Value-at-Risk Berbasis Model *Exponential Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity* (EGARCH)

Value-at-Risk Based On Exponential Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (EGARCH*) Model*

Ihsan Hasanudin
Program Studi Ilmu Komputasi, Fakultas Informatika, Universitas Telkom
ihsan.hsndn@gmail.com

Abstrak

Pergerakan aset saham dapat dilihat dari suatu indeks harga saham. Setiap investasi saham menghasilkan *return. Return* adalah imbal hasil yang didapatkan dari investasi saham, baik itu berupa keuntungan yang disebut *capital gain* atau berupa kerugian yang disebut *capital loss.* Tujuan utama dalam berinvestasi adalah mendapatkan keuntungan yang maksimum dengan tingkat risiko tertentu. Oleh karena itu, diperlukan manajemen risiko saat berinvestasi. Salah satu alat ukur risiko yang digunakan untuk memprediksi nilai kerugian adalah *Value-at-Risk* (VaR). VaR dengan tingkat kepercayaan (1-�) dihitung dengan melibatkan parameter *mean* dan variansi. Dalam hal ini, nilai variansi yang digunakan adalah volatilitas EGARCH (1,1) dan volatilitas tipe 1. Volatilitas EGARCH (1,1) diestimasi dengan menggunakan metode maksimum *likelihood.* Prediksi VaR dengan metode VaR-EGARCH (1,1) menghasilkan nilai prediksi VaR yang lebih besar dibandingkan VaR-Tipe 1. Hasil validasi pada nilai VaR menggunakan VaR *Violation* menunjukan bahwa VaR-Tipe 1 lebih efisien dalam menyediakan dana untuk mengantisipasi kerugian, sedangkan VaR-EGARCH (1,1) lebih aman dalam mengantisipasi risiko, karena nilainya cenderung lebih besar dibandingkan VaR-Tipe 1.

Kata Kunci : *return*, volatilitas, estimasi maksimum *likelihood*, *Value-at-Risk*, EGARCH (1,1), VaR *Violation*

Abstract

The movement of the stock assets can be seen from a stock price index. Each stock produce investment return. Return is the yield obtained from stock investments, whether it be called advantage capital gains or losses are called capital loss. The main purpose in investing is to get the maximum profit with a certain level of risk. Therefore, risk management is required when investing. One of the risk measurement tool used to predict the value of the loss is the Value-at-Risk (VaR). VaR with a confidence level (1-α) is calculated by involving parameters mean and variance. In this case, the value used is the variance volatility EGARCH (1,1) and volatility type 1. The volatility of the EGARCH (1,1) being estimated using maximum likelihood methods. Prediction of VaR by VaR-EGARCH (1,1) generates a value greater than the VaR-Type 1. The results of the validation in the value of VaR using VaR Violation, indicates that VaR-Type 1 is more efficient in providing funds for the anticipated losses, whereas VaR-EGARCH (1,1) is safer in anticipation of risks, because its value tends to be greater than the VaR-Type 1.

Keywords : *return, volatility, maximum likelihood estimation, Value-at-Risk, EGARCH (1,1), VaR Violation*

1. Pendahuluan

Saham adalah salah satu bentuk investasi yang berisiko. Investasi saham pasti menghasilkan *return* dengan tingkat risiko tertentu. *Return* adalah imbal hasil yang diperoleh dari investasi dengan menghitung selisih nilai harga saham. Harapan investor dalam berinvestasi saham adalah memperoleh *return* sebesar-besarnya dengan tingkat risiko tertentu. Risiko sangat penting bagi investor untuk memilih investasi saham yang dapat memberikan keuntungan sebesar-besarnya dengan tingkat risiko tertentu. Saham yang memiliki nilai *return* rendah, maka risiko yang didapatkan rendah dan sebaliknya apabila *return* yang dihasilkan tinggi, maka risiko yang didapat juga tinggi. Pengukuran risiko perlu dilakukan untuk mengantisipasi kerugian pada investasi saham.

Salah satu alat yang sering digunakan dalam pengukuran risiko adalah *Value-at-Risk* (VaR). VaR adalah alat ukur kemungkinan terburuk pada suatu periode dengan "*level of confidence*" (tingkat kepercayaan) tertentu dalam kondisi pasar normal [9]. Pada VaR terdapat beberapa pendekatan untuk mengukur risiko, diantaranya pendekatan Variansi-Kovariansi, simulasi Historis, simulasi *Monte Carlo* dan simulasi *Bootstrap*. Berdasarkan keempat pengukuran distribusi tersebut dipilih pendekatan Variansi-Kovariansi, karena model *time series* yang digunakan berdistribusi normal. VaR dihitung dengan melibatkan parameter *mean* dan variansi dengan *return* berdistribusi normal. Parameter *mean* dan variansi diperoleh dari model volatilitas. Volatilitas adalah standar deviasi dari naik turunnya suatu *return*. Volatilitas disebut juga variansi bersyarat dengan ukuran penyebaran data yang membutuhkan informasi dari waktu sebelumnya.

Berdasarkan sifatnya, model volatilitas terbagi menjadi dua jenis, yaitu model volatilitas homoskedastik dan volatilitas heteroskedastik. Model volatilitas homoskedastik mengasumsikan bahwa volatilitas konstan pada setiap periode, sebagai contoh AR, ARMA, dan MA. Dalam praktiknya volatilitas selalu bergerak terhadap waktu, sehingga muncul model volatilitas heteroskedastik untuk memodelkan volatilitas yang selalu bergerak terhadap waktu, sebagai contoh GARCH, EGARCH, dan SV. Pada Tugas Akhir ini dipilih model volatilitas EGARCH (1,1) yang dapat memodelkan volatilitas berdasarkan pergerakan waktu serta volatilitas yang sesuai dengan data. Pada tahapan validasi VaR, dipilih metode VaR *Violation* yang dapat mengevaluasi kesalahan pada prediksi VaR. Berdasarkan pemaparan di atas, pada Tugas Akhir ini dilakukan pencarian VaR berbasis model volatilitas EGARCH (1,1).

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Saham

Saham adalah satuan nilai atau pembukuan dalam berbagai instrumen finansial yang mengacu pada bagian kepemilikan sebuah perusahaan [1]. Menerbitkan saham merupakan salah satu pilihan perusahaan ketika memutuskan untuk pendanaan perusahaan. Pada sisi yang lain, saham merupakan instrumen investasi yang banyak dipilih para investor karena saham mampu memberikan tingkat keuntungan yang menarik. Salah satu keuntungan yang didapatkan pada investasi saham adalah mendapatkan dividen. Dividen merupakan pembagian keuntungan yang diberikan perusahaan dan berasal dari keuntungan yang dihasilkan oleh perusahaan kepada pemegang saham. Pengamatan saham dapat dilakukan dengan mengamati indeks harga saham. Indeks harga saham adalah indikator atau cerminan pergerakan harga saham. Salah satu indeks harga saham yang dapat dipilih oleh investor adalah indeks LQ45.

2.2. *Return*

Return saham adalah imbal hasil yang diperoleh dari investasi dengan cara menghitung selisih harga saham periode berjalan dengan periode sebelumnya dengan mengabaikan dividen [2]. *Return* saham dapat bernilai positif dan negatif. Jika *return* positif, maka investasi saham tersebut mendapatkan keuntungan atau *capital gain*. Jika *return* negatif, maka investasi saham tersebut mendapatkan kerugian atau *capital lost*. *Return* banyak digunakan sebagai instrumen finansial untuk volatilitas dibandingkan dengan harga. Pertama, *return* memiliki ringkasan investasi dengan skala yang lengkap dibanding harga. Kedua, *return* mudah ditangani karena menggunakan sifat-sifat statistika. Menghitung nilai *return* secara sederhana dapat menggunakan persamaan berikut ini:

$$R_t = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}} = \frac{P_t}{P_{t-1}} - 1 \quad (2.1)$$

dengan R_t adalah *return* sederhana, P_t adalah harga saham periode t, P_{t-1} adalah harga saham periode $t-1$.

Pada Tugas Akhir ini *Return* yang digunakan adalah *return* majemuk. *Return* majemuk dapat memenuhi dua sifat utama pada *return*, yaitu bebas skala dan sifat aditif. Bebas skala adalah *return* suatu aset dapat dibandingkan dengan aset lain yang berbeda kategori. Sedangkan sifat aditif adalah penjumlahan *return* pada setiap periode dapat menentukan *return* pada suatu periode. Nilai *return* majemuk (R_t) pada waktu *t*, didefinisikan sebagai berikut:

$$R_t = \ln \frac{P_t}{P_{t-1}} \quad (2.2)$$

dengan R_t adalah *return* majemuk, P_t adalah harga saham t, P_{t-1} adalah harga saham $t-1$.

2.3. Volatilitas

Volatilitas adalah deviasi standar bersyarat pada *return* dengan informasi historis [10]. Volatilitas disebut juga variansi bersyarat dengan ukuran penyebaran data yang membutuhkan informasi dari waktu sebelumnya. Semakin tinggi volatilitas, maka semakin tinggi pula naik turunnya harga saham. Volatilitas dapat memprediksi keuntungan dan kerugian dimasa yang akan datang. Perhitungan volatilitas dapat menggunakan data historis dari interval harian, mingguan atau bulanan. Dalam Tugas Akhir ini Volatilitas dikategorikan menjadi tiga tipe yang mampu menaksir nilai volatilitas yang diperoleh dari data. Berikut adalah tiga tipe penaksiran volatilitas yang dapat digunakan [5]:

1. Volatilitas Tipe 1

Volatilitas tipe 1 dikenal sabagai variansi bersyarat yang didefinisikan sebagai berikut

$$(\sigma_t^2)_1 \approx Var(R_t | F_{t-1}) \approx \frac{1}{(t-1)} \sum_{i=1}^{t} (R_i - E(R_i))^2 \quad (2.3)$$

dengan $(\sigma_t^2)_1$ adalah volatilitas tipe 1, R_t adalah *return* majemuk, R_i adalah *return* majemuk pada saat *I*, Var adalah variansi dan F_{t-1} adalah fungsi distribusi waktu sebelumnya. Perubahan harga saham dari waktu ke waktu jarang terjadi lonjakan, sehingga dapat diasumsikan rata-rata perubahannya nol, sehingga

$$(\sigma_t^2)_1 \approx \frac{1}{(t-1)} \sum_{i=1}^{t} R_i^2 \quad (2.4)$$

2. Volatilitas Tipe 2

Berdasarkan bentuk volatilitas tipe 1, jika periode waktu semakin besar, maka volatilitas akan menuju nol. Hal ini menjadi dasar untuk mengembangkan bentuk lain dengan menghilangkan pengali $\frac{1}{(t-1)}$ sehingga bentuknya menjadi

$$(\sigma_t^2)_2 \approx \sum_{i=1}^{t} (R_i - E(R_i))^2 \quad (2.5)$$

dengan $(\sigma_t^2)_2$ adalah volatilitas tipe 2, R_i adalah *return* majemuk pada saat *i* dan E adalah ekspektasi. Diasumsikan bahwa ekspektasi *return* sama dengan nol, sehingga

$$(\sigma_t^2)_2 \approx \sum_{i=1}^{t} R_i^2 \quad (2.6)$$

3. Volatilitas Tipe 3

Volatilitas tipe 3 merupakan keragaman dari *return* aset sebagai besarnya *return* terhadap nilai rata-rata *return* atau diambil nilai mutlaknya, sehingga

$$(\sigma_t^2)_3 \approx \sum_{i=1}^{t} |R_i - E(R_i)| \quad (2.7)$$

dengan $(\sigma_t^2)_3$ adalah volatilitas tipe 3, R_i adalah *return* majemuk pada saat *i*. Diasumsikan bahwa ekspektasi *return* sama dengan nol, maka

$$(\sigma_t^2)_3 \approx \sum_{i=1}^{t} |R_i| \quad (2.8)$$

Model volatilitas yang baik adalah model yang dapat memenuhi dan mengakomodasi sifat-sifat volatilitas dari sebuah *return* [3]. Salah satu sifat pada volatilitas adalah sifat asimetris. Sifat asimetris adalah relasi negatif antara *return* dan volatilitas, dengan kata lain volatilitas bernilai positif jika *return* negatif.

2.4. Model EGARCH

Model *Exponential Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity* (EGARCH) merupakan bentuk lain dari model GARCH. Model EGARCH diperkenalkan oleh Nelson pada 1991 sebagai pengembangan dari model GARCH yang memiliki kelemahan dalam menangkap fenomena ketidaksimetrisan *good news* dan *bad news* dalam volatilitas. Selain dapat menangkap efek asimetris dari *good news* dan *bad news*, model EGARCH memiliki kelebihan lain dibandingkan model GARCH, yaitu parameter-parameter pada EGARCH tidak perlu dibatasi untuk menjamin variansi selalu positif [4]. Model EGARCH didefinisikan dalam bentuk persamaan logaritma. Secara umum, model EGARCH (m,s) didefinisikan sebagai berikut [11]:

$$a_t = \sigma_t \varepsilon_t \quad (2.9)$$

$$\ln \sigma_t^2 = \alpha_0 + \frac{1 + \beta_1 B + \cdots + \beta_{s-1} B^{s-1}}{1 - \alpha_1 B - \cdots - \alpha_m B^m} g(\varepsilon_{t-1})$$

dengan a_t adalah *return* prediksi, σ_t adalah volatilitas, ε_t adalah faktor acak berdistribusi normal, B adalah operator *backshift*, dan $\alpha_0, \alpha_1, \beta_1$ adalah parameter model. Pada persamaan (2.9) ε_t adalah faktor acak berdistribusi normal, sehingga $E(|\varepsilon_t|) = \sqrt{\frac{2}{\pi}}$ dan B adalah operator *backshift* sedemikian sehingga

$$B g(\varepsilon_t) = g(\varepsilon_{t-1}) \quad (2.10)$$

dengan

$$g(\varepsilon_t) = \theta\varepsilon_t + \gamma(|\varepsilon_t| - E(|\varepsilon_t|)) \quad (2.11)$$

Berdasarkan distribusi dari ε_t maka dapat mengetahui $E(g(\varepsilon_t)) = 0$ dan $Var(g(\varepsilon_t)) = 2\sqrt{\pi} - 2/\pi$

Model EGARCH yang dapat mempelajari sifat pada kejadian sekarang berdasarkan kejadian pada satu waktu sebelumnya adalah model EGARCH berorde satu atau berdasarkan satu waktu informasi sebelumnya. Model ini dikenal sebagai EGARCH (1,1). Persamaan volatilitas model EGARCH (1,1) didefinisikan sebagai berikut[5]:

$$\begin{aligned}\ln \sigma_t^2 &= \alpha_0 + \kappa g(\varepsilon_{t-1}) + \beta_1 \ln \sigma_{t-1}^2 \\ &= \alpha_* + \kappa\left[\theta\varepsilon_{t-1} + \gamma\left(|\varepsilon_{t-1}| - \sqrt{\frac{2}{\pi}}\right)\right] + \beta_1 \ln \sigma_{t-1}^2\end{aligned} \quad (2.12)$$

atau secara eksplisit adalah [5]:

$$\ln \sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1} + \alpha_2\left(|\varepsilon_{t-1}| - \sqrt{\frac{2}{\pi}}\right) + \beta_1 \ln \sigma_{t-1}^2 \quad (2.13)$$

dengan σ_t adalah volatilitas, ε_t adalah faktor acak berdistribusi normal, dan $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \beta_1$ adalah parameter model EGARCH (1,1). Persamaan (2.13) berfungsi untuk mencari nilai variansi pada model EGARCH (1,1) yaitu σ_t^2. Volatilitas yang dibutuhkan adalah σ_t maka bentuk $\ln \sigma_t^2$ diubah menjadi $\sigma_t = \sqrt{\sigma_t^2}$. Model EGARCH dihitung dengan melibatkan parameter yang memiliki syarat, yaitu $\alpha_0 < 0$, $\alpha_1, \alpha_2 \geq 0$, dan $\beta_1 \geq 0$.

2.5. Estimasi Maksimum *Likelihood*

Pada persamaan fungsi *likelihood*, diberikan peubah acak saling bebas dan berdistribusi identik dengan *probability density function* (pdf) $f(x;\theta)$ seperti berikut $x_1, \ldots, x_n$. Fungsi *likelihood* merupakan bentuk lain dari distribusi peluang gabungan $f(x_1, \ldots, x_n;\theta)$ yang diperoleh dengan cara menukar peran dari x dalam fungsi peluang θ variat, serta membuang suku yang tidak bergantung pada parameter θ [8]. Fungsi *likelihood* didefinisikan sebagai

$$L(\theta) = L(\theta|x_1, \ldots, x_n) \propto f(x_1, \ldots, x_n;\theta) \quad (2.14)$$

Fungsi *likelihood* ditransformasikan menjadi fungsi log-*likelihood* untuk memudahkan dalam perhitungan. Fungsi log-*likelihood* didefinisikan sebagai

$$l(\theta) = \log(L(\theta)) = \sum_{i=1}^{n} \log f(x_i;\theta), \quad \theta \in \Omega \tag{2.15}$$

Menaksir parameter model dapat dilakukan dengan memilih nilai parameter yang menghasilkan distribusi peluang terbesar terhadap kumpulan nilai obervasi yang sudah ditetapkan [8]. Penaksiran nilai parameter tersebut dapat dicapai dengan memaksimumkan nilai dari fungsi *likelihood.* Estimator untuk metode maksimum *likelihood* dengan simbol $\hat{\theta}$ sebagai estimator dari θ apabila

$$\hat{\theta} = \text{Argmax}(L(\theta; x_1, \dots, x_n)) \tag{2.16}$$

atau nilai $\hat{\theta}$ dapat diperoleh dengan

$$\frac{\partial l(\theta)}{\partial \theta} = 0 \tag{2.17}$$

2.6. *Value-at-Risk*

Value-at-Risk (VaR) adalah kecukupan modal yang dibutuhkan untuk menutupi kerugian maksimum suatu investasi selama periode tertentu pada kondisi pasar normal [6]. Pernyataan lain mengenai VaR adalah alat ukur kemungkinan terburuk pada suatu periode dengan "*level of confidence*" (tingkat kepercayaan) tertentu dalam kondisi pasar normal [9]. VaR memiliki tiga hal penting yang berpengaruh dalam perhitungannya, yaitu besar kerugian, selang waktu dan besar tingkat kepercayaan. VaR selalu berhubungan dengan peluang yang menunjukkan seberapa mungkin kerugian yang akan didapatkan itu lebih kecil dari nilai VaR tersebut dan juga sebaliknya.

VaR memiliki beberapa pendekatan untuk mengukur risiko kerugian, diantaranya pendekatan Variansi-Kovariansi, pendekatan simulasi Historis, pendekatan simulasi *Monte Carlo* dan pendekatan simulasi *Bootstrap*. Dari keempat pengukuran distribusi tersebut, pada Tugas Akhir ini dipilih pendekatan Variansi-Kovariansi. Metode Variansi-Kovariansi mengasumsikan log-*return* berdistribusi normal dengan parameter (μ, σ^2). Misal R adalah peubah acak *return* dengan fungsi distribusi, F_R. Sehingga definisi VaR dengan peluang $(1-\alpha)$ adalah sebagai berikut:

$$F_R(VaR_{1-\alpha}(R)) = P(R \le VaR_{1-\alpha}(R)) = 1-\alpha \tag{2.18}$$

Kemudian VaR pada tingkat kepercayaan $1-\alpha$ didefinisikan sebagai berikut:

$$VaR_{1-\alpha}(R) = F_R^{-1}(1-\alpha) \tag{2.19}$$

Perhitungan nilai prediksi VaR dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$P(R \le VaR_{1-\alpha}(R)) = P(R \le \mu + \sigma z) = 1-\alpha \tag{2.20}$$

Asumsi $VaR_{1-\alpha} \sim N(0,1)$, sehingga prediksi VaR didefinisikan sebagai berikut:

$$\widehat{VaR}_{1-\alpha} = \hat{\mu} + (z\hat{\sigma}) = \hat{\mu} + (\Phi^{-1}(1-\alpha)\hat{\sigma}) \tag{2.21}$$

dengan $\widehat{VaR}_{1-\alpha}$ adalah prediksi VaR pada saat $1-\alpha$, $\hat{}$ adalah prediksi, R adalah peubah acak *return*, F_R adalah fungsi distribusi, $F_R^{-1}(1-\alpha)$ adalah invers fungsi distribusi dengan peluang $1-\alpha$, z adalah nilai kritis pada prediksi volatilitas, dang $\Phi^{-1}(1-\alpha)$ adalah invers fungsi distribusi normal baku dengan peluang $1-\alpha$ tingkat kepercayaan tertentu, μ adalah nilai *mean*, σ adalah volatilitas, $\hat{\mu}$ adalah prediksi nilai *mean*, $\hat{\sigma}$ adalah

2.7. VaR *Violation*

Metode yang digunakan untuk mengevaluasi hasil dari nilai VaR adalah VaR *Violation*. Metode ini mencari nilai kesalahan pada VaR, berupa nilai risiko yang tidak dapat diantisipasi oleh prediksi VaR pada *return*. Berikut definisi dari VaR *Violation* [7]:

$$I_t = \begin{cases} 1 & \text{if } R_t \ge VaR_t \\ 0 & \text{if } R_t < VaR_t \end{cases} \tag{2.22}$$

$$v = \sum I_t \tag{2.23}$$

$$\theta = \frac{v}{T}$$

dengan R� adalah nilai *return* majemuk, ��� adalah nilai VaR pada waktu ke-�, � adalah VaR *Violation*, � adalah jumlah VaR *Violation* bernilai 1, � adalah jumlah VaR *Violation* bernilai 0 dan � adalah total ukuran data. *Mean error* berguna untuk menentukan metode terbaik berdasarkan nilai VaR *Violation*. Didefinisikan sebagai berikut:

$$\text{������} = \frac{|\text{�} - \text{�}|}{\text{�}} \qquad (2.24)$$

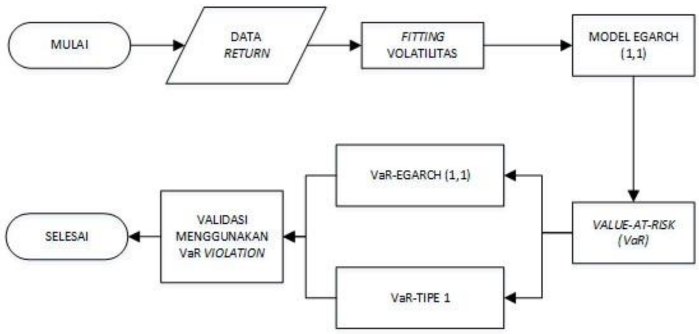
dengan ������ adalah nilai *mean error*, � adalah *expected violation* �, � adalah *expected violation* hasil EGARCH (1,1) dan Volatlitas Tipe 1 dan � adalah banyaknya metode berdasarkan tingkat kepercayaan.

3. Perancangan Sistem

3.1. Data

Data yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah data harga penutupan indeks LQ45. Indeks LQ45 menunjukkan suatu indikator perubahan harga saham terhadap waktu pada beberapa perusahaan yang tercatat didalam PT. Bursa Efek Indonesia. Data indeks LQ45 yang digunakan diambil dari *website finance.yahoo.com*. Data tersebut berisikan data indeks harga saham harian selama tiga tahun dari periode 4 Maret 2013 – 30 Desember 2015. Data Indeks LQ45 yang didapatkan terdiri dari *Date*, *Open Price*, *High Price*, *Low Price*, *Volume*, *Adj Close* dan *Close*.

3.2. Alur Perancangan Sistem



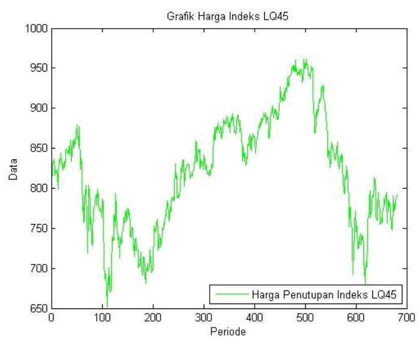
Gambar 3.1 Diagram Alur Perancangan Sistem

Berikut adalah penjelasan dari alur perancangan sistem pada gambar 3.1:

1. Data *Return*, perhitungan *return* pada indeks LQ45 menggunakan metode perhitungan *return* majemuk.
2. *Fitting* Volatilitas, pada tahap ini akan dilakukan analisis dan menentukan volatilitas dari *return* yang akan digunakan untuk mencari estimasi parameter model volatilitas EGARCH (1,1) dan pencarian nilai VaR dengan model volatilitas.
3. Model EGARCH (1,1), pada tahap ini ditentukan definisi dari model volatilitas EGARCH (1,1) dan mencari nilai parameter model EGARCH (1,1) dengan estimasi maksimum *likelihood*.
4. *Value-at-Risk* (VaR), pada tahap ini membagi prediksi nilai risiko VaR dengan dua metode, yaitu model volatilitas EGARCH (1,1) dan volatilitas tipe 1.
5. VaR-EGARCH (1,1), pada tahap ini dilakukan prediksi nilai risiko VaR dengan model volatilitas EGARCH (1,1)
6. VaR-Tipe 1, pada tahap ini dilakukan prediksi nilai risiko VaR dengan volatilitas tipe 1.
7. Validasi VaR *Violation*, proses terakhir validasi hasil prediksi nilai risiko VaR-EGARCH (1,1) dan VaR-Tipe 1 menggunakan VaR *Violation.*

4. Hasil Analisis dan Pengujian

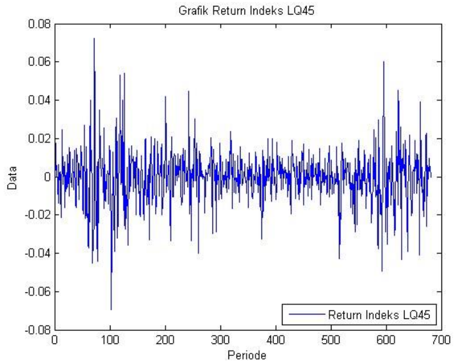
4.1. Harga Penutupan Indeks LQ45



Gambar 4.1 Grafik Harga Penutupan Indeks LQ45

4.2. Data *Return* Indeks LQ45

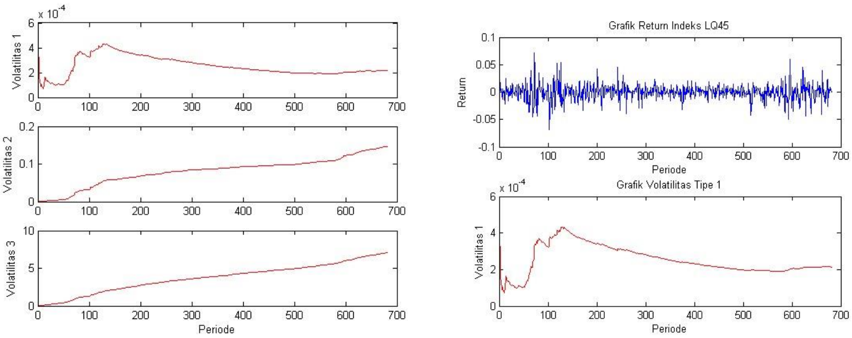
Hasil dari data historis harian pada harga penutupan indeks LQ45 didapatkan nilai *return* menggunakan metode perhitungan *return* majemuk. Berikut adalah plot dari *return* indeks LQ45:



Gambar 4.2 Grafik Return Indeks LQ45

4.3.*Fitting* Volatilitas

Pada tahapan ini dicari nilai volatilitas dari *return* indeks LQ45. Pencarian nilai volatilitas menggunakan tiga tipe definisi volatilitas, yaitu volatilitas tipe 1, volatilitas tipe 2 dan volatilitas tipe 3. Berikut adalah plot dari ketiga tipe volatilitas:



Gambar 4.3 Grafik Volatilitas dan Return

Pada Gambar 4.3 dapat ditarik kesimpulan bahwa volatilitas tipe 1 memiliki pergerakan yang sesuai dengan *return*. Sehingga definisi volatilitas tipe 1 sesuai sifat asimetris. Bahwa terjadi kenaikan volatilitas ketika *return* saham turun [5]. Pada volatilitas tipe 1 periode ke-70 *return* naik, sedangkan volatilitas turun. Pada periode ke-100 *return* turun, sedangkan volatilitas naik. Sehingga volatilitas tipe 1 telah sesuai dengan sifat asimetris pada volatilitas.

4.4.Estimasi Parameter Model EGARCH (1,1)

Pada definisi model EGARCH (1,1) terdapat empat parameter yaitu ω, α, γ dan β. Semua parameter tersebut dihitung untuk mencari nilai volatilitas σ pada model EGARCH (1,1). Metode estimasi parameter yang digunakan adalah estimasi maksimum *likelihood*. Pada model EGARCH (1,1) dengan $\varepsilon \sim N(0,1)$ mencari nilai parameter menggunakan metode estimasi maksimum *likelihood* dengan fungsi *likelihood* sebagai berikut:

$$L(\theta, \omega, \alpha, \gamma, \beta \mid (r_t \mid F_{t-1})) = \prod_{t=2}^{n} \frac{1}{\sqrt{\exp\left(\omega + \alpha\varepsilon_{t-1} + \gamma\left(|\varepsilon_{t-1}| - \sqrt{\frac{2}{\pi}}\right) + \beta \ln \sigma_{t-1}^2\right)}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2} \frac{r_t^2}{\exp\left(\omega + \alpha\varepsilon_{t-1} + \gamma\left(|\varepsilon_{t-1}| - \sqrt{\frac{2}{\pi}}\right) + \beta \ln \sigma_{t-1}^2\right)}\right) \quad (4.1)$$

Kemudian untuk mempermudah perhitungan pada persamaan (4.1) transformasikan persamaan tersebut menjadi fungsi log-*likelihood* seperti berikut:

$$\ell = \log\left(L(\theta, \omega, \alpha, \gamma, \beta \mid (r_t \mid F_{t-1}))\right) \quad (4.2)$$

$$= \log \prod_{t=2}^{n} \left\{ \frac{1}{\sqrt{e^{\alpha_0+\alpha_1 z_{t-1}+\alpha_2\left(|z_{t-1}|-\sqrt{\frac{2}{\pi}}\right)+\beta_1 \ln \sigma_{t-1}^2}}\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}\frac{r_t^2}{e^{\alpha_0+\alpha_1 z_{t-1}+\alpha_2\left(|z_{t-1}|-\sqrt{\frac{2}{\pi}}\right)+\beta_1 \ln \sigma_{t-1}^2}}\right) \right\}$$

$$= \sum_{t=2}^{n} \left\{ \log(2\pi)^{-\frac{1}{2}} + \log\left(e^{\alpha_0+\alpha_1 z_{t-1}+\alpha_2\left(|z_{t-1}|-\sqrt{\frac{2}{\pi}}\right)+\beta_1 \ln \sigma_{t-1}^2}\right)^{-\frac{1}{2}} + \log \exp\left(-\frac{1}{2}\frac{r_t^2}{e^{\alpha_0+\alpha_1 z_{t-1}+\alpha_2\left(|z_{t-1}|-\sqrt{\frac{2}{\pi}}\right)+\beta_1 \ln \sigma_{t-1}^2}}\right) \right\}$$

Dari persamaan (4.2), kemudian diaplikasikan ke dalam fungsi *fminsearch* pada Matlab yang telah dimodifikasi untuk memaksimumkan nilai parameter pada model EGARCH (1,1). Berikut adalah hasil estimasi parameter pada model EGARCH (1,1):

Tabel 4.1 Estimasi Parameter EGARCH (1,1)

Parameter EGARCH (1,1)	Nilai Estimasi Parameter EGARCH (1,1)
α_0	-4.958574470003656
α_1	0.065794691445035
α_2	0.036204344472657
β_1	0.210212929953620

Pada Tabel 4.1 tersebut didapatkan nilai yang memenuhi syarat estimasi parameter pada model EGARCH (1,1) dengan syarat $\alpha_0 < 0$, $\alpha_1, \alpha_2 \geq 0$, dan $\beta_1 \geq 0$.

4.5. VaR-EGARCH (1,1)

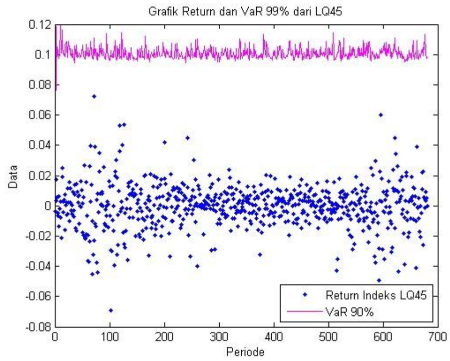
VaR membutuhkan parameter *mean* dan variansi. Sesuai dengan lampiran 1, *mean* bersyarat atau ekspektasi bersyarat pada model EGARCH (1,1) adalah 0. Sedangkan variansi bersyarat pada model EGARCH (1,1) adalah σ_t^2. Berdasarkan pada kedua parameter tersebut nilai VaR dapat dihitung dengan tingkat kepercayaan $(1-\alpha)$. Nilai VaR yang digunakan adalah VaR positif, karena tingkat kepercayaan yang digunakan adalah tingkat kepercayaan $(1-\alpha)$. Pada tingkat kepercayaan $(1-\alpha)$, VaR bernilai positif lebih dari nol dan mendekati satu.

Prediksi VaR-EGARCH (1,1) dengan tingkat kepercayaan $(1-\alpha)$ menggunakan volatilitas dari model EGARCH (1,1). Tingkat kepercayaan yang digunakan pada prediksi VaR-EGARCH (1,1) dibagi menjadi tiga jenis tingkat kepercayaan, yaitu tingkat kepercayaan 99%, tingkat kepercayaan 95% dan tingkat kepercayaan 90%. Berikut adalah hasil prediksi VaR-EGARCH (1,1):

Tabel ***Error! No text of specified style in document.****2 Prediksi VaR-EGARCH (1,1)*

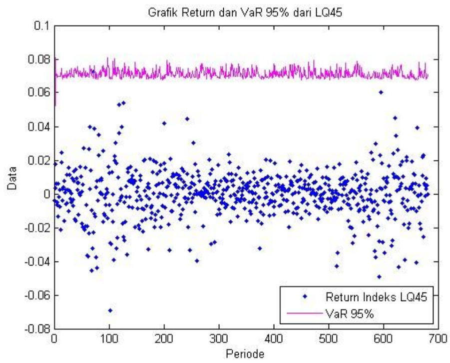
Tingkat Kepercayaan (1- α)	Prediksi Nilai VaR
99%	0.109142821092710
95%	0.077169870909388
90%	0.060125209475383

Pada Tabel 4.2 terlihat bahwa nilai risiko yang dapat diprediksi oleh VaR pada ketiga jenis tingkat kepercayaan memiliki nilai VaR yang berbeda. Analisis yang lebih jelas pada nilai prediksi VaR-EGARCH (1,1) disetiap tingkat kepercayaan dapat dilihat pada plot grafik prediksi VaR-EGARCH (1,1) berikut:



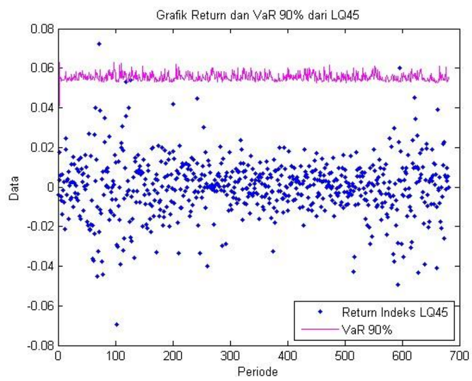
*Gambar **Error! No text of specified style in document.**4 Grafik Return dan VaR-Volatilitas EGARCH (1,1) Pada Tingkat Kepercayaan 99%*

Pada Gambar 4.4 dapat dilihat bahwa prediksi VaR-EGARCH (1,1) (garis magenta) pada tingkat kepercayaan 99% dapat mengantisipasi risiko kerugian dari *return* (titik biru) indeks LQ45 pada periode t dengan prediksi VaR bernilai 0.109142821092710. VaR-EGARCH (1,1) pada tingkat kepercayaan 99% secara aman dapat mengantisipasi risiko maksimum pada *return*. Tidak ada *return* yang melewati VaR, sehingga tidak ada risiko yang gagal diantisipasi prediksi VaR. Posisi grafik nilai VaR berada diatas atau VaR > 0, karena VaR pada tingkat kepercayaan (1 − �) bernilai positif. Digunakan VaR positif untuk memudahkan investor dalam menghitung risiko didunia nyata, karena uang tidak mungkin bernilai negatif.



Gambar 4.5 Grafik Return dan VaR-EGARCH (1,1) Pada Tingkat Kepercayaan 95%

Pada Gambar 4.5 prediksi VaR-EGARCH (1,1) (garis magenta) dengan tingkat kepercayaan 95% dapat mengantisipasi nilai risiko kerugian dari nilai *return* (titik biru) indeks LQ45 pada periode t dengan prediksi VaR bernilai 0.077169870909388. Namun, prediksi VaR-EGARCH (1,1) masih belum dapat mengantisipasi risiko dengan baik, karena masih ada risiko yang tidak dapat diantisipasi oleh prediksi VaR-EGARCH (1,1). Terlihat di periode ke-80 terdapat risiko pada *return* yang melewati prediksi VaR, artinya risiko tersebut tidak dapat diantisipasi oleh prediksi VaR-EGARCH (1,1).



*Gambar **Error! No text of specified style in document.**.6 Grafik Return dan VaR-Volatilitas EAGRCH (1,1) Pada Tingkat Kepercayaan 90%*

Pada Gambar 4.6 dapat dilihat bahwa prediksi VaR-EGARCH (1,1) (garis magenta) pada tingkat kepercayaan 90% dapat mengantisipasi nilai risiko kerugian dari nilai *return* (titik biru) indeks LQ45 pada periode t dengan VaR bernilai 0.060125209475383. VaR-EGARCH (1,1) pada tingkat kepercayaan 90% belum dapat mengantisipasi risiko dengan baik, karena masih ada risiko yang tidak dapat diantisipasi oleh prediksi VaR-EGARCH (1,1). Terlihat pada periode ke-70 dan periode ke-580 masih ada risiko yang tidak dapat diantisipasi oleh prediksi VaR-EGARCH (1,1).

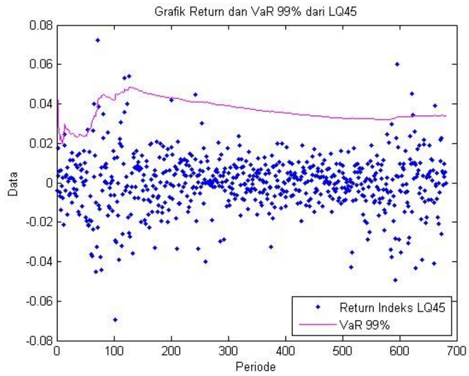
4.6. VaR-Tipe 1

Prediksi nilai VaR-Tipe 1 dengan tingkat kepercayaan $(1-\alpha)$ menggunakan volatilitas tipe 1 yang sesuai dengan data. Berikut hasil prediksi VaR-Tipe 1 dengan tingkat kepercayaan $(1-\alpha)$.

Tabel 4.3 Prediksi VaR-Tipe 1

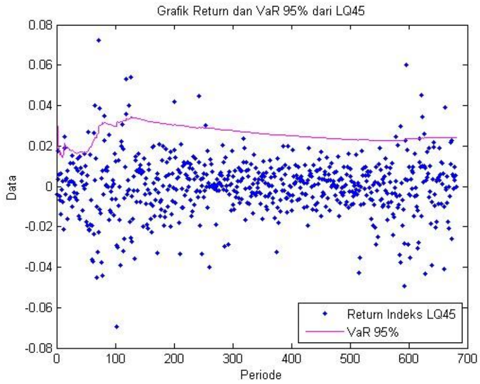
Tingkat Kepercayaan $(1-\alpha)$	Prediksi Nilai VaR
99%	0.034034090155625
95%	0.024063940418006
90%	0.018748890485182

Analisis hasil prediksi VaR-Tipe 1 dapat dilihat pada grafik berikut ini:



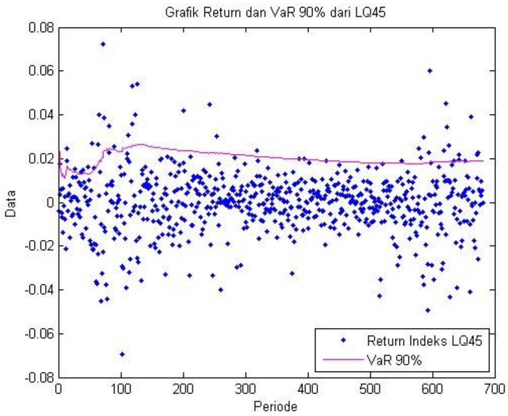
Gambar 4.7 Grafik Return dan VaR-Tipe 1 Pada Tingkat Kepercayaan 99%

Pada Gambar 4.7 dapat dilihat bahwa prediksi VaR-Tipe 1 (garis magenta) pada tingkat kepercayaan 99% dapat mengantisipasi nilai risiko kerugian dari *return* (titik biru) pada periode t dengan VaR bernilai 0.034034090155625. Hasil prediksi VaR-Tipe 1 pada tingkat kepercayaan 99% belum dapat mengantisipasi risiko kerugian dengan dengan baik. Terdapat beberapa titik risiko pada *return* (titik biru) yang tidak dapat diantisipasi prediksi nilai VaR-Tipe 1 (garis magenta).



Gambar 4.8 Grafik Return dan VaR-Tipe 1 Pada Tingkat Kepercayaan 95%

Pada Gambar 4.8 dapat dilihat bahwa prediksi VaR-Tipe 1 (garis magenta) pada tingkat kepercayaan 95% dapat mengantisipasi nilai risiko kerugian dari nilai *return* (titik biru) pada periode t dengan VaR bernilai 0.024063940418006. Namun, prediksi VaR-Tipe 1 yang dihasilkan belum dapat mengantisipasi risiko kerugian dengan baik, karena masih ada sejumlah risiko pada *return* yang tidak dapat diantisipasi oleh nilai prediksi VaR-Tipe 1.



Gambar 4.9 Grafik Return dan VaR-Tipe 1 Pada Tingkat Kepercayaan 90%

Terakhir pada gambar 4.9 dapat dilihat bahwa prediksi VaR-Tipe 1 (garis magenta) pada tingkat kepercayaan 90% dapat mengantisipasi nilai risiko kerugian dari nilai *return* (titik biru) pada periode t dengan VaR bernilai 0.018748890485182. Masih terdapat sejumlah titik *return* yang melewati batas dari prediksi VaR-Tipe 1 dan jumlah risiko yang tidak dapat diantisipasi pada tingkat kepercayaan 90% lebih banyak daripada tingkat kepercayaan 99% dan 95%. Dengan begitu nilai prediksi VaR-Tipe 1 pada tingkat kepercayaan 99% memiliki nilai prediksi yang paling bagus untuk mengantisipasi nilai risiko kerugian pada VaR-Tipe 1.

Apabila dilihat dari perbandingan nilai VaR pada *return* indeks LQ45, maka VaR-EGARCH (1,1) menjadi metode prediksi VaR yang baik dibandingkan dengan VaR-Tipe 1. Karena pada tingkat kepercayaan 99% VaR-EGARCH (1,1) mampu mengantisipasi risiko kerugian pada *return* indeks LQ45 dengan baik tanpa ada kegagalan antisipasi risiko.

4.7. VaR *Violation*

Tahapan akhir dari Tugas Akhir ini adalah validasi nilai VaR dari VaR-EGARCH (1,1) dan VaR-Tipe 1 pada tingkat kepercayaan (1 − �). Metode yang digunakan untuk validasi nilai VaR adalah metode VaR *Violation.* Pada VaR *Violation* dicari kesalahan risiko yang tidak dapat diantisipasi oleh prediksi VaR-EGARCH (1,1) dan VaR-Tipe 1. Hasil dari VaR *Violation* dan *mean error* dapat menentukan metode terbaik yang digunakan pada prediksi VaR. Berikut adalah hasil nilai VaR *Violation* dan *mean error* pada kedua metode VaR:

Tabel 4.4 Hasil VaR Violation dan Mean Error

Trading Days	681			
�	10%	5%	1%	
Expected no. of violations	68	34	6	*Mean Error*
VaR-EGARCH (1,1)	2	1	0	105
VaR-Tipe 1	42	22	10	42

Pada Tabel 4.4, dapat dilihat bahwa VaR-Tipe 1 memiliki *mean error* sebesar 42, sedangkan VaR-EGARCH (1,1) memiliki *mean error* sebesar 105. Perbandingan jumlah nilai *mean error* pada kedua metode tersebut dapat disimpulkan, bahwa metode VaR-Tipe 1 adalah metode VaR terbaik apabila ditinjau dari efisiensi jumlah dana yang disiapkan untuk mengantisipasi kerugian. Contoh jika investor berinvestasi dengan jumlah investasi Rp. 100.000.000,00. Pada VaR-Tipe 1 dengan tingkat kepercayaan 95% investor harus menyediakan dana sebesar Rp. 102.406.394,00, sedangkan VaR-EGARCH (1,1) menyediakan dana sebesar Rp. 107.716.987,00. Dana yang disiapkan VaR-Tipe 1 lebih sedikit dibandingkan dengan VaR-EGARCH (1,1), karena nilai prediksi VaR-Tipe 1 lebih rendah daripada nilai prediksi VaR-EGARCH (1,1).

Pada VaR-EGARCH (1,1) memiliki keunggulan dapat mengatasi risiko lebih aman dibandingkan dengan VaR-Tipe 1. Namun, VaR-EGARCH (1,1) tidak lebih efisien dibandingkan dengan VaR-Tipe 1, karena cadangan dana yang dipersiapkan terlalu besar. Pada Tugas Akhir ini prediksi VaR menggunakan indeks LQ45. Prediksi VaR indeks LQ45 ini dapat memberikan gambaran secara umum risiko yang mungkin terjadi dari saham-saham yang termasuk dalam kumpulan saham indeks LQ45. Jika ingin mengetahui prediksi VaR pada salah satu perusahaan pada indeks LQ45, maka dapat menggunakan harga saham pada perusahaan tersebut agar hasilnya lebih presisi.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari Tugas Akhir ini adalah:

1. Volatilitas pada indeks LQ45 dapat diperoleh melalui model volatilitas EGARCH (1,1). Model tersebut memiliki empat parameter yang dapat memenuhi model, yaitu �$_0$ bernilai -4.95857, �$_1$ bernilai 0.06579, �$_2$ bernilai 0.03620 dan �$_1$ bernilai 0.21021.
2. Prediksi nilai VaR-EGARCH (1,1) memiliki nilai VaR yang lebih besar daripada VaR-Tipe 1, karena prediksi VaR-EGARCH (1,1) lebih aman dalam mengantisipasi risiko.
3. Hasil validasi dengan VaR *Violation* menyatakan VaR-Tipe 1 lebih efisien dalam menyediakan dana untuk mengantisipasi risiko kerugian daripada VaR-EGARCH (1,1). Namun, VaR-EGARCH (1,1) lebih aman dalam mengantisipasi risiko dibandingkan VaR-Tipe 1.

5.2. Saran

Saran yang bisa penulis berikan setelah pengerjaan Tugas Akhir ini adalah:

1. Apabila ingin mengetahui prediksi VaR yang lebih presisi dari suatu perusahaan dapat menggunakan harga saham perusahaan tersebut.
2. Gunakan dua jenis atau lebih aset saham yang berbeda, supaya dapat mengetahui hasil dan karakteristik dari metode VaR dengan data yang berbeda.
3. Model volatilitas dapat menggunakan model volatilitas lain untuk mencari prediksi nilai VaR yang terbaik.

Referensi

[1] Darmadji, Tjiptono; Hendy, M, Fakhruddin. (2001). Pasar Modal di Indonesia. Indonesia. Salemba Empat. hal 8.

[2] Haryono; Akbar, M. Sjahid; Zuhara Ummi. (2012). “Penggunaan Metode VaR (*Value at Risk)* dalam Analisis Risiko Investasi Saham dengan Pendekatan *Generalized Pareto Distribution (GPD)*”. Jurnal Sains dan Seni ITS,(1),(1). ISSN: 2301-928X

[3] Engle, R.F dan Patton, A.J. (2001). “*What good is avolatility model?. Quantitative Finance*”. Vol I, 237-245.

[4] Julianto, Puspita Entit, Agustina Fitriani. ”Penerapan Model EGARCH-M Dalam Peramalan Nilai Harga Saham dan Pengukuran *Value-at-Risk* (VaR)”. Universitas Pendidikan Indonesia.

[5] Aurora, Vanessa. (2013). Volatilitas Asimetrik dan Model Volatilitas Stokastik.Tesis.Institut Teknologi Bandung.

[6] Rohmawati, Aniq Atiqi. (2014). Eksplorasi Hubungan Value-at-Risk dan Conditional Value-at-Risk.Tesis. Institut Teknologi Bandung.

[7] Danielsson, J. (2011). *Financial Risk Forecasting The Theory and Practice of Forecasting Market Risk with Implementation in R and Matlab*.

[8] Saputra, RWF. (2013). Fungsi (Dis)utilitas dan Efek Variabilitas Parameter Pada Selang Prediksi. Tesis.Institut Teknologi Bandung.

[9] Benninga, S., dan Wiener, Z. (1998). “*Value-at-Risk* (VaR)”. *Mathematica in Education and Research*. Vol. 7 No. 4.

[10] McNeil, A., Frey,R., Embrecht, P. (2005). *Quantitative Risk Management: Concept, Technique, and Tools*. Pricenton University Press, Pricenton

[11] Tsay, R.S. (2005). *Analysis of Financial Time Series, Second Edition*. John Wiley & Sons, Inc.