

**ESTIMASI NILAI *CONDITIONAL VALUE AT RISK*
PADA HARGA PENUTUPAN SAHAM HARIAN
PT. INDOSAT Tbk DAN PT. SMARTFREN
TELECOM Tbk DENGAN METODE *COPULA JOE***

SKRIPSI



RENI ROIHANAH S

H051181312

**PROGRAM STUDI STATISTIKA DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
NOVEMBER 2022**

**ESTIMASI NILAI *CONDITIONAL VALUE AT RISK*
PADA HARGA PENUTUPAN SAHAM HARIAN
PT. INDOSAT Tbk DAN PT. SMARTFREN
TELECOM Tbk DENGAN METODE *COPULA JOE***

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana
Sains pada Program Studi Statistika Departemen Statistika Fakultas
Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin**

RENI ROIHANAH S

H051181312

**PROGRAM STUDI STATISTIKA DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

MAKASSAR

2022

LEMBAR PERNYATAAN KEOTENTIKAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan dengan sungguh-sungguh bahwa skripsi yang saya buat dengan judul:

“Estimasi Nilai *Conditional Value At Risk* Pada Harga Penutupan Saham Harian PT. Indosat Tbk dan PT. Smartfren Telecom Tbk dengan Metode *Copula Joe*”

adalah benar hasil karya saya sendiri, bukan hasil plagiat dan belum pernah dipublikasikan dalam bentuk apapun.

Makassar, 04 November 2022



RENI ROIHANAH S
NIM. H051181312

**Estimasi Nilai *Conditional Value At Risk* Pada Harga
Penutupan Saham Harian PT. Indosat Tbk dan PT. Smartfren
Telecom Tbk dengan Metode *Copula Joe***

Disetujui oleh:

Pembimbing Utama



Anisa, S.Si., M.Si

NIP. 19730227 199802 2001

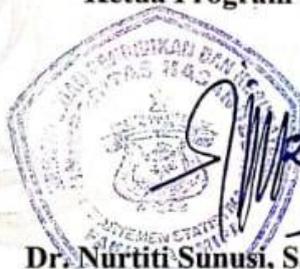
Pembimbing Pertama



Dr. Nurtiti Sunusi, S.Si., M.Si

NIP. 19720117 199703 2 002

Ketua Program Studi



Dr. Nurtiti Sunusi, S.Si., M.Si.

NIP. 19720117 199703 2 002

Pada 4 November 2022

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Reni Roihanah S

NIM : H051181312

Program Studi : STATISTIKA

Judul Skripsi : Estimasi Nilai *Conditional Value At Risk* Pada Harga Penutupan Saham Harian PT. Indosat Tbk dan PT. Smartfren Telecom Tbk dengan Metode *Copula Joe*

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

DEWAN PENGUJI

1. Ketua : Anisa, S.Si., M.Si. (.....)
2. Sekretaris : Dr. Nurtiti Sunusi, S.Si., M.Si. (.....)
3. Anggota : Siswanto, S.Si., M.Si. (.....)
4. Anggota : Sri Astuti Thamrin, S.Si., M.Stat., Ph.D (.....)

Ditetapkan di : Makassar

Tanggal : 4 November 2022

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Segala puji hanya milik Allah *Subhanallahu Wa Ta'ala* atas segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya yang telah diberikan kepada penulis sampai saat ini. Shalawat dan salam senantiasa tercurahkan kepada baginda Rasulullah *Shallallahu 'Alaihi Wa sallam*, kepada para keluarga, tabi'in, tabi'ut tabi'in, serta orang-orang sholeh yang haq hingga qadar Allah berlaku atas diri-diri mereka. *Alhamdulillahirobbil'aalamiin*, berkat rahmat dan kemudahan yang diberikan oleh Allah *Subhanallahu Wa Ta'ala*, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "***Estimasi Nilai Conditional Value At Risk Pada Harga Penutupan Saham Harian PT. Indosat Tbk dan PT. Smartfren Telecom Tbk dengan Metode Copula Joe***" sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

Penulis tidak akan sampai pada titik ini, jikalau tanpa dukungan dan bantuan dari pihak yang selalu ada, peduli dan menyayangi penulis. Oleh karena itu, penulis haturkan rasa terima kasih yang setulus-tulusnya serta penghargaan yang setinggi-tingginya untuk orang tua penulis, Ayahanda Sudirman dan Ibunda Heryanti yang telah memberikan dukungan penuh, pengorbanan, kesabaran hati, cinta dan kasih sayang, serta dengan ikhlas telah mengirim setiap langkah penulis dengan doa dan restunya. Terima kasih juga kepada keluarga besar penulis yang selalu ada dan selalu memberikan dorongan dukungan baik moral maupun spiritual untuk penulis.

Penghargaan yang tulus dan ucapan terima kasih dengan penuh keikhlasan juga penulis ucapkan kepada:

1. **Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc.**, selaku Rektor Universitas Hasanuddin beserta seluruh jajarannya.
2. **Bapak Dr. Eng. Amiruddin M.Si**, 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, segenap Dosen Pengajar dan Staf yang telah membekali ilmu dan kemudahan kepada penulis dalam berbagai hal selama menjadi mahasiswa di Departemen Statistika.
4. **Ibu Anisa, S.Si., M.Si.**, selaku Pembimbing Utama dan **Ibu Dr. Nurtiti Sunusi S.Si., M.Si.**, selaku Pembimbing Pertama yang dengan penuh kesabaran telah meluangkan begitu banyak waktu dan pemikirannya di tengah berbagai kesibukan untuk memberikan arahan, dorongan, dan motivasi kepada penulis mulai dari awal hingga selesainya penulisan tugas akhir ini.
5. **Bapak Siswanto S.Si., M.Si.** dan **Ibu Sri Astuti Thamrin, S.Si., M.Stat., Ph.D.**, selaku Tim Penguji yang telah memberikan kritikan yang membangun dalam penyempurnaan penyusunan tugas akhir ini serta waktu yang telah diberikan kepada penulis.
6. Semua dosen yang telah memberikan ilmunya selama menempuh studi di Jurusan Statistika, Universitas Hasanuddin.
7. Kakak **Alimuddin** dan keluarga, yang telah memberikan dukungan kepada penulis sekaligus menjadi seperti orang tua di tanah rantau.
8. Teman-teman **STATISTIKA 2018** yang memberikan semangat, pelajaran, dan pengalaman yang tidak bisa didapatkan di tempat lain.
9. Teman **KKN Tematik UNHAS Gel. 106 Kec. Bajo Barat Desa Bonelemo** yang telah menyambut dengan hangat dan ramah. Banyak pengalaman dan pembelajaran berharga yang dilalui bersama selama 55 hari yang terasa begitu cepat.
10. Teman-teman sekamar **VIP C BONELEMO** yang memberikan semangat dan motivasi selama beberapa tahun terakhir di kampus.
11. Teman terdekat yang paling mengetahui dan mengerti penulis selama beberapa tahun terakhir, **Darul Ikhsan, Raodah Hasman, Ananda Vina Saputri**.
12. Sahabat **Netijen abcd** (Fani Fahira, Claudian Tikulimbon T, Nurul Hijrah, Rifka Yulia Sari Ifada Latif, Ika Pratiwi Haya, Emi Astuti, Putri Aprilia

Sumarsono) yang telah kebersamai dari awal masa kuliah sampai detik ini.

13. Kepada semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu, semoga segala dukungan dan partisipasi yang diberikan kepada penulis bernilai ibadah disisi Allah *Subhanahu Wa Ta'ala*.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam skripsi ini, untuk itu dengan segala kerendahan hati penulis memohon maaf. Akhir kata, semoga tulisan ini memberikan manfaat untuk pembaca.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Makassar, 4 November 2022

Reni Roihanah S

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Hasanuddin, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Reni Roihanah S
NIM : H051181312
Program Studi : Statistika
Departemen : Statistika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Hasanuddin **Hak Bebas Royalti Non-eksklusif** (*Non-exclusive Royalty- Free Right*) atas tugas akhir saya yang berjudul:

“Estimasi Nilai *Conditional Value At Risk* Pada Harga Penutupan Saham Harian PT. Indosat Tbk dan PT. Smartfren Telecom Tbk dengan Metode *Copula Joe*”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Terkait dengan hal di atas, maka pihak universitas berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Makassar pada tanggal, 4 November 2022

Yang menyatakan

(Reni Roihanah S)

ABSTRAK

Investasi adalah cara yang dilakukan seseorang untuk memperoleh keuntungan di masa mendatang didasarkan pada ekonomi dan keuangan. Setiap investor harus memahami bahwa ada risiko dalam melakukan investasi. Oleh karena itu, analisis risiko perlu dilakukan. Mengestimasi risiko dapat dilakukan dengan metode *Conditional Value at Risk* (CVaR) yang mempertimbangkan nilai kerugian melebihi VaR. Penelitian ini mengestimasi nilai risiko dengan CVaR menggunakan *Copula Joe* pada data penutupan saham PT. Indosat Tbk dan PT. Smartfren Telecom Tbk periode 11 Maret 2019 sampai 10 Maret 2020. Estimasi CVaR dengan model *Copula Joe* menggunakan korelasi $\tau = 0.0904$ dan $\theta = 1.17$. Hasil dari estimasi CVaR pada tingkat kepercayaan 90% yaitu dalam jangka waktu 2 bulan sebesar 0.0367 dan dalam jangka waktu 4 bulan sebesar 0.0368, pada tingkat kepercayaan 95% yaitu dalam jangka waktu 2 bulan sebesar 0.0519 dan dalam jangka waktu 4 bulan sebesar 0.0534, dan pada tingkat kepercayaan 99% yaitu dalam jangka waktu 2 bulan sebesar 0.1082 dan dalam jangka waktu 4 bulan sebesar 0.1141. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin besar tingkat kepercayaan yang diambil, maka semakin besar risiko yang diperoleh dan semakin lama berinvestasi maka risiko yang diperoleh juga semakin besar.

Kata Kunci : Investasi, *Conditional Value at Risk* (CVaR), *Copula Joe*, Nilai Risiko

ABSTRACT

Investment is a way for someone to get profit in the future based on economics and finance. Every investor should understand that there are risks in investing. Therefore, a risk analysis needs to be done. Estimating risk can be done using the Conditional Value at Risk (CVaR) method, which considers the loss value exceeding VaR. This study estimates the risk value with CVaR using Copula Joe on closing data of PT. Indosat Tbk and PT. Smartfren Telecom Tbk for the period March 11, 2019 to March 10, 2020. The CVaR estimation with the Copula Joe model uses the correlation $\tau = 0.0904$ and $\theta = 1.17$. The results of the CVaR estimation at a 90% confidence level are 0.0367 within two months and 0.0368 within four months, at a 95% confidence level, namely within two months of 0.0519 and within four months of 0.0534, and at 99% confidence level, namely within two months of 0.1082 and within four months of 0.1141. It shows that the greater the level of trust taken, the greater the risk obtained and the longer the investment, the greater the risk obtained.

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

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERNYATAAN KEOTENTIKAN.....	iii
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
KATA PENGANTAR	vi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	ix
ABSTRAK	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	4
1.5 Manfaat	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Investasi	5
2.2 <i>Return Saham</i>	5
2.3 <i>Risk</i>	6
2.4 Uji Normalitas.....	6
2.5 <i>Copula</i>	6
2.6 <i>Copula Joe</i>	9
2.7 <i>Conditional Value at Risk</i>	9
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	13
3.1 Sumber Data	13
3.2 Variabel Penelitian.....	13
3.3 Tahapan Analisis Data	13
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	15
4.1 Analisis Deskripsi Data	15

4.2	Estimasi Parameter <i>Copula Joe</i>	15
4.2.1	<i>Return</i> Harga Saham.....	15
4.2.2	Uji Normalitas	18
4.2.3	Koefisien Korelasi <i>Kendall's Tau</i>	19
4.2.4	Estimasi parameter <i>Copula Joe</i> dengan Korelasi <i>Kendall's Tau</i> ..	20
4.2.5	Simulasi Copula Joe	21
4.3	Estimasi Nilai Risiko	23
4.3.1	Estimasi Nilai Risiko dengan VaR	23
4.3.2	Estimasi Conditional Value at Risk.....	24
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		26
5.1	Kesimpulan	26
5.2	Saran	26
DAFTAR PUSTAKA		27

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik Jenis <i>Copula</i> Keluarga <i>Archimedean</i>	7
Tabel 4.1 Statistik Deskripsi Harga Penutupan Investasi Saham Harian PT. Indosat Tbk dan PT. Smartfren Telecom Tbk.	15
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan <i>Return</i> Saham PT. Indosat Tbk dan PT. Smartfren Telecom Tbk.....	17
Tabel 4.3 Uji Normalitas <i>Return</i> Saham PT. Indosat Tbk dan PT. Smartfren Telecom Tbk.....	18
Tabel 4.4 Data Ilustrasi Variabel X_1 dan X_2	19
Tabel 4.5 Data Ilustrasi Banyaknya Pasangan Konkordan dan Diskordan.....	19
Tabel 4.6 Data Simulasi <i>Copula Joe</i> untuk $n = 1000$	21
Tabel 4.7 Data Simulasi <i>Copula Joe</i> untuk $n = 10000$	22
Tabel 4.8 Estimasi VaR PT. Indosat Tbk dan PT. Smartfren Telecom Tbk.....	23
Tabel 4.9 Estimasi CVaR PT. Indosat Tbk dan PT. Smartfren Telecom Tbk.	24

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jenis <i>Copula</i> Keluarga <i>Archimedean</i>	8
Gambar 4.1 Grafik <i>Return</i> Saham PT. Indosat Tbk dan PT. Smartfren Telecom	17
Gambar 4.2 <i>Scatterplot</i> Data Simulasi $n = 1000$	21
Gambar 4.3 <i>Scatterplot</i> Data Simulasi $n = 10000$	22

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Harga Penutupan Saham PT. Indosat Tbk dan PT. Smartfren Telecom Tbk.....	30
Lampiran 2. Data <i>Return</i> Saham PT. Indosat Tbk dan PT. Smartfren Telecom Tbk.....	31
Lampiran 3. Tabel Kolmogrov-Smirnov.....	32
Lampiran 4. Output Uji Normalitas	33
Lampiran 5. Output Koefisien Korelasi.....	34
Lampiran 6. Output Nilai Parameter Theta.....	35
Lampiran 7. Data Simulasi <i>Copula Joe</i> untuk $n = 1000$	36
Lampiran 8. Data Simulasi <i>Copula Joe</i> untuk $n = 10000$	37
Lampiran 9. Hasil Estimasi VaR 90% Periode Waktu 2 Bulan.....	38
Lampiran 10. Hasil Estimasi VaR 95% Periode Waktu 2 Bulan.....	39
Lampiran 11. Hasil Estimasi VaR 99% Periode Waktu 2 Bulan.....	40
Lampiran 12. Hasil Estimasi VaR 90% Periode Waktu 4 Bulan.....	41
Lampiran 13. Hasil Estimasi VaR 95% Periode Waktu 4 Bulan.....	42
Lampiran 14. Hasil Estimasi VaR 99% Periode Waktu 4 Bulan.....	43
Lampiran 15. Hasil Estimasi CVaR Periode Waktu 2 Bulan.....	44
Lampiran 16. Hasil Estimasi CVaR Periode Waktu 4 bulan	45

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Masyarakat modern seperti sekarang, investasi telah menjadi lahan bisnis baru yang sudah banyak dicari dan dijalankan oleh banyak orang untuk memperoleh keuntungan dimasa yang akan datang. Investasi adalah cara yang dilakukan seseorang untuk memperoleh keuntungan di masa yang akan datang yang didasarkan pada ekonomi dan keuangan. Seorang investor harus memahami bahwa ada risiko dan ketidakpastian dalam melakukan investasi. Hal ini penting untuk diperhatikan, karena seseorang yang memahami potensi risiko dapat menyesuaikan investasi dengan memperhitungkan tingkat risiko (Murdiyanto & Kusumaningarti, 2020).

Investasi yang cukup populer khususnya di bidang finansial adalah investasi di pasar modal. Bentuk umum dari investasi dalam pasar modal adalah saham. Saham merupakan surat berharga yang berfungsi sebagai pernyataan kepemilikan seseorang di suatu perusahaan. Berinvestasi dalam saham memiliki risiko tertentu dan harapan setiap investor adalah mendapat *return* sebesar-besarnya (Murdiyanto & Kusumaningarti, 2020). Oleh karena itu, untuk mengukur risiko tersebut, diperlukan metode yang akurat sehingga manajemen risiko dapat lebih terkendali. Salah satu alat ukur yang populer dalam mengestimasi risiko saham adalah *Value at Risk* (VaR).

VaR adalah metode pengukuran risiko yang mengestimasi kerugian maksimum yang akan diperoleh selama periode waktu tertentu pada tingkat kepercayaan tertentu. Namun VaR memiliki kelemahan yaitu VaR tidak memiliki sifat sub-aditif (Hidayati dkk., 2015). Dalam manajemen risiko, ukuran risiko dikatakan baik dan efektif jika memiliki sifat koheren. Ukuran risiko koheren memiliki 4 sifat yaitu sub-aditif (ukuran risiko yang dikombinasikan tidak lebih besar dari risiko yang dijumlahkan secara terpisah), kemonotonan (satu variabel yang selalu memiliki kerugian yang lebih besar dari variabel lainnya pada setiap keadaan), homogenitas positif (ukuran risiko bebas dari uang kartal), dan translasi invariant (risiko akan mengalami penurunan kerugian jika terdapat risiko tambahan) (Rahmawati dkk., 2019). Kelemahan VaR dapat diatasi dengan metode

lain seperti *Conditional Value at Risk* (CVaR) yang mempertimbangkan nilai kerugian melebihi VaR. CVaR memiliki keunggulan yaitu dapat memberikan informasi seberapa besar kemungkinan terburuk yang mungkin terjadi yang tidak dapat diatasi oleh VaR. Selain itu, CVaR merupakan ukuran risiko yang memiliki sifat sub-additif (Hidayat, 2019).

Pada pengukuran risiko biasanya menggunakan pendekatan *variance-covariance* yang diasumsikan berdistribusi normal. Namun sebagian besar data saham tidak berdistribusi secara normal sehingga perhitungan risiko menjadi kurang tepat (Zuhra, 2015). Oleh karena itu, perhitungan VaR seharusnya disesuaikan dengan distribusi dari nilai *return* saham itu sendiri. Untuk mengatasi masalah tersebut, maka digunakan suatu metode yaitu *Copula*.

Copula pertama kali dipopulerkan oleh seorang matematikawan bernama Abe Sklar pada tahun 1959. *Copula* merupakan suatu fungsi yang dapat menggabungkan beberapa distribusi marginal menjadi distribusi bersama (Bramasta, 2017). Terdapat beberapa keunggulan yang dimiliki oleh *Copula* antara lain tidak memerlukan asumsi distribusi normal dan dapat menunjukkan pola sebaran data pada ekor distribusi setiap variabel. *Copula* memiliki banyak kelas salah satunya adalah *Copula Archimedean*. Terdapat beberapa keunggulan dari *Copula Archimedean* yaitu dapat dikonstruksi dengan mudah serta banyak sifat *Copula* yang dipengaruhi oleh anggota dari kelas *Copula* ini (Nelsen, 2007). Anggota dari *Copula Archimedean* adalah *Copula Clayton*, *Copula Frank*, *Copula Gumbel* dan *Copula Joe* (Hidayati dkk., 2015).

Beberapa penelitian telah mengaplikasikan *Copula* untuk menghitung nilai risiko. Zuhra dkk (2015) mengestimasi *Value at Risk return* portofolio menggunakan metode *Copula*. Prihatiningsih dkk (2020) menggunakan *Copula Gumbel* untuk mengestimasi *Value at Risk* (VaR) dan *Conditional Value at Risk* (CVaR) dalam pembentukan portofolio bivariat dengan menggunakan korelasi *Kendall's Tau*. Hasil yang diperoleh tersebut menunjukkan kerugian yang melebihi tingkat VaR yang mungkin dialami suatu hari kedepan. Hidayat (2019) menggunakan *Copula* untuk menganalisis asuransi pertanian berbasis indeks cuaca dengan hasil yang diperoleh menunjukkan dependensi terbaik antara variabel harga gabah dan curah hujan adalah *Copula Joe*.

Copula Joe adalah salah satu *Copula Archimedean* paling populer, yang awalnya diusulkan oleh Joe (1993). *Copula Joe* bersifat asimetris dan memiliki *tail* dependensi atas. Kelebihan *Copula Joe* mampu menangkap dependensi *upper tail* yang kuat (Calabres dkk., 2019). Dalam penelitian ini estimasi parameter dari *Copula Joe* menggunakan korelasi *Kendall's Tau* yang merupakan metode dalam pengukuran dependensi *Copula*. Berdasarkan studi pendahuluan pada data harga penutupan saham harian pada PT. Indosat Tbk dan PT. Smartfren Telecom Tbk menunjukkan bahwa data tersebut tidak berdistribusi secara normal dan memiliki sifat asimetris yang merupakan sifat-sifat dari *Copula Joe*.

Berdasarkan uraian tersebut, maka penulis melakukan penelitian yang berjudul: “**Estimasi Nilai *Conditional Value At Risk* pada harga penutupan saham harian PT. Indosat Tbk dan PT. Smartfren Telecom Tbk dengan *Copula Joe***”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah

1. Bagaimana nilai estimasi parameter *Copula Joe* menggunakan korelasi *Kendall's Tau* pada data harga penutupan saham harian PT. Indosat Tbk dan PT. Smartfren Telecom Tbk?
2. Bagaimana menentukan nilai risiko yang diperoleh dari estimasi CVaR menggunakan *Copula Joe* pada data harga penutupan saham harian PT. Indosat Tbk dan PT. Smartfren Telecom Tbk?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah

1. Data yang digunakan adalah data harga penutupan investasi saham harian PT. Indosat Tbk dan PT. Smartfren Telecom Tbk periode 11 Maret 2019 – 10 Maret 2020.
2. Estimasi parameter *Copula Joe* menggunakan korelasi *Kendall's Tau*.
3. Simulasi *Copula Joe* dilakukan sebanyak 1000 data.

1.4 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah di atas maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memperoleh nilai estimator parameter *Copula Joe* pada data harga penutupan saham harian PT. Indosat Tbk dan PT. Smartfren Telecom Tbk.
2. Mendapatkan nilai risiko yang diperoleh dari estimasi CVaR menggunakan *Copula Joe* pada data harga penutupan saham harian PT. Indosat Tbk dan PT. Smartfren Telecom Tbk.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menambah wawasan dan pengetahuan dalam bidang statistika mengenai perhitungan *Conditional Value at Risk* menggunakan *Copula Joe*.
2. Memberikan informasi bagi investor sebagai bahan pertimbangan dalam berinvestasi terkait perhitungan CVaR menggunakan *Copula Joe*.
3. Hasil penelitian dapat menjadi bahan referensi untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Investasi

Berdasarkan PSAK no. 13 Investasi dapat dipandang sebagai kegiatan yang digunakan oleh perusahaan untuk menghasilkan kekayaan dengan mendistribusikan hasil investasi baik dalam bentuk bunga, royalti, deviden, atau uang mentah untuk memperkenalkan diri dengan investasi mereka atau untuk tujuan lain dari perusahaan yang melakukan investasi. Tujuan utama Investasi adalah untuk meningkatkan nilai modal. Namun, jika hanya fokus pada profil keuntungan yang akan diperoleh (*return*), kemungkinan besar kita akan mengalami peningkatan risiko. Akibatnya, jumlah yang diinvestasikan akan lebih atau kurang berdasarkan spesifikasinya.

Penting untuk memahami risiko (*risk*) dan imbal hasil (*return*) dari suatu investasi, tidak hanya untuk melihat keuntungan tetapi juga untuk mempertimbangkan kemungkinan risiko yang akan terjadi. Oleh karena itu harus melakukan analisis menyeluruh terhadap investasi sehingga menghasilkan perkiraan risiko yang lebih akurat dibandingkan dengan pengembalian yang diharapkan dari investasi (Murdiyanto & Kusumaningarti, 2020).

2.2 Return Saham

Return saham adalah jumlah uang yang diterima investor sebagai pengembalian investasi mereka dengan perusahaan tertentu setelah mereka berinvestasi di perusahaan itu sebagai akibat dari keadaan tertentu. Jika harga saham investasi sekarang lebih tinggi daripada harga saham investasi periode lalu, sehingga akan terjadi keuntungan modal (*capital gain*) atau jika harga saham investasi sekarang lebih rendah dibandingkan dengan harga saham investasi periode lalu disebut dengan kerugian modal (*capital loss*). Besarnya *return* saham dapat dihitung menggunakan rumus berikut (Saputri, 2019) :

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

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

2.3 Risk

Risk atau risiko merupakan suatu peluang terjadinya kerugian. Investor juga harus menghitung risiko yang terkait dengan investasi sebagai bagian dari evaluasi investasi tersebut. Risiko terjadi karena pengembalian aktual mungkin berbeda dari pengembalian yang diharapkan. Semakin besar kemungkinan perbedaannya berarti risiko berinvestasi dalam hal yang sama juga meningkat. Beberapa sumber risiko yang bisa mempengaruhi besarnya risiko suatu investasi diantaranya risiko suku bunga risiko pasar, risiko inflasi, risiko bisnis, risiko finansial, risiko likuiditas, risiko nilai tukar mata uang, dan risiko negara (*country risk*) (Handini & Astawinetu, 2020).

2.4 Uji Normalitas

Uji normalitas adalah suatu uji untuk mengetahui data berdistribusi normal atau tidak. Salah satu uji yang dapat digunakan untuk mengetahui kenormalan data adalah Uji Kolmogorov-Smirnov. Adapun hipotesis yang digunakan dalam pengujian ini adalah

H_0 : Data berdistribusi normal

H_1 : Data tidak berdistribusi normal

Uji ini didasarkan pada nilai D dengan

$$D = \sup |S(x) - F_0(x)|$$

dengan $S(x)$ adalah fungsi distribusi kumulatif sampel dan $F_0(x)$ adalah fungsi distribusi frekuensi kumulatif populasi. Selanjutnya nilai D ini dibandingkan dengan nilai D kritis dengan signifikansi α (tabel Kolmogorov-Smirnov). Apabila nilai $D <$ nilai tabel Kolmogorov-Smirnov (D_{tabel}) atau $p - value > \alpha$ maka H_0 diterima. Dengan begitu dapat disimpulkan data berdistribusi normal.

2.5 Copula

Kata *Copula* berasal dari bahasa latin yang artinya mengikat. Konsep *Copula* pertama kali dipopulerkan pada tahun 1959 oleh seorang matematikawan Abe Sklar yang teoremanya dikenal dengan nama Teorema Sklar (Dharmawan, 2014). *Copula* adalah suatu fungsi yang menggabungkan beberapa distribusi marginal oleh distribusi bersama. *Copula* merupakan pendekatan yang berguna

untuk memahami dan mendeteksi struktur dependensi variabel random (Anaviroh & Effendie, 2015).

Misalkan X dan Y adalah dua buah peubah acak dengan fungsi distribusi kontinu F_X dan G_Y . Sedangkan $H_{X,Y}$ adalah fungsi distribusi bivariat untuk X dan Y . Maka terdapat fungsi *Copula* C untuk semua X, Y pada R dinyatakan oleh:

$$H(x, y) = C(F(x), G(y)) = C(u, v)$$

Sebaliknya, jika C adalah suatu *copula*, F_X dan G_Y merupakan fungsi distribusi marginal dari X dan Y , maka $H_{X,Y}$ adalah fungsi distribusi bivariat dengan fungsi distribusi marginal F_X dan G_Y (Zuhra dkk., 2015).

Terdapat beberapa keluarga *copula* namun keluarga *copula* yang paling populer adalah *Copula Archimedean*. *Copula Archimedean* terdiri dari *Copula Frank*, *Copula Clayton*, *Copula Gumbel* dan *Copula Joe*. Keluarga *Copula Archimedean* paling banyak digunakan dalam kasus bivariat. Secara umum, bentuk *copula Archimedean* untuk kasus *bivariate* adalah

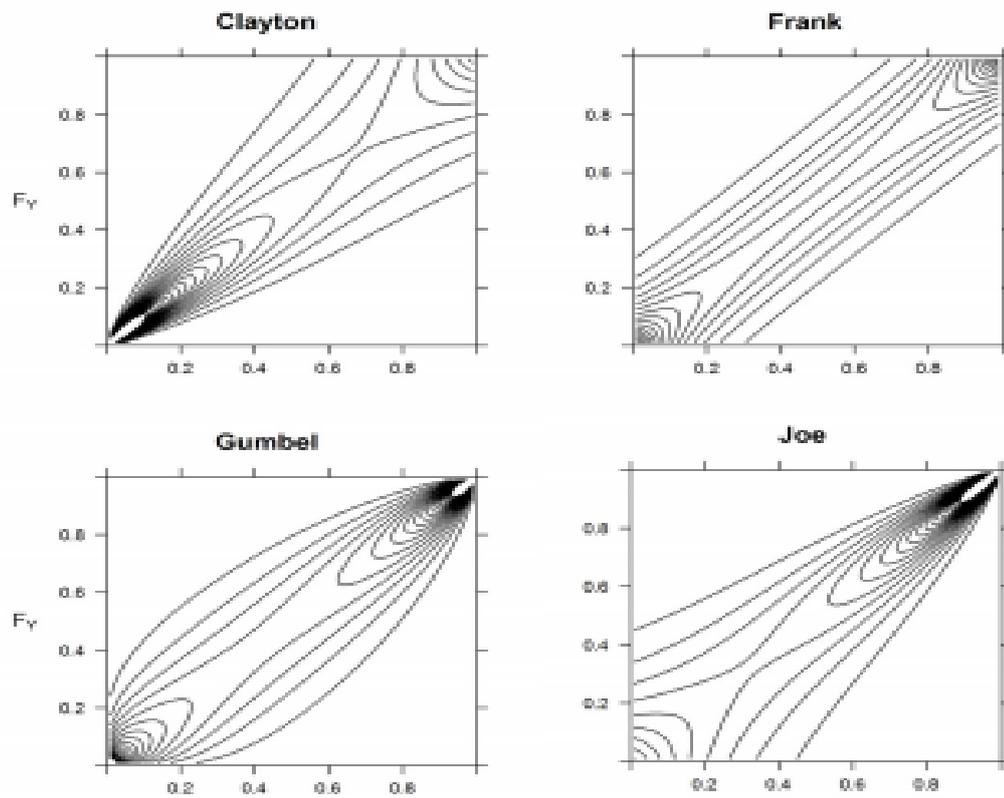
$$C(u, v) = \varphi^{[-1]} (\varphi(u) + \varphi(v)) \quad (2.2)$$

dengan $0 \leq u, v \leq 1$. Dengan demikian, $C(u, v)$ adalah *Copula Archimedean* dan φ merupakan fungsi pembangkit (generator) dari *copula* C dengan $\varphi(0) = \infty$ dan $\varphi(1) = 0$ (Anaviroh & Effendie, 2015).

Tabel 2. 1 Karakteristik Jenis *Copula* Keluarga *Archimedean*

<i>Copula</i>	<i>Copula</i> nilai ekstrim	Kebergantungan ekor bawah	Kebergantungan ekor atas
Frank	Tidak	Tidak	Tidak
Clayton	Tidak	Ya	Tidak
Gumbel	Ya	Tidak	Ya
Joe	Tidak	Tidak	Ya

Sumber : Szolgay dkk., 2016.



Gambar 2. 1 Jenis *Copula* Keluarga Archimedean

Pengukuran dependensi *Copula Archimedean* dapat menggunakan korelasi *Kendall's Tau*. Korelasi *Kendall's Tau* digunakan untuk mengukur kekuatan hubungan antara dua variabel (Hidayati dkk., 2015).

Koefisien korelasi *Kendall's Tau* diperkenalkan oleh M.G. Kendall (1938) yang dinotasikan dengan τ . Pada korelasi *Kendall's Tau* akan dilihat nilai variabel searah (konkordan) atau berlawanan arah (diskordan). Rumus alternatif dari dua variabel dikatakan konkordan jika $(x_i - x_j)(y_i - y_j) > 0$ dan diskordan jika $(x_i - x_j)(y_i - y_j) < 0$. Rumus yang digunakan untuk pengujian *Kendall's Tau* τ adalah sebagai berikut.

$$\tau = \frac{N_c - N_d}{\frac{N(N-1)}{2}} \quad (2.3)$$

dengan τ adalah koefisien korelasi *Kendall's Tau*, N_c adalah jumlah angka pasangan konkordan, N_d adalah jumlah angka pasangan diskordan dan N adalah banyaknya data (Prayoga, 2020).

Metode alternatif untuk mengestimasi parameter untuk *Copula Archimedean* dapat menggunakan pendekatan *Kendall's Tau*. Estimasi parameter untuk *Copula Archimedean* dengan pendekatan *Kendall's Tau* dapat ditulis sebagai berikut (Saputri dkk., 2019)

$$\hat{\tau}_C = 1 + 4 \int_0^1 \frac{\varphi(u)}{\varphi'(u)} du \quad (2.4)$$

dengan $\varphi(u)$ merupakan generator dari *copula* keluarga *Archimedean*.

2.6 *Copula Joe*

Copula Joe merupakan salah satu sub-*copula* dari keluarga *Archimedean* dengan satu parameter. *Copula Joe* asimetris dan memiliki ketergantungan ekor atas (Prayoga, 2020). Berikut fungsi untuk generator *Copula Joe*.

$$\varphi(t) = -\ln(1 - (1 - t)^\theta) \quad (2.5)$$

Untuk fungsi invers dari generator *Copula Joe* adalah:

$$\varphi^{-1}(t) = 1 - \sqrt[\theta]{1 - e^{-t}} \quad (2.6)$$

Sehingga bentuk bivariat dari *Copula Joe* diperoleh dengan mensubstitusi Persamaan (2.5) dan (2.6) ke Persamaan (2.2) sebagai berikut (Khezri, 2021).

$$C(u, v) = 1 - \left[(1 - u)^\theta + (1 - v)^\theta - ((1 - u)(1 - v))^\theta \right]^{\frac{1}{\theta}}, \quad \theta \geq 0$$

2.7 *Conditional Value at Risk*

Value at Risk (VaR) merupakan metode yang digunakan untuk pengukuran risiko dalam manajemen risiko. *Value at Risk* didefinisikan sebagai pengukuran risiko yang mengestimasi kerugian maksimum pada tingkat kepercayaan tertentu selama periode waktu tertentu (Yamai & Yoshiba, 2005). Definisi VaR secara umum dapat dituliskan sebagai berikut.

$$P(R \leq VaR) = 1 - \alpha$$

dengan R adalah *return* selama periode tertentu dan α adalah tingkat kesalahan (Jorion, 2007).

Menurut Pradana dkk (2015), perhitungan VaR dengan tingkat kepercayaan $1 - \alpha$ setelah t periode dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$VaR_{(1-\alpha)} = W_0 R^* \sqrt{t} \quad (2.7)$$

dengan W_0 adalah investasi awal aset, R^* adalah kuantil ke- α dari distribusi *return*, dan t adalah periode waktu.

Terdapat kemungkinan bahwa kerugian sebenarnya akan lebih buruk, namun keterbatasan dari VaR adalah tidak dapat menyatakan seberapa besar kerugian yang benar-benar terjadi dan secara definitif tidak menegaskan kemungkinan kerugian yang paling buruk (Prihatiningsih dkk., 2020). Sehingga untuk mengatasi keterbatasan VaR maka diperlukan *Conditional Value at Risk* (CVaR).

Conditional Value at Risk (CVaR) didefinisikan sebagai rata-rata ukuran VaR dan ukuran kerugian yang melebihi VaR. Salah satu keunggulan CVaR yang tidak dimiliki oleh VaR adalah CVaR merupakan suatu ukuran risiko yang koheren. Selain itu CVaR juga tidak memerlukan asumsi data berdistribusi normal. CVaR memiliki makna besarnya nilai kerugian yang akan ditanggung, apabila terjadi kerugian yang nilainya melebihi VaR (Prihatiningsih dkk., 2020). Secara matematika, CVaR didefinisikan oleh:

$$CVaR_{1-\alpha} = \frac{1}{\alpha} \int_{VaR_{1-\alpha}}^1 R^* \cdot p(R^*) dR^* \quad (2.8)$$

dengan $p(R^*)$ adalah fungsi densitas probabilitas dan R^* adalah kuantil ke- α dari distribusi *return*, dan VaR dihitung berdasarkan waktu yang sama dengan selang kepercayaan $1 - \alpha \in [0,1]$. CVaR dapat ditulis dengan persamaan matematis sebagai berikut:

$$CVaR_{1-\alpha}(X) = \frac{1}{\alpha} \int_{VaR_{1-\alpha}}^1 xf(x)dx = \frac{1}{\alpha} \int_{1-\alpha}^1 VaR_{\mu}(X) d\mu$$

CVaR memiliki makna besarnya nilai kerugian yang akan ditanggung, apabila terjadi kerugian yang nilainya melebihi VaR dan memenuhi sifat koheren. Ukuran risiko dikatakan baik dan efektif jika memenuhi aksoma ukuran risiko koheren, yaitu sub-aditif, kemonotonan, homogenitas, dan translasi invariant.

Pembuktian sifat koheren pada CVaR sebagai berikut.

1. Sub-aditif, yaitu ukuran risiko yang dikombinasikan tidak lebih besar dari risiko yang dijumlahkan secara terpisah. Untuk setiap variabel acak X_1 dan X_2 berlaku:

$$\rho(X_1 + X_2) \leq \rho(X_1) + \rho(X_2)$$

Menurut Denuit dkk 2005, didefinisikan

$$CVaR_{1-\alpha}(X_1) = \frac{1}{\alpha} E \left[(X - VaR_{1-\alpha}(X))_+ \right]$$

Untuk setiap $0 < \lambda < 1$, dua variabel acak risiko X_1 dan X_2 dan $a = \lambda X_1 + (1 - \lambda)X_2$ maka

$$\begin{aligned} CVaR_{1-\alpha}(a) &= \frac{1}{\alpha} VaR_{1-\alpha}(\lambda X_1 + (1 - \lambda)X_2) \\ &+ \frac{1}{\alpha} E[(\lambda X_1 + (1 - \lambda)X_2) - VaR_{1-\alpha}(\lambda X_1 + (1 - \lambda)X_2)] \\ &\leq \lambda VaR_{1-\alpha}(X_1) + (1 - \lambda)VaR_{1-\alpha}(X_1) \\ &+ \frac{1}{\alpha} E[(\lambda X_1 + (1 - \lambda)X_2) - VaR_{1-\alpha}(\lambda X_1 + (1 - \lambda)X_2)] \\ &\leq \lambda VaR_{1-\alpha}(X_1) + (1 - \lambda)VaR_{1-\alpha}(X_1) \\ &+ \frac{\lambda}{\alpha} E \left[(X_1 - VaR_{1-\alpha}(X_1))_+ \right] + \frac{1 - \lambda}{\alpha} E \left[(X_2 - VaR_{1-\alpha}(X_2))_+ \right] \\ &\leq \lambda CVaR_{1-\alpha}(X_1) + (1 - \lambda)CVaR_{1-\alpha}(X_2), \text{ dengan mengambil } \lambda = \frac{1}{2} \\ &\frac{1}{2} CVaR_{1-\alpha}(X_1 + X_2) \leq \frac{1}{2} (CVaR_{1-\alpha}(X_1) + CVaR_{1-\alpha}(X_2)) \end{aligned}$$

Sehingga

$$CVaR_{1-\alpha}(X_1 + X_2) \leq CVaR_{1-\alpha}(X_1) + CVaR_{1-\alpha}(X_2)$$

2. Kemonotonan, yaitu satu variabel yang selalu memiliki kerugian yang lebih besar dari variabel lainnya pada setiap keadaan. Untuk setiap variabel acak risiko X_1 dan X_2 , jika $X_1 \leq X_2$, berlaku

$$\rho(X_1) \leq \rho(X_2)$$

Untuk dua variabel random risiko X_1 dan X_2 , dengan $X_1 \leq X_2$, $\alpha(0,1)$, dan

sembarang $a \in R^+$, maka (Klugmann dkk, 2004) $CVaR_{1-\alpha} =$

$$\frac{1}{\alpha} \int_{1-\alpha}^1 VaR_{\mu}(X_1) d\mu$$

Berdasarkan sifat monoton dari VaR, maka

$$\begin{aligned} &\leq \frac{1}{\alpha} \int_{1-\alpha}^1 VaR_{\mu}(X_2) d\mu \\ &= CVaR_{1-\alpha}(X_2) \end{aligned}$$

3. Homogenitas positif, yaitu perkalian kerugian dengan suatu konstanta a akan membuat risiko menjadi a kali dari risiko sebelumnya. Untuk setiap variabel random risiko X dan konstanta tak negatif a , berlaku

$$\rho(aX) \leq a\rho(X)$$

Untuk suatu variabel random risiko X , $\alpha(0,1)$, dan sembarang $a \in R^+$, nilai $CVaR_{1-\alpha}(aX)$ didefinisikan dengan: (Klugmann dkk, 2011)

$$\begin{aligned} CVaR_{1-\alpha} &= \frac{1}{\alpha} \int_{1-\alpha}^1 VaR_{\mu}(aX) d\mu \\ &= a \left(\frac{1}{\alpha} \int_{1-\alpha}^1 VaR_{\mu}(X) d\mu \right) \\ &= aCVaR_{1-\alpha}(X) \end{aligned}$$

4. Translasi invariant, yaitu risiko akan mengalami penurunan kerugian jika terdapat risiko tambahan begitupun sebaliknya.

$$\rho(X + a) \leq \rho(X) + a$$

Untuk suatu variabel random risiko X , $\alpha(0,1)$, dan sembarang $a \in R^+$, nilai $CVaR_{1-\alpha}(X + a)$ didefinisikan dengan: (Klugmann dkk, 2011)

$$\begin{aligned} CVaR_{1-\alpha}(X + a) &= \frac{1}{\alpha} \int_{1-\alpha}^1 VaR_{\mu}(X + a) d\mu \\ &= \frac{1}{\alpha} \int_{1-\alpha}^1 (VaR_{\mu}(X) + a) d\mu \\ &= \left(\frac{1}{\alpha} \int_{1-\alpha}^1 VaR_{\mu}(X) d\mu \right) + a \\ &= CVaR_{1-\alpha}(X) + a \end{aligned}$$