaan *mean* maka akan

mendapatkan model GARCH-M (Eagle, 2001). Model GARCH (p, q)-M dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$Y_t | F_{t-1} \sim N(0, h_t), t = 1, 2, \dots, T$$

Dengan

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 Y_{t-1} + \alpha_i \sigma_t^2 + \varepsilon_t$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \sigma_{t-1}^2 + \dots + \alpha_p \sigma_{t-p}^2 + \beta_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \dots + \beta_q \varepsilon_{t-q}^2$$

Dengan β_1 dan α adalah konstan. Perumusan dari model GARCH-M pada rumus diatas menyatakan bahwa ada serial korelasi dalam deret *return* Y_t untuk model GARCH(p, q)-M pada *return* yang tidak mengandung model ARMA di dalamnya maka untuk persamaan model *mean*-nya menjadi:

$$Y_t = C + \varepsilon_t$$

Quasi Maximum Likelihood

Tsay (2006) dan Lumsdaine (1996) menawarkan aplikasi metode *quasi maximum likelihood* (QML) untuk analisis time series yang asumsi error-nya tidak mengikuti distribusi Normal ($0, \sigma_a^2$). QML masih tetap memanfaatkan metode *maximum likelihood* sebagai dasar, sehingga penghitungan variansi kovariansi quasi juga merupakan nilai-nilai yang dihasilkan dari metode *maximum likelihood*. Dalam spesifikasi ARCH/GARCH masih dapat memberikan model yang layak dan parameter yang konsisten berdasarkan peramalan linear dari kuadrat ε_t dengan metode QML yaitu memaksimalkan log fungsi kemungkinan. Dengan metode ini kekonsistenan *error* baku tetap dipertahankan sekalipun asumsi sebaran tidak terpenuhi. Model estimasi parameter QML:

$$f(\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_T | \alpha) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_t^2}} \exp\left(\frac{-\varepsilon_t^2}{2\sigma_t^2}\right)$$

Pemilihan Model Terbaik

Untuk menentukan model terbaik menggunakan nilai MAPE. MAPE digunakan sebagai alat pengukuran kesalahan pada peramalan melalui akurasi. Semakin kecil tingkat kesalahan yang dihasilkan, maka semakin baik hasil peramalan tersebut. *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left(\frac{A_t - P_t}{A_t}\right)}{n} \times 100\%$$

dimana,

A_t = nilai aktual pada waktu ke- t

P_t = nilai peramalan pada waktu ke- t

n = banyak data

METODE PENELITIAN

Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder, yaitu data kurs beli nilai tukar rupiah terhadap dollar Singapore yang diperoleh dari website resmi Bank Indonesia www.bi.go.id periode harian, menggunakan hari aktif yaitu senin sampai jumat dari tanggal 1 Februari 2019 hingga tanggal 30 November 2020, dengan jumlah data sebanyak 450.

Variabel dan Struktur Data

Tabel 1. Variable Data

Variabel	Keterangan	Sumber
X_i	Return Kurs	BI

Tabel 2. Struktur Data

N	Tanggal	X_n	Return
1	1 Feb 2020	X_1	$\ln(X_t) - \ln(X_{t-1})$
2	4 Feb 2020	X_2	$\ln(X_{t2}) - \ln(X_{t2-1})$
⋮	⋮	⋮	⋮
450	30 Nov 2020	X_{450}	$\ln(X_{t450}) - \ln(X_{t450-1})$

Langkah Penelitian

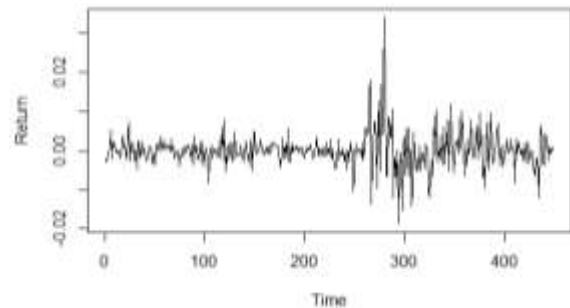
Langkah-langkah dalam penelitian ini yaitu :

1. Mengubah data kurs dollar Singapura menjadi data *Return*..
2. Melakukan Uji stasioneritas.
3. Melakukan Uji Normalitas.
4. Melakukan uji *Lagrange Multiplier* untuk mengetahui apakah ada efek ARCH atau heterokedastisitas pada data.
5. Melakukan identifikasi parameter model ARCH dan GARCH menggunakan metode *quasi maximum likelihood*.
6. Melakukan permodelan IGARCH apabila jumlah koefisien $\alpha + \beta = 1$ atau mendekati 1 dan pemodelan GARCH-M jika dimasukan variansi bersyarat ke dalam persamaan *mean*.

7. Melakukan estimasi parameter model IGARCH dan GARCH-M.
8. Melakukan verifikasi model IGARCH dan GARCH-M.
9. Meramalakan volatilitas *return* kurs dollar Singapura menggunakan model IGARCH dan GARCH-M.
10. Pemilihan model terbaik berdasarkan nilai MAPE.
11. Melakukan perhitungan *Value at Risk* (*VaR*) menggunakan hasil peramalan model terbaik.

gejala volatilitas. Untuk melihat lebih jelasnya dengan cara mengubah data ke bentuk *log return* kemudian membuat plot *time series* menggunakan data *return* sebagai berikut:

Gambar 2. Plot Return

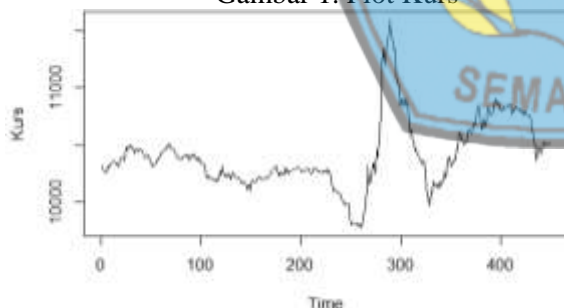


HASIL PENELITIAN dan PEMBAHASAN

Statistika Deskriptif

Berdasarkan data kurs beli dollar Singapura terhadap rupiah periode 1 Februari hingga 30 November 2020 menggunakan hari aktif senin sampai jumat didapatkan 450 data pengamatan, yang memiliki nilai rata-rata sebesar Rp 10410 dan nilai simpangan baku sebesar 301,3296. Nilai median sebesar 10349, nilai maksimum yang berarti nilai kurs tertinggi sebesar Rp 11593 yaitu pada tanggal 2 April 2020, nilai minimum yang berarti kurs terendah sebesar Rp 9778 yaitu pada tanggal 20 Februari 2020. Untuk menganalisis pola pada data kurs beli dollar Singapura adalah menggunakan plot *time series* sebagai berikut:

Gambar 1. Plot Kurs



Berdasarkan gambar, data kurs dollar Singapura terhadap rupiah terdapat fluktuasi yang rendah dimulai pada tanggal 1 Februari 2019 hingga bulan Februari 2020. Kemudian bulan selanjutnya mulai terjadi kenaikan secara eksponensial, kemudian terjadi penurunan kembali secara perlahan hingga bulan juni. Dibulan juli dollar Singapura kembali menekan rupiah, hal tersebut dikarenakan harga minyak dunia kembali stabil, sehingga komoditi utama negara Singapura tersebut mampu meningkatkan perekonomian negara dan menguatkan nilai tukar mata uang negara tersebut. Berdasarkan uraian sebelumnya kemungkinan data terdapat

Berdasarkan gambar 2, hasilnya menunjukkan adanya gejala volatilitas dan heterokedastisitas pada waktu waktu tertentu. Dari gambar terlihat pada data ke 270 atau mulai bulan Februari 2020, pergerakan *return* lebih fluktuatif dibandingkan sebelumnya. Hal ini disebabkan pada bulan tersebut terjadi penurunan harga minyak mentah yang menjadi salah satu komoditi pendorong ekonomi kedua negara yang membuat kurs kedua negara sedang tidak stabil karena faktor ekonomi masing-masing negara. Dalam teori keuangan peristiwa ini dinamakan *volatility clustering*, yaitu kondisi dimana pergerakan data *time series* cenderung untuk naik atau turun secara drastis dan tiba-tiba dalam suatu kondisi atau kejadian tertentu, sampai akhirnya kembali tenang.

Uji Stasioneritas

Hasil uji ADF dijelaskan pada Tabel 3. berikut :

Tabel 3. Uji ADF

<i>p-value</i>	α	Keterangan
0.01	0.05	Stasioner

Berdasarkan tabel 4.1, diperoleh nilai *p-value* sebesar 0,01 yang berarti kurang dari $\alpha=5\%$ atau 0,05 maka H_0 ditolak, dapat disimpulkan data *return* kurs beli dollar Singapura sudah stasioner terhadap rata-rata, sehingga data dapat dilanjutkan untuk pengujian selanjutnya.

Uji Normalitas

Uji normalitas yang digunakan pada penelitian ini ada *jarque berra test*.

Tabel 4. Uji Jarque Berra

<i>p-value</i>	α	Keterangan
2.2e-16	0.05	Tidak normal

Berdasarkan tabel 4.2 diperoleh nilai p value sebesar $2,2 \times 10^{-16}$ yang berarti kurang dari α (0,05) maka data tidak berdistribusi normal. Sehingga metode yang digunakan untuk mengestimasi parameter GARCH adalah *Quasi Maximum Likelihood*.

Uji ARCH

Uji yang digunakan untuk melihat apakah terdapat efek ARCH atau terdapat masalah heterokedastisitas pada data *return* kurs dollar Singapura adalah Uji *Lagrange Multiplier* yang dipopulerkan oleh (Engle, 1982). Hipotesisnya adalah sebagai berikut:
 $H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_m = 0$ (tidak ada efek ARCH)
 $H_1 : \alpha_i \neq 0, i = 1, 2, \dots, m$ (terdapat efek ARCH)

Tabel 5. Uji Lagrange Multiplier

<i>p-value</i>	α
4.94e-12	0.05

Berdasarkan tabel 5 didapatkan nilai p -value sebesar $4,94 \times 10^{-12}$ dengan taraf signifikansi atau $\alpha = 5\%$ (0,05) maka nilai p -value kurang dari α . Artinya H_0 ditolak yang berarti data *return* dollar Singapura mengandung heterokedastisitas.

Estimasi Model GARCH

Langkah selanjutnya melakukan pemodelan GARCH. Cara yang digunakan peneliti untuk menentukan parameter dalam model menggunakan teknik *underfitting & offerfitting* pada model GARCH. Setelah dilakukan *overfitting* dengan maksimal parameter nya adalah 2, didapat model tiga sebagai berikut:

Tabel 6. Pemilihan model GARCH terbaik

Model	Signifikansi	AIC
GARCH(1,1)	Terpenuhi	-8,517
GARCH(1,2)	Tidak Terpenuhi	-8,525
GARCH(2,1)	Tidak Terpenuhi	-8,512

Berdasarkan tabel 6 model GARCH(1,1) merupakan model terbaik, karena merupakan satu satunya model yang berpengaruh secara signifikan, walaupun memiliki nilai AIC yang besar dibandingkan dengan model GARCH (2,1).

Pemodelan GARCH-M

Model GARCH-M merupakan bentuk rata rata dari model GARCH. Model GARCH-M didapatkan jika memasukan variansi bersyarat kedalam persamaan *mean*. Peneliti melakukan identifikasi model GARCH-M dengan parameter (1,1) dan melihat signifikansi parameter dari model GARCH-M.

Tabel 7 Estimasi dan Uji Signifikansi Parameter Model GARCH-M (1,1)

Model	Parameter	Koefisien	<i>P</i> value	Keputusan
GARCH-M (1,1)	c	-0,000028	0,945581	H_0 diterima
	α_0	0,016556	0,891497	H_0 diterima
	α_1	0,228753	0,661419	H_0 diterima
	β_1	0,769263	0,029206	H_0 ditolak

Berdasarkan tabel 4.5 diperoleh nilai koefisien konstanta sebesar -0,000028, dengan nilai p value $0,945581 > \alpha(0,05)$ sehingga keputusan H_0 diterima, maka konstanta tidak berpengaruh signifikan. Kemudian diperoleh nilai koefisien ARCH-M atau α_0 sebesar -0,016556 dengan nilai p value $0,891497 > 0,05$ sehingga keputusan H_0 diterima, maka ARCH-M tidak berpengaruh signifikan. Nilai koefisien α_1 atau ARCH(1) sebesar $0,228753$ dengan nilai p value $0,661419 > 0,05$ sehingga keputusan H_0 diterima, maka parameter α_1 tidak berpengaruh secara signifikan. Nilai koefisien β_1 atau GARCH(1) sebesar $0,769263$ dengan nilai p value $0,029206 < 0,05$ sehingga keputusan H_0 ditolak, maka parameter β_1 berpengaruh secara signifikan terhadap model. Dari hasil tersebut dapat diasumsikan bahwa volatilitas data *return* kurs dollar Singapura mengikuti model GARCH-M. Hal tersebut dapat dilihat dari nilai probabilitas salah satu parameternya yang berpengaruh secara signifikan. Sehingga diperoleh model GARCH-M (1,1) sebagai berikut:

$$Z_t = -0,000028 + \varepsilon_t$$

$$\sigma_t^2 = -0,016556 + 0,228753\sigma_{t-1}^2 + 0,769263\varepsilon_{t-1}^2$$

Pemodelan IGARCH

Model IGARCH di dapatkan apabila jumlah koefisien $\alpha + \beta = 1$ atau mendekati 1 pada model GARCH. Kemudian dilakukan

pemodelan IGARCH dan melihat signifikansi parameternya. Berikut merupakan tabel identifikasi parameter pada model GARCH (1,1) yang menjadi model terbaik.

Tabel 8 Estimasi dan Uji Signifikansi Parameter Model GARCH (1,1)

Model	Parameter	Koefisien	P value	Keputusan
GARCH (1,1)	α_0	0,0000	0,0145	H_0 ditolak
	α_1	0,1492	0,00	H_0 ditolak
	β_1	0,8445	0,00	H_0 ditolak

Berdasarkan tabel 8 dilihat bahwa Jumlah koefisien $\alpha_0 + \alpha_1 + \beta_1 = 0,0000 + 0,1492 + 0,8445 = 0,9937 \sim 1$, yang berarti model GARCH(1,1) dapat dikembangkan menjadi model IGARCH(1,1).

Tabel 9 Estimasi dan Uji Signifikansi Parameter Model IGARCH (1,1)

Model	Parameter	Koefisien	P value	Keputusan
IGARCH (1,1)	α_1	0,2337	0,004	H_0 ditolak
	β_1	0,7662	0,00000	H_0 ditolak

Berdasarkan tabel 9 diketahui bahwa parameter α_1 memiliki nilai koefisien sebesar 0,233791 dengan nilai p value sebesar 0,004096 < 0,05 sehingga H_0 ditolak, maka α_1 berpengaruh signifikan. Parameter β_1 memiliki nilai koefisien sebesar 0,766209 dengan nilai p value sebesar 0,00000 < 0,05 sehingga H_0 ditolak maka β_1 berpengaruh signifikan.. Sehingga diperoleh model IGARCH (1,1) sebagai berikut:

$$\sigma_t^2 = 0,233791\sigma_{t-1}^2 + 0,766209\varepsilon_{t-1}^2$$

Verifikasi Model

Verifikasi model dilakukan dengan cara *Diagnostic check* yaitu menguji apakah residual dari model bersifat independen dengan uji *white noise* dan yang terakhir melihat apakah masih terdapat efek heterokedastisitas pada model dengan uji *Lagrange Multiplier*.

Tabel 10. Uji *White Noise*

Model	P value	Keputusan
GARCH(1,1)	0,0406	H_0 ditolak
GARCH-M(1,1)	0,3892	H_0 diterima
IGARCH(1,1)	0,4163	H_0 diterima

Berdasarkan tabel 10 didapatkan nilai *p value* dari model IGARCH (1,1) & GARCH-M (1,1) lebih dari 0,05 sehingga H_0 diterima, yang berarti dapat disimpulkan bahwa residual model GARCH-M(1,1) dan model IGARCH(1,1) bersifat independen atau tidak terjadi autokorelasi antar residual. Untuk model GARCH (1,1) karena nilai *p value* kurang dari 0,05 maka asumsi *White Noise* tidak terpenuhi sehingga model GARCH (1,1) tidak dapat dilanjutkan ke uji selanjutnya. Selanjutnya melakukan uji *Lagrange Multiplier* untuk melihat apakah masih terdapat efek ARCH/ heterokedastisitas pada model.

Tabel 11 Uji *Lagrange Multiplier*

Model	P value	Keputusan
GARCH-M(1,1)	0,5913	H_0 ditolak
IGARCH(1,1)	0,6001	H_0 ditolak

Hipotesis 0 pada uji *Lagrange Multiplier* berbunyi bahwa data terdapat efek ARCH atau heterokedastisitas. Berdasarkan tabel 11 didapatkan nilai *p value* dari kedua model lebih dari 0,05 sehingga H_0 ditolak, maka model GARCH-M(1,1) dan model IGARCH(1,1) sudah tidak mengandung efek heterokedastisitas, dan bisa dilanjutkan ke proses peramalan.

Peramalan

Berikut merupakan hasil peramalan yang sudah dirubah kedalam bentuk *return* untuk 10 hari kedepan.

Tabel 12. Hasil Peramalan volatilitas

Tanggal	Peramalan GARCH-M	Peramalan IGARCH
1 Desember	0,00870632	0,00870632
2 Desember	0,008554531	0,00870632
3 Desember	0,008649277	0,00870632
4 Desember	0,008740137	0,00870632
7 Desember	0,008826664	0,00870632
8 Desember	0,008909545	0,00870632
9 Desember	0,008989438	0,00870632
10 Desember	0,009066422	0,00870632
11 Desember	0,009140569	0,00870632
14 Desember	0,009212492	0,00870632

Berdasarkan tabel 12 terlihat bahwa hasil peramalan metode GARCH-M nilai volatilitas terendah terjadi pada tanggal 1 Desember 2020 sebesar 0,00870632 dan tertinggi pada tanggal 14 Desember 2020 sebesar 0,009212492. Sedangkan untuk hasil peramalan metode IGARCH untuk 10 hari kedepan memiliki nilai yang sama yaitu sebesar 0,00870632.

Pemilihan Model Terbaik

Pemilihan model terbaik pada penelitian ini menggunakan nilai MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*).

Tabel 13 Perbandingan Model

Model	Nilai MAPE
GARCH-M(1,1)	106,2%
IGARCH(1,1)	93,46%

Berdasarkan tabel 13 nilai tingkat akurasi kedua model tergolong rendah karena lebih dari 50%. Model terbaik yang terpilih adalah model IGARCH(1,1) karena memiliki nilai MAPE yang lebih rendah dibandingkan model GARCH-M(1,1) yaitu sebesar 93,46%.

Perhitungan Value at Risk

Karena data tidak berdistribusi normal, maka perhitungan *Value at Risk* menggunakan pendekatan *Cornish Fisher Expansion*, yaitu dengan melakukan koreksi pada nilai $Z_{1-\alpha}$. Perhitungan *Value at Risk* menggunakan nilai volatilitas pada model yang terbaik. Didapatkan nilai volatilitas atau hasil peramalan pada model IGARCH (1,1) sebesar 0,00870632 pada tanggal 1 Desember 2020. Peneliti mengasumsikan dana yang di investasikan sebesar Rp 10.000.000 dengan taraf signifikansi atau $Z_{1-\alpha}$ (95%) yang sudah dikoreksi. Kemudian didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 14. Hasil Value at Risk

Volatilitas	Investasi	VaR
0,00870632	10000000	115396,62

Berdasarkan tabel 14 disimpulkan bahwa untuk periode 1 hari kedepan (*holding period*) pada tanggal 1 Desember 2020 dapat diprediksi dengan nilai volatilitas model IGARCH (1,1) bahwa kerugian maksimum yang dapat di toleransi apabila menginvestasikan dana

sebesar Rp 10.000.000 pada tingkat kepercayaan 95% adalah Rp 115.396,62 .

SIMPULAN dan SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Didapatkan 2 model dari pengembangan metode GARCH untuk meramalkan volatilitas kurs beli dollar Singapura yaitu:

a) Model GARCH-M (1,1)

$$Y_t = -0,000028 + \varepsilon_t$$

$$\sigma_t^2 = -0,016556 + 0,228753\sigma_{t-1}^2 + 0,769263\varepsilon_{t-1}^2$$

b) Model IGARCH (1,1)

$$\sigma_t^2 = 0,233791\sigma_{t-1}^2 + 0,766209\varepsilon_{t-1}^2$$

2. Model terbaik yang terpilih untuk meramalkan volatilitas kurs beli dollar Singapura adalah model IGARCH(1,1) karena memiliki nilai MAPE yang lebih kecil yaitu 93,46% dibandingkan nilai MAPE model GARCH-M(1,1) yaitu sebesar 106,2%.

3. Hasil peramalan volatilitas kurs beli dollar Singapura untuk 1 hari kedepan tanggal 1 Desember 2020 sebesar 0,00870632. Dengan dana yang di investasikan sejumlah Rp 10.000.000 , maka *Value at Risk* sebesar Rp 115.396,62 yang artinya kemungkinan kerugian maksimum yang dapat ditolerir oleh seorang investor dari dana yang telah di investasikan adalah sebesar Rp 115.396,62.

Saran

Karena tingkat akurasi pada penelitian ini masih rendah maka saran yang diberikan peneliti untuk penelitian selanjutnya tentang metode ARCH/GARCH adalah menggunakan pengembangan lain dari model ARCH/GARCH yaitu metode *Asymmetric Power Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (APARCH)*, metode ini dapat menutupi kelemahan lain dari metode ARCH/GARCH yaitu dalam menangkap fenomena ketidakasimetrisan. Sifat asimetris artinya menampakkan reaksi yang berbeda pada peningkatan harga atau penurunan harga.

Daftar Pustaka

- Bollerslev, T. 1986. *Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity*. *J. Econometrics*. pp. 307-327.

- Box, G.E.P, Jenkins, G.M, dan Reinsel, G.C. 1994. *Time Series Analysis Forecasting and Control. Edisi Revisi*. New York: John Willey & Sons Ltd..
- Cheng, W.L, Dolgion, G. 2020. *Estimating GARCH Models in Mongolion Stock Exchange With Value at Risk. Faculty of International Relations, University of Economics in Bratislava, Volume XVIII., Issue 3, Pages 263 – 275*.
- Engle, R. 2001. GARCH (1,1) The Use of ARCH/GARCH Models in Applied Econometric. *Journal of Economic Prepractive*, 15:157-168.
- Febriana, Dian, Tarno, dan Sugito. 2014. *Perhitungan Value at Risk Menggunakan Model Integrated Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (IGARCH)*. *Jurnal Gaussian*. 3(4): 635-643
- Francq, C. and Zakoian, J.M. (2010) *GARCH Models: Structure, Statistical Inference and Financial Applications*. John Wiley & Sons Ltd., Chichester.
- Mursetya, Nendra.S.D 2016. *Identifikasi Model IGARCH(Model Integrated Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity) untuk peramalan Value at Risk*. Universitas PGRI Yogyakarta.
- Pradewita, Wella Cintya. 2017. *Peramalan Volatilitas Risiko Berinvestasi Saham Menggunakan Metode GARCH – M dan ARIMAX – GARCH*. Skripsi. Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.
- Ratnasari, Dwi Hasti. (2014): *Peramalan Volatilitas Menggunakan Model Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity in Mean (GARCH-M) (Studi kasus pada Return Harga Saham PT. Wijaya Karya)*. *Jurnal Gaussian - Vol 3, No 4*.
- Robin, L. Lumsdaine. 1996, *Econometrica*, vol. 64, issue 3, 575-96.
- Tsay, Ruey S. *Analysis of Financial Time Series*. Chicago: A John Wiley and Sons, Ltd
- Tsay, R.S. 2002. *Analysis of Financial Time Series*. Canada: John Wiley and Sons, Inc
- Wei, W.W.S. 1990. *Times Series Analysis Univariate and Multivariate Methods*. California: Addison Wesley Publishing.
- Wei, W.W.S. 2006 *Time Series Analysis*. New York: Addison Wesley.
- Wei, W. W. S. (2013). *Oxford Handbooks Online Time Series Analysis (Vol. 2)*. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199934898.013.002>

