

**ESTIMASI NILAI *CONDITIONAL VALUE at RISK* (CVaR)  
MENGUNAKAN FUNGSI *GAUSSIAN COPULA***

**SKRIPSI**

Diajukan Kepada Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga  
untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan  
guna Memperoleh Gelar Sarjana Matematika



Disusun Oleh

Fitrin Harisna Rifani

16610039

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA YOGYAKARTA  
2023**

# PENGESAHAN TUGAS AKHIR



KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

## PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-859/Un.02/DST/PP.00.9/03/2023

Tugas Akhir dengan judul : ESTIMASI NILAI CONDITIONAL VALUE at RISK (CVaR) MENGGUNAKAN FUNGSI GAUSSIAN COPULA

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : FITRIN HARISNA RIFANI  
Nomor Induk Mahasiswa : 16610039  
Telah diujikan pada : Rabu, 08 Maret 2023  
Nilai ujian Tugas Akhir : A/B

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

### TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Mohammad Farhan Quadratullah, S.Si., M.Si  
SIGNED

Valid ID: 64192751613f1



Penguji I

Dr. Muhammad Wakhid Musthofa, S.Si.,  
M.Si.  
SIGNED

Valid ID: 640b08eb77fd



Penguji II

Dr. Sugiyanto, S.Si., ST., M.Si.  
SIGNED

Valid ID: 64191cc0b4fa2



Yogyakarta, 08 Maret 2023  
UIN Sunan Kalijaga  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.  
SIGNED

Valid ID: 64212606712ca

## SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-03/R0

### SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Peretujuan 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 : FITRIN HARISNA RIFANI  
NIM : 16610039  
Judul Skripsi : ESTIMASI NILAI *CONDITIONAL VALUE at RISK* (CVaR) MENGGUNAKAN FUNGSI  
*GAUSSIAN COPULA*


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.*

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

Yogyakarta, 12 Januari 2023  
Pembimbing I

  
M. Farhan Oudratullah, S.Si., M.Si.  
NIP. 19790922 200801 1 011

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

### SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fitrin Harisna Rifani  
Tempat/Tanggal Lahir : Sleman, 29 Desember 1997  
NIM : 16610039  
Jurusan/Program Studi : Matematika  
Alamat : Jl. Aster 2 RT. 02 RW. 52 NO. 21C, Pohruboh, Pikgondang,  
Condang Catur, Depok, Sleman, DI Yogyakarta.

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 tanggungjawab penulis.

Sleman, 25 November 2022

Yang membuat pernyataan,

  
NIM: 16610039  
(Fitrin Harisna Rifani)

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Karya tulis ini saya persembahkan untuk :

- Kedua orang tua saya Alm. Bapak Haryono dan Ibu Parjiati tercinta yang tidak lelah selalu mendo'akan anaknya setiap saat, terimakasih pula atas perhatian dan motivasinya yang penuh yang selalu diberikan untuk saya
- Kakak saya Fulthur Atana Rozaqi, terimakasih telah menjadi saudara dan teman yang selalu mendukung saya
- Serta untuk Almamater tercinta UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta



STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## MOTTO

*“Dan janganlah kamu berputus asa dari rahmat Allah. Sesungguhnya tiada berputus dari rahmat Allah melainkan orang-orang yang kufur.”*

**(Q.S. Yusuf :87)**

*“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.”*

**(Q.S. Al- Insyirah : 5-6)**

*“Sesungguhnya Allah bebas melaksanakan kehendak-Nya, Dia telah menjadikan untuk setiap sesuatu menurut takarannya.”*

**(Q.S. At-Thalaq : 3)**

*“Allah tidak akan membebani hamba kecuali menurut kemampuannya.”*

**(Q.S. Al-Baqarah : 286)**

*“Jangan terlalu ambil hati dengan ucapan seseorang, kadang manusia punya mulut tapi belum tentu punya pikiran.”*

**(Penulis)**

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## KATA PENGANTAR

*Alhamdulillah* rabbil'alamin, puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul ***ESTIMASI NILAI CONDITIONAL VALUE at RISK (CVaR) MENGGUNAKAN FUNGSI GAUSSIAN COPULA (Studi Kasus : Saham-saham yang tergabung dalam Jakarta Islam Index periode 1 Januari 2016 – 30 Juni 2020)*** untuk memenuhi syarat memperoleh gelar kesarjanaan di Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada baginda Rasulullah SAW, yang telah membawa umat manusia dari zaman kegelapan menuju zaman yang terang seperti saat ini. Penulis menyadari bahwa dalam menyusun skripsi ini tidak lepas dari dukungan, bantuan, motivasi, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada :

1. Prof. Dr. Phil Al Makin, M.A., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta
2. Ibu Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Bapak Muchammad Abrori, S.Si., M.Sc., selaku Ketua Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
4. Ibu Dr. Epha Diana Supandi, S.Si., M.Sc., selaku Dosen Penasihat Akademik Mahasiswa Program Studi Matematika Angkatan 2016.
5. Bapak M. Farhan Qudratullah, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Skripsi, yang selalu bersedia meluangkan waktu, memberikan motivasi serta arahan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
6. Bapak M. Farhan Qudratullah, S.Si., M.Si., selaku Ketua Sidang, Bapak Dr. Muhammad Wakhid Musthofa, S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji I, dan Bapak Dr. Sugiyanto, S.Si., ST., M.Si., selaku Dosen Penguji II

7. Bapak / Ibu Dosen dan Staff Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta atas ilmu, bimbingan, serta pelayanan yang diberikan selama perkuliahan dan penyusunan skripsi.
8. Alm. Bapak Haryono dan Ibu Parjiati tercinta, terimakasih atas segala do'a, motivasi, dan perhatian yang tak pernah putus diberikan sampai sekarang, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Kakak tersayang Fulthur Atana Rozaqi yang selalu memberi semangat dan do'a kepada penulis.
10. Yoga Wahyu Santoso yang selalu menemani, memberikan semangat, dan membantu dalam banyak hal.
11. Keluarga Besar Mangun Utomo & Roesmani khususnya Lina Dwi Nurohmawati dan Nur Widianingsih yang selalu menjadi bagian support system dan mendo'akan tiada henti.
12. Sahabat-sahabatku :  
Anindya Ayu, Devi Putri, Brian Putra, Sabila Riski, Nuryandono Mispafuad, Sherlin Kusuma, Riska Rahmawati, Salsabila Auliana, Martiningsih Sakinah, Yulia Fatin, Lia Febri, yang setia menemani, memberi semangat, dan membantu penulis dalam hal apapun.
13. Pasangan terbucin dan teromantis Aqshal Najmi Muthia Sari dan M. Fadly Kusuma yang selalu mengingatkan tentang kalender akademik kepada penulis dan membantu sebagai editor dalam penulisan skripsi.
14. Rekan Kerja Toko Roti Murni Tajem khususnya Amanda Rifka, Nirmala Putri, dan Lina Handayani yang selalu pengertian dengan situasi dan kondisi penulis serta yang selalu memberikan semangat yang tak pernah bosan.
15. Teman seperjuangan KKN : Alfin Nurrohmatin, Laila Tsurroyya, Suci Arnelia, Nafa Selvina, Abd. Wahed, Irfan Hakim, dan Sony yang banyak memberikan ilmu baru dan selalu memberi semangat.
16. Teman – teman Matematika Angkatan 2016 UIN Sunan Kalijaga yang menemani selama ini.



17. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu yang telah memberikan bantuan secara langsung maupun tidak langsung sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Semoga Allah SWT memberikan balasan atas kebaikan – kebaikan mereka semua. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, maka dari itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun untuk perbaikan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun pembaca.

Yogyakarta, 24 Januari 2023

Penulis

Fitrin Harisna Rifani



STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PENGESAHAN TUGAS AKHIR .....	ii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR .....	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN .....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	v
MOTTO .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR TABEL .....	xiv
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR SIMBOL.....	xvi
INTISARI .....	xix
<i>ABSTRACT</i> .....	xx
BAB I.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Batasan Masalah.....	3
1.3 Rumusan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	4
1.5 Manfaat Penulisan.....	4
1.6 Tinjauan Pustaka .....	5
1.7 Sistematika Penulisan .....	9
BAB II.....	10
2.1 Investasi .....	10
2.2 Pasar Modal .....	10
2.3 Saham.....	11
2.4 <i>Jakarta Islamic Index (JII)</i> .....	12
2.5 <i>Return</i> .....	13
2.6 Risiko .....	14
2.7 Statistik Deskriptif .....	16

2.8	Data Time Series .....	18
2.9	Asumsi Klasik .....	19
2.10	<i>Value at Risk</i> (VaR) .....	23
2.11	<i>Conditional Value at Risk</i> (CVaR).....	24
2.12	Portofolio .....	26
2.13	<i>Return</i> Portofolio.....	27
2.14	Variabel Random .....	28
2.15	Distribusi Probabilitas.....	29
2.16	Distribusi <i>Uniform</i> .....	31
2.17	<i>Copula</i> .....	32
2.18	Keluarga <i>Copula</i> .....	32
2.19	<i>Mean</i> dan <i>Variance</i> .....	33
2.20	Kovariansi.....	34
2.21	Korelasi.....	35
2.22	Korelasi Linear .....	36
2.23	Metode <i>Variance – Covariance VaR</i> dengan <i>Log Return</i> .....	37
2.24	Metode <i>VaR</i> dengan Simulasi Historis .....	38
2.25	<i>VaR</i> Portofolio.....	38
2.26	<i>Mean Variance Efficient</i> Portofolio .....	38
2.27	Fungsi Probabilitas.....	39
2.28	Ekspektasi .....	41
2.29	Variabel Random Independen.....	42
2.30	Stasioneritas.....	42
2.31	Uji Stasioneritas .....	45
2.32	<i>White Noise</i> .....	47
2.33	Konsep Dasar Runtun Waktu .....	47
2.34	<i>Uji Ljung Box</i> dan <i>Lagrange Multiplier (LM)</i> .....	49
2.35	Model Umum Analisis Data Runtun Waktu .....	50
2.36	Distribusi Normal.....	52
2.37	Uji Kolmogorov Smirnov .....	55
2.38	Estimasi Maximum Likelihood .....	56
2.39	Distribusi Normal Multivariat .....	57

2.40	Kuantil .....	58
2.41	Dependensi .....	58
2.42	Pemilihan Model Terbaik .....	59
2.43	<i>Backtesting VaR</i> .....	60
BAB III .....		61
3.1	Jenis dan Sumber Data.....	61
3.2	Metode Pengumpulan Data .....	61
3.3	Variabel Penelitian .....	61
3.4	Metodologi Penelitian.....	62
3.5	Metode Analisis Data.....	62
3.6	<i>Flow Chart</i> .....	63
BAB IV .....		64
4.1	Model GARCH .....	64
4.2	<i>Copula</i> .....	65
4.3	<i>Copula Elliptical</i> .....	65
4.4	<i>Gaussian Copula</i> .....	65
4.5	<i>Value at Risk (VaR)</i> .....	66
4.6	<i>Conditional Value at Risk (CVaR)</i> .....	68
4.7	Perhitungan CVaR dengan <i>Gaussian Copula</i> .....	68
BAB V .....		70
5.1	Saham <i>Jakarta Islamic Index (JII)</i> .....	70
5.2	Analisis Deskriptif Data Return 14 Saham .....	72
5.3	Karakteristik Data .....	74
5.4	Uji Kolmogorov Smirnov .....	76
5.5	Pemodelan ARIMA .....	76
5.6	Uji Ljung-Box .....	86
5.7	Pengujian Efek ARCH/GARCH .....	88
5.8	Memeriksa Nilai Ekstrem Dengan Menggunakan <i>Pareto Tail</i> .....	89
5.9	Estimasi Parameter <i>Gaussian Copula</i> .....	91
5.10	Simulasi Dengan Menggunakan <i>Gaussian Copula</i> .....	92
5.11	Menghitung Nilai VaR Menggunakan fungsi <i>Gaussian Copula</i> .....	93
5.12	Estimasi Nilai CVaR Menggunakan Fungsi <i>Gaussian Copula</i> .....	93

5.13 Interpretasi .....	95
BAB VI .....	97
6.1 Kesimpulan .....	97
6.2 Saran .....	99
DAFTAR PUSTAKA .....	100
Lampiran .....	102
CURRICULUM VITAE .....	165



## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Tinjauan Pustaka.....	8
Tabel 2.1 Transformasi .....	44
Tabel 5.1 Saham Konsisten Periode 1 Januari 2016 – 30 Juni 2020 .....	70
Tabel 5.2 Harga Penutupan Saham .....	71
Tabel 5.3 Nilai Mean, Median, dan Modus dari Data Saham Keseluruhan .....	72
Tabel 5.4 Nilai Std. Deviasi, Skewness, dan Kurtosis dari Data Saham Keseluruhan .....	72
Tabel 5.5 Nilai Statistik Deskriptif Ketiga Saham .....	75
Tabel 5.6 Hasil Uji Kolmogorov Smirnov .....	76
Tabel 5.7 Uji Augmented Dickey Fuller.....	77
Tabel 5.8 Uji Model ARIMA (p,d,q) untuk Return UNVR .....	80
Tabel 5.9 Tabel Model UNVR yang signifikan .....	85
Tabel 5.10 Tabel Model INCO yang signifikan.....	85
Tabel 5.11 Tabel Model INDF yang signifikan .....	86
Tabel 5.12 Uji Ljung-Box Saham INCO, INDF, dan UNVR .....	86
Tabel 5.13 Tabel Uji ARCH-LM Return.....	89
Tabel 5.14 Uji Dependensi Antar Saham .....	92
Tabel 5.15 VaR.....	93
Tabel 5.16 Estimasi Nilai CVaR .....	95

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pola Horizontal .....	18
Gambar 2.2 Pola Trend .....	19
Gambar 2.3 Pola Musiman .....	19
Gambar 2.4 Pola Siklis.....	19
Gambar 2.5 VaR, CVar dan Maximum Loss .....	25
Gambar 2.6 Grafik Interpretasi dari CVaR.....	26
Gambar 2.7 Distribusi Uniform.....	31
Gambar 2.8 Grafik Stasioner dalam Mean dan Variansi .....	45
Gambar 5.1 Plot Data Return Saham .....	74
Gambar 5.2 Plot ACF dan PACF saham INCO, INDF, dan UNVR .....	79
Gambar 5.3 Plot ACF Return Kuadrat Saham INCO, INDF, dan UNVR .....	88
Gambar 5.4 Plot Pareto Tail Dari Saham INCO, INDF, dan UNVR.....	91



## DAFTAR SIMBOL

NAMA SIMBOL	KETERANGAN
$r_t$	Net <i>return</i> pada priode $t$
$R_t$	Log <i>return</i> pada periode $t$
$r_{i,t}$	<i>Return</i> sekuritas $i$ pada periode $t$
$S_{i,t}$	Harga per lembar sekuritas $i$ pada periode $t$
$S_{i,t-1}$	Harga per lembar sekuritas pada periode $t-1$
$D$	Deviden per lembar
$S_k$	Estimasi dari skewness
$K$	Estimasi dari kurtosis
$P_o$	Interval awal
$R^*$	Nilai kuantil alpha
$\Phi$	Fungsi distribusi kumulatif bivariat
$S_{t-1}$	Nilai investasi awal
$R_p$	<i>Return</i> Portofolio
$1 - \alpha$	Tingkat kepercayaan
$t$	Rentang waktu yang digunakan
$y$	Variabel $y$ pada saat $t$
$T(y_i)$	Fungsi transformasi dari $y$
$\phi$	Estimasi kuadrat terkecil
$S\phi$	Estimasi standar error
$R_i$	<i>Return</i> asset ke- $i$
$w_i$	Besar proporsi asset
$Var(X)$	Variansi dari $X$
$E(R_i)$	<i>Expexted return</i> dari asset ke- $i$



$a$	Batas bawah interval
$b$	Batas atas interval
$p$	Orde <i>Autokorelasi</i>
$q$	Orde <i>Moving Average</i>
$n$	Banyaknya data
$\mu$	Parameter yang merupakan rata-rata distribusi
$\sigma$	Parameter yang merupakan simpangan baku distribusi
$dY_t$	Diferensi orde pertama dari variabel Y saat ke- $t$
$\gamma_k$	Fungsi autokorelasi
$\rho_k$	Fungsi autokovarians
$\phi_{kk}$	Fungsi autokorelasi parsial
$\varepsilon_t$	Residual pada waktu $t$
$\sigma_t^2$	Varians dari residual pada waktu $t$
$\alpha_0$	Konstanta
$\alpha_i$	Slope
$\beta_j$	Parameter model GARCH
$\tau$	Koefisien korelasi Kendall's Tau
$C'$	Sub Copula
$S_1, S_2$	Domain dari $C'$
$c(u_1, u_2)$	Persamaan Copula bivariat
$u$	Bilangan random berdistribusi uniform
$\gamma$	Parameter dari Copula
$\varphi(u)$	Fungsi generator Copula
$K$	Banyaknya parameter
$F(x)$	Fungsi distribusi marginal

$F^{-1}(u_i)$	Invers dari fungsi distribusi marginal
$f(x_1, \dots, x_n)$	Fungsi densitas bersama
$c_{ij}$	Pasangan Copula bivariat
$\alpha$	Tingkat signifikansi
$\sigma(R_p)$	Standar deviasi <i>return</i>
$z_\alpha$	Standar normal deviasi
$X_{t-1}, \dots, X_{t-p}$	Nilai masa lalu yang saling berhubungan
$\phi_1, \dots, \phi_p$	Koefisien atau parameter dari Autoregressive
$\theta_1, \dots, \theta_q$	Parameter dari Moving Average
$L$	Matriks simetris segitiga bawah
$U$	Matriks simetris segitiga atas
$D$	Determinan matriks
$LU$	Hasil perkalian matriks segitiga bawah dan segitiga atas

**ESTIMASI NILAI *CONDITIONAL VALUE at RISK* (CVaR)  
MENGUNAKAN FUNGSI GAUSSIAN COPULA**

**(Studi Kasus : Saham yang tergabung dalam *Jakarta Islamic Index* (JII)  
Periode 1 Januari 2016 – 30 Juni 2020)**

**Oleh : Fitrin Harisna Rifani (16610039)**

**INTISARI**

*Copula* sudah banyak digunakan dalam aset keuangan, terutama dalam manajemen risiko. Hal ini disebabkan oleh kemampuan *copula* untuk menangkap struktur ketergantungan nonlinier pada aset multivariat. Salah satu alat yang digunakan untuk mengukur dan mengelola suatu risiko adalah *Value at Risk* (VaR). Meskipun *Value at Risk* (VaR) ini cukup populer digunakan, namun VaR ini juga memiliki beberapa kelemahan. Untuk mengatasi kelemahan yang dimiliki VaR, maka diperlukan *Conditional Value at Risk* (CVaR). CVaR ini merupakan suatu ukuran risiko yang memiliki banyak keunggulan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengestimasi *Conditional Value at Risk* (CVaR) menggunakan fungsi *Gaussian Copula*. Data yang kami gunakan dalam penelitian ini adalah harga penutupan saham *Jakarta Islamic Index* (JII) yang kemudian dipilih tiga saham menggunakan *Treynor Ratio* yaitu saham INCO, INDF, dan UNVR. Hasil dari perhitungan menggunakan tingkat kepercayaan 90% menunjukkan bahwa risiko yang mungkin dialami adalah sebesar 0,588%. Sedangkan pada tingkat kepercayaan 95% risiko yang mungkin dialami adalah sebesar 0,669%. Dan pada tingkat kepercayaan 99% risiko yang mungkin dialami adalah sebesar 0,849%.

**Kata Kunci :** *Copula, Value at Risk (VaR), Conditional Value at Risk (CVaR)*

***ESTIMATION OF CONDITIONAL VALUE at RISK (CVaR) USING THE  
COPULA GAUSSIAN FUNCTION***

***(Case Study : Stocks Included in Jakarta Islamic Index (JII)***

***January 1, 2016 – June 30, 2020)***

***By : Fitrin Harisna Rifani (16610039)***

***ABSTRACT***

*Copula is already widely used in financial assets, especially in risk management. It is due to the ability of copula to capture the nonlinear dependence structure on multivariate assets. One measure that can be used to measure risk is Value at Risk (VaR). Although Value at Risk (VaR) is very popular, it has several weaknesses. To overcome the weaknesses in VaR, an alternative risk measure called Conditional Value at Risk (CVaR) can be used. This CVaR is a risk measure that has many advantages. The purpose of this study is to estimate Conditional Value at Risk (CVaR) using Gaussian Copula function. The data we used are the closing price of Jakarta Islamic Index (JII) stocks, which is then selected by three stocks using the Treynor Ratio is INCO, INDF, and UNVR stocks. The results from the calculation using 90% confidence level showed that the risk that may be experienced is at 0,588%. Meanwhile, at the 95% confidence level the risk that may be experienced is at 0,669%. And at the 99% confidence level the risk that may be 0,849%.*

***Keywords : Copula, Value at Risk (VaR), Conditional Value at Risk (CVaR)***

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Ada beberapa hal yang dilakukan oleh seorang investor dalam berinvestasi, yaitu *capital* (modal), *objective* (objektif), dan *risk* (risiko). Hal yang sering menjadi pusat perhatian investor dalam berinvestasi adalah risiko. Risiko dapat dikatakan sebagai suatu peluang terjadinya kerugian atau kehancuran. Lebih luas risiko dapat diartikan sebagai kemungkinan terjadinya hasil yang tidak diinginkan atau berlawanan dari yang diinginkan. Berdasarkan *Workbook level 1 Global Association of Risk Professionals*-Badan Sertifikasi Manajemen Risiko (2005) risiko didefinisikan sebagai “*chance of a bad outcome*”. Maksudnya adalah suatu kemungkinan akan terjadinya hasil yang tidak diinginkan, yang dapat menimbulkan kerugian apabila tidak diantisipasi serta tidak dikelola sebagaimana mestinya.

Pada saat melakukan investasi, seorang investor selalu memperhatikan *return*. *Return* merupakan tingkat pengembalian yang diperoleh dari suatu investasi. *Return* portofolio adalah tingkat pengembalian yang diperoleh dari investasi pada beberapa aset dengan bobot tertentu. Seorang investor dihadapkan pada dua hal yaitu tingkat pengembalian dan juga risiko yang mungkin timbul akibat adanya ketidakpastian (Tandelilin, 2010).

Seorang investor dalam mengendalikan risiko tersebut diperlakukan suatu alat, dan salah satu alat yang digunakan adalah *Value at Risk* (VaR). *Value at Risk* merupakan metode perhitungan *market risk* untuk menentukan risiko kerugian maksimum yang dapat terjadi pada suatu portofolio, baik *single-instrument* ataupun *multi-instrument*, pada *confidence level* tertentu, selama *holding period* tertentu, dan dalam kondisi pasar yang normal. Menurut Philip Best (1998) *Value at Risk* atau VaR adalah suatu metode pengukuran risiko secara statistik yang memperkirakan kerugian maksimum yang mungkin terjadi atas suatu portofolio pada tingkat kepercayaan (*level of*

*confidence*) tertentu. VaR juga merupakan salah satu bentuk pengukuran risiko yang cukup populer digunakan, namun VaR juga memiliki kelemahan antara lain VaR hanya mengukur persentil dari distribusi keuntungan atau kerugian tanpa memperhatikan setiap kerugian yang melebihi tingkat VaR, dan VaR tidak koheren karena tidak memiliki sifat *sub-additive*. Untuk mengatasi kelemahan yang dimiliki VaR, maka diperlukan *Conditional Value at Risk* (CVaR).

*Conditional Value at Risk* (CVaR) ini merupakan suatu ukuran risiko yang memiliki banyak keunggulan diantaranya yaitu CVaR merupakan ukuran risiko yang koheren serta bersifat *convex* dan *sub-additive*. Selain itu, CVaR juga mampu menghitung risiko pada data berdistribusi normal maupun tidak normal.

Secara umum mengukur suatu risiko seringkali merujuk pada kebergantungan dari variabel acak tingkat *return* harus memenuhi berbagai asumsi terutama hubungan antara variabel harus linier. Namun pada kasus finansial sulit untuk dipenuhi sehingga diperlukan fungsi *Copula*. *Copula* memiliki konsep sebagai alat untuk mempelajari kebergantungan tidak linear antara kejadian dalam kasus multivariat. Sehingga penelitian ini membahas estimasi nilai *Conditional Value at Risk* menggunakan salah satu fungsi *copula*. Teori *copula* merupakan suatu alat yang sangat *powerful* untuk memodelkan distribusi gabungan (*joint distribution*) karena tidak mensyaratkan asumsi normalitas dari data sehingga cukup fleksibel untuk berbagai data terutama untuk data saham.

Kata *Copulas* berasal dari bahasa latin yang berarti hubungan, pertalian, ikatan. Kata *Copulas* pertama kali digunakan pada bidang Matematika dan Statistika oleh *Abe Sklar* yang dipopulerkan pada tahun 1959 melalui *teorema Sklar* untuk menggambarkan sebuah fungsi distribusi dimensi-satu pada bentuk fungsi distribusi Multivariat (Nelson, 2006).

*Copula* terbagi menjadi tiga kelas antara lain, *Non-Conditional Copula*, *Archimedian Copula* dan *Elliptical Copula*. Yang menjadi anggota keluarga *Archimedian Copula*, antara lain *Clayton Copula*, *Gumbel Copula* dan

*Survival Copula*. Sedangkan anggota keluarga dari *Elliptical Copula*, antara lain *Gaussian Copula* dan *t-Copula*. *Gaussian Copula* merupakan salah satu jenis *copula* yang menggunakan distribusi normal standar bivariat. Sedangkan *t-Copula* merupakan salah satu jenis *copula* yang menggunakan distribusi t-bivariat.

Dalam skripsi ini, peneliti ingin membahas tentang mengukur risiko portofolio dua aset dengan *Conditional Value at Risk* untuk portofolio dua aset, yang akan diperoleh berdasarkan data dari *return* pada masa lalu. Metode yang akan digunakan pada penelitian ini adalah pengembangan dari *Elliptical Copula* yaitu *Gaussian Copula*.

Dari latar belakang di atas terlihat bahwa peneliti mengambil judul tentang “**Estimasi Nilai *Conditional Value at Risk* (CVaR) Menggunakan Fungsi *Gaussian Copula***”

## 1.2 Batasan Masalah

Untuk mempermudah dalam melakukan suatu penelitian, maka batasan masalah ini sangat diperlukan untuk menjamin keabsahan dalam kesimpulan yang diperoleh agar tidak terjadi penyimpangan dari tujuan semula. Pada penelitian ini terdapat beberapa batasan-batasan yang akan diteliti, yaitu:

1. *Copula* yang digunakan merupakan *Copula* dari keluarga *Elliptical*, yaitu *Gaussian Copula*.
2. Objek yang akan menjadi studi kasus adalah indeks harga penutupan saham *Jakarta Islamic Index* (JII) pada periode 1 Januari 2016 – 30 Juni 2020.
3. Menggunakan bantuan aplikasi *software excel*, IBM SPSS, dan R Studio.

## 1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, maka makalah yang akan dikaji dalam melakukan penelitian ini adalah:

1. Bagaimana langkah-langkah analisis risiko investasi *Jakarta Islamic Index* (JII) pada periode 1 Januari 2016 – 30 Juni 2020 dengan menggunakan metode *Conditional Value at Risk* (CVaR) *Gaussian Copula*?

2. Bagaimana bentuk model *Conditional Value at Risk (CVaR) Gaussian Copula* untuk mengestimasi besar risiko investasi pada indeks harga saham *Jakarta Islamic Index (JII)* pada periode 1 Januari 2016 – 30 Juni 2020?
3. Berapa besar risiko investasi pada indeks harga saham *Jakarta Islamic Index (JII)* pada periode 1 Januari 2016 – 30 Juni 2020 dengan menggunakan metode *Conditional Value at Risk (CVaR) Gaussian Copula*?

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan dari penulisan skripsi ini adalah:

1. Mengetahui langkah-langkah analisis risiko investasi *Jakarta Islamic Index (JII)* pada periode 1 Januari 2016 – 30 Juni 2020 dengan menggunakan metode *Conditional Value at Risk (CVaR) Gaussian Copula*.
2. Mengetahui bentuk model *Conditional Value at Risk (CVaR) Gaussian Copula* untuk mengestimasi besar risiko investasi pada indeks harga saham *Jakarta Islamic Index (JII)* pada periode 1 Januari 2016 – 30 Juni 2020.
3. Mengetahui besar risiko investasi pada indeks harga saham *Jakarta Islamic Index (JII)* pada periode 1 Januari 2016 – 30 Juni 2020 dengan menggunakan metode *Conditional Value at Risk (CVaR) Gaussian Copula*.

#### **1.5 Manfaat Penulisan**

1. Bagi Penulis
  - a. Menambah pengetahuan tentang aplikasi matematika khususnya statistika
  - b. Menambah wawasan mengenai analisis risiko investasi dengan menggunakan metode *Conditional Value at Risk (CVaR) Gaussian Copula*.
2. Bagi Investor



Merupakan sumbangan informasi bagi pembaca untuk membuat keputusan. Sebagai salah satu komponen terpenting dalam proses pembuatan keputusan adalah kegiatan pengumpulan informasi, antara lain mengetahui tingkat risiko terbesar yang akan dialami.

### 3. Bagi Peneliti Selanjutnya

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat dijadikan suatu referensi untuk penelitian lebih lanjut, terutama yang berkaitan dengan estimasi nilai *Conditional Value at Risk* (CVaR) dengan menggunakan metode *Gaussian Copula*.

## 1.6 Tinjauan Pustaka

Dalam penulisan ini penulis menggunakan berbagai macam sumber pustaka. Salah satu buku mengenai teori *Copula* dan sifat-sifatnya diperoleh dari:

1. Jurnal penelitian yang berjudul “*Estimasi Conditional Value at Risk (CVaR) Pada Portofolio Menggunakan Copula Bersyarat*” oleh Intan Lisnawati dan Retno Subekti program studi Matematika, jurusan Pendidikan Matematika Fakultas MIPA Universitas Negeri Yogyakarta tahun 2018. Penelitian ini menjelaskan tentang prosedur estimasi CVaR pada portofolio menggunakan *copula* bersyarat dengan metode fungsi distribusi *copula* bersyarat Clayton. Data yang digunakan dalam penelitian ini bersifat *fat tailed* dengan kurtosis lebih dari 3, sehingga data dimodelkan dalam GARCH-t.
2. Jurnal penelitian yang berjudul “*Estimasi Nilai Conditional Value at Risk (CVaR) Menggunakan Fungsi Archimedian Copula*” oleh Damayanti Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar tahun 2018. Penelitian ini menjelaskan tentang cara mengetahui besar resiko yang diperoleh dari estimasi CVaR dengan fungsi *Archimedian Copula*. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah harga penutupan saham PT. Antam Tbk dan PT. Timah Tbk pada bulan Maret sampai dengan bulan Oktober. Hasil penelitian untuk perhitungan estimasi nilai CVaR menggunakan fungsi

*Archimedean Copula* pada data saham Antam dan Timah adalah pada tingkat kepercayaan 90% diperoleh nilai sebesar 0.224%, sementara pada tingkat kepercayaan 95% diperoleh nilai sebesar 0.256% dan pada tingkat kepercayaan 99% diperoleh nilai sebesar 0.328%. Hal ini menunjukkan bahwa kerugian yang melebihi tingkat VaR yang mungkin dialami suatu hari kedepan jika menginvestasikan dana pada perusahaan tersebut.

3. Jurnal penelitian yang berjudul “*Estimasi Nilai Conditional Value at Risk (CVaR) Portofolio Menggunakan Metode EVT-GJR-Vine Copula*” oleh Ni Wayan Uchi Yushi Ari Sudina, Komang Dharmawan, dan I Wayan Sumarjaya Program Studi Matematika Fakultas MIPA Universitas Udayana tahun 2019. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kinerja metode *copula* EVT-GJR-vine dan metode *copula* EVT-GARCH-vine dalam estimasi CVaR portofolio menggunakan *backtesting*. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah harga penutupan (*closing price*) harian indeks saham FTSE Austria (AUT), FTSE Ireland (IRL), dan FTSE Switzerland (SCH) pada periode 2 Januari 2007 sampai dengan 21 September 2018. Hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pada studi kasus metode EVT-GJR-vine *copula* memiliki kinerja yang lebih baik apabila dibandingkan dengan metode EVT-GARCH-vine *copula* dalam mengestimasi nilai CVaR portofolio yang terdiri atas indeks saham FTSE Austria (AUT), FTSE Ireland (IRL), dan FTSE Switzerland (SCH). Hal ini berdasarkan nilai statistik  $V_1, V_2$ , dan  $V$  pada metode EVT-GJR-vine *copula* yang secara umum lebih kecil daripada nilai statistik  $V_1, V_2$ , dan  $V$  dari metode EVT-GARCH-vine *copula*.
4. Jurnal penelitian yang berjudul “*Value at Risk (VaR) dan Conditional Value at Risk (CVaR) Dalam Pembentukan Portofolio Bivariat Menggunakan Copula Gumbel*” oleh Dina Rahma Prihatiningsih, Di Asih I Maruddani, dan Rita Rahmawati Departemen Statistika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Diponegoro tahun 2020. Penelitian ini

bertujuan untuk mengestimasi *Value at Risk* dan *Conditional Value at Risk* menggunakan metode GARCH (*Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity*) untuk memodelkan data yang memiliki volatilitas tinggi dan dilanjutkan analisis menggunakan *Copula Gumbel* untuk mengetahui risiko investasi pada portofolio saham. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data saham PT Bank Mandiri Tbk (BMRI) dan PT Indo Tambangraya Megah Tbk (ITMG) pada periode 1 Januari 2014 sampai dengan 31 Desember 2019. Hasil penelitian ini adalah residual ARIMA-GARCH pada *return* saham BMRI dan ITMG, tidak berdistribusi normal dan tidak diketahui distribusi marginalnya sehingga dilanjutkan dengan pemodelan *copula*. Besar risiko yang diperoleh dengan metode *Copula Gumbel-GARCH* menggunakan simulasi Monte-Carlo untuk portofolio saham BMRI dan ITMG pada tingkat kepercayaan 99%, 95%, dan 90% diperoleh hasil perhitungan VaR secara berurutan adalah sebesar 3,977073%; 2,546167%; dan 1,837288% serta hasil perhitungan CVaR secara berurutan adalah sebesar 4,761437%; 3,457014%; dan 2,779182%. Pada kedua ukuran risiko baik VaR maupun CVaR dapat disimpulkan bahwa semakin besar tingkat kepercayaan, semakin pula besar risiko yang diderita. Semua nilai CVaR lebih besar daripada nilai VaR untuk masing-masing tingkat kepercayaan. Tentunya hasil perhitungan CVaR ini akan membuat investor lebih mewaspadaai kerugian terbesar yang akan diderita.

Pada penelitian ini mempunyai persamaan dalam hal metode yang digunakan, yaitu *Conditional Value at Risk (CVaR) Copula*, akan tetapi ada perbedaan juga dalam penentuan obyek yang diteliti dengan peneliti sebelumnya.

Tabel 1.1 Tinjauan Pustaka

NO	Peneliti	Pendekatan	Metode	Objek
1	Intan Lisnawati dan Retno Subekti (2018)	<i>Conditional Value at Risk (CVaR)</i>	<i>Copula Bersyarat</i>	Saham yang bersifat <i>fat tailed</i> dengan kurtosis lebih dari 3
2	Damayanti (2018)	<i>Conditional Value at Risk (CVaR)</i>	<i>Archimedian Copula</i>	Saham PT. Antam Tbk dan PT. Timah Tbk
3	Ni Wayan Uchi Yushi Ari Sudina, Komang Dharmawan, dan I Wayan Sumarjaya (2019)	<i>Conditional Value at Risk (CVaR)</i>	<i>Copula EVT- GJR-Vine dan EVT-GARCH- Vine</i>	Indeks harga saham FTSE Austria (AUT), FTSE Ireland (IRL), dan FTSE Switzerland (SCH)
4	Dina Rahma Prihatiningsih, Di Asih I Maruddani, dan Rita Rahmawati (2020)	<i>Value at Risk (VaR) dan Conditional Value at Risk (CVaR)</i>	<i>Copula Gumbel</i>	saham PT Bank Mandiri Tbk (BMRI) dan PT Indo Tambangraya Megah Tbk (ITMG)
5	Fitrin Harisna Rifani (2022)	<i>Conditional Value at Risk (CVaR)</i>	<i>Gaussian Copula</i>	Saham JII

## 1.7 Sistematika Penulisan

Untuk memberi gambaran menyeluruh dan memudahkan penulisan penelitian skripsi mengenai estimasi nilai *Conditional Value at Risk* (CVaR) pada portofolio saham JII (*Jakarta Islamic Index*) dengan pendekatan *Gaussian Copula*, maka secara garis besar sistematika penulisan ini terdiri dari :

### 1. BAB I : PENDAHULUAN

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

### 2. BAB II : LANDASAN TEORI

Berisi tentang teori penunjang yang digunakan dalam pembahasan yaitu estimasi nilai *Conditional Value at Risk* (CVaR) menggunakan fungsi *Gaussian Copula*.

### 3. BAB III : METODE PENELITIAN

Berisi berbagai penjelasan mengenai proses pelaksanaan penelitian ini, mulai jenis penelitian, objek, variabel, jenis dan sumber data, metode pengumpulan data, metodologi penelitian, metode analisis data, dan sampai pada alat pengolahan data.

### 4. BAB IV : ANALISIS RISIKO MENGGUNAKAN METODE GAUSSIAN COPULA

Pada bab ini berisi tentang pembahasan mengenai estimasi nilai *Conditional Value at Risk* (CVaR) menggunakan fungsi *Gaussian Copula*.

### 5. BAB V : STUDI KASUS

Pada bab ini akan dijelaskan tentang penerapan dan aplikasi estimasi nilai *Conditional Value at Risk* (CVaR) menggunakan fungsi *Gaussian Copula* pada data saham JII dan memberikan interpretasi terhadap hasil yang diperoleh.

### 6. BAB VI : KESIMPULAN DAN SARAN

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

## BAB VI

### PENUTUP

Pembahasan mengenai Estimasi Nilai *Conditional Value at Risk* (CVaR) Portofolio dengan menggunakan Fungsi *Gaussian Copula* pada saham INCO, INDF, dan UNVR telah dilakukan pada bab sebelumnya, sehingga dapat diambil kesimpulan dan saran sebagai berikut.

#### 6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil yaitu sebagai berikut :

1. Langkah-langkah estimasi nilai *Conditional Value at Risk* (CVaR) menggunakan fungsi *Gaussian Copula* sebagai berikut :
  - Menghitung nilai *return* pada masing-masing saham
  - Menghitung *Treynor Ratio* untuk memilih kinerja saham terbaik. Saham yang kinerjanya baik adalah saham yang memiliki nilai *Treynor Ratio* besar
  - Melakukan analisis deskriptif untuk mengetahui pola data dari ketiga saham
  - Melakukan uji *Kolmogorov Smirnov* untuk mengetahui kenormalan data pada ketiga saham
  - Melakukan uji kestasioneran data dengan menggunakan uji *Augmented Dickey Fuller* (ADF)
  - Menentukan model ARIMA yang sesuai dengan menggunakan plot ACF dan PACF pada ketiga saham
  - Melakukan uji *Ljung-Box* untuk mengetahui apakah data bersifat autokorelasi atau tidak
  - Melakukan pengujian efek ARCH menggunakan uji *Lagrange Multiplier* (LM) untuk mengetahui apakah data bersifat heteroskedastisitas atau tidak
  - Memeriksa ada tidaknya indikasi nilai ekstrem dengan menggunakan *Pareto Tail*

- Melakukan estimasi parameter *Gaussian Copula* dengan menggunakan korelasi *Kendall's Tau*
- Melakukan simulasi dengan menggunakan *Gaussian Copula*
- Menghitung nilai *Value at Risk* (VaR) menggunakan fungsi *Gaussian Copula*
- Estimasi nilai *Conditional Value at Risk* (CVaR) dengan menggunakan fungsi *Gaussian Copula*

2. Bentuk model *Conditional Value at Risk* (CVaR) *Gaussian Copula*

Untuk  $\alpha = 0.1$

$$CVaR_{90} = \frac{1}{1-0.1} \int_0^{0.1852204} 0.0285892 dr$$

Untuk  $\alpha = 0.05$

$$CVaR_{95} = \frac{1}{1-0.05} \int_0^{0.2223505} 0.0285892 dr$$

Untuk  $\alpha = 0.01$

$$CVaR_{99} = \frac{1}{1-0.01} \int_0^{0.2942533} 0.0285892 dr$$

3. Perhitungan besar risiko yang ditanggung oleh investor dari hasil estimasi nilai *Conditional Value at Risk* (CVaR) dengan menggunakan fungsi *Gaussian Copula* pada saham INCO, INDF, dan UNVR periode 1 Januari 2016 - 30 Juni 2020 dengan tingkat kepercayaan 90% menghasilkan nilai sebesar 0,588%. Sedangkan dengan tingkat kepercayaan 95% menghasilkan nilai sebesar 0,669%. Dan pada tingkat kepercayaan 99% menghasilkan nilai sebesar 0,849%. Sehingga jika seorang investor menginvestasikan dana sebesar Rp. 200.000.000,- maka kemungkinan kerugian maksimal pada suatu hari kedepan dengan tingkat kepercayaan 90% yaitu sebesar Rp. 352.800,-. Sedangkan pada tingkat kepercayaan 95% kerugian yang dialami pada suatu hari kedepan yaitu sebesar Rp. 401.400,-. Dan pada tingkat kepercayaan 99% kerugian yang dialami pada suatu hari kedepan yaitu sebesar Rp. 679.200,-.

## 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 nilai *Conditional Value at Risk* (CVaR) dengan simulasi parameter *Kendall's Tau*, disarankan untuk penelitian selanjutnya menggunakan metode estimasi *Value at Risk* yang lain.
2. Dapat melakukan perhitungan nilai *Conditional Value at Risk* menggunakan *Copula* dari keluarga *Elliptical* yang lain yaitu, *t-Copula*.



## DAFTAR PUSTAKA

- Bain, L. J., & Engelhardt, M. (1992). *Introduction to probability and mathematical statistics* (Vol. 4). Belmont, CA: Duxbury Press.
- Damasari, A. (2015). *Estimasi Value at Risk (VaR) Dengan Metode Simulasi Monte Carlo-Copula Gumbel (Studi Kasus: Saham Syariah yang Terdaftar dalam Jakarta Islamic Index (JII) Periode 1 Januari 2014–13 Maret 2015)* (Doctoral dissertation, UIN SUNAN KALIJAGA YOGYAKARTA).
- Damayanti, D. (2018). *Estimasi Nilai Conditional Value at Risk (CVaR) menggunakan Fungsi Archimedian Copula* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar).
- Dewi, S. K. *Estimasi Value at Risk (VaR) Portofolio Dengan Metode Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (GARCH)-Vine Copula*.
- Dharmawan, K. (2014). Estimasi Nilai Value At Risk Portofolio Menggunakan Metode T-Copula. *Jurnal Matematika, Saint, dan Teknologi*, 15(1), 1-11.
- Halim, A. (2015). *Analisis Investasi dan Aplikasinya*. Jakarta. Salemba Empat.
- Harsoyo, T. (2017). *Estimasi Value at Risk pada Portofolio Saham LQ45 dengan Metode Copula-GARCH*.
- Herlianto, D. (2017). *Teori Portopolio dan Analisis Investasi*.
- Krokhmal, P., Palmquist, J., & Uryasev, S. (2002). Portfolio optimization with conditional value-at-risk objective and constraints. *Journal of risk*, 4, 43-68.
- Lavianti, I. F. (2009). *Teori Portofolio dan Analisis Investasi: Teori dan Soal Jawab*. Bandung: Alfabeta.

- Letmark, M. (2010). *Robustness of conditional value at risk when measuring market risk across different asset classes [MS thesis]*.
- Lisnawati, I., & Subekti, R. (2018). Estimasi Conditional Value at Risk (CVaR) pada Portofolio Menggunakan Copula Bersyarat. *Jurnal Kajian dan Terapan Matematika*, 7(3), 64-72.
- Nelsen, R. B. (2006). *An Introduction to Copulas*. Springer, New York. MR2197664.
- Prihatiningsih, D. R., Di Asih, I. M., & Rahmawati, R. (2020). *Value at Risk (VaR) dan Conditional Value at Risk (CVaR) Dalam Pembentukan Portofolio Bivariat Menggunakan Copula Gumbel*. *Jurnal Gaussian*, 9(3), 326-335.
- Rahmadayanti, C., Rabbani, H., & Rohmawati, A. A. (2018). Model GARCH dengan pendekatan conditional maximum likelihood untuk prediksi harga saham. *Indonesia Journal on Computing (Indo-JC)*, 3(2), 21-28.
- Rockafellar, R. T., & Uryasev, S. (2000). Optimization of conditional value-at-risk. *Journal of risk*, 2, 21-42.
- Sunaryo, T. (2007). *Manajemen risiko finansial*. Penerbit Salemba.