

**ESTIMASI *VALUE AT RISK* METODE SIMULASI *MONTE CARLO*  
DENGAN COPULA *ALI-MIKHAIL-HAQ***

(Studi Kasus : Saham yang tergabung dalam *Jakarta Islamic Index*

Periode 25 September 2016 - 25 September 2021)

**SKRIPSI**

Untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat Sarjana S-1

Program Studi Matematika



**Diajukan Oleh**

**Muhammad Alfian Saputra**

**(17106010047)**

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

**UIN SUNAN KALIJAGA**

**YOGYAKARTA**

**2022**



## PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-730/Un.02/DST/PP.00.9/04/2022

Tugas Akhir dengan judul : ESTIMASI VALUE AT RISK METODE SIMULASI MONTE CARLO DENGAN COPULA ALI-MIKHAIL-HAQ

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : MUHAMMAD ALFIAN SAPUTRA  
Nomor Induk Mahasiswa : 17106010047  
Telah diujikan pada : Rabu, 30 Maret 2022  
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

### TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketan Sidang  
Mohammad Farhan Quadratillah, S.Si., M.Si  
SIGNED

Valid ID: 62466c58d896



Penguji I  
Dr. Epha Diana Supandi, S.Si., M.Sc.  
SIGNED

Valid ID: 62478acde1e2



Penguji II  
Muhamad Zaki Riyanto, S.Si., M.Sc.  
SIGNED

Valid ID: 624c926802e9



Yogyakarta, 30 Maret 2022  
UIN Sunan Kalijaga  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
Dr. Dra. Hj. Khumil Wardani, M.Si.  
SIGNED

Valid ID: 625067ac5953



## **SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR**

Hal : Persetujuan Skripsi / Tugas Akhir

Lamp :

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

*Assalamu'alaikum wr. wb.*

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Muhammad Alfian Saputra  
NIM : 17106010047  
Judul Skripsi : ESTIMASI *VALUE AT RISK* METODE SIMULASI *MONTE CARLO* DENGAN COPULA  
*ALI-MIKHAIL-HAQ*

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Matematika.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

*Wassalamu'alaikum wr. wb.*

Yogyakarta, 15 Maret 2022  
Pembimbing

Mohammad Fathian Qudratullah, S.Si., M.Si  
NIP: 19790922 200801 1 011

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Alfian Saputra  
NIM : 1716010047  
Program Studi : Matematika  
Fakultas : Sains dan Teknologi

Dengan ini menyatakan bahwa isi skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu Perguruan Tinggi dan sesungguhnya skripsi ini merupakan hasil pekerjaan penulis sendiri sepanjang pengetahuan penulis, bukan duplikasi atau saduran dari karya orang lain kecuali bagian tertentu yang penulis ambil sebagai bahan acuan. Apabila terbukti pernyataan ini tidak benar, sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

Yogyakarta, 17 Maret 2022

Yang Menyatakan

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KAL  
YOGYAKA

  
Muhammad Alfian Saputra

## MOTTO

“Orang boleh salah, agar dengan demikian ia berpeluang menemukan kebenaran dengan proses autentiknya sendiri”

(Emha Ainun Nadjib)

“Perubahan akan terjadi jika kita terus berlatih dan berusaha untuk menjadi kuat”

(Monkey D Luffy)



STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Dengan mengucapkan Alhamdulillah

Skripsi ini saya persembahkan kepada :

Kedua orang tua serta adik tercinta

Yang selalu mendoakan, memberi dukungan dan semangat

Demi kesuksesan penulis.

Teman-teman matematika Angkatan 2017.

Almamater Program Studi Matematika.

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta



STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang dengan judul “ESTIMASI *VALUE AT RISK* METODE SIMULASI *MONTE CARLO* DENGAN COPULA *ALI-MIKHAIL-HAQ* (Studi Kasus : Saham yang Tergabung dalam *Jakarta Islamic Index* Periode 25 September 2016 - 25 September 2021)” dapat terselesaikan guna memenuhi syarat untuk memperoleh derajat kesarjanaan di Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Sholawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi Agung Muhammad SAW, yang kita nantikan safa“atnya di yaumul kiamah nanti. Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak dapat terselesaikan tanpa motivasi, dukungan, bantuan, bimbingan dan arahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan kerendahan hati izinkan penulis mengucapkan rasa terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Phil Al Makin, MA., selaku rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Dr. Khurul Wardati, M.Si., selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Muchammad Abrori, S.Si., M.Kom., selaku Ketua Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
4. Muhamad Zaki Riyanto, S.Si., M.Sc., dan Pipit Pratiwi Rahayu, S.Si., M.Sc., selaku Dosen Penasehat Akademik mahasiswa matematika angkatan 2017 UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
5. Mohammad Farhan Qudratullah, S.Si., M.Si., selaku dosen pembimbing skripsi yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran serta selalu mengarahkan penulis dengan sabar dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Bapak/Ibu Dosen serta Staf Fakultas Sains dan Teknologi yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan studi di UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
7. Bapak Haryadi dan Ibu Sutarni selaku orang tua penulis, terima kasih atas doa yang dipanjatkan, kasih sayang serta bimbingan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

8. Muhammad Helmi Darmawan Selaku adik penulis yang telah memberikan motivasi, dukungan dan doa terbaik untuk penulis.
9. Sahabat-sahabat seperjuangan saya, Fajar Wahyu Nurcholis, Aji Bayu Saputra, Dharfan Ihlasul Iman, Aji Ichanul Fiqri, Faizal Rezky Pamungkas, Muh Misbahul Aziz, Mutia Husnun Nursiha, Diaz Mayangkara, Afif Seftia Fauzi, Taqqaruf Muh Rizky.
10. Seluruh teman mahasiswa matematika angkatan 2017, terima kasih atas kebersamaan dan momen-momen yang ada selama perkuliahan di UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
11. Teman-teman Grup Mutlak, Tambakboyo dan Sengkuni v1.7 yang senantiasa berbagi kebahagiaan dan hiburan.
12. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu atas bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kesalahan dan jauh dari kata sempurna, oleh sebab itu kritik dan saran sangat penulis harapkan demi kebaikan skripsi ini. Penulis juga berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan dapat memberikan atau menambah referensi yang baru bagi pembaca.

Yogyakarta, 11 Maret 2022

Penulis,

Muhammad Alfian Saputra



## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
MOTTO .....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR SIMBOL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
INTISARI.....	xix
ABSTRACT.....	xx
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Tinjauan Pustaka .....	5
1.7 Sistematika Penulisan.....	7
BAB II LANDASAN TEORI.....	9
2.1 Investasi.....	9

2.2	Saham .....	9
2.3	<i>Jakarta Islamic Index (JII)</i> .....	12
2.4	Portofolio.....	13
2.5	<i>Return</i> .....	14
2.5.1	<i>Return Portofolio</i> .....	15
2.5.2	<i>Expected Return</i> .....	15
2.6	Risiko.....	15
2.7	Koefisien Variasi .....	16
2.8	Variabel Random.....	17
2.9	Distribusi Probabilitas .....	17
2.9.1	Distribusi Probabilitas Diskrit.....	18
2.9.2	Distribusi Probabilitas Kontinu.....	18
2.10	Distribusi Uniform .....	18
2.11	Distribusi Gabungan.....	19
2.11.1	Distribusi Peluang Gabungan Diskrit .....	19
2.11.2	Distribusi Peluang Gabungan Kontinu .....	19
2.12	Distribusi Marginal.....	20
2.13	Distribusi Normal .....	20
2.14	Uji Kolmogorov Smirnov.....	21
2.15	Data Runtun Waktu .....	23
2.16	Stasioneritas.....	24
2.16.1	Stasioneritas dalam <i>Mean</i> .....	24
2.16.2	Stasioneritas dalam Variansi .....	25
2.16.3	Uji Akar Unit ( <i>Unit Root Test</i> ).....	26
2.17	<i>White Noise</i> .....	27

2.18	Konsep Dasar Runtun Waktu .....	28
2.18.1	<i>Autocorrelation Function</i> (ACF) .....	28
2.18.2	Partial <i>Autocorrelation Function</i> (PACF) .....	29
2.19	Model Umum Runtun Waktu .....	30
2.20	ARCH/GARCH .....	32
2.21	Asumsi Klasik .....	33
2.22	Dependensi .....	35
2.23	<i>Kendall's Tau</i> .....	36
2.24	Copula .....	37
2.25	Sifat-sifat Copula .....	37
2.26	Teorema Sklar .....	38
2.27	Copula Archamedian .....	39
2.28	Metode Simulasi <i>Monte Carlo</i> .....	40
2.29	Pembangkit Bilangan Random .....	41
2.30	<i>Value at Risk</i> (VaR) .....	41
2.31	Pemilihan Model Terbaik .....	41
2.32	<i>Backtesting</i> VaR .....	42
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN .....	44
3.1	Jenis dan Sumber Data .....	44
3.2	Metode Pengumpulan Data .....	44
3.3	Variabel Penelitian .....	44
3.4	Alat Pengolahan Data .....	44
3.5	Metode Analisis Data .....	44
3.6	<i>Flowchart</i> .....	48

BAB IV PEMBAHASAN.....	49
4.1 Hubungan Copula dengan <i>Kendall's Tau</i> .....	49
4.2 <i>Kendall's Tau</i> untuk Copula <i>Archimedean</i> .....	51
4.3 Copula <i>Ali-Mikhail-Haq</i> .....	56
4.4 Estimasi Parameter Copula <i>Ali-Mikhail-Haq</i> .....	56
4.5 Estimasi <i>Value at Risk</i> (VaR) Dengan Copula.....	57
4.6 Simulasi <i>Value at Risk</i> Metode Simulasi <i>Monte Carlo</i> Dengan Copula <i>Ali-Mikhail-Haq</i> .....	58
BAB V STUDI KASUS.....	60
5.1 Saham <i>Jakarta Islamic Index</i> (JII) .....	60
5.2 Pemilihan Saham Terbaik .....	60
5.3 Karakteristik Data.....	62
5.4 Uji Kolmogorov Smirnov.....	63
5.5 Pemodelan ARIMA Saham .....	64
5.6 Pengujian Efek ARCH .....	71
5.7 Uji Asumsi Model GARCH .....	72
5.8 Pemodelan Copula <i>Ali-Mikhail-Haq</i> .....	73
5.8.1 <i>Kendall's Tau</i> .....	73
5.8.2 Estimasi Parameter Copula <i>Ali-Mikhail-Haq</i> .....	74
5.8.3 Model Copula <i>Ali-Mikhail-Haq</i> .....	74
5.9 Perhitungan <i>Value at Risk</i> (VaR) Simulasi <i>Monte Carlo</i> Dengan Copula <i>Ali-Mikhail-Haq</i> .....	74
5.9.1 Simulasi Data <i>Return</i> .....	75
5.9.2 Perhitungan <i>Value at Risk</i> (VaR).....	76
5.10 Uji <i>Kupiec</i> ( <i>Backtesting</i> ) .....	77

5.11 Interpretasi Model Investasi .....	77
BAB VI PENUTUP .....	79
6.1 KESIMPULAN .....	79
6.2 SARAN .....	81
DAFTAR PUSTAKA .....	82
LAMPIRAN.....	86
CURRICULUM VITAE.....	130



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kurva Normalitas .....	21
Gambar 2.2 Pola Horizontal.....	23
Gambar 2.3 Pola Siklis.....	23
Gambar 2.4 Pola Trend .....	24
Gambar 2.5 Pola Musiman.....	24
Gambar 5.1 Plot Data Return Saham INCO.JK dan UNTR.JK.....	62
Gambar 5.2 Plot ACF dan PACF Return INCO.JK dan Return UNTR.JK.....	65
Gambar 5.3 Scatter Plot Residual INCO.JK dan UNTR.JK.....	75
Gambar 5.4 Scatter Plot Transformasi Uniform [0,1] INCO.JK dan UNTR.JK..	75

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Tinjauan Pustaka .....	6
Tabel 2.1 Bentuk Transformasi .....	25
Tabel 5.1 Saham Konsisten Periode 25 September 2016 - 25 September 2021 ...	60
Tabel 5.2 Expected Return Saham .....	61
Tabel 5.3 Nilai Koefisien Variasi Saham .....	61
Tabel 5.4 Deskripsi Statistik Kedua Saham .....	63
Tabel 5.5 Hasil Uji Kolmogorov-Smirnov .....	64
Tabel 5.6 Uji Augmented Dickey Fuller-test .....	64
Tabel 5.7 Uji Model ARIMA (p,d,q) untuk Return INCO.JK .....	66
Tabel 5.8 Model INCO.JK Signifikan .....	67
Tabel 5.9 Uji Model ARIMA (p,d,q) untuk Return UNTR.JK .....	67
Tabel 5.10 Model UNTR.JK Signifikan .....	70
Tabel 5.11 Uji ARCH-LM Return .....	71
Tabel 5.12 Bentuk Model GARCH Return Kedua Saham .....	72
Tabel 5.13 Uji Ljung Box dan Uji Lagrange Multiplier .....	73
Tabel 5.14 Uji Dependensi Kedua Saham .....	74
Tabel 5.15 VaR Metode Simulasi Monte Carlo Dengan Copula .....	76
Tabel 5.16 Backtesting Terhadap Estimasi VaR .....	77

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## DAFTAR SIMBOL

$r_t$	: net <i>return</i> data harga saham pada periode $t$
$R_t$	: <i>log return</i> data harga saham pada periode $t$
$P_t$	: harga saham pada saat $t$
$P_{t-1}$	: harga saham pada saat $t-1$
$R_i$	: <i>return</i> aset ke- $i$
$w_i$	: besarnya proporsi aset ke- $i$ dalam portofolio
$R_i$	: <i>return</i> aset ke- $i$
$w_i$	: besarnya proporsi aset ke- $i$ dalam portofolio
$E(R_t)$	: <i>Expected Return</i> saham $t$
$R_t$	: <i>return</i> saham $t$
$CV_i$	: koefisien variasi
$\beta$	: batas atas interval
$\alpha$	: batas bawah interval
$\pi$	: phi, nilai konstan (3.1416)
$e$	: nilai konstan (2.7183)
$\sigma$	: parameter yang merupakan simpangan baku distribusi
$\mu$	: parameter yang merupakan rata-rata distribusi
$S_{(x)}$	: Nilai distribusi kumulatif data sampel
$F_0(x)$	: nilai distribusi kumulatif distribusi normal
$Sup_x$	: Nilai supremum untuk semua $x$ dari $ S_{(x)} - F_0(x) $
$S$	: koefisien <i>skewness</i>
$E(x)$	: nilai ekspektasi
$f(x)$	: fungsi distribusi data
$\sigma$	: standar deviasi
$K$	: koefisien <i>kurtosis</i>
$E(x)$	: nilai ekspektasi



$f(x)$  : fungsi distribusi data  
 $\sigma$  : standar deviasi  
 $\alpha$  : Tingkat signifikansi  
 $L(\theta)$  : fungsi likelihood  
 $f(\theta)$  : fungsi densitas peluang  
 $\theta$  : parameter dari  $f(\theta)$  yang akan diestimasi  
 $W_t$  : differensi orde pertama dari variabel  $y$  pada saat  $t$   
 $Z_t$  : differensi orde kedua dari variabel  $y$  pada saat  $t$   
 $y_t$  : variabel  $y$  pada saat  $t$   
 $\hat{\rho}_k^2$  : taksiran autokorelasi  
 $y_k$  : kovariansi antara  $X_t$  dan  $X_{t-1}$   
 $S_{X_t}$  : standar deviasi dari  $X_t$   
 $S_{X_{t-1}}$  : standar deviasi dari  $X_{t-1}$   
 $r_k$  : koefisien autokorelasi sampel lag  $k$ , dengan  $k = 1, 2, 3, \dots, n$   
 $n$  : jumlah data  
 $\bar{X}$  : nilai rata-rata (*mean*)  
 $X_t$  : variabel  $X$  pada saat  $t$   
 $y_t$  : variabel  $y$  pada saat  $t$   
 $p$  : orde *Autokorelasi*  
 $q$  : orde *Moving Average*  
 $A_p$  : parameter *autoregressive* ke- $p$   
 $c$  : nilai konstanta  
 $\varepsilon_t$  : nilai kesalahan (residual) pada saat  $t$   
 $B_q$  : parameter *Moving Average* ke- $q$   
 $\varepsilon_t$  : residual pada waktu  $t$   
 $\sigma_t^2$  : varian residual  
 $a_0$  : *slope*

- $\tau$  : koefisien korelasi *Kendall's Tau*
- $\tau_A$  : *Kendall's tau* untuk Copula Archimedean
- $\theta$  : parameter Copula *Ali-Mikhail-Haq*
- $u$  : residual saham 1
- $v$  : residual saham 2
- $P_0$  : Nilai aset atau nilai investasi awal
- $R^*$  : nilai kuantil ke- $\alpha$  dari distribusi return
- $t$  : *holding period*
- $C$  : Copula
- $\varphi$  : Generator
- $\varphi'$  : Turunan Pertama Generator

## DAFTAR LAMPIRAN

A. LAMPIRAN 1 INPUT RSTUDIO .....	86
B. LAMPIRAN 2 OUTPUT RSTUDIO .....	94



# ESTIMASI *VALUE AT RISK* METODE SIMULASI *MONTE CARLO* DENGAN COPULA *ALI-MIKHAIL-HAQ*

(Studi Kasus : Saham yang Terdaftar dalam *Jakarta Islamic Index*

Periode 25 September 2016 - 25 September 2021)

Oleh:

**Muhammad Alfian Saputra**

**17106010047**

## INTISARI

Investasi adalah sebuah komitmen atas sejumlah dana atau aset yang dilakukan pada saat ini, dengan tujuan memperoleh keuntungan pada masa yang akan datang. Berinvestasi tentunya terdapat risiko, salah satu cara untuk mengurangi tingkat risiko yang diperoleh oleh investor yaitu dengan melakukan investasi dalam bentuk portofolio. Salah satu alat ukur yang digunakan untuk menghitung risiko portofolio adalah *Value at Risk* (VaR). Metode perhitungan VaR mengasumsikan *return* berdistribusi normal. Namun pada kenyataannya, data finansial jarang ditemukan adanya distribusi normal dan kebergantungan antar saham satu dengan yang lain sering bersifat tidak linear. Untuk mengatasi kelemahan tersebut, maka diperkenalkan suatu alat yaitu Copula. Pada penelitian ini digunakan Copula dari keluarga Archimedean yaitu Copula *Ali-Mikhail-Haq* dengan simulasi *Monte Carlo* untuk menghitung portofolio bivariat VaR dari pasangan saham PT Vale Indonesia Tbk. (INCO.JK) dan United Tractors Tbk. (UNTR.JK) pada periode 25 September 2016 - 25 September 2021. Hasil perhitungan VaR pada portofolio bivariat diperoleh VaR terendah dimiliki oleh portofolio bivariat antara INCO.JK dan UNTR.JK pada tingkat kepercayaan 99% dengan bobot portofolio 40% dan 60% sebesar 5,114%. Sedangkan untuk tingkat kepercayaan 95%, dan 90% dengan bobot 30% dan 70% didapat 3,447% dan 2,608%.

**Kata Kunci** : Copula , *Ali-Mikhail-Haq* , *Value at Risk*, Simulasi *Monte Carlo*

# ESTIMATION OF VALUE AT RISK SIMULATION METHOD MONTE CARLO WITH COPULA ALI-MIKHAIL-HAQ

(Case Study: Stocks Incorporated in the Jakarta Islamic Index

Period 25 September 2016 - 25 September 2021)

By:

**Muhammad Alfian Saputra**

**17106010047**

## ABSTRACT

Investment is a commitment to a number of funds or assets made at this time, with the aim of obtaining profits in the future. Investing of course has risks, one way to reduce the level of risk obtained by investors is to invest in portfolios. One of the measuring tools used to calculate portfolio risk is Value at Risk (VaR). VaR calculation method assumes returns are normally distributed. However, in reality, financial data is rarely found with a normal distribution and the dependence between stocks on one another is often non-linear. To overcome these weaknesses, a tool is introduced, namely Copula. In this study, Copula from the Archimedean family was used, namely Copula *Ali-Mikhail-Haq* with Monte Carlo simulation to calculate the VaR bivariate portfolio of the share pairs of PT Vale Indonesia Tbk. (INCO.JK) and United Tractors Tbk. (UNTR.JK) in the period 25 September 2016 - 25 September 2021. The results of the VaR calculation on the bivariate portfolio obtained that the lowest VaR was owned by the bivariate portfolio between INCO and UNTR at a 99% confidence level with a portfolio weight of 40% and 60% of 5.114%. Meanwhile, for the 95% and 90% confidence levels with weights of 30% and 70% obtained 3.447% and 2.608%, respectively.

**Keywords** : Copula, *Ali-Mikhail-Haq* , *Value at Risk*, *Monte Carlo Simulation*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Investasi merupakan kegiatan mengalokasikan atau menanamkan sumber daya sekarang, dengan harapan mendapatkan manfaat di kemudian hari (masa datang). Secara umum, investasi terbagi menjadi dua, yaitu investasi nyata (*real investment*) dan investasi finansial (*financial investment*). Investasi nyata berupa aset berwujud, seperti tanah, mesin-mesin, atau pabrik. Sedangkan investasi finansial berupa kontrak tertulis, seperti saham biasa (*common stock*) dan obligasi (*bond*). Menurut Tarigan (2015) menyatakan bahwa salah satu investasi sektor finansial yang banyak diminati oleh investor adalah investasi dalam bentuk saham.

Investasi pada sektor finansial yang sedang mendapatkan perhatian besar dari para investor ialah investasi saham pada pasar modal. Saham sendiri memiliki definisi sebagai tanda atau kepemilikan seseorang atau badan dalam suatu perusahaan atau perseroan terbatas (Jogiyanto, 2003). Di Indonesia PT. Bursa Efek Jakarta (BEJ) telah menerbitkan daftar reksadana, saham dan obligasi syariah dalam *Jakarta Islamic Index* (JII). *Jakarta Islamic Index* sendiri dikeluarkan oleh PT. Bursa Efek Indonesia pada tahun 2000 berdasarkan hukum-hukum syariah yang ada. Sejak tahun 2000 perkembangan *Jakarta Islamic Index* (JII) cukup signifikan.

Pihak-pihak yang melakukan investasi disebut sebagai investor. Investor yang berinvestasi umumnya tidak mengetahui bagaimana hasil yang diperoleh dari investasi tersebut. Terdapat dua faktor yang mempengaruhi harga saham yaitu tingkat pengembalian (*return*) dan risiko (*risk*) (Mahendra dkk., 2015). Adakalanya sebelum investor menginvestasikan dananya terhadap suatu aset sangat dianjurkan untuk meninjau aset mana yang dapat meminimumkan risiko. Salah satu cara untuk mengurangi tingkat risiko yang diperoleh oleh investor yaitu dengan melakukan investasi dalam bentuk portofolio. Portofolio sendiri dapat didefinisikan sebagai kumpulan dari beberapa aset atau sekuritas yang diinvestasikan oleh para investor untuk mengurangi risiko yang diperoleh. Semua jenis investasi selalu memiliki risiko. Semakin tinggi tingkat keuntungan maka semakin tinggi pula tingkat risikonya. Konsep ini disebut "*High Return High Risk, Low Return Low Risk*".

Investasi seorang investor harus didasarkan pada prinsip-prinsip dan tanpa ada spekulasi oleh karena itu, investor sangat penting memahami risiko tersebut sebelum melakukan investasi. Dengan mengetahui risiko yang akan dihadapi, maka investor akan dapat meminimalisir terjadinya risiko-risiko tidak dapat dihindari namun dapat dikelola dan diperkirakan menggunakan alat ukur *Value at Risk* (VaR).

*Value at Risk* (VaR) dapat didefinisikan sebagai estimasi kerugian maksimum yang akan diperoleh selama periode waktu tertentu pada tingkat kepercayaan tertentu. Menurut Best (1998) *Value at Risk* adalah suatu metode pengukuran risiko secara statistik yang memperkirakan kerugian maksimum yang mungkin terjadi atas suatu portofolio pada tingkat kepercayaan (*level of confidence*) tertentu. *Value at Risk* (VaR) menjadi salah satu metode yang sering digunakan dalam beberapa tahun belakangan ini.

Ada beberapa pendekatan untuk mengestimasi VaR, salah satunya simulasi *Monte Carlo*. Simulasi *Monte Carlo* mempunyai beberapa jenis algoritma untuk mengestimasi nilai *Value at Risk* (VaR) baik pada aset tunggal maupun portofolio. Metode simulasi *Monte Carlo* pada perhitungan VaR memiliki asumsi distribusi normal yang jarang dimiliki oleh data runtun waktu. Asumsi ketidak normalitas pada perhitungan *Value at Risk* (VaR) menyebabkan hasil estimasi yang kurang tepat. Oleh karena itu, perhitungan VaR tidak harus selalu diasumsikan berdistribusi normal tetapi dapat disesuaikan dengan distribusi data. Untuk mengatasi kelemahan tersebut, maka diperkenalkan suatu alat yaitu Copula. Teori Copula merupakan suatu alat yang sangat kuat untuk memodelkan distribusi gabungan (*joint distribution*) karena tidak mensyaratkan asumsi normalitas dari data sehingga cukup fleksibel untuk berbagai data terutama untuk data saham. Copula merupakan suatu fungsi yang dapat menggabungkan beberapa distribusi marginal menjadi distribusi bersama.

Copula adalah suatu fungsi yang dapat menggabungkan atau memasangkan fungsi distribusi multivariat dengan fungsi distribusi marginal dimensi. Copula berasal dari bahasa latin yang artinya pertalian, hubungan, ikatan dan secara logika dapat dijelaskan menjadi suatu bagian dari suatu masalah yang menghubungkan

subjek dan predikat. Copula sendiri baru digunakan dalam ilmu matematika dan statistika oleh Able Sklar tahun 1959 pada teorema yang menjelaskan fungsi “gabungan“, fungsi distribusi satu dimensional dengan fungsi distribusi multivariat, teorema ini lebih terkenal dengan nama teorema sklar.

Copula memiliki beberapa keluarga salah satu diantaranya adalah Copula *Archimedean* yaitu Copula yang memiliki generator unik (masing-masing generator mampu memunculkan sifat yang berbeda satu dan yang lain yang disebut dengan subcopula). Ada beberapa subcopula yang dimiliki oleh Copula *Archimedean*, salah satunya Copula *Ali-Mikhail-Haq*. Copula *Ali-Mikhail-Haq* adalah satu-satunya di antara dua puluh dua Copula *Archimedean* yang ditabulasikan dalam Nelson (2006) yang parameternya terletak pada interval tertutup antara  $[-1,1]$  dan dapat menyatakan dependensi baik negatif maupun positif.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka digunakan Copula untuk menganalisis risiko investasi pasangan saham syariah. Dalam penelitian ini dipilih salah satu keluarga dari archimedean Copula yaitu Copula *Ali-Mikhail-Haq*. Oleh karena itu judul dari penelitian ini adalah "Estimasi *Value at Risk* Metode Simulasi *Monte Carlo* Dengan Copula *Ali-Mikhail-Haq*".

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, maka masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini sebagai:

1. Bagaimana langkah-langkah estimasi *Value at Risk* metode simulasi *Monte Carlo* dengan Copula *Ali-Mikhail-Haq* pada saham yang terdaftar di *Jakarta Islamic Indeks* (JII)?
2. Bagaimana model Copula *Ali-Mikhail-Haq* untuk mengukur besar risiko investasi saham yang terdaftar di *Jakarta Islamic Indeks* (JII)?
3. Berapa besar risiko yang diperoleh dari estimasi *Value at Risk* metode simulasi *Monte Carlo* dengan Copula *Ali-Mikhail-Haq* pada saham yang terdaftar di *Jakarta Islamic Indeks* (JII)?



### 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah diperlukan untuk menunjang keabsahan dalam kesimpulan. Pada penelitian ini terdapat beberapa batasan-batasan yang akan diteliti untuk mempermudah dalam penelitian, yaitu:

1. Estimasi *Value at Risk* (VaR) dilakukan dengan pendekatan simulasi *Monte Carlo* dengan Copula *Ali-Mikhail-Haq*.
2. Data saham yang digunakan adalah data harian harga penutupan saham-saham yang terdaftar di *Jakarta Islamic Indeks* (JII) Periode 25 September 2016 - 25 September 2021.
3. Aplikasi pengolahan data yang digunakan adalah RStudio 1.3.1093.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan pada rumusan masalah, maka tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Mempelajari dan mengetahui langkah-langkah estimasi *Value at Risk* metode simulasi *Monte Carlo* dengan Copula *Ali-Mikhail-Haq* pada saham yang terdaftar di *Jakarta Islamic Indeks* (JII).
2. Mengetahui bentuk pemodelan Copula *Ali-Mikhail-Haq* untuk mengukur besar risiko investasi pada saham yang terdaftar di *Jakarta Islamic Indeks* (JII).
3. Mengetahui besar risiko yang diperoleh dari estimasi *Value at Risk* metode simulasi *Monte Carlo* dengan Copula *Ali-Mikhail-Haq* pada saham yang terdaftar di *Jakarta Islamic Indeks* (JII).

### 1.5 Manfaat Penelitian

Pada penelitian ini terdapat beberapa manfaat yaitu:

1. Bagi Penulis

Untuk lebih memahami dan mengetahui penerapan ilmu statistika matematika dan penulis dapat menambah pengetahuan dalam menentukan model yang baik serta mampu mengurangi risiko dari suatu portofolio.

## 2. Bagi Bidang Matematika

Menambah dan memperkaya wawasan serta referensi mengenai penerapan model Copula *Ali-Mikhail-Haq* dalam bidang keuangan khususnya investasi saham.

## 3. Bagi Investor

Memberikan informasi atau masukkan kepada para investor yang akan menginvestasi dalam pengambilan keputusan, sehingga dapat meminimalisir terjadinya risiko.

### 1.6 Tinjauan Pustaka

Penelitian ini menggunakan berapa literatur yang berasal dari buku, skripsi, jurnal penelitian, dan referensi lainnya. Beberapa sumber yang digunakan sebagai acuan pada penelitian ini dan penelitian sebelumnya membantu penulis dalam memahami teori yang terkait dalam penelitian. Adapun beberapa penelitian yang relevan dengan tema yang diambil oleh peneliti, yaitu:

Penelitian yang dilakukan oleh Annisa Damasari yang berjudul “Estimasi *Value at Risk* (VaR) Dengan Metode Simulasi *Monte Carlo* – Copula Gumbel” pada tahun 2015 oleh Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta. Pada Skripsi ini membahas mengenai *Value at Risk* (VaR) menggunakan metode simulasi *Monte Carlo* dengan pendekatan dengan Copula Gumbel, hal ini bertujuan untuk mengetahui risiko investasi pada sepasang saham dan memiliki tingkat korelasi yang kuat. Studi kasus yang digunakan dalam penelitian berpusat pada saham-saham yang ada di JII (*Jakarta Islamic Index*).

Penelitian yang dilakukan oleh Dimas Prabawan Aji Putra yang berjudul “Analisis Risiko Investasi Pasangan Saham Syariah Dengan Metode Frank Copula” pada tahun 2015 oleh Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta. Pada Skripsi ini membahas mengenai *Value at Risk* (VaR) menggunakan metode simulasi *Monte Carlo* dengan pendekatan dengan Copula Frank, hal ini bertujuan untuk mengetahui risiko investasi pada sepasang saham dan memiliki tingkat korelasi yang kuat. Studi kasus yang digunakan dalam penelitian berpusat pada saham-saham yang ada di JII (*Jakarta Islamic Index*).

Penelitian yang dilakukan oleh Delsy Nurutsaniyah, Tatik Widiharah dan Di Asih I Maruddani yang berjudul “*Value at Risk* pada Portofolio Saham dengan Copula *Ali-Mikhail-Haq* ” pada tahun 2019 oleh Institut Teknologi Sepuluh November (ITS). Pada jurnal ini membahas mengenai *Value at Risk* (VaR) menggunakan metode simulasi *Monte Carlo* dengan pendekatan dengan Copula *Ali-Mikhail-Haq*, hal ini bertujuan untuk mengetahui risiko investasi pada sepasang saham dan memiliki tingkat korelasi yang kuat. Studi kasus yang digunakan dalam penelitian berpusat pada Saham PTPP, BBTN dan JSMR.

Tinjauan pustaka yang digunakan oleh peneliti adalah beberapa penelitian yang relevan dengan tema yang diambil peneliti, antara lain disajikan pada tabel berikut:

**Tabel 1.1 Tinjauan Pustaka**

No	Nama Peneliti	Tahun Penelitian	Pendekatan	Metode	Studi Kasus
1	Damasari	2015	<i>Value at Risk</i> (VaR) simulasi <i>Monte Carlo</i>	Copula <i>Gumbel</i>	JII
2	Putra	2015	<i>Value at Risk</i> (VaR) simulasi <i>Monte Carlo</i>	Copula <i>Frank</i>	JII
3	Nurutsaniyah dkk	2019	<i>Value at Risk</i> (VaR) simulasi <i>Monte Carlo</i>	Copula <i>Ali-Mikhail-Haq</i>	Saham PTPP, BBTN dan JSMR
4	Muhammad Alfian Saputra	2021	<i>Value at Risk</i> (VaR) simulasi <i>Monte Carlo</i>	Copula <i>Ali-Mikhail-Haq</i>	JII

Perbedaan penelitian ini dengan tinjauan pustaka yang pertama adalah jika pada penelitian Damasari menggunakan metode Copula Gumbel, sementara pada penelitian ini penulis menggunakan metode Copula *Ali-Mikhail-Haq*.

Perbedaan penelitian ini dengan tinjauan pustaka yang kedua adalah jika pada penelitian putra menggunakan metode Copula Frank, sementara pada penelitian ini penulis menggunakan metode Copula *Ali-Mikhail-Haq*.

Perbedaan penelitian ini dengan tinjauan pustaka yang ketiga adalah jika pada penelitian Nurutsaniyah dkk., menggunakan Studi kasus untuk saham PTPP, BBTN, dan JSMR. Sementara pada penelitian ini penulis menggunakan Studi kasus pada saham-saham yang tergabung dalam JII (*Jakarta Islamic Index*).

### **1.7 Sistematika Penulisan**

Penelitian ini menggunakan berapa literatur baik yang berasal dari buku, skripsi, jurnal penelitian, dan referensi lainnya. Beberapa sumber yang digunakan Untuk memberi gambaran menyeluruh dan memudahkan penulisan penelitian.

### **BAB I: PENDAHULUAN**

Berisi latar belakang masalah, batasan masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, tinjauan pustaka dan sistematika penulisan.

### **BAB II: LANDASAN TEORI**

Pada bab ini dijelaskan teori-teori yang digunakan untuk pembahasan utama yaitu Estimasi *Value at Risk* metode simulasi *Monte Carlo* dengan Copula *Ali-Mikhail-Haq*.

### **BAB III: METODE PENELITIAN**

Pada bab ini dijelaskan bagaimana proses pelaksanaan atau alur dari penelitian ini, mulai dari jenis dan sumber data, metode penelitian, variabel penelitian, alat penelitian dan metode analisis data.

### **BAB IV: PEMBAHASAN**

Pada bab ini akan dijelaskan tentang pembahasan Estimasi *Value at Risk* metode simulasi *Monte Carlo* dengan Copula *Ali-Mikhail-Haq*.

## **BAB V: STUDI KASUS**

Pada bab ini akan dijelaskan tentang penerapan dan aplikasi Estimasi *Value at Risk* metode simulasi *Monte Carlo* dengan Copula *Ali-Mikhail-Haq* dan memberikan interpretasi dari hasil yang diperoleh.

## **BAB VI: KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada bab ini akan dijelaskan tentang kesimpulan yang dapat diambil dari pembahasan permasalahan yang ada dan pemecahan masalah serta saran-saran yang berkaitan dengan penelitian sejenis untuk penelitian berikutnya.



## BAB VI PENUTUP

### 6.1 KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan mengenai Estimasi *Value at Risk* metode simulasi *Monte Carlo* dengan Copula *Ali-Mikhail-Haq* pada indeks harga penutupan saham *Jakarta Islamic Index (JII)* yang telah diuraikan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Langkah-langkah estimasi *Value at Risk* metode simulasi *Monte Carlo* dengan Copula *Ali-Mikhail-Haq* pada saham *Jakarta Islamic Indeks (JII)* sebagai berikut:
  - a. Mengumpulkan data saham
  - b. Menghitung nilai *return* saham, *expected return* dan koefisien variansi digunakan untuk memilih kinerja saham terbaik.
  - c. Analisis deskriptif saham terpilih
  - d. Uji normalitas untuk melihat apakah data yang digunakan pada penelitian ini berdistribusi normal atau tidak.
  - e. Uji Stasioneritas data
  - f. Pemodelan ARIMA
  - g. Pengujian efek ARCH/GARCH
  - h. Membentuk model GARCH
  - i. Uji Asumsi Model GARCH
  - j. Uji Dependensi kedua Saham
  - k. Mentransformasikan data distribusi marginal ke dalam distribusi Uniform(0,1)
  - l. Pemodelan Copula *Ali-Mikhail-Haq*
  - m. Perhitungan Var (*Value at Risk*) dengan simulasi *Monte Carlo* dengan Copula *Ali-Mikhail-Haq*
  - n. *Backtesting* VaR dengan *Kupiec test*
  - o. Interpretasi Model Investasi

2. Model Copula *Ali-Mikhail-Haq* pada saham JII yang terpilih yaitu INCO.JK dan UNTR.JK adalah

$$C_{0.7423}^{AMH}(u, v) = \frac{uv}{1 - 0.7423(1-u)(1-v)}$$

3. Perhitungan besar risiko yang ditanggung oleh investor dari hasil estimasi *Value at Risk* metode simulasi *Monte Carlo* dengan Copula *Ali-Mikhail-Haq* pada saham INCO.JK dan UNTR.JK periode 25 September 2016 - 25 September 2021 dengan bobot portofolio pada tingkat kepercayaan 99% masing-masing sebesar 40% dan 60%, sedangkan untuk tingkat kepercayaan 95% dan 90% masing-masing 30% dan 70%. Sehingga jika investor menanamkan investasi sebesar Rp. 100.000.000,00 maka kerugian maksimal yang akan diderita pada tingkat kepercayaan 99%, 95%, dan 90% secara berurutan mencapai Rp. 5.114.432,00, Rp. 3.447.056,00 dan Rp. 2.608.585,00 dalam jangka waktu satu hari. Sedangkan untuk *return* yang diperoleh investor dalam satu hari yaitu :

- a. Untuk saham INCO.JK dan UNTR.JK dengan bobot masing-masing 30% dan 70%

$$\begin{aligned} R_p &= \sum_{i=1}^n w_i R_i \\ &= \left( \frac{30}{100} \times 0.000401 \right) + \left( \frac{70}{100} \times 0.000175 \right) \\ &= 0.0002428 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas, maka akan diperoleh *return* sebesar Rp. 24.280,00.

- b. Untuk saham INCO.JK dan UNTR.JK dengan bobot masing-masing 40% dan 60%

$$\begin{aligned} R_p &= \sum_{i=1}^n w_i R_i \\ &= \left( \frac{40}{100} \times 0.000401 \right) + \left( \frac{60}{100} \times 0.000175 \right) \\ &= 0.0002654 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas, maka akan diperoleh *return* sebesar Rp. 26.540,00.

## 6.2 SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pertimbangan dalam studi literatur, saran-saran yang dapat peneliti sampaikan yaitu sebagai berikut :

1. Pada penelitian ini menggunakan estimasi *Value at Risk* (VaR) simulasi *Monte Carlo*, disarankan untuk penelitian selanjutnya menggunakan metode estimasi VaR yang lain.
2. Dapat melakukan perhitungan VaR menggunakan Copula dari keluarga Elliptical yang belum dibahas pada penelitian ini.
3. Dapat melakukan perhitungan VaR dengan metode yang lain.





## DAFTAR PUSTAKA

- Arthur, J. K. (2000). *Dasar-Dasar Manajemen Keuangan*. Jakarta : Salemba Empat.
- Bain, L.J. dan Engelhardt, M. (1992). *Introduction to Probability and Mathematical Statistics*. California : PWS-KENT Publishing Company.
- Best, P. (1998). *Implementing Value at Risk*. Chichester : John Wiley & Sons.
- Bob, N. K. (2013). *Value at Risk Estimation . A GARCH- EVT-Copula Approach*. In *Mathematical Statistics, Stockholm university*.
- Bodie, Z., Kane, A., dan M. A. J. (2007). *Investment* (7th ed). New York : McGraw-Hill.
- Darmadji, Tjiptono, dan F. (2012). *Pasar Modal Di Indonesia* (Edisi Ketiga). Jakarta: Salemba Empat.
- Fahmi, I.,& Hadi, Y. . (2011). *Teori Portofolio dan Analisis Investasi Teori dan Soal Jawab*. Bandung : Alfabeta.
- Frees, E. W., & Valdez, E. A. (1998). Understanding Relationships Using Copulas. *North American Actuarial Journal*, 2(1), 1–25.
- Genest, C. and Segers, J. (2010). On the covariance of the asymptotic empirical copula process. *J. Multivariate Anal*, 101, 1837–1845.
- Hadinata, S. (2018). Tingkat Pengembalian (Return), Risiko, dan Koefisien Variasi pada Saham Syariah dan Saham Non syariah. *AKTSAR: Jurnal Akuntansi Syariah*, 1(2), 171–186.
- Husnan, S. (2003). *Dasar-Dasar Teori Portofolio dan Analisis Sekuritas*. Yogyakarta: UPP AMP YKPN.
- Jogiyanto. (2000). *Teori Portofolio dan Analisis Investasi*. Yogyakarta : BPFE UGM.
- Jogiyanto. (2003). *Teori Portofolio dan Analisis Investasi* (Edisi Ketiga).

Yogyakarta: BPFE UGM.

Jorion, P. (2007). *Value at Risk : The New Benchmark For Managing Financial Risk Third Edition*. New York : The McGraw-Hill Companies Inc.

Mahendra, I. K. T. B., Dharmawan, K., dan Tastrawati, N. K. T. (2015). Model Non Linier GARCH (NGARCH) Untuk Mengestimasi Nilai *Value at Risk* (VaR) pada IHSG. *E Jurnal Matematika*, 4(2), 59–66.

Mahfoud, M dan Michael, M. (2012). *Bivariate Archimedean Copulas: An Application to Two Stock Market Indices*. Amsterdam : BMI Paper Vrije Universiteit Amsterdam.

Makridakis, Sypros., Wheelwright, C, Steven, Mcgee, E, V. (1999). *Metode dan Aplikasi Peramalan*. Jakarta : Erlangga.

Martalina dan Malinda. (2011). *Pengantar Pasar Modal* (Edisi Pertama). Yogyakarta : Andi.

Mikosch, T. (2006). Copulas: Tales and facts—rejoinder. *Extremes*, 9, 55–62.

Nelsen, R. B. (2006). *An Introduction to Copulas*. Springer.

Nurudin, M., Mara, M., Kusnandar, D. (2014). *Ukuran Sampel dan Distribusi Sampling dari Beberapa Variabel Random Kontinu*. 3(1). 1-6.

Nuzula, N. (2015). Risk Premium and Portfolio Theory.

Ochtoro, M. D. (2014). *Copula Bersyarat untuk Mengestimasi Value at Risk*. Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.

Palaro, H. P., & Hotta, L. K. (2006). Using Conditional Copula to Estimate Value at Risk. *Journal of Data Science*, 4(1), 93–115.

Paravin, K. T. dan David, M. Z. (2007). *Copula Modeling : An Introduction for Practitioners. Foundations and Trends® in Econometrics*. 1(1), 80-111.

Pintari, H. O & Subekti, R. (2018). Penerapan Metode GARCH-Vine Copula untuk Estimasi *Value at Risk* (VaR) pada Portofolio. *Jurnal Fourier*, 7(2), 63–77.

- Pradana, D.C., Maruddani, D.A.I. dan Yasin, H. (2015). Penggunaan Simulasi *Monte Carlo* Untuk Pengukuran *Value at Risk* Aset Tunggal Dan Portofolio Dengan Pendekatan Capital Asset Pricing Model Sebagai Penentu Portofolio Optimal (Studi Kasus: Index Saham Kelompok Sminfra18). *Jurnal Gaussian*, 4(4), 765–774.
- Qudratullah, M.F., Zuliana, S. R., Supandi, E. D. (2012). *Statistika* (Ed.1). SUKA-Press UIN Sunan Kalijaga.
- Qudratullah, M. F. (2013). *Analisis Regresi Terapan Teori, Contoh Kasus, dan Aplikasi Dengan SPSS*. Yogyakarta : Andi Offset.
- Rivai, V. dan Ismail, R. (2013). *Islamic Risk Management For Islamic Bank*. Jakarta : PT Gramedia Pustaka.
- Rosadi, D. (2006). *Pengantar Analisa Runtun Waktu*. Yogyakarta : FMIPA Universitas Gajah Mada.
- Rosadi, D. (2011). *Analisis Ekonometrika & Runtun Waktu Terapan dengan R*. Yogyakarta : Andi.
- Sofiana, N. (2011). *Pengukuran Value at Risk pada Portofolio dengan Simulasi Monte Carlo*. Skripsi. Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- Sugiyono. (2015). *Statistik Nonparametrik untuk Penelitian*. Bandung : Alfabeta.
- Suirwan. (2011). *Pengukuran Resiko Pasar Portofolio Saham PT XYZ dengan Value at Risk dan Expected Shortfall model volatilitas GARCH*. Tesis, Universitas Indonesia. Jakarta.
- Syafii. (2010). *Variabel Acak dan Distribusi Probabilitas*. Universitas Negeri Surakarta, Surakarta.
- Tandelilin, E. (2001). *Analisis Investasi dan Manajemen Risiko* (Edisi Pertama). Yogyakarta : BPFE.
- Tarigan, H. S. (2015). Estimasi *Value at Risk* (VaR) Portofolio Saham yang Tergabung dalam Indeks LQ45 Periode Agustus 2014 sampai Januari 2015

Menggunakan Metode Copula Garch. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 4(2), 2337–3520.

Usman. (1995). *Pengantar Statistika*. Jakarta : Bumi Aksara.

Warsini, S. (2009). *Manajemen Investasi (Cetakan Pertama)*. Jakarta : Semesta Media.

Widarjono, A. (2009). *Ekonometrika Pengantar dan Aplikasinya (Edisi Ketiga)*. Yogyakarta : Ekonisia.

Widarjono, A. (2013). *Ekonometrika Pengantar dan Aplikasinya*. Yogyakarta : Ekonisia.

Winarno, W. W. (2007). *Analisis Ekonometrika dan Statistika dengan E-views*. Yogyakarta, Sekolah Tinggi Ilmu Manajemen YKPN.

Zubir, Z. (2011). *Manajemen portofolio : Penerapannya dalam Investasi Saham*. Jakarta : Salemba Empat.

<https://finance.yahoo.com/> diakses pada 5 Februari 2022