

# **TESIS**

## **PENAKSIRAN PARAMETER COPULA GUMBEL UNTUK MENENTUKAN *VALUE AT RISK* MELALUI *BACKTESTING* PADA DATA INVESTASI SAHAM DI MASA *CORONAVIRUS* *DISEASE* 2019**

*COPULA GUMBEL PARAMETERS ASSESSMENT TO  
DETERMINE VALUE AT RISK IN CORONAVIRUS DISEASE 2019  
THROUGH BACKTESTING ON STOCK INVESTMENT DATA*

**ALIMATUN NAJIHA**

**H 062 202 009**



**PROGRAM STUDI MAGISTER STATISTIKA**

**DEPARTEMEN STATISTIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2022**

## TESIS

PENAKSIRAN PARAMETER COPULA GUMBEL UNTUK MENENTUKAN *VALUE AT RISK* MELALUI *BACKTESTING* PADA DATA INVESTASI SAHAM DI MASA *CORONAVIRUS DISEASE* 2019

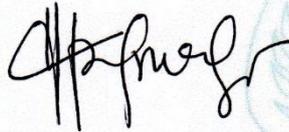
ALIMATUN NAJIHA

H062202009

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Program Studi Magister Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin pada tanggal 22 Desember 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



**Dr. Erna Tri Herdiani, S.Si., M.Si.**

NIP. 19750429 200003 2 001

Pembimbing Pendamping



**Dr. Georgina M. Tinungki, M.Si**

NIP. 19620926 198702 2 001

Ketua Program Studi  
Magister Statistika,



**Dr. Dr. Georgina M. Tinungki, M.Si**

NIP. 19620926 198702 2 001

Dekan Fakultas Matematika dan  
Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Hasanuddin



**Dr. Eng. Amiruddin, M.Si**

NIP. 19720515 199702 1 002

**PERNYATAAN KEASLIAN TESIS  
DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA**

Dengan ini saya menyatakan bahwa, tesis berjudul Penaksiran Parameter Copula Gumbel Untuk Menentukan *Value At Risk* Melalui *Backtesting* Pada Data Investasi Saham Di Masa *Coronavirus Disease* 2019 adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing (Dr. Erna Tri Herdiani, S.Si., M.Si. dan Dr. Georgina Maria Tinungki, M.Si). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka tesis ini. Sebagian dari isi tesis ini akan dipublikasikan di Jurnal (BAREKENG: Journal of Mathematics and Its Application) ISSN: 2615-3017 Vol. 17, Issue 1, No.:133/BRKNG/X/2022, March - 2023, sebagai artikel dengan judul "The Application Of Gumbel Copula To Estimate Value At Risk With Backtesting In Telecommunication Stock"

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 18 Desember 2022

Yang Menyatakan,



Alimatun Najiha

NIM. H062202009

## UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji bagi **Allah SWT Rabb** semesta alam atas segala limpahan berkah, rahmat dan nikmatnya yang tak terhingga serta shalawat serta salam semoga selalu dilimpahkan kepada Nabi yang paling dimuliakan, pemimpin orang-orang bertakwa, **Muhammad bin Abdullah** dan kepada para keluarga serta sahabat-sahabat beliau. Alhamdulillah, berkat pertolongan Allah akhirnya tesis dengan judul "**Penaksiran Parameter Copula Gumbel Untuk Menentukan Value At Risk Melalui Backtesting Pada Data Investasi Saham Di Masa Coronavirus Disease 2019**" yang disusun sebagai salah satu syarat akademik untuk meraih gelar magister pada Program Studi Magister Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin ini dapat dirampungkan. Penulis berharap tesis ini bisa memberikan tambahan pengetahuan bagi pembelajar statistika.

Penulis menyadari bahwa penyelesaian tesis ini tidak luput dari hambatan dan tantangan. Namun, berkat bantuan dan dorongan serta motivasi baik yang terkait secara langsung maupun secara tidak langsung dari berbagai pihak akhirnya kesulitan-kesulitan yang timbul dapat diatasi. Untuk itu suatu kewajiban bagi penulis untuk menyampaikan terima kasih yang tak terhingga kepada kedua orang tua penulis, Ayahanda **Muhammad Hasbi (alm.)** dan Ibunda **Sitti Najmah** atas kerja kerasnya mendidik, mendoakan, menjadi inspirasi, membesarkan penulis dengan bertabur cinta, kasih sayang yang tulus serta dengan ikhlas telah mengiringi setiap langkah penulis dengan doa dan restunya. Terima kasih juga kepada keluarga besar penulis atas dukungan baik moral maupun spiritual yang telah ditujukan kepada penulis. Perkenankan pula penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada yang terhormat:

1. Bapak **Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc.**, Selaku Rektor Universitas Hasanuddin beserta seluruh jajarannya.
2. Bapak **Dr. Eng. Amiruddin**, selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin beserta seluruh jajarannya.
3. Ibu **Dr. Nurtiti Sunusi, S.Si, M.Si.**, selaku Ketua Departemen Statistika dan sebagai salah satu Tim Penguji yang telah memberikan petunjuk dan masukkannya selama proses pembuatan tesis ini, serta Segenap dosen pengajar dan staf Departemen Statistika yang telah membekali ilmu selama

penulis menjadi mahasiswa dengan senantiasa berupaya meningkatkan kualitas mahasiswa dilingkungan Universitas Hasanuddin.

4. Ibu **Dr. Dr. Georgina M. Tinungki, M.Si.**, selaku Ketua Program Studi Magister Statistika dan sebagai Pembimbing Pertama atas segala masukan, bantuan, nasehat serta motivasi yang diberikan kepada penulis sejak masih berstatus Mahasiswa Baru sampai penulis menyelesaikan studi di Program Studi Magister Statistika.
5. Ibu **Dr. Erna Tri Herdiani, S.Si., M.Si.**, selaku Pembimbing Utama dan Penasehat Akademik yang selalu meluangkan waktu, pemikiran dan energi untuk memberikan arahan, dorongan, dan motivasi kepada penulis mulai dari awal hingga selesainya penulisan tesis ini.
6. Bapak **Dr. Nirwan, M.Si.**, selaku Tim Penguji yang telah memberikan kritikan saran dan pembelajaran yang membangun dalam penyempurnaan tesis ini.
7. Ibu **Sri Astuti Thamrin, S.Si., M.Stat., Ph.D.**, selaku Tim Penguji yang bersedia meluangkan waktu untuk memberikan masukan yang membangun dalam penyempurnaan tesis ini.

Tidak lupa ucapan terima kasih yang mendalam penulis sampaikan untuk seluruh pihak yang senantiasa memberikan bantuan berupa semangat ataupun dukungan yang tak ternilai besarnya, kepada:

1. Saudara penulis, **Achmad Hidayat** dan **Ahmad Syarkawi**.
2. Teman seperjuangan **Magister Statistika Angkatan 03** untuk setiap waktu yang tercipta bersama, susah senangnya perkuliahan telah dilewati bersama.
3. Teman-teman Lab Statistika (**Andis, Mila, Samsir, Tari**) untuk perjuangan dan kenangan indah selama di Kampus Universitas Hasanuddin ini.

Penulis juga mengucapkan terima kasih untuk semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu. Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam tesis ini. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis memohon maaf. Akhir kata semoga tulisan ini memberi manfaat bagi para pembaca.

Makassar, 18 Desember 2022



Alimatun Najiha

## ABSTRAK

ALIMATUN NAJIHA. **Penaksiran parameter copula gumbel untuk menentukan value at risk melalui backtesting pada data investasi saham di masa coronavirus disease 2019** (dibimbing oleh Erna Tri Herdiani dan Georgina M. Tinungki).

Value of Risk (VaR) merupakan salah satu alat ukur risiko secara statistik untuk mendeteksi kerugian maximum dari suatu investasi, adapun distribusi yang harus dipenuhi adalah berdistribusi normal. Hal ini tidak sejalan dengan keadaan sebenarnya, karena distribusi dari nilai return banyak ditemukan tidak berdistribusi normal melainkan tergantung pada kondisi pasar yang terjadi pada saat itu, sehingga membuat estimasi VaR menjadi tidak valid dan mengakibatkan risiko yang lebih besar. Oleh karena itu, dalam penelitian ini, estimasi nilai risiko akan dilakukan dengan menggunakan metode Copula Gumbel yang dapat memodelkan struktur kebergantungan antar saham dan cukup fleksibel untuk memodelkan data return finansial. Estimasi parameter yang dihasilkan metode Copula Gumbel, selanjutnya digunakan untuk menghitung nilai VaR melalui metode simulasi monte carlo pada tingkat kepercayaan 90% dan 99%. Data yang digunakan merupakan data saham sektor telekomunikasi yang populer pada masa COVID-19 diantaranya saham PT. Indosat Ooredoo Hutchison Tbk dan PT. Smartfren Telecom Tbk. Nilai VaR yang dihasilkan adalah 0.071 dan 0.192. Untuk menguji kelayakan model VaR dilakukan backtesting dan memberikan kesimpulan yakni nilai VaR yang diperoleh valid dan layak digunakan pada penaksiran risiko saham PT. Indosat Tbk dan PT. Smartfren Telecom Tbk.

Kata kunci: copula gumbel, value at risk, backtesting.

## ABSTRACT

ALIMATUN NAJIHA. **Copula gumbel parameter estimation to determine value at risk through backtesting on stock investment data during the 2019 coronavirus disease period** (supervised by Erna Tri Herdiani dan Georgina M. Tinungki).

Value of Risk (VaR) is a statistical risk measurement tool to detect the maximum loss from an investment, while the distribution that must be met is normally distributed. This is not in line with the actual situation, because the distribution of returns is found to be not normally distributed but depends on the market conditions that occur at that time, thus making the VaR estimation invalid and resulting in greater risk. Therefore, in this study, estimation of the risk value will be carried out using the Copula Gumbel method which can model the inter-stock dependency structure and is flexible enough to model financial return data. The parameter estimates generated by the Copula Gumbel method are then used to calculate VaR values through the monte carlo simulation method at 90% and 99% confidence levels. The data used is data on telecommunications sector shares which were popular during the COVID-19 period, including shares of PT. Indosat Ooredoo Hutchison Tbk and PT. Smartfren Telecom Tbk. The resulting VaR values are 0.071 and 0.192. To test the feasibility of the VaR model, backtesting was carried out and it concluded that the VaR value obtained was valid and suitable for use in the risk assessment of PT. Indosat Tbk and PT. Smartfren Telecom Tbk.

Keyword: copula gumbel, value at risk, backtesting

## DAFTAR ISI

UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xii
BAB I .....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	5
1.3. Batasan Masalah.....	5
1.4. Tujuan Penelitian.....	5
1.5. Manfaat Penelitian .....	6
BAB II .....	7
2.1. Investasi.....	7
2.2. Imbal Saham .....	7
2.3. Uji Normalitas.....	8
2.4. Uji Autokorelasi dan Heteroskedastisitas .....	9
2.5. Copula.....	11
2.6. Copula Archimedian.....	12
2.7. Copula Gumbel.....	14
2.8. Simulasi .....	14
2.9. Korelasi <i>Kendall's Tau</i> .....	19
2.10. Nilai Risiko Value at Risk .....	20
2.11. <i>Backtesting</i> .....	22
2.12. Kerangka Konsep .....	24
BAB III .....	25
3.1. Sumber Data .....	25
3.2. Identifikasi Variabel .....	25
3.3. Metode Analisis Kerja.....	25
BAB IV .....	27
4.1 Deskripsi Data.....	27
4.2 Imbal Saham .....	27
4.3 Uji Normalitas.....	29
4.4 Autokorelasi dan Heteroskedastisitas.....	31
4.5 Estimasi Parameter Copula Gumbel Dengan Metode <i>Kendall's Tau</i> .....	34

4.6 Simulasi Copula Gumbel.....	36
4.7 Estimasi Nilai Risiko (VaR).....	37
4.8 Backtesting Value at Risk .....	38
BAB V.....	40
5.1. Kesimpulan.....	40
5.2. Saran .....	41
DAFTAR PUSTAKA.....	42
LAMPIRAN-LAMPIRAN.....	46
Lampiran 1.....	46
Lampiran 2.....	51
Lampiran 3.....	60
Lampiran 4.....	61
Lampiran 5.....	64
Lampiran 6.....	65
Lampiran 7.....	66
Lampiran 8.....	70
Lampiran 9.....	71
Lampiran 10. ....	74
Lampiran 11. ....	77

## DAFTAR TABEL

1. Harga penutupan saham PT. Indosat Ooredoo Hutchison Tbk dan PT. Smartfren Telecom tbk	27
2. Nilai imbal saham PT. Indosat Ooredoo Hutchison Tbk dan PT. Smartfren Telecom tbk	29
3. Pengujian distribusi normal	30
4. Ljung box imbal saham PT. Indosat Ooredoo Hutchison Tbk dan PT. Smartfren Telecom tbk.	32
5. ARCH LM imbal saham PT. Indosat Ooredoo Hutchison Tbk dan PT. Smartfren Telecom tbk	34
6. Estimasi VaR PT. Indosat Ooredoo Hutchison Tbk dan PT. Smartfren Telecom tbk	38
7. Uji backtesting Value at Risk	39

## DAFTAR GAMBAR

1. Plot Pola Copula Clayton dengan parameter yang berbeda	13
2. Plot Pola Copula Frank dengan parameter yang berbeda	13
3. Plot Pola Copula Gumbel dengan parameter yang berbeda	13
4. Histogram imbal saham PT. Indosat Ooredoo Hutchison Tbk	30
5. Histogram imbal saham PT. Smartfren Telecom Tbk	31
6. Plot ACF imbal saham PT. Indosat Ooredoo Hutchison Tbk	31
7. Plot ACF imbal saham PT. Smartfren Telecom Tbk	32
8. Plot ACF imbal kuadrat saham PT. Indosat Ooredoo Hutchison Tbk	33
9. Plot ACF imbal kuadrat saham PT. Smartfren Telecom Tbk	33
10. <i>Scatterplot</i> data simulasi	37

## DAFTAR LAMPIRAN

1. Data Harga Penutupan Saham PT. Indosat Ooredoo Hutchison Tbk dan PT. Smartfren Telecom tbk.	46
2. Data Imbal Saham PT. Indosat Ooredoo Hutchison Tbk dan PT. Smartfren Telecom tbk.	51
3. Output Uji Normalitas	60
4. Output Uji Ljung Box	61
5. Output Uji ARCH LM	63
6. Output Koefisien Korelasi	64
7. Output Syntaks VaR	65
8. Data Simulasi Copula Gumbel	68
9. Hasil Estimasi VaR 90%	69
10. Hasil Estimasi VaR 95%	72
11. Hasil Estimasi VaR 99%	75

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Pandemi COVID-19 yang dialami pada akhir tahun 2019 hingga saat ini yang disebabkan oleh virus SARS-Cov-2 (Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2). Penyakit Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) ditemukan pertama kali di Provinsi Wuhan, China. Virus ini menyebar dengan cepat, sehingga pada tanggal 11 Maret 2020 WHO (World Health Organization) menetapkan COVID-19 sebagai pandemi. Status pandemi menunjukkan bahwa penyebaran penyakit sangat cepat sehingga hampir semua negara di dunia tidak dapat memastikan bahwa mereka terlindungi dari penyakit (Mona, 2020). Sebagian besar negara menetapkan untuk melakukan karantina atau *lockdown* untuk mengurangi penyebaran virus dan sebagai upaya perlindungan kepada setiap warga negaranya. Salah satu upaya yang dilakukan oleh Pemerintah Indonesia yakni menetapkan kebijakan Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB) untuk mengurangi atau memutuskan rantai penyebaran Covid-19 (Wira & Fajrin, 2021). COVID-19 memberikan dampak serius pada masyarakat dan menciptakan krisis ekonomi sehingga menyebabkan terjadinya pengurangan jumlah pekerja atau pemutusan hubungan kerja (PHK) sehingga meningkatnya pengangguran serta ketidakmampuan untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. COVID-19 telah terjadi secara masif hingga berdampak pada pertumbuhan ekonomi global tak terkecuali Indonesia. Nilai tukar rupiah melemah dan beberapa industri mengalami penurunan seperti pariwisata, perhotelan, penerbangan, makanan dan minuman serta ritel. Begitu pula dengan harga jual saham pada beberapa sektor mengalami dampak yang serupa. Namun, berbanding terbalik dengan dampak negatif dari COVID-19, saham dari sektor telekomunikasi mengalami kenaikan.

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Tambunan tahun 2020 menyatakan bahwa investasi saham di sektor telekomunikasi selama masa pandemi mengalami peningkatan harga, sehingga disarankan untuk berinvestasi pada saham sektor telekomunikasi (Tambunan, 2020). Hal ini disebabkan karena banyaknya perusahaan dan sekolah telah menerapkan kebijakan terkait pencegahan di masa pandemi untuk mengurangi penyebaran virus dengan tidak melakukan kontak langsung. Beberapa kebijakan yang dilakukan oleh Pemerintah

Indonesia selama pandemi berlangsung antara lain WFH (Work From Home) untuk pegawai kantoran dan program LFH (Learn From Home) untuk pelajar dan mahasiswa, sehingga fungsi telekomunikasi khususnya jaringan internet menjadi sangat penting dan dibutuhkan. Jaringan internet yang memadai dapat memberikan nilai lebih kepada konsumen serta dapat mendukung kelancaran kemajuan pekerjaan selama masa studi di rumah. Jika dibandingkan dengan kebutuhan jaringan internet dan kuota data sebelum pandemi COVID-19, terjadi peningkatan yang signifikan (Rahayu & Haq, 2021). Hal ini menyebabkan terjadinya peningkatan harga pada investasi saham sektor telekomunikasi. Berdasarkan latar belakang inilah kami melakukan analisis terhadap saham PT. Indosat Ooredoo Hutchison Tbk dan PT. Smartfren Telecom Tbk yang merupakan bagian dari saham telekomunikasi yang ada di Indonesia. Sementara itu, imbal erat kaitannya dengan risiko. Imbal dan risiko memiliki hubungan yang searah dan linear (Mardhiyah, 2017). Artinya, semakin besar imbal yang diharapkan semakin besar pula risiko yang ditanggung. Imbal merupakan hasil yang diperoleh dari investasi sedangkan risiko sering dihubungkan dengan penyimpangan atau deviasi dari outcome yang diterima dengan yang diharapkan (Hadinata, 2018). Jadi risiko mengacu pada kemungkinan bahwa beberapa kejadian yang tidak menguntungkan akan terjadi. Oleh sebab itu, pengukuran risiko perlu dilakukan.

Salah satu alat ukur risiko yang berkembang pesat dan sangat populer dipergunakan saat ini adalah VaR (Value at Risk) yang dipopulerkan oleh J. P. Morgan pada tahun 1994 (Saputri & Suharsono, 2019). VaR adalah estimasi kerugian maksimum yang akan diperoleh selama periode waktu (time period) tertentu pada tingkat kepercayaan (level of confidence) tertentu (Maruddani & Purbowati, 2009). VaR telah menjadi standar model pengukuran risiko secara internal (Internal Model Approach) sebagaimana ditetapkan Bank for International Settlement (1996) melalui Basel Committee on Banking Supervision (BCBS) dalam BASEL II yang digunakan oleh analis keuangan untuk menghitung risiko pasar dari sebuah aset atau portofolio (Najiha & Anisa, 2022). Terdapat tiga metode pokok dalam menghitung VaR, yaitu Metode Variance Covariance, Simulasi Monte Carlo, dan Simulasi Historikal.

Pendekatan MVC (Metode Variance Covariance) unggul dalam kemudahan perhitungan, namun pendekatannya diasumsikan berdistribusi normal, padahal pada kenyataannya data keuangan banyak ditemukan tidak berdistribusi normal (Conlon & McGee, 2020). Hal ini dapat mengakibatkan tidak

validnya estimasi VaR sehingga risiko portofolio yang terjadi lebih besar dari risiko yang telah ditetapkan. Sementara itu, metode SH (Simulasi Historikal) menggunakan pendekatan distribusi empiris, sampel dapat diduga dengan baik pada kuantil tengah, akan tetapi menjadi tidak reliabel pada kuantil atas, mengingat metode ini hanya berdasar pada sedikit pengamatan (Gencay & Selcuk, 2004). Metode SMC (Simulasi Monte Carlo) dapat mengestimasi nilai VaR yang lebih komprehensif, fleksibel untuk menggabungkan variansi waktu terhadap volatilitas, *fat tails*, dan *skenario ekstrem*, serta dapat digunakan untuk exposure non linear (Jorion, 2007). Pada penelitian ini akan digunakan metode SMC untuk mengestimasi nilai VaR. Metode ini paling banyak digunakan untuk mengukur VaR karena dapat menghitung bermacam-macam susunan exposure (saham) dan risiko.

Apabila imbal pasar saham yang dianalisa cenderung bersifat stabil dan bebas maka estimasi VaR dengan pendekatan MVC, SMC, dan SH sudah cukup baik digunakan. Namun bagaimana jika terdapat ketergantungan diantara imbal pasar saham mengikuti dinamika yang rumit dan ketika imbal tidak normal. Hal ini hampir tidak memungkinkan untuk menentukan distribusi multivariat untuk dua urutan atau lebih (Jondeau & Rockinger, 2006). Oleh karena itu dikembangkanlah metode VaR dengan pendekatan Copula. Copula diperkenalkan oleh Sklar pada tahun 1959 yang merupakan suatu fungsi yang dapat menggabungkan beberapa distribusi marginal menjadi distribusi bersama (Suharto, 2017). Metode Copula memiliki keunggulan dibandingkan dengan metode-metode sebelumnya yaitu tidak memerlukan asumsi distribusi normal dan dapat menangkap tail dependence di antara masing-masing variabel.

Copula memiliki beberapa keluarga, salah satunya adalah archimedean copula yang cukup baik digunakan untuk data keuangan (Lusia & Satyahadewi, 2021). Salah satu sub-Copula dari Keluarga Archimedean adalah Copula Gumbel. Copula Gumbel memiliki kesensitifan terbaik terhadap risiko yang tinggi. Copula Gumbel dibahas pertama kali oleh Gumbel pada Tahun 1960 yang akhirnya dikenal dengan Keluarga Copula Gumbel. Copula ini memiliki kelebihan dalam mengidentifikasi perilaku tail dependensi atas. Copula Gumbel baik digunakan untuk mengetahui ketergantungan antara saham finansial (Maulana & Dharmawan, 2022). Oleh karena itu, perhitungan Value at Risk pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan estimasi parameter Copula Gumbel pada data imbal saham PT. Indosat Ooredoo Hutchison Tbk dan PT. Smartfren Telecom Tbk.

VaR adalah sebuah estimasi dan setiap perhitungan estimasi tentunya memiliki masalah dengan perubahan-perubahan nilai suatu aset yang tidak memiliki pola tetap, sehingga model perhitungan VaR yang dibentuk dalam mengestimasi volatilitas secara periodik perlu divalidasi, sehingga model yang dihasilkan dalam perhitungan VaR diharapkan menjadi suatu model yang baik. Metode yang digunakan dalam memvalidasi model-model risiko dikenal dengan nama metode backtesting (Maulana & Dharmawan, 2022). Backtesting adalah aplikasi metode kuantitatif untuk menentukan apakah estimasi risiko suatu model konsisten terhadap asumsi-asumsi yang mendasari model yang sedang diuji.

Penelitian mengenai backtesting pertama kali dilakukan oleh Kupiec (1995) dan Christoffersen (1998) dengan menggunakan jumlah eksepsi sebagai dasar untuk melakukan backtesting VaR. Selanjutnya, Berkowitz dan O'Brien (2002) dalam studinya menggunakan data keuntungan dan kerugian trading dari enam bank multinasional periode Januari 1998 sampai Maret 2000 di US dan mengaplikasikan backtesting yang diusulkan oleh Kupiec (1995) dan Christoffersen (1998), mereka menemukan bahwa model internal bank berupa VaR menyediakan cakupan yang cukup untuk risiko pasar. Namun demikian, kerugian menjadi besar selama periode 1998 akibat krisis finansial Asia dan krisis Rusia. Artinya terdapat risiko dalam penggunaan VaR yang diabaikan dalam model risiko. Hal ini sejalan dengan data yang digunakan, mengingat bahwa data yang digunakan adalah data selama peristiwa COVID-19. Peristiwa COVID-19 pertama di Indonesia berpengaruh pada hasil imbal saham sebelum dan sesudah pengumuman kasus COVID-19 pertama di Indonesia (Mazid & Listyaningsih, 2022). Sehingga pada penelitian ini akan dilakukan Backtesting sebagai bagian validasi dari nilai risiko yang diperoleh.

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, penelitian yang dilakukan membahas tentang "Penaksiran Parameter Copula Gumbel untuk Menentukan Value at Risk melalui Backtesting pada Data Investasi Saham di Masa Coronavirus Disease 2019". Data yang digunakan adalah data investasi harga penutupan saham harian dari PT. Indosat Ooredoo Hutchison Tbk dan PT. Smartfren Telecom Tbk sebanyak 257 data dari tanggal 11 Maret 2019 sampai dengan tanggal 10 Maret 2020.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas maka masalah dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana mengestimasi parameter model Copula Gumbel dengan menggunakan metode Korelasi *Kendall's Tau* pada data investasi saham harga penutupan PT. Indosat Ooredoo Hutchison Tbk dan PT. Smartfren Telecom Tbk?
2. Bagaimana estimasi VaR menggunakan metode SMC pada data investasi saham harga penutupan PT. Indosat Ooredoo Hutchison Tbk dan PT. Smartfren Telecom Tbk?
3. Bagaimana *backtesting* nilai risiko dengan estimasi VaR yang dihasilkan dari simulasi SMC pada data investasi saham harga penutupan PT. Indosat Ooredoo Hutchison Tbk dan PT. Smartfren Telecom Tbk?

## 1.3. Batasan Masalah

Dalam penulisan tugas akhir ini, pembatasan masalah sangat diperlukan agar tidak terjadi penyimpangan dari tujuan semula sehingga pemecahan masalah lebih terfokus. Berdasarkan uraian latar belakang, maka pembatasan penelitian ini difokuskan untuk :

1. Data yang digunakan adalah data investasi saham harga penutupan PT. Smartfren Telecom Tbk dan PT. Indosat Ooredoo Hutchison Tbk periode 11 Maret 2019 – 10 Maret 2020.
2. Estimasi parameter Copula Gumbel menggunakan Korelasi *Kendall's Tau*.

## 1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditentukan, maka dapat dikemukakan tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Memperoleh parameter Copula Gumbel dengan menggunakan metode Korelasi *Kendall's Tau* pada data investasi saham harga penutupan PT. Indosat Ooredoo Hutchison Tbk dan PT. Smartfren Telecom Tbk?
2. Mendapatkan nilai risiko yang diperoleh dari estimasi VaR pada data investasi saham harga penutupan PT. Indosat Ooredoo Hutchison Tbk dan PT. Smartfren Telecom Tbk menggunakan metode Copula Gumbel.

3. Menentukan *backtesting* VaR yang dihasilkan dari estimasi parameter Copula Gumbel pada data investasi saham harga penutupan PT. Indosat Ooredoo Hutchison Tbk dan PT. Smartfren Telecom Tbk?

### 1.5. Manfaat Penelitian

Dalam penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan terhadap perkembangan ilmu pengetahuan dalam rangka memperluas dan memperdalam wawasan dalam bidang statistika, khususnya penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dalam beberapa aspek di antaranya :

1. Memberikan pengetahuan dalam pengaplikasian estimasi parameter model Copula Gumbel dengan menggunakan metode Korelasi *Kendall's Tau* pada data investasi saham harga penutupan PT. Indosat Ooredoo Hutchison Tbk dan PT. Smartfren Telecom Tbk?
2. Memberikan motivasi untuk lebih mengembangkan pengetahuan tentang penerapan *backtesting* VaR pada data investasi saham.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Investasi**

Investasi merupakan komitmen penempatan dana pada satu atau beberapa obyek investasi dengan tujuan memperoleh tingkat pengembalian tertentu di masa mendatang. Dengan kata lain investasi adalah komitmen atas sejumlah dana atau sumber daya lainnya yang dilakukan pada saat ini, dengan tujuan memperoleh sejumlah keuntungan di masa depan. Harapan akan masa depan yang lebih baik tersebut merupakan hasil atas komitmen waktu dan usaha yang dilakukan pada saat ini.

Istilah investasi bisa berkaitandengan berbagai macam aktivitas. Menginvestasikan sejumlah dana pada aset real (tanah, emas, mesin atau bangunan) maupun aset finansial (deposito, saham ataupun obligasi) merupakan aktivitas investasi yang umumnya dilakukan. Pihak-pihak yang melakukan investasi disebut investor. Seorang investor memiliki harapan untuk mampu memperoleh keuntungan dari kenaikan harga di masa yang akan datang, sebagai hasil atas waktu dan risiko yang berkaitan dengan investasi tersebut.

Sumber dana untuk investasi bisa berasal dari aset-aset yang dimiliki saat ini, pinjaman dari pihak lain, ataupun dari tabungan. Investor yang mengurangi konsumsinya saat ini akan mempunyai kemungkinan kelebihan dana untuk ditabung. Dana yang berasal dari tabungan tersebut jika diinvestasikan akan memberikan harapan peningkatan kemampuan konsumsi investor di masa mendatang, yang diperoleh dari peningkatan kesejahteraan investor tersebut.

Hal mendasar dari proses investasi adalah hubungan antara imbal harapan dan risiko suatu investasi. Hubungan risiko dan imbal harapan dari suatu investasi merupakan hubungan yang searah dan linear. Artinya risiko yang rendah maka imbal yang dihasilkan akan rendah dan sebaliknya risiko yang tinggi maka imbal yang dihasilkan juga akan tinggi.

#### **2.2. Imbal Saham**

Salah satu tujuan investor berinvestasi adalah untuk mendapatkan imbal. Tanpa adanya tingkat keuntungan yang dinikmati dari suatu investasi, tentunya investor tidak akan melakukan investasi. Menurut Wahyudi (2003), bahwa imbal

saham adalah keuntungan yang dinikmati investor atas investasi saham yang dilakukannya. Selain itu imbal dapat diartikan sebagai pendapatan yang dinyatakan dalam persentase dari modal awal investasi (Samsul, 2006). Pendapatan investasi dalam saham ini merupakan keuntungan yang diperoleh dari jual beli saham, dimana jika untung disebut *capital gain* dan jika rugi disebut *capital loss*. Berdasarkan definisi di atas dapat disimpulkan bahwa imbal saham merupakan tingkat pengembalian yaitu berupa keuntungan dan kerugian yang didapatkan dari investasi yang telah dilakukan. Menurut Tandelilin (2007), imbal saham terdiri dari dua komponen, yaitu:

1. *Capital Gain* atau *Loss* yaitu kenaikan atau penurunan harga suatu saham yang bisa memberikan keuntungan atau kerugian bagi investor.
2. Yield merupakan komponen imbal yang mencerminkan aliran kas atau pendapatan yang diperoleh secara periodik dari suatu investasi saham.

Imbal saham dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.1 berikut: (Hanafi, 2009)

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

dimana,

$P_t$  adalah harga penutupan saham pada hari  $t$ , dan

$P_{t-1}$  adalah harga penutupan saham pada hari  $t - 1$

### 2.3. Uji Normalitas

Uji normalitas perlu dilakukan untuk mengantisipasi terjadinya ketidakstabilan harga yang dikhawatirkan mengalami penurunan harga sehingga dapat merugikan investor. Uji normalitas dapat dilakukan dengan uji Kolmogorov Smirnov (KS). Uji Kolmogorov Smirnov merupakan salah satu uji yang dapat digunakan dalam menentukan distribusi yang cocok untuk suatu data (Conover, 1971).

Uji Kolmogorov Smirnov merupakan uji yang dilakukan untuk mengetahui distribusi dari variabel imbal saham PT. Indosat Ooredoo Hutchison Tbk dan PT. Smartfren Telecom Tbk dengan hipotesis berikut:

$H_0$  : Data Berdistribusi Normal

$H_1$  : Data Tidak Berdistribusi Normal

Statistik Uji menggunakan Persamaan 2.2 berikut:

$$D = \sup_x |S_x - F_0(x)| \quad (2.2)$$

dengan,

$\sup_x$  = supremum dari sejumlah jarak D

$S_x$  = nilai distribusi kumulatif data sampel

$F_0(x)$  = nilai distribusi kumulatif distribusi normal

Jika nilai  $D > K_{1-\alpha, n}$  maka diambil keputusan tolak  $H_0$  dengan  $K_{(1-\alpha)}$  merupakan nilai tabel Kolmogorov Smirnov pada kuantil  $(1 - \alpha)$  dan  $n$  merupakan banyaknya observasi.

## 2.4. Uji Autokorelasi dan Heteroskedastisitas

Uji Autokorelasi yaitu hubungan yang terjadi antara residual pengamatan satu dengan pengamatan yang lainnya. Autokorelasi yang kuat dapat menyebabkan dua variabel yang tampaknya tidak berhubungan menjadi berhubungan sehingga untuk mendeteksi ada atau tidaknya autokorelasi, dalam penelitian ini digunakan plot ACF dan uji Ljung Box.

Pada plot ACF nilai-nilai koefisien korelasi pada masing-masing lag yaitu  $r_1$  sampai  $r_j$ , dengan mempelajari nilai-nilai tersebut setiap waktu dan mengembangkan rumus galat standar untuk memeriksa apakah  $r_k$  tertentu secara nyata berbeda dari nol. Rumus sederhana yang bisa digunakan adalah:

$$se_{r_j} = \frac{1}{\sqrt{n}}$$

Dari nilai galat standar di atas, maka diperoleh selang sabagai berikut:

$$-Z^{\alpha/2} \cdot se_{r_j} \leq r_j \leq +Z^{\alpha/2} \cdot se_{r_j} \quad (2.3)$$

dimana:

$se_{r_j}$  = standar *error* autokorelasi pada saat *lag j*

$r_j$  = autokorelasi pada saat *lag j*

$n$  = banyaknya data

Sebaran nilai autokorelasi ( $r_1$  sampai  $r_j$ ) harus berada dalam selang di atas. Jika terdapat salah satu nilai koefisien autokorelasi yang berada di luar selang di atas, maka dapat dipastikan bahwa nilai koefisien autokorelasi tersebut yang menyebabkan terjadinya autokorelasi pada galat.

Uji Ljung Box (Q) dihitung dengan nilai autokorelasi dari nilai residual  $\rho_j$ . Misalkan  $m$  adalah banyaknya lag yang diuji dengan hipotesis berikut:

$$H_0 : \rho_{R_1} = \rho_{R_2} = \dots = \rho_{R_j} = 0 \text{ (tidak ada autokorelasi)}$$

$$H_1 : \text{Minimal ada satu } \rho_j \neq 0 \text{ untuk } k = 1, 2, \dots, j \text{ (ada autokorelasi).}$$

Statistik Uji:

$$Q(m) = N(N + 2) \sum_{j=1}^m \frac{\rho_j^2(k)}{N - k} \sim X^2_{m, 1-\alpha} \quad (2.4)$$

dimana:

$N$  = banyaknya data

$k$  = banyaknya lag yang diuji

$\rho_j$  =dugaan autokorelasi residual periode  $j$

Keputusan terhadap hipotesis autokorelasi sisaan didasarkan apabila nilai  $Q(m) > X^2_{m, 1-\alpha}$  atau  $p - \text{value} < \alpha$  maka tolak  $H_0$  yang artinya ada autokorelasi.

Uji heteroskedastisitas digunakan untuk melihat apabila terdapat ketidaksamaan varians dari galat suatu pengamatan ke pengamatan yang lain. Uji *Lagrange Multiplayer* (LM) atau biasa disebut dengan ARCH LM merupakan suatu uji terhadap kehadiran unsur heteroskedastisitas, dengan mengestimasi terlebih dahulu model ARIMA dan residualnya, kemudian meregresikan residual kuadrat dengan menggunakan konstanta dan nilai residual hingga lag ke- $m$  ( $\alpha_{t-1}^2, \alpha_{t-2}^2, \dots, \alpha_{t-m}^2$ ), sehingga menghasilkan persamaan regresi layaknya persamaan berikut:

$$\alpha_t^2 = \alpha_0^2 + \alpha_1 \alpha_{t-1}^2 + \alpha_2 \alpha_{t-2}^2 + \dots + \alpha_m \alpha_{t-m}^2 \quad (2.5)$$

dengan,  $t = m + 1, \dots, T$

Nilai  $m$  dapat ditentukan dengan melihat ACF residual kuadrat (Tsay, 2002). Regresi ini kemudian akan memperoleh nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang akan digunakan untuk menguji hipotesis sebagai berikut:

$H_0: \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_m = 0$  (tidak terdapat efek ARCH/GARCH)

$H_1$ : Minimal ada satu  $\alpha_i \neq 0$ , untuk  $i = 1, 2, \dots, m$  (terdapat efek ARCH/GARCH)

dimana  $H_0$  ditolak apabila  $p - value < \alpha$  dengan  $\alpha = 0.05$  yang berarti terdapat efek heteroskedastisitas pada data yang diuji.

## 2.5. Copula

Copula berasal dari bahasa latin yang artinya hubungan, pertalian, ikatan. Copula pertama kali digunakan pada bidang Matematika dan Statistika oleh Abe Sklar yang dipopulerkan pada tahun 1959 melalui Teorema Sklar. Misalkan  $F$  adalah fungsi distribusi kumulatif bersama dan  $F_j, j = 1, \dots, m$  merupakan fungsi distribus kumulatif marginal. Kemudian terdapat sebuah Copula  $C: (0,1)^m \rightarrow (0,1)$  sehingga

$$F(x_1, \dots, x_m) = C(F_1(x_1), \dots, F_m(x_m)) \quad (2.6)$$

untuk setiap  $x_1, \dots, x_m$  pada interval  $(-\infty, \infty)$  atau  $F_j(-\infty) = 0$  dan  $F_j(\infty) = 1$  (Chvosta, 2011).

Untuk menyederhanakan distribusi bersamanya maka diasumsikan distribusi marginal kontinu. Hal ini mengakibatkan  $C$  unik dan dapat dirumuskan pada Persamaan 2.7

$$C(u_1, \dots, u_m) = \int_0^{u_d} \dots \int_0^{u_1} c(u_1, \dots, u_m) d_{u_1} \dots, d_{u_m} \quad (2.7)$$

dengan  $C(u_1, \dots, u_m)$  adalah fungsi distribusi kumulatif Copula dan  $c(u_1, \dots, u_m)$  adalah fungsi densitas Copula. Copula merupakan fungsi yang menghubungkan distribusi marginal univariat menjadi distribusi bivariat atau multivariat (Nelsen, 2006). Pendekatan Copula mempunyai banyak kelebihan diantaranya mampu mengatasi dependensi variabel yang berdistribusi tidak normal, informasi struktur dependen lebih banyak, dan distribusi marginal dari variabel dependen dapat dibedakan atau bahkan dapat mengetahui distribusi marginal variabel yang tidak diketahui (Syahrir, 2011).

Menurut Nelsen (2006) Copula dapat dilihat dari dua sudut pandang. Sudut pandang pertama Copula sebagai fungsi yang menggabungkan atau memasangkan fungsi distribusi kumulatif multivariat ke fungsi distribusi kumulatif marginal, sedangkan sudut pandang kedua Copula merupakan fungsi distribusi kumulatif multivariat yang marginalnya adalah uniform pada interval (0,1).

Teorema Sklar menyatakan jika  $H_{X,Y}(x,y)$  merupakan fungsi distribusi kumulatif bersama dengan fungsi distribusi kumulatif marjinal (margin)  $F_X(x)$  dan  $G_Y(y)$ . Terdapat suatu Copula untuk semua  $(x,y)$  sedemikian hingga:

$$\begin{aligned} H_{X,Y}(x,y) &= P(X \leq x, Y \leq y) \\ &= C(P(X \leq x), P(Y \leq y)) \\ &= C(F_X(x), G_Y(y)) \end{aligned} \tag{2.8}$$

Misalkan  $F_X = u$  dan  $G(y) = v$

Sementara fungsi densitas dari Copula adalah:

$$c(u,v) = \frac{\partial^2 C(u,v)}{\partial u \partial v} \tag{2.9}$$

Perhatikan bahwa  $c(u,v) = 1$  maka  $X$  dan  $Y$  saling bebas. Sebaliknya, jika  $c(u,v) \neq 1$  maka  $X$  dan  $Y$  saling bergantung. Dengan demikian, Copula adalah salah satu ukuran kebergantungan atau ukuran asosiasi (Syuhada, 2011).

## 2.6. Copula Archimedian

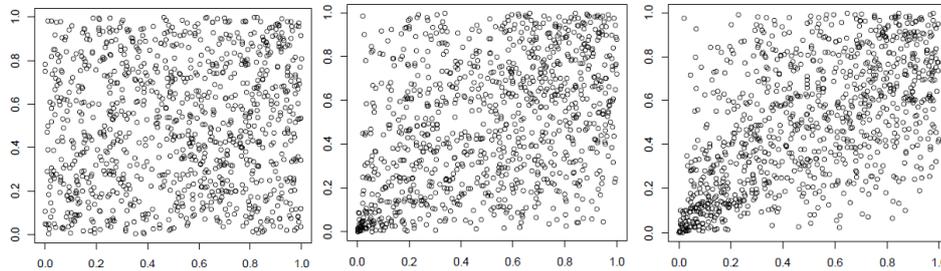
Copula Archimedean dicirikan oleh fungsi bernilai tunggal yang dikenal dengan fungsi pembangkit  $\varphi$ . Misalkan :  $[0,1] \rightarrow [0,1]$  dikatakan fungsi pembangkit Archimedian jika dipenuhi beberapa kondisi sebagai berikut :

1.  $\varphi(1) = 0$ ,
2.  $\varphi$  merupakan fungsi monoton turun atau  $\varphi' < 0$ ,
3.  $\varphi$  merupakan fungsi konveks atau  $\varphi'' < 0$ .

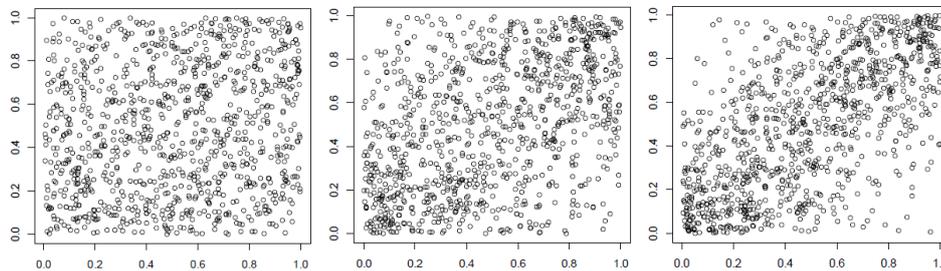
Misalkan  $\mathbf{u} = (u_1, u_2)$  dengan  $u_i \in [0,1]$  ; untuk setiap  $i = 1,2$ . Copula  $C$  digolongkan sebagai Copula Archimedian jika ada fungsi pembangkit  $\varphi$  sehingga  $C$  dapat ditulis

$$C(\mathbf{u}) = \varphi^{-1}(\varphi(u_1) + \varphi(u_2)) \tag{2.10}$$

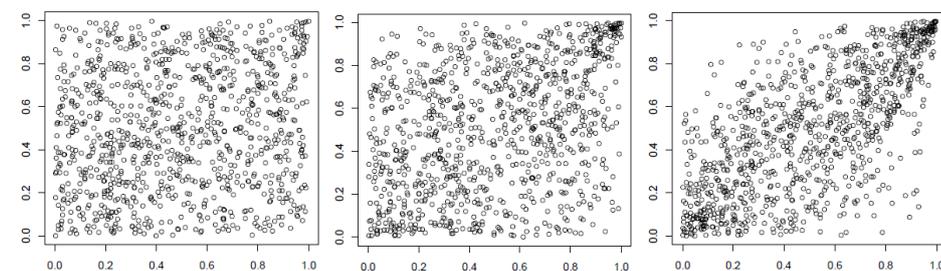
Beberapa contoh Copula peubah ganda (*bivariate*) yang termasuk keluarga Archimedean adalah Copula Gumbel, Copula Clayton, dan Copula Frank. Copula Archimedean mempunyai *tail dependensi* yang berbeda-beda antara copula Clayton, copula Frank, dan copula Gumbel. Pola dari masing-masing Copula ditunjukkan pada Gambar berikut:



**Gambar 2.1** Plot Pola Copula Clayton dengan parameter yang berbeda.



**Gambar 2.2** Plot Pola Copula Frank dengan parameter yang berbeda.



**Gambar 2.3** Plot Pola Copula Gumbel dengan parameter yang berbeda.

Gambar 2.1 menunjukkan plot dependensi copula Clayton dengan parameter yang berbeda, terlihat bahwa semakin besar nilai parameter maka semakin besar tail dependensi di bagian bawah. Gambar 2.2 plot dependensi copula Frank dengan parameter yang berbeda yang menunjukkan bahwa copula Frank tidak mempunyai tail dependensi baik diatas maupun dibawah, tetapi data berkumpul ditengah, jadi interpretasi dependensi dijelaskan berdasarkan parameternya, karena parameternya bernilai positif maka terdapat hubungan yang erat ketika

variabelnya bernilai tinggi, sedangkan Gambar 2.3 menunjukkan plot dependensi copula Gumbel dengan parameter yang berbeda, terlihat bahwa copula Gumbel mempunyai tail dependensi lebih ke atas. Semakin besar nilai parameter maka semakin besar tail dependensi di bagian atas.

## 2.7. Copula Gumbel

Copula Gumbel dibahas pertama kali oleh Gumbel pada Tahun 1960 yang akhirnya dikenal dengan Keluarga Copula Gumbel. Copula ini memiliki kelebihan dalam mengidentifikasi perilaku tail dependensi atas. Bentuk umum Copula Gumbel adalah sebagai berikut:

$$C(u_1, u_2) = \exp\left(-\left[(-\ln u_1)^\theta + (-\ln u_2)^\theta\right]^{\frac{1}{\theta}}\right) \quad (2.11)$$

Fungsi di atas dapat dikonstruksi dari fungsi pembangkit karena Copula Gumbel adalah keluarga dari Copula Archimedian. Adapun fungsi pembangkit dari Copula Gumbel adalah (Scholzel & Friederichs, 2008):

$$\varphi_\theta(t) = (-\ln u)^\theta = (\ln u^{-1})^\theta, \theta \geq 1 \quad (2.12)$$

Copula gumbel merupakan Copula yang memiliki tail hubungan di bagian atas. Hal ini menunjukkan ketika variabel bebas hanya memiliki hubungan dengan variabel tak bebas ketika variabel bebas ini sangat tinggi, sementara ketika variabel bebas rendah, maka keeratan hubungan antara keduanya juga rendah bahkan terkadang tidak memiliki hubungan (Darwis, 2016).

## 2.8. Simulasi

Simulasi adalah suatu solusi analitis dari sistem yang digunakan untuk memecahkan berbagai permasalahan dalam kehidupan nyata yang penuh dengan ketidakpastian. Simulasi dengan menggunakan model atau metode tertentu untuk melihat sejauh mana *input* mempengaruhi pengukuran *output* atas performansi sistem dan lebih ditekankan pada pemakaian computer untuk mendapatkan solusinya (Simatupang 1996). Simulasi adalah duplikasi atau abstraksi dari persoalan dalam kehidupan nyata ke dalam model matematika (Subagyo et.al, 1992). Simulasi merupakan suatu metodologi untuk melaksanakan percobaan dengan menggunakan model dari satu sistem nyata.

Keunggulan simulasi adalah dapat menangkap perubahan dinamis dari proses yang terjadi sehingga dapat mewakili kondisi sebenarnya dari sebuah sistem. Dengan simulasi dimungkinkan untuk dapat mengamati bagaimana sistem yang dipresentasikan dapat berperilaku, sehingga model simulasi yang baik adalah model yang mampu menyelesaikan karakteristik dan perubahan sistem dari waktu ke waktu. Semakin mampu model simulasi menirukan proses dari sistem, maka semakin baik pula model tersebut.

### **2.8.1. Model Simulasi**

Simulasi umumnya didefinisikan sebagai usaha melakukan pendekatan terhadap sistem yang nyata dengan menggunakan model (Djati, 2007). Model simulasi adalah perangkat uji coba yang menerapkan beberapa aspek penting untuk mendapatkan beberapa alternatif terbaik dalam mendukung pengambilan keputusan, termasuk salah satunya melalui data masalah.

Model simulasi yang efektif digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang kompleks yang sangat sulit diselesaikan dengan model matematis biasa. Baik model simulasi maupun optimasi umumnya digunakan dalam analisis kuantitatif, namun keduanya menggunakan konsep yang berbeda.

### **2.8.2. Simulasi Monte Carlo**

Metode Monte Carlo dikembangkan oleh Von Neumann, Ulam dan Fermi selama Perang Dunia II *"Involved the solution of non probabilistic mathematical problems by simulating a stochastic process that has moment or probability distribution satisfying the mathematical relations of the non probabilistic problem"*. Stanislaw Ulam merupakan matematikawan kelahiran Polandia yang bekerja untuk John von Neumann di Proyek Manhattan Amerika Serikat selama Perang Dunia II yang berperan penting dalam penemuan metode Monte Carlo. Dia menyusun metode Monte Carlo pada tahun 1946 sambil merenungkan kemungkinan memenangkan permainan solitaire. Setelah mencoba memecahkan masalah ini dengan perhitungan kombinatorial murni, dia bertanya-tanya apakah mungkin lebih mudah untuk memainkan banyak tangan pada permainan solitaire dan mengamati frekuensi kemenangannya. Hal ini mengarahkan Ulam untuk mempertimbangkan bagaimana masalah difusi neutron dan pertanyaan fisika matematika lainnya dapat direpresentasikan dalam bentuk yang dapat ditafsirkan sebagai rangkaian operasi acak.

Metode Monte Carlo, seperti yang dipahami saat ini, mencakup setiap teknik sampling statistik yang digunakan dalam mencari solusi untuk masalah kuantitatif. Hal ini digunakan untuk memecahkan masalah kuantitatif sebelumnya,<sup>3</sup> dengan proses fisik seperti lemparan dadu atau penarikan kartu yang digunakan untuk menghasilkan realisasi sampel. Kontribusi Ulam adalah untuk mengenali potensi komputer elektronik yang baru ditemukan untuk mengoptimalkan pengambilan sampel tersebut. Bekerja dengan John von Neumann dan Nicholas Metropolis, ia mengembangkan algoritma untuk implementasi komputer, serta mengeksplorasi cara untuk mengubah masalah non-acak menjadi bentuk acak yang akan memfasilitasi solusi mereka melalui pengambilan sampel statistik. Karya ini mengubah pengambilan sampel statistik dari keingintahuan matematis menjadi metodologi formal yang berlaku untuk berbagai masalah. Metropolis kemudian menamai metodologi baru sesuai dengan tempat pertemuannya yakni kasino Monte Carlo. Ulam dan Metropolis menerbitkan makalah pertama tentang metode Monte Carlo pada tahun 1949.

Simulasi *Monte Carlo* merupakan suatu pendekatan untuk membentuk kembali distribusi peluang yang didasarkan pada pilihan atau pengadaan bilangan acak (random). Ada beberapa cara untuk menghasilkan bilangan acak dari *Monte Carlo* yang merupakan cara terbaik terutama untuk distribusi diskrit yang empiris. Penggunaan bilangan acak membantu dalam meng-*generate* (membangkitkan) nilai yang memiliki sebuah distribusi probabilitas yang dapat mewakili data secara nyata. Metode ini dapat digunakan untuk simulasi baik yang bersifat stokastik maupun yang deterministik.

Menurut Tampubolon M. P. Simulasi *Monte Carlo* merupakan metode eksperimen dengan membuat perubahan berdasarkan probabilitas dengan teknik sampling random. Metode *Monte Carlo* merupakan teknik simulasi dengan menggunakan random yang dipilih dari elemen yang sesuai dengan perlakuannya.

Metode Monte Carlo merupakan metode analisis numerik yang melibatkan sampel eksperimen bilangan acak. Simulasi Monte Carlo menjadi salah satu model simulasi yang paling populer untuk masalah pengendalian persediaan. Model ini berbentuk simulasi probabilistik yang solusi pemecahan masalahnya menggunakan proses randomisasi (Djati, 2007)

Dengan kata lain, metode ini merupakan jenis distribusi sampling dari

sebuah proses acak, meliputi penentuan distribusi probabilitas dari variable yang diteliti dan kemudian sampel acak dari distribusi untuk mendapatkan data. Pergerakan setiap variable acak dari waktu ke waktu dijelaskan dengan menggunakan serangkaian angka acak tersebut dan memungkinkan urutan buatan dari realitas yang terjadi (Tersine, 1994)

Simulasi Monte Carlo adalah salah satu metode simulasi sederhana yang dapat dibangun secara cepat dengan hanya menggunakan *spreadsheet* (misalnya Microsoft Excel). Pembangunan model simulasi ini Monte Carlo didasarkan pada probabilitas yang diperoleh dari data historis sebuah kejadian dan frekuensinya tetapi dalam simulasi Monte Carlo, probabilitas juga dapat ditentukan dengan mengukur probabilitas sebuah kejadian terhadap suatu distribusi tertentu. Distribusi ini tentu saja telah menjalani serangkaian ujian distribusi misalnya uji *Chi-Square*, *Heuristic* atau *Kolmogrov-Smirnov* dan sebagainya.

Metode simulasi Monte Carlo merupakan teknik simulasi yang memakai bilangan acak untuk menyelesaikan masalah-masalah yang mencakup keadaan ketidakpastian dimana evaluasi matematis tidak mungkin. Dasar simulasi Monte Carlo adalah percobaan pada unsur peluang (atau, bersifat probabilistik) dengan pengambilan sampel secara acak (Heizer 2005). Dalam simulasi Monte Carlo terdapat dua bagian yaitu bilangan acak dan variabel acak, yaitu :

- **Pembangkitan bilangan acak**  
Bilangan acak bisa digunakan dalam pengembangan simulasi. Pembangkitan bilangan acak dapat dilakukan dengan menggunakan fungsi standar *randomize*. Fungsi standar *randomize* ini merupakan suatu fungsi untuk menghasilkan bilangan acak dengan nilai yang lebih besar atau sama dengan nol dan lebih kecil dari satu.
- **Pembangkitan variabel acak**  
Pembangkitan variabel acak ini menggunakan metode transformasi *invers*, berdasarkan pola distribusi dari data sampel pengamatan. Oleh karena itu, data sampel pengamatan harus diuji dulu distribusinya. Distribusi sampel harus mewakili distribusi yang secara statistik tidak berbeda nyata.

Penggunaan metode simulasi Monte Carlo untuk mengukur risiko telah dikenalkan oleh Boyle pada tahun 1977. Dalam mengestimasi nilai Value at Risk (VaR) baik pada aset tunggal maupun portofolio, simulasi Monte Carlo

mempunyai beberapa jenis algoritma. Namun pada intinya adalah melakukan simulasi dengan membangkitkan bilangan random berdasarkan karakteristik dari data yang akan dibangkitkan, yang kemudian digunakan untuk mengestimasi nilai VaR-nya.

Metode Simulasi Monte Carlo adalah suatu metode untuk mengevaluasi suatu model deterministik yang melibatkan bilangan acak sebagai salah satu input. Metode ini sering digunakan jika model yang digunakan cukup kompleks, non linear atau melibatkan lebih dari sepasang parameter tidak pasti. Sebuah simulasi Monte Carlo dapat melibatkan 10.000 evaluasi atas sebuah model, suatu pekerjaan di masa lalu hanya bisa dikerjakan oleh sebuah software komputer. Suatu model memerlukan parameter input dan beberapa persamaan yang digunakan untuk menghasilkan output (atau variabel respon). Dengan menggunakan parameter input berupa bilangan random, maka dapat mengubah suatu model deterministik

Penggunaan metode simulasi Monte Carlo untuk mengukur risiko telah dikenalkan oleh Boyle pada tahun 1977. Dalam mengestimasi nilai Value at Risk (VaR) baik pada aset tunggal maupun portofolio, simulasi Monte Carlo mempunyai beberapa jenis algoritma. Namun pada intinya adalah melakukan simulasi dengan membangkitkan bilangan random berdasarkan karakteristik dari data yang akan dibangkitkan, yang kemudian digunakan untuk mengestimasi nilai VaR-nya.

Metode Simulasi Monte Carlo adalah suatu metode untuk mengevaluasi suatu model deterministik yang melibatkan bilangan acak sebagai salah satu input. Metode ini sering digunakan jika model yang digunakan cukup kompleks, non linear atau melibatkan lebih dari sepasang parameter tidak pasti. Sebuah simulasi Monte Carlo dapat melibatkan 10.000 evaluasi atas sebuah model, suatu pekerjaan di masa lalu hanya bisa dikerjakan oleh sebuah software komputer. Suatu model memerlukan parameter input dan beberapa persamaan yang digunakan untuk menghasilkan output (atau variabel respon). Dengan menggunakan parameter input berupa bilangan random, maka dapat mengubah suatu model deterministik menjadi model stokastik, dimana model deterministik merupakan suatu model pendekatan yang diketahui dengan pasti sedangkan model stokastik tidak pasti.

Simulasi Monte Carlo adalah metode untuk menganalisa perambatan

ketidakpastian, dimana tujuannya adalah untuk menentukan bagaimana variasi random atau error mempengaruhi sensitivitas, performa atau reliabilitas dari sistem yang sedang dimodelkan. Simulasi Monte Carlo digolongkan sebagai metode sampling karena input dibangkitkan secara random dari suatu distribusi probabilitas untuk proses sampling dari suatu populasi nyata. Oleh karena itu, suatu model harus memilih suatu distribusi input yang paling mendekati data yang dimiliki (Rubinstein, 1981:114).

## 2.9. Korelasi *Kendall's Tau*

Misalkan terdapat sampel berukuran  $n, n \geq 2$ , yaitu  $\{(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)\}$  dari vektor acak  $(X, Y)$ . Setiap pasang sampel,  $\{(x_i, y_i), (x_j, y_j)\}, i, j = 2, \dots, n: i \neq j$  adalah suatu konkordan atau diskordan. Maka akan terdapat  $\binom{n}{2}$  pasang yang berbeda dari sampel yang ada. Misalkan  $k$  menyatakan ukuran konkordan dan  $d$  menyatakan diskordan, maka nilai Korelasi *Kendall's Tau* berdasarkan sampel dapat didefinisikan sebagai

$$\hat{\tau} = \frac{k - d}{k + d} = \frac{k - d}{\binom{n}{2}} \quad (2.13)$$

Dikatakan bahwa  $(x_i, y_i)$  dan  $(x_j, y_j)$  konkordan jika  $x_i < x_j$  dan  $y_i < y_j$ , atau jika  $x_i > x_j$  dan  $y_i > y_j$  serta dikatakan diskordan apabila  $(x_i, y_i)$  dan  $(x_j, y_j)$  jika  $x_i < x_j$  dan  $y_i > y_j$ , atau jika  $x_i > x_j$  dan  $y_i < y_j$ , atau dengan formulasi *alternative*,  $(x_i, y_i)$  dan  $(x_j, y_j)$  konkordan jika  $(x_i - x_j)(y_i - y_j) > 0$  dan diskordan jika  $(x_i - x_j)(y_i - y_j) < 0$  (Nelsen, 2006).

Untuk mengkonstruksi parameter dari keluarga Copula Archimedian dapat menggunakan nilai korelasi *Kendall's Tau*. Khusus pada kasus Copula Archimedian nilai Korelasi *Kendall's Tau* dapat dihitung dengan Persamaan berikut:

$$\tau = 1 + 4 \int_0^1 \frac{\varphi(t)}{\varphi'(t)} dt \quad (2.14)$$

dimana  $\varphi(t)$  merupakan fungsi pembangkit dari Copula Keluarga Archimedian (Quesada & Jose, 2003).

## 2.10. Nilai Risiko Value at Risk

Nilai risiko atau yang biasa disebut dengan VaR merupakan sebuah konsep yang digunakan untuk pengukuran risiko dalam *risk management*. Secara sederhana, VaR ingin menjawab pertanyaan “seberapa besar (dalam persen atau sejumlah uang tertentu) investor dapat merugi selama waktu investasi  $t$  dengan tingkat kesalahan sebesar  $\alpha$ ”. Dari pertanyaan tersebut, dapat dilihat adanya tiga variabel penting, yaitu besar kerugian, selang waktu, dan besar tingkat kesalahan.

Secara teknis, VaR dengan tingkat kepercayaan  $(1 - \alpha)$  dinyatakan sebagai bentuk kuantil ke- $\alpha$  dari distribusi imbal (Agustina, 2019). Dalam kasus imbal negatif yaitu dengan batas  $(-\infty, VaR)$ , VaR pada tingkat kepercayaan  $(1 - \alpha)$ . Maka dapat ditulis (Agustina, 2019):

$$P(R \geq VaR) = 1 - \alpha \quad (2.15)$$

Karena VaR ditentukan melalui fungsi distribusi kumulatif, maka

$$\begin{aligned} 1 - P(R \leq VaR) &= 1 - \alpha \\ P(R \leq VaR) &= \alpha \end{aligned} \quad (2.16)$$

VaR dapat ditentukan melalui taksiran fungsi densitas dari nilai imbal di masa depan yang dinotasikan dengan  $f(R)$  dengan  $R$  adalah imbal. Pada tingkat kepercayaan  $1 - \alpha$  akan dicari nilai kemungkinan terburuk imbal yaitu  $R^*$ , sehingga peluang munculnya imbal  $R^*$  adalah  $1 - \alpha$ . Dapat dinyatakan sebagai berikut (Chai dan Draxler, 2014):

$$\int_{R^*}^{\infty} f(R) dR = 1 - \alpha \quad (2.17)$$

dimana:

$R$  = imbal dari data yang digunakan

$R^*$  = nilai kemungkinan terburuk dari imbal

Sedangkan peluang terdapatnya imbal yang kurang dari atau sama dengan  $R^*$  yang dinotasikan dengan  $p$  adalah distribusi  $\alpha$ .

$$p = P(R \leq R^*) = \int_{-\infty}^{R^*} f(R) dR = \alpha \quad (2.18)$$

Dengan kata lain,  $R^*$  merupakan kuantil dari distribusi imbal yang merupakan nilai kritis (*cut off value*) dengan peluang yang sudah ditentukan. Secara umum,  $R^*$  bernilai negatif (Dowd, 1998).

Jika investasi awal saham dinotasikan  $W_0$  maka nilai saham pada akhir periode waktu dinotasikan  $W = W_0(1 + R)$  dan jika nilai saham paling rendah adalah  $W^* = W_0(1 + R^*)$  pada tingkat kepercayaan  $1 - \alpha$ , maka VaR pada tingkat kepercayaan  $1 - \alpha$  dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$VaR_{(1-\alpha)} = W_0 R^* \quad (2.19)$$

Keterangan:

$VaR_{(1-\alpha)}$	= VaR dengan tingkat kepercayaan $(1 - \alpha)$
$W_0$	= Investasi awal
$R^*$	= Kuantil ke- $\alpha$ dari distribusi imbal

Pada umumnya nilai  $R^*$  adalah negatif, dan dapat dinotasikan dengan  $-|R^*|$ .

### 1. Tingkat Kepercayaan

Penentuan tingkat kepercayaan dalam perhitungan VaR tergantung pada penggunaan VaR yang berperan sangat penting karena dapat menggambarkan seberapa besar perusahaan tersebut mampu mengambil suatu risiko dengan harga kerugian melebihi VaR. Semakin besar risiko yang diambil, semakin besar pula tingkat kepercayaan dari alokasi modal untuk menutupi harga kerugian yang digunakan.

### 2. Periode Waktu

Pada umumnya dalam institusi-institusi finansial seperti perbankan, VaR dihitung dalam interval waktu satu hari, satu minggu (lima hari bisnis) sampai dua minggu (10 hari bisnis). Sedangkan perusahaan-perusahaan yang mempunyai asset riil seperti investor perusahaan *property* dan *estate* sering menggunakan interval waktu yang lebih lama, yaitu satu bulan (20 hari) sampai empat bulan bahkan satu tahun melakukan pantauan atas tingkat risiko yang dihadapi.

Besarnya VaR dalam beberapa periode waktu ke depan dapat digunakan rumus berikut:

$$VaR_{ke-t} = VaR(imbal) \cdot \sqrt{t} \quad (2.20)$$

dimana:

$t$	= waktu
$VaR_{ke-t}$	= VaR dalam periode waktu ke-t
$VaR(imbal)$	= nilai risiko

Perhitungan VaR dengan tingkat kepercayaan  $(1 - \alpha)$  setelah  $t$  periode dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$VaR_{(1-\alpha)}(t) = W_0 R^* \sqrt{t} \quad (2.21)$$

dengan:

$VaR_{(1-\alpha)}(t)$	= VaR dengan tingkat kepercayaan $(1 - \alpha)$ setelah $t$ periode
$W_0$	= Investasi awal
$R^*$	= Kuantil ke- $\alpha$ dari distribusi imbal

### 2.11. *Backtesting*

Pengujian validitas atau *backtesting* adalah pengujian secara berurutan dari model yang telah digunakan terhadap keadaan yang sebenarnya untuk menguji ketepatan dari prediksi yang telah ditetapkan. Model yang dihasilkan dibandingkan dengan hasil yang sebenarnya terjadi dalam waktu tertentu. Hasil dari *backtesting* digunakan untuk memvalidasi model dan manajemen risiko. Regulator menggunakan *backtesting* untuk melakukan verifikasi tingkat akurasi dari model, meminta tambahan persyaratan atau menolak model yang tidak cocok berdasarkan persyaratan minimum yang ditetapkan (Cruz, 2002).

Menurut Jorion (2007) model VaR hanya bermanfaat bila dapat memprediksi risiko dengan baik. Langkah yang dilakukan dalam *backtesting* adalah membandingkan kerugian sebenarnya dengan kerugian yang diprediksi oleh model VaR.

Permasalahan utama dalam membangun model risiko adalah melakukan validasi terhadap model tersebut. Ketika sebuah model dibentuk, maka penting untuk memvalidasi taksiran nilai yang dihasilkan. Metode yang digunakan dalam memvalidasi model-model risiko dikenal dengan nama metode *backtesting*. *Backtesting* adalah aplikasi metode untuk menentukan apakah estimasi risiko

suatu model konsisten terhadap asumsi-asumsi yang mendasari model yang sedang diuji (kesalahan spesifikasi model, estimasi resiko yang kerendahan dan sebagainya).

Metode backtesting yang digunakan pada penelitian ini adalah Kupiec test yang melihat nilai *Loglikelihood Ratio* (LR) dengan hipotesis sebagai berikut:

$$H_0: p = \hat{p} \text{ (VaR akurat)}$$

$$H_0: p \neq \hat{p} \text{ (VaR tidak akurat)}$$

Statistik uji:

$$LR_{uc} = -2\ln[(1-p)^{T-x}p^x] + 2\ln\left\{\left[1 - \left(\frac{x}{T}\right)\right]^{T-x} \left(\frac{x}{T}\right)^x\right\}$$

dengan

T adalah jumlah pengamatan

x adalah jumlah pengecualian

p adalah peluang (1-tingkat kepercayaan)

Jika  $LR_{uc} > X^2_{(1,\alpha)}$  maka  $H_0$  ditolak artinya VaR yang diperoleh menggunakan estimasi parameter Copula Gumbel tidak akurat.

## 2.12. Kerangka Konsep

