

Analisis *Value at Risk* (VaR) dengan Pendekatan *Exponentially Weighted Moving Average* (EWMA) dan *Robust Exponentially Weighted Moving Average* (Robust EWMA): Studi Kasus pada Saham PT Bank Rakyat Indonesia (Persero) Tbk

Marta Afifah

Program Studi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada, Sekip Utara No.21, Bulaksumur, Yogyakarta, 55281, Indonesia martaafifah@mail.ugm.ac.id

Abstrak

Investasi adalah suatu kegiatan yang menempatkan sejumlah dana yang dimiliki pada saat ini dengan tujuan akan memperoleh keuntungan pada masa mendatang. Proses investasi menunjukkan bagaimana seharusnya seorang investor mengambil keputusan investasi dengan mempertimbangkan berbagai aspek untuk mengurangi risiko ketidakberhasilan dalam investasi. Penelitian ini bertujuan membandingkan metode Variance-Covariance, *Exponentially Weighted Moving Average* (EWMA), dan Robust EWMA dalam mengestimasi kerugian maksimal (*Value at Risk*) selama 1 hari dengan eksposur awal Rp1 miliar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai VaR meningkat seiring dengan kenaikan interval konfidensi, yang konsisten dengan teori risiko. Pada tingkat kepercayaan 95%, kemungkinan kerugian yang akan melebihi batas hanya 5%, dengan nilai masing-masing sebagai berikut: Rp28.770.000,00 (Variance-Covariance), Rp28.038.000,00 (EWMA), dan Rp25.812.000,00 (Robust EWMA). Perbedaan metode yang digunakan untuk perhitungan VaR akan menghasilkan nilai VaR yang berbeda pula sehingga penting untuk menentukan metode yang sesuai dengan karakteristik data. Hasil *backtesting* menggunakan *Kupiec Test* menunjukkan bahwa ketiga metode valid digunakan untuk mengukur potensi kerugian saham BBRI.JK.

Keywords: EWMA, *return*, risiko, robust EWMA, VaR, *Variance-Covariance*.

1. PENDAHULUAN

Investasi adalah kegiatan menempatkan sejumlah dana pada saat ini dengan tujuan memperoleh keuntungan di masa mendatang. Proses investasi mencerminkan bagaimana investor seharusnya mengambil keputusan dengan mempertimbangkan berbagai aspek untuk meminimalkan risiko kegagalan investasi. Salah satu pendekatan untuk mengukur risiko adalah *Value at Risk* (VaR), yang didefinisikan sebagai estimasi kerugian maksimal dalam kondisi pasar normal pada periode waktu tertentu dengan tingkat kepercayaan tertentu (Rosadi, 2012).

Data runtun waktu finansial khususnya *return* indeks harga saham biasanya memiliki kecenderungan berubah secara cepat dari waktu ke waktu dan bersifat fluktuatif sehingga varian residualnya tidak konstan atau terjadi heteroskedastisitas. Selain memiliki varian yang tidak konstan, data finansial umumnya menunjukkan fenomena adanya perbedaan pengaruh antara nilai error positif dan error

negatif terhadap volatilitas data yang disebut efek asimetris. Untuk mengatasi permasalahan tersebut terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk menghitung *Value at Risk* pada kondisi pasar modal Indonesia yang bersifat heteroskedastisitas dan asimetris, diantaranya yaitu *Exponentially Weighted Moving Average* (EWMA) dan *Robust Exponentially Weighted Moving Average* (Robust EWMA). Robust EWMA adalah EWMA alternatif yang kuat (robust) pada kondisi *return* tidak normal.

Pada penelitian ini, akan dilakukan analisis risiko saham PT Bank Rakyat Indonesia (Persero) Tbk menggunakan VaR dengan pendekatan Variance-Covariance, EWMA, dan Robust EWMA. Analisis ini bertujuan untuk melihat perbedaan metode-metode tersebut dalam estimasi kerugian maksimal pada periode waktu 1 hari dengan eksposur investasi awal sebesar 1 miliar rupiah. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi panduan bagi investor dalam membuat keputusan investasi yang tepat dan

meminimalkan risiko kerugian pada saham PT Bank Rakyat Indonesia (Persero) Tbk.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Value at Risk (VaR)

Value at Risk (VaR) merupakan suatu metode pengukuran risiko secara statistik untuk memperkirakan kerugian maksimum yang mungkin terjadi atas suatu portofolio pada waktu tertentu dengan tingkat kepercayaan tertentu (Jorion, 2007). Terdapat dua macam VaR, yaitu VaR absolut dan VaR relatif (Jorion, 2002). VaR absolut adalah kerugian (dalam satuan uang) relatif terhadap nol, atau tanpa acuan terhadap mean dinyatakan dengan:

$$VaR_{absolut} = S_0 - S^* = -S_0 R^* \quad (1),$$

sedangkan VaR relatif untuk distribusi umum didefinisikan sebagai kerugian relatif terhadap mean, sebagai berikut:

$$VaR_{relatif} = -S_0(R^* - \mu) \quad (2).$$

dengan

- S_0 : dana investasi awal aset
 R^* : nilai kuantil ke- α dari distribusi *return*
 μ : rata-rata data *return*

2.2 Uji Asumsi

2.2.1. Uji Stasioneritas

Stasioneritas adalah kondisi di mana data memiliki rata-rata dan varian yang konstan sepanjang waktu. Data stasioner juga tidak mengandung tren, bersifat acak, serta tidak memiliki fluktuasi periodik atau musiman. Data runtun waktu yang tidak stasioner dapat menghasilkan regresi palsu (*spurious regression*), sehingga analisis ekonometrika membutuhkan data yang stasioner untuk memastikan validitas model (Muis, M. A & Safa, I. A., 2019).

Uji stasioneritas bertujuan untuk memastikan bahwa data bebas dari autokorelasi dan bersifat acak.

Dengan data yang stasioner, hasil analisis akan lebih reliabel dan tidak bias akibat pola tertentu dalam data. Uji ADF adalah metode populer untuk menguji stasioneritas, diperkenalkan oleh David Dickey dan Wayne Fuller. Dengan tahapan uji sebagai berikut:

a. Hipotesis

H_0 : Data *return* saham tidak stasioner

H_1 : Data *return* saham stasioner

b. Daerah Kritik

H_0 ditolak apabila nilai ADF Test < T-tabel atau p-value < α .

2.2.2. Uji Normalitas

Sebelum melakukan perhitungan VaR, langkah pertama adalah menguji asumsi kenormalan data *return* saham. Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi sejauh mana distribusi data mengikuti distribusi normal, yang penting untuk menentukan apakah perlu ada penyesuaian pada tingkat keyakinan yang digunakan (Muis, M. A & Safa, I. A., 2019). Hipotesis yang diuji adalah:

H_0 : Data *return* saham mengikuti distribusi normal

H_1 : Data *return* saham tidak mengikuti distribusi normal

Menurut Mutaqin dan Hakim (2006), uji statistik yang digunakan untuk menguji normalitas data adalah nilai Jarque-Bera. Nilai Jarque-Bera dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$JB = n \left(\left(\frac{S^2}{6} \right) + \left(\frac{(K-3)^2}{24} \right) \right) \quad (3)$$

dengan,

JB : nilai Jarque-Berra

n : jumlah data

S : nilai *skewness*

K : nilai kurtosis

H_0 ditolak apabila nilai $JB > Chi-Square (\chi^2_{\alpha,2})$ atau nilai p-value < α , yang menunjukkan bahwa data tidak berdistribusi normal.

2.2.3. Uji Heteroskedastisitas

Uji asumsi heteroskedastisitas berkaitan dengan varians error data, apakah konstan atau tidak, yang penting dalam perhitungan VaR. Menurut Gujarati (2006), jika varian residual berubah-ubah antar observasi, maka residual tersebut tidak konstan dan dianggap bersifat heteroskedastis. Dalam penelitian, uji heteroskedastisitas dilakukan menggunakan Uji White (*White's General Heteroscedasticity Test*), dengan hipotesis:

H_0 : Data *return* saham tidak heteroskedastis (variens konstan)

H_1 : Data *return* saham heteroskedastis (variens tidak konstan)

Nilai probabilitas F-statistik kemudian dibandingkan dengan nilai kritis pada level signifikansi 0,05. Jika nilai perhitungan lebih kecil dari nilai kritis yang ditentukan, maka data dianggap bersifat heteroskedastik.

2.3 Metode Variance-Covariance

Metode Variance-Covariance merupakan metode parametrik yang dapat digunakan untuk menghitung nilai VaR dari suatu aset saham. Oleh karena itu, langkah awal yang harus dilakukan adalah membawa bentuk distribusi umum $f(r)$ ke dalam bentuk distribusi normal standar $\Phi(z)$, dengan mean 0 dan standar deviasi 1 (Jorion, 2002). Jika dipilih tingkat konfidensi $(1-\alpha)$, maka $Z_{1-\alpha}$ didefinisikan sebagai kuantil distribusi normal standar sedemikian rupa sehingga α dari densitas peluang berada di sisi kiri dan $(1-\alpha)$ berada di sisi kanan. Maka, VaR dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$VaR = (-Z_{1-\alpha})\sigma S_0 \quad (4)$$

dengan,

S_0 : dana investasi awal aset

σ : volatilitas *return* saham

Jika data *return* saham tidak berdistribusi normal, maka digunakan α' , yaitu hasil koreksi atas nilai $Z_{1-\alpha}$ dengan memperhitungkan nilai *skewness* distribusi

(ζ). Rumus untuk menghitung α' dapat menggunakan pendekatan *Cornish-Fisher Expansion*:

$$\alpha' = (-Z_{1-\alpha}) - \frac{1}{6}\zeta[(-Z_{1-\alpha})^2 - 1] \quad (5)$$

sehingga,

$$VaR = \alpha'\sigma S_0 \quad (6)$$

dengan,

α' : nilai Z yang telah dikoreksi

ζ : nilai *skewness* dari distribusi *return*

2.4 Exponentially Weighted Moving Average (EWMA)

EWMA (*Exponentially Weighted Moving Average*) adalah salah satu metode yang digunakan untuk menangani volatilitas data yang tidak konstan atau bersifat heteroskedastis (Morgan, 1996). Metode ini memberikan bobot pada perubahan harga di setiap periode menggunakan faktor peluruhan (λ). Parameter λ merepresentasikan skala bobot antara pengamatan terbaru dan pengamatan sebelumnya, dengan nilai $0 < \lambda < 1$. Semakin tinggi nilai λ , semakin besar bobot yang diberikan pada data masa lalu sehingga menghasilkan data deret waktu yang lebih halus. Persamaan EWMA dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\sigma_t^2 = \lambda\sigma_{t-1}^2 + (1 - \lambda)R_{t-1}^2 \quad (7)$$

dengan,

σ_t^2 : varians *return* saham pada periode t

σ_{t-1}^2 : varians *return* saham pada periode t-1

R_{t-1} : *return* saham pada periode t-1

λ : parameter peluruhan (*decay factor*).

Morgan (1996) menyarankan memilih λ sebesar 0,94 untuk data harian dan λ sebesar 0,97 untuk data bulanan.

2.5 Robust Exponentially Weighted Moving Average (Robust EWMA)

Menurut Guermat dan Harris (2001), metode EWMA standar dapat diterapkan jika distribusi bersyarat dari *return* adalah normal. Namun, dalam praktiknya, distribusi *return* harian sering kali tidak mengikuti distribusi

normal melainkan memiliki kurtosis berlebih (*excess kurtosis*). Oleh karena itu, Guermat dan Harris mengusulkan metode robust EWMA yang tidak mengharuskan data keuangan mengikuti distribusi normal.

Estimator varians dalam metode robust EWMA didasarkan pada estimator varians dari metode maksimum *likelihood* untuk distribusi Laplace atau *double exponential*. Estimator varians robust EWMA dihitung dengan mengambil rata-rata tertimbang secara eksponensial dari *return* absolut pada periode sebelumnya. Estimasi tersebut dinyatakan dalam bentuk persamaan matematis berikut:

$$\sigma_t^2 = [\lambda\sigma_{t-1} + (1 - \lambda)\sqrt{2}|R_{t-1}|]^2 \quad (8)$$

dengan,

- σ_t^2 : varians *return* saham periode t
- σ_{t-1} : volatilitas *return* saham periode t-1
- R_{t-1} : *return* saham pada periode t-1
- λ : parameter peluruhan (*decay factor*).

2.6 Volatility Updating Hull and White

Diasumsikan bahwa varian dari setiap variabel pasar (*return*) selama periode yang dicakup oleh data historis dapat dimodelkan secara efektif menggunakan pendekatan EWMA atau robust EWMA. *Updating* volatilitas dilakukan dengan mengganti setiap *return* $R_{j,t}$ dengan *return* yang diperbaharui $R_{j,t}^*$, sesuai persamaan berikut:

$$R_{j,t}^* = \frac{\sigma_{j,T} R_{j,t}}{\sigma_{j,t}}, j = 1, 2, \dots, N; t = 1, 2, \dots, T \quad (9)$$

dengan,

- $R_{j,t}^*$: *return* aset j yang diperbarui pada hari ke-t
- $R_{j,t}$: *return* aset j pada hari ke-t ($t < T$)
- $\sigma_{j,t}$: estimasi volatilitas dengan EWMA untuk *return* aset j pada hari t
- $\sigma_{j,T}$: estimasi volatilitas terbaru dengan EWMA.

2.7 Backtesting

Untuk melihat performa dari VaR dapat dilakukan evaluasi dengan melakukan *backtesting*. Pada penelitian ini, dilakukan *backtesting* menggunakan *Kupiec Test* dengan

pendekatan *loglikelihood ratio*. Langkah-langkah yang dilakukan untuk melakukan *backtesting* adalah:

1. Menghitung VaR menggunakan metode variance-covariance, EWMA, dan Robust EWMA dengan interval konfidensi tertentu.
2. Membandingkan nilai kerugian dengan nilai VaR, jika nilai kerugian lebih besar dari nilai VaR, maka dihitung sebagai *failure* (N).
3. Menghitung jumlah *failure*.
4. Menghitung *loglikelihood ratio* (LR) menggunakan persamaan:

$$LR = -2 \ln[(1 - p)^{T-N} p^N] + 2 \ln \left[\left(1 - \frac{N}{T}\right)^{T-N} \left(\frac{N}{T}\right)^N \right] \quad (10)$$

dengan,

N = jumlah *failure*

T = jumlah data observasi

p = 1 – interval konfidensi

5. Melakukan uji hipotesis dengan H_0 : VaR valid digunakan untuk mengukur potensi kerugian dan H_1 : VaR tidak valid digunakan untuk mengukur potensi kerugian. H_0 ditolak apabila nilai $LR > \chi_{1-\alpha,1}^2$.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Deskripsi Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data saham PT Bank Rakyat Indonesia (Persero) Tbk (BBRI.JK) pada 1 Juni 2024 – 1 Desember 2024 (6 bulan). Data saham diambil dari Yahoo Finance dengan jumlah data sebanyak 126 data. Dalam perhitungan nilai *return*, data yang digunakan adalah data harga penutupan (*close price*).

3.2 Tahapan Analisis

1. Menghitung nilai *return* saham, pada penelitian ini digunakan perhitungan *log return*, yaitu $r_t = \ln \left(\frac{S_t}{S_{t-1}} \right)$.
2. Melakukan uji stasioneritas *return* saham. Apabila tidak stasioner, maka dilakukan *differencing*.
3. Menguji normalitas *return* saham. Jika data berdistribusi normal, perhitungan VaR menggunakan metode variance-

covariance, sedangkan ketika data tidak berdistribusi normal, perhitungan VaR menggunakan metode variance-covariance dengan nilai Z yang telah dikoreksi.

- Melakukan uji heteroskedastisitas *return* saham. Apabila *return* tidak bersifat hesterokedastis, maka volatilitas dihitung

dengan rumus
$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R - \bar{R})^2}{n-1}},$$

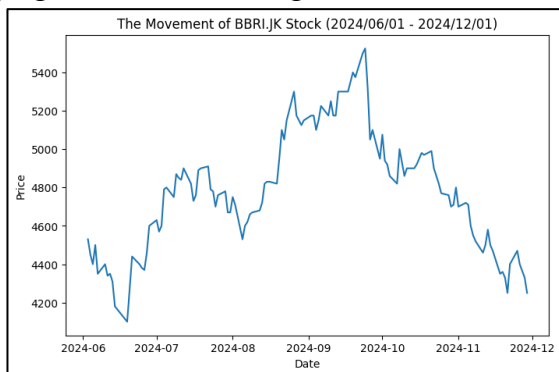
sedangkan ketika *return* bersifat heteroskedastis, perhitungan volatilitas menggunakan pendekatan EWMA dan robust EWMA, dengan volatilitas harian pertama sama dengan volatilitas *return* saham.

- Menghitung *return* baru dengan prosedur *volatility updating Hull and White*.
- Melakukan *backtesting* dari nilai VaR yang diperoleh dengan *Kupiec Test*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

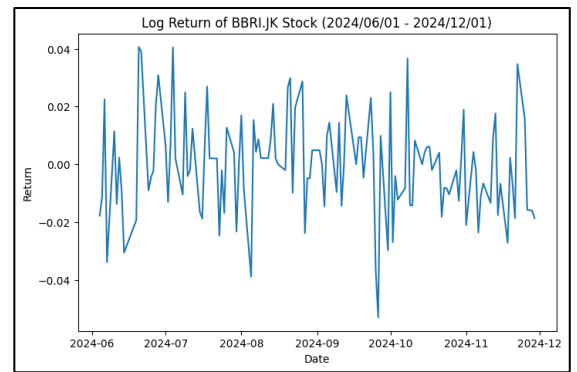
4.1 Analisis Deskriptif

Dari 126 data saham BBRI.JK yang diperoleh pada tanggal 1 Juni 2024 – 1 Desember 2024, dihasilkan suatu plot pergerakan saham sebagai berikut:



Gambar 1. Plot Pergerakan Harga Saham

Berdasarkan Gambar 1, dapat diketahui bahwa harga penutupan saham PT Bank Rakyat Indonesia (Persero) Tbk cenderung fluktuatif dari periode awal hingga akhir pengamatan. Selain itu, terlihat bahwa terjadi tren penurunan harga saham penutupan dari bulan Oktober 2024 hingga Desember 2024. Dari data harga saham tersebut, dihitung nilai *log return* saham untuk per harinya, diperoleh plot *return* saham sebagai berikut:



Gambar 2. Plot Data *Return* Saham

Gambar 2 menunjukkan bahwa *return* saham berfluktuasi dari 1 Juni 2024 – 1 Desember 2024 dengan nilai rata-rata sebesar -0,000510 dan standar deviasi 0,017562. Nilai terendah dari *return* adalah -0,053024 dan nilai tertingginya adalah 0,040627.

4.2 Uji Asumsi

Sebelum dilakukan perhitungan VaR dilakukan uji asumsi terlebih dahulu. Pertama, dilakukan uji stasioneritas data dengan ADF Test dengan tingkat signifikansi 5%, diperoleh hasil sebagai berikut:

ADF Test	p-value	T-tabel
-11,0560	$4,9438 \times 10^{-20}$	-2,8851

Tabel 1. Uji Stasioneritas Data *Return* Saham

Diperoleh bahwa nilai $p\text{-value} = 4,9438 \times 10^{-20} < 0,05$ atau $ADF \text{ Test} = -11,0560 < T\text{-tabel} = -2,8851$ sehingga H_0 ditolak. Artinya, data *return* saham sudah stasioner sehingga tidak perlu dilakukan *differencing*.

Kedua, akan dilakukan uji asumsi normalitas dengan uji Jaque-Berra dengan tingkat signifikansi 5%, diperoleh hasil sebagai berikut:

JB	p-value
0,1585	0,9238

Tabel 2. Uji Normalitas Data *Return* Saham

Diperoleh bahwa nilai $p\text{-value} = 0,9238 > 0,05$ sehingga H_0 tidak ditolak. Artinya, *return* saham mengikuti distribusi normal sehingga perhitungan VaR akan menggunakan metode variance-covariance berdasarkan persamaan (4).

Ketiga, akan dilakukan uji asumsi heteroskedastisitas dengan uji White dengan

tingkat signifikansi 5%, diperoleh hasil sebagai berikut:

Prob(F-Statistik)	Prob Critical Value
0,0035	0,05

Tabel 3. Uji Heteroskedastisitas Data *Return* Saham

Diperoleh bahwa nilai probabilitas F-Statistik = 0,0035 < 0,05 sehingga H_0 ditolak. Artinya, *return* saham bersifat heteroskedastis atau variansnya tidak konstan. Oleh karena itu, perhitungan volatilitas akan menggunakan pendekatan EWMA dan Robust EWMA, dengan $\lambda = 0,94$.

4.3 Perhitungan VaR

Dilakukan perhitungan VaR dengan metode Variance-Covariance sederhana, dan juga dengan pendekatan EWMA dan Robust EWMA. Dengan mengasumsikan bahwa nilai eksposur awal investasi sebesar 1 miliar, risiko kerugian yang akan terjadi esok hari dengan interval konfidensi tertentu adalah:

Metode	Interval Konfidensi	VaR (miliar rupiah)
Variance-Covariance	90%	0,022416
	95%	0,028770
	99%	0,040690
EWMA	90%	0,021845
	95%	0,028038
	99%	0,039655
Robust EWMA	90%	0,020111
	95%	0,025812
	99%	0,036506

Tabel 4. Perhitungan VaR

Berdasarkan Tabel 4, dengan mengambil tingkat kepercayaan 95%, kemungkinan kerugian yang akan terjadi esok hari hanya 5% yang akan melebihi Rp28.770.000,00, Rp28.038.000,00, dan Rp25.812.000,00 secara berturut-turut berdasarkan metode Variance-Covariance, EWMA, dan Robust EWMA, dengan nilai eksposur awal sebesar Rp1.000.000.000,00. Untuk tingkat kepercayaan yang lain, penjelasan yang sama dengan di atas juga berlaku.

Secara umum, nilai VaR yang dihasilkan oleh metode Variance Covariance lebih tinggi dibanding dua metode yang lain pada tingkat

kepercayaan yang sama. Hal ini mengindikasikan bahwa metode ini cenderung memberikan hasil yang lebih konservatif, yang mungkin disebabkan oleh asumsi varian yang tetap dan tidak mengakomodasi perubahan volatilitas. Perbedaan ini menggambarkan bahwa pemilihan metode sangat memengaruhi hasil estimasi risiko.

4.4 Backtesting

Selanjutnya, akan dilakukan *backtesting* pada nilai VaR yang diperoleh untuk melihat apakah nilai tersebut valid digunakan untuk mengukur potensi kerugian atau tidak. Dilakukan *backtesting* menggunakan *Kupiec Test* dengan pendekatan *loglikelihood ratio*, dengan tingkat signifikansi 5%, diperoleh hasil perhitungan sebagai berikut:

Metode	Interval Konfidensi	Failure	LR	$\chi^2_{1-\alpha,1}$
Variance-Covariance	90%	12	0,022491	2,705543
	95%	6	0,010662	3,841459
	99%	1	0,054218	6,634897
EWMA	90%	12	0,022491	2,705543
	95%	6	0,010662	3,841459
	99%	1	0,054218	6,634897
Robust EWMA	90%	13	0,021964	2,705543
	95%	8	0,475678	3,841459
	99%	3	1,777677	6,634897

Tabel 5. Hasil Perhitungan *Loglikelihood Ratio* VaR

Berdasarkan Tabel 5, diperoleh bahwa nilai *loglikelihood ratio* pada ketiga metode kurang dari $\chi^2_{1-\alpha,1}$. Hal ini menunjukkan bahwa perhitungan VaR dapat diterima atau valid digunakan untuk mengukur potensi kerugian saham BBRI.JK.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada tingkat kepercayaan 95%, kemungkinan kerugian yang akan melebihi batas hanya 5%, dengan nilai masing-masing sebagai berikut: Rp28.770.000,00 (Variance-Covariance), Rp28.038.000,00 (EWMA), dan Rp25.812.000,00 (Robust EWMA). Perhitungan ini didasarkan pada nilai eksposur awal sebesar Rp1.000.000.000,00.
2. Nilai VaR akan meningkat seiring dengan meningkatnya tingkat interval konfidensi. Hal

ini mencerminkan bahwa tingkat kepercayaan yang lebih tinggi mencerminkan risiko yang lebih besar.

3. Perbedaan metode yang digunakan untuk perhitungan VaR akan menghasilkan nilai VaR yang berbeda pula sehingga penting untuk menentukan metode yang sesuai dengan karakteristik data.
4. Dari hasil *backtesting* menggunakan *Kupiec Test* dengan tingkat signifikansi 5%, diperoleh bahwa nilai VaR yang diperoleh dapat diterima atau valid valid digunakan untuk mengukur potensi kerugian saham BBRI.JK.

DAFTAR PUSTAKA

- Bukit, G. C., Hendratno. (2021). Analisis Backtesting dan Value at Risk (VaR) dengan Metode Simulasi Historis dalam Subsektor Bank (Studi Kasus pada Saham PT. Bank Rakyat Indonesia Tbk dan PT. Bank CIMB Niaga Tbk). *e-Proceeding of Management*, 8(2), 772–777.
- Guermat, C., dan Harris, R.D.F. (2001). Robust Conditional Variance Estimation and Value At-Risk. *Journal of Risk*, 4, 25-41.
- Gujarati, D.N. (2006). Dasar-Dasar Ekonometrika Jilid 2. Diterjemahkan oleh : Julius A. Mulyadi dan Yelvi Andri. Jakarta : Erlangga. Terjemahan dari : Essentials of Econometrics.
- Hanum, K., Tarno, & Sudarno. (2017). Optimasi Value at Risk Reksa Dana Menggunakan Metode Robust Exponentially Weighted Moving Average (Robust EWMA) dengan Prosedur Volatility Updating Hull and White. *Jurnal Gaussian*, 6(3), 375-384.
- Jorion, P. (2002). *Value at Risk : The New Benchmark for Managing Financial Risk Second Edition*. New York : The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Jorion, P. (2007). *Value at Risk: The New Benchmark in Controlling Market Risk, Third Edition*. In The Mc Graw-Hill Companies, New York.
- Morgan, J.P. (1996). *RiskMetrics™ Technical Document, Fourth Edition*. New York: Morgan Guaranty Trust Company.
- Muis, M. A. & Safa, I. A. (2019) Analisis Value at Risk dengan Model Pendekatan Exponentially Weighted Moving Average (EWMA) pada Saham yang Terdaftar dalam Jakarta Islamic Index Periode 2016-2017. *Jurnal Akuntansi dan Pasar Modal*, 2(2), 12-28.
- Rosadi, D. (2012). *Diktat Kuliah Manajemen Risiko Kuantitatif*.
- Wulandari, H. D., Mustafid, & Yasin, H. (2018). Penerapan Metode Exponentially Weighted Moving Average (EWMA) dalam Pengukuran Risiko Investasi Saham Portofolio untuk Volatilitas Heterogen. *Jurnal Gaussian*, 7(3), 248-259.