

**ESTIMASI *CONDITIONAL VALUE AT RISK* DENGAN
METODE COPULA ALI-MIKHAIL-HAQ MENGGUNAKAN
KORELASI *KENDALL'S TAU***

SKRIPSI



RISKAYANI

H051181008

Pembimbing Utama : Anisa, S.Si, M.Si
Pembimbing Pertama : Dr. Erna Tri Herdiani, S.si, M,Si
Dosen Penguji : Siswanto, S.Si, M.Si
Dr. Dr. Georgina Maria Tinungki, M.Si

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

2022

**ESTIMASI *CONDITIONAL VALUE AT RISK* DENGAN
METODE COPULA ALI-MIKHAIL-HAQ MENGGUNAKAN
*KORELASI KENDALL'S TAU***

SKRIPSI

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

**RISKAYANI
H051181008**

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

MAKASSAR

2022

LEMBAR PERNYATAAN KEOTENTIKAN

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

Estimasi *Conditional Value at Risk* Dengan Metode Copula Ali-Mikhail-Haq Menggunakan Korelasi *Kendall's Tau*

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

Makassar, 8 September 2022



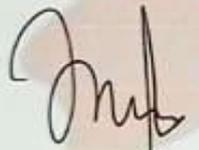
Riskayani

NIM H051181008

**ESTIMASI *CONDITIONAL VALUE AT RISK* DENGAN
METODE COPULA ALI-MIKHAIL-HAQ MENGGUNAKAN
KORELASI *KENDALL'S TAU***

Disetujui Oleh:

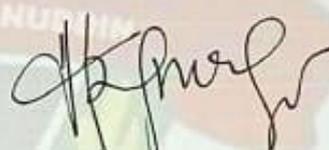
Pembimbing Utama



Anisa, S.Si., M.Si.

NIP. 197302271998022001

Pembimbing Pertama



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

NIP. 19750429200002001

Ketua Program Studi



Dr. Nurtiti Sundsi, S.Si., M.Si.

NIP. 19720117 199703 2 002

Pada 8 September 2022

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Riskayani
NIM : H051181008
Program Studi : Statistika
Judul Skripsi : Estimasi *Conditional Value at Risk* Dengan Metode Copula Al-Mikhail-Haq Menggunakan Korelasi *Kendall's Tau*

Telah berhasil dipertahankan dihadapan 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. Erna Tri Herdiani, S.Si., M.Si. (.....)
3. Anggota : Dr. Dr. Georgina Maria Tinungki, M.Si. (.....)
4. Anggota : Siswanto, S.Si., M.Si. (.....)

Ditetapkan di : Makassar

Tanggal : 8 September 2022

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan Syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan berkah, rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Estimasi *Conditional Value at Risk* Dengan Metode Copula Ali-Mikhail-Haq Menggunakan Korelasi *Kendall's Tau*” yang disusun sebagai salah satu syarat akademik untuk meraih gelar sarjana pada Program Studi Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin. Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada junjungan Nabi besar Muhammad SAW sebagai *uswatun hasanah* dalam meraih kesuksesan dunia dan akhirat.

Penulis menyadari bahwa penyelesaian skripsi ini tidak luput dari hambatan dan tantangan. Namun, berkat bantuan dan dorongan serta motivasi baik yang terkait secara langsung maupun tidak langsung dari berbagai pihak akhirnya kesulitan-kesulitan yang timbul dapat diatasi. Untuk itu suatu kewajiban kepada penulis untuk menyampaikan terima kasih yang tak terhingga kepada kedua orang tua penulis, Ayahanda Hamba dan Ibunda Naica atas segala doa, kasih sayang, pengertian, perhatian yang tulus, pengorbanan dan perjuangan serta dukungan yang luar biasa yang telah diberikan selama ini, dan terima kasih selalu mendengarkan keluh kesah penulis. Terima kasih juga kepada keluarga besar penulis yang selalu mendoakan, serta memberikan motivasi dan berbagi banyak hal selama ini.

Keberhasilan penulisan skripsi ini tidak lepas dari bimbingan, pengarahan dan bantuan dari berbagai pihak baik berupa pikiran, motivasi, tenaga maupun doa karena itu perkenankan pula penulis untuk menyampaikan terima kasih dan penghargaan 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 serta segenap dosen pengajar dan staf Departemen Statistika yang telah membekali

ilmu dan meluangkan waktunya untuk Penulis selama menjadi mahasiswa dilingkungan Universitas Hasanuddin.

4. Ibu Anisa, S.Si, M.Si., selaku Pembimbing Utama dan Ibu Dr. Erna Tri Herdiani, S.Si, M.Si., selaku Pembimbing pertama yang telah meluangkan waktu dan pemikirannya untuk membantu penulis menyelesaikan hambatan dan tantangan serta memberikan arahan, dorongan, motivasi dan semangat kepada Penulis dari awal hingga selesainya penulisan skripsi ini.
5. Ibu Dr. Dr. Georgina Maria Tinungki, M.Si., selaku Tim Penguji dan Penasehat Akademik dan Bapak Siswanto, S.Si, M.Si., selaku Tim Penguji atas segala saran dan pembelajaran yang membangun dalam penyempurnaan penyusunan skripsi ini serta telah meluangkan waktu dan pemikiran kepada Penulis dalam penyusunan skripsi ini.

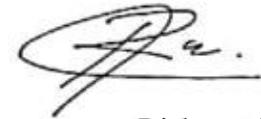
Tidak lupa ucapan terima kasih yang mendalam Penulis sampaikan untuk seluruh pihak yang senantiasa memberikan bantuan berupa semangat ataupun dukungan yang tak ternilai besarnya, kepada :

1. Sahabat seperjuangan FaRIN: Nurul Ikhsani, Isra Rizka Utami, Andi Umami Melin Aicha, dan Rahma Alifah. Terima kasih atas semua bantuan, canda tawa, suka duka perkuliahan, dan kebersamaan yang telah lewati, serta telah mendengarkan keluh kesah Penulis selama menjalani masa kuliah sampai detik ini dan seterusnya.
2. Teman berbagi kamar Ridhah Wahyuni dan Evelin Bangkulu', terima kasih atas kebersamaan, motivasi, dan suka duka yang telah dibagi bersama.
3. Teman seperjuangan Statistika 2018, terima kasih atas ilmu, kebersamaan, perjuangan, dukungan dan kenangan indah selama di Kampus Universitas Hasanuddin, kalian orang-orang hebat.
4. Kak Jumrianti, S.Si, dan Kak Alimatun Najiha, S.Si, terima kasih atas segala ilmu, motivasi, waktu dan bantuan yang telah diberikan selama penyusunan skripsi.
5. Lisda Amaliana Usfira, terima kasih atas kebersamaan dan waktu yang telah diberikan selama penyusunan skripsi.

6. Teman-teman KKN Tematik Gelombang 106, terima kasih telah menjadi teman sekaligus keluarga selama sebulan lebih, banyak pembelajaran yang berharga dilalui bersama selama satu bulan lebih.
7. Keluarga besar IKMB UH, terima kasih atas ilmu dan pengalaman yang mungkin tidak bisa didapatkan di bangku perkuliahan.
8. Semua pihak yang telah banyak berpartisipasi, baik secara langsung maupun tidak langsung yang tak sempat penulis sebutkan satu per satu. Terima kasih atas segala bantuan dan dukungannya.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam skripsi ini. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati Penulis memohon maaf. Akhir kata semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

Makassar, 8 September 2022



Riskayani

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIK**

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

Nama : Riskayani
NIM : H051181008
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 *Conditional Value at Risk* dengan Metode Copula Ali-Mikhail-Haq menggunakan Korelasi *Kendall’s Tau*”

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, 8 September 2022

Yang menyatakan



(Riskayani)

ABSTRAK

Investasi merupakan suatu kegiatan menempatkan sejumlah uang (aset) pada suatu benda, lembaga, atau suatu pihak dengan harapan dapat memperoleh keuntungan maksimal dengan risiko minimal dalam jangka waktu tertentu. Oleh karena itu, investor perlu melakukan perhitungan risiko untuk memprediksi besarnya nilai risiko yang mungkin akan terjadi agar investor dapat meminimalisir terjadinya kerugian, salah satu metode yang dapat digunakan yaitu *Conditional Value at Risk* (CVaR). Pada penelitian ini mengestimasi nilai risiko dengan metode CVaR menggunakan model Copula Ali-Mikhail-Haq pada data investasi harga penutupan saham PT. Indosat Tbk dan PT. Smartfren Telecom Tbk periode 11 Maret 2019 sampai 10 Maret 2020. Copula Ali-Mikhail-Haq dimodelkan menggunakan korelasi *Kendall's Tau* dengan nilai korelasi sebesar 0.09037 dan parameter sebesar 0.366 yang selanjutnya digunakan untuk mengestimasi CVaR. Hasil estimasi CVaR diperoleh nilai risiko masing-masing tingkat kepercayaan 90%, 95%, dan 99% yaitu sebesar -0.0376 , -0.0538 dan -0.1093 . Hasil tersebut menunjukkan kerugian yang mungkin akan dialami investor jika menginvestasikan dana di PT. Indosat Tbk dan PT. Smartfren Telecom Tbk. Tingkat kepercayaan 99% menghasilkan nilai CVaR yang paling tinggi hal ini menunjukkan semakin besar tingkat kepercayaan semakin besar pula risiko yang harus ditanggung investor.

Kata Kunci: *Conditional Value at Risk*, Copula Ali-Mikhail-Haq, Korelasi *Kendall's Tau*, Nilai Risiko.

ABSTRACT

Investment is an activity of placing a certain amount of money (assets) in an object, institution, or party in the hope of obtaining profits in the future by expecting the maximum return with a certain risk. Investors can predict the amount of risk that may occur by measuring risk, one of which is using the Conditional Value at Risk (CVaR) method. Therefore, the research on risk value estimation is carried out using the CVaR method using the Copula Ali-Mikhail-Haq model on the investment data of the closing price of PT. Indosat Tbk and PT. Smartfren Telecom Tbk for the period March 11, 2019 to March 10, 2020. This study models the Copula ali-Mikhail-Haq using Kendall's Tau correlation with correlation values $\tau = 0.09037$ and $\hat{\theta} = 0.3662$. which is then used to estimate CVaR. The results of the CVaR estimation obtained risk values of 90%, 95%, and 99% confidence levels, namely -0.0376 , -0.0538 and -0.1093 . This shows that the greater the level of trust, the greater the risk that must be borne by investors.

Keywords: *Conditional Value at Risk, Copula Ali-Mikhail-Haq, Kendall's Tau Correlation, Value at Risk.*

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMBUNG.....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEOTENTIKAN.....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
KATA PENGANTAR	vi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	ix
ABSTRAK.....	x
<i>ABSTRACT</i>	xi
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.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Investasi.....	5
2.1.1 <i>Return</i>	6
2.1.2 Risiko	7
2.2 Uji Normalitas	7
2.3 Copula.....	8
2.4 Copula Ali-Mikhail-Haq	9
2.5 <i>Conditional Value at Risk</i>	10
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	15
3.1 Sumber Data	15

3.2	Identifikasi Variabel	15
3.3	Metode Analisis	15
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		17
4.1	Deskripsi Data	17
4.2	<i>Return Saham</i>	18
4.3	Uji Normalitas	20
4.4	Koefisien Korelasi <i>Kendall's Tau</i>	21
4.5	Estimasi Parameter Copula Ali-Mikhail-Haq Menggunakan korelasi <i>Kendall's Tau</i>	22
4.6	Simulasi Copula Ali-Mikhail-Haq	24
4.7	Estimasi Nilai Risiko Dengan VaR	25
4.8	Estimasi <i>Conditional Value at Risk</i>	26
BAB V PENUTUP		29
5.1	Kesimpulan	29
5.2	Saran	29
DAFTAR PUSTAKA		30
LAMPIRAN		32

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Statistik Deskriptif Harga Penutupan Saham Harian PT. Indosat Tbk dan PT. Smartfren Telecom Tbk..... 17

Tabel 4.2 Nilai *Return* Saham PT.Indosat Tbk dan PT.Smarfren Telecom Tbk.. 19

Tabel 4.3 Uji Normalitas Data *Return* Saham PT.Indosat Tbk dan PT.Smarfren Telecom Tbk 20

Tabel 4.4 Data Ilustrasi Korelasi (*X*) dan (*Y*)..... 21

Tabel 4.5 Data Ilustrasi Banyaknya Pasangan Konkordan Dan Diskordan..... 22

Tabel 4.6 Data Simulasi Copula Ali-Mikhail-Haq 24

Tabel 4.7 Estimasi VaR PT.Indosat Tbk dan PT. Smartfren Telecom Tbk..... 26

Tabel 4.8 Estimasi CVaR PT.Indosat Tbk dan PT.Smarfren Telecom Tbk 27

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 VaR, CVaR, dan *Maximum loss*..... 12

Gambar 4.1 *Scatterplot Return* PT.Indosat Tbk dan PT. Smartfren Telecom
Tbk 19

Gambar 4.2 Grafik *return* saham PT. Indosat Tbk dan PT. Smartfren Telecom
Tbk 20

Gambar 4.3 *Scatterplot* Data Simulasi..... 25

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Harga Penutupan Saham PT. Indosat Tbk dan PT. Smartfren Telecom Tbk	33
Lampiran 2. Nilai <i>Return</i> Saham PT. Indosat Tbk dan PT.Smarfren Telecom Tbk	34
Lampiran 3. Output Koefisien Korelasi <i>Kendall's Tau</i>	35
Lampiran 4. Estimasi Parameter Copula Ali-Mikhail-Haq dengan Korelasi <i>Kendall's Tau</i>	36
Lampiran 5. Output Estimasi Parameter Copula Ali-Mikhail-Haq	41
Lampiran 6. Data Simulasi Copula Ali-Mikhail-Haq	42
Lampiran 7. Hasil Estimasi VaR 90%	43
Lampiran 8. Hasil Estimasi VaR 95%	45
Lampiran 9. Hasil Estimasi VaR 99%	47
Lampiran 10. Hasil Estimasi CVaR	49

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini untuk memperoleh keuntungan di masa yang akan datang banyak masyarakat yang melakukan investasi. Investasi merupakan suatu cara menempatkan sejumlah uang (aset) pada suatu benda, lembaga, atau suatu pihak dengan harapan dapat memperoleh keuntungan di masa yang akan datang. Salah satu investasi yang cukup populer saat ini yaitu saham dengan mengharapkan *return* sebesar-besarnya dengan risiko tertentu. Saham adalah tanda bukti penyertaan modal seseorang atau badan usaha pada suatu perusahaan sehingga pihak tersebut memiliki klaim (hak) atas pendapatan dan aktivitas perusahaan, saham juga dapat diperjualbelikan. Semakin banyak investor yang ingin membeli atau menyimpan saham maka harganya akan semakin naik, sebaliknya semakin banyak investor yang ingin menjual saham maka harganya semakin turun.

Investor dapat memprediksi besarnya nilai risiko yang mungkin akan terjadi dengan melakukan pengukuran risiko. Salah satu bentuk pengukuran risiko yang cukup populer digunakan adalah *Value at Risk* (VaR). VaR dapat didefinisikan sebagai estimasi kerugian maksimum yang akan didapat selama periode waktu (*time period*) tertentu dalam pasar normal pada tingkat kepercayaan (*Confidence level*) tertentu. Namun terdapat kemungkinan bahwa kerugian sebenarnya dapat lebih buruk apabila terjadi sesuatu kejadian yang mempengaruhi harga saham. Sehingga keterbatasan dari VaR adalah tidak dapat menyatakan tentang seberapa besar kerugian yang benar-benar terjadi dan secara definitif tidak menegaskan kemungkinan kerugian yang paling buruk. Maka untuk mengatasi kelemahan yang dimiliki oleh VaR diperlukan *Conditional Value at Risk* (CVaR).

CVaR mencoba untuk mengatasi kekurangan VaR yang merupakan teknik statistik yang digunakan untuk mengukur tingkat risiko keuangan dalam suatu perusahaan atau portofolio investasi selama jangka waktu tertentu. VaR menghitung kerugian kasus terburuk yang terkait dengan probabilitas dan waktu, maka CVaR adalah kerugian yang diharapkan jika ambang batas kasus terburuk dilewati atau dengan kata lain CVaR mengkualifikasikan kerugian yang diharapkan terjadi diluar *breakpoint* VaR. CVaR merupakan suatu ukuran risiko

yang memperhitungkan kerugian melebihi tingkat VaR. Selalu ada kemungkinan bahwa kerugian yang terjadi lebih besar dari VaR yang sudah ditetapkan. CVaR dikatakan baik dan efektif dibanding VaR karena memenuhi aksioma ukuran risiko koheren diantaranya *Translational Invariance*, *Subadditivity*, *Positive Homogeneity*, dan *Monotonicity*. Selain itu, CVaR juga mampu menghitung risiko pada data berdistribusi normal maupun tidak normal (Hidayati dkk., 2015).

Secara umum, dalam mengukur risiko seringkali harus memenuhi berbagai asumsi diantaranya hubungan antara variabel linier dan berdistribusi normal. Pada data saham banyak ditemukan tidak berdistribusi normal sehingga perhitungan risiko kurang tepat. Oleh karena itu, diperlukan metode yang dapat mengatasi permasalahan ini, salah satunya adalah dengan pendekatan Copula.

Konsep Copula pertama kali diperkenalkan pada tahun 1959 oleh seorang matematikawan bernama Abe Sklar. Copula adalah metode statistika yang menunjukkan hubungan antar variabel dan metode yang tidak memerlukan asumsi distribusi normal, serta dapat menjelaskan dependensi nonlinear. Sehingga Copula dapat memodelkan struktur ketergantungan antar saham dan cukup fleksibel untuk memodelkan data *return* finansial yang tidak memenuhi sifat-sifat distribusi normal (Udayani dkk., 2016).

Keluarga Copula yang umum dikenal adalah keluarga Copula Eliptik dan Copula Archimedian. Copula Eliptik mampu menggambarkan kekuatan ketergantungan antara pasangan variabel spasial yang terdiri dari Copula Gaussian dan Copula *T-student*, Sedangkan Copula Archimedian memungkinkan untuk berbagai macam struktur ketergantungan yang terdiri dari Copula Gumbel, Copula Clayton, Copula Frank, Copula Joe, Copula Ali-Mikhail-Haq dan lain-lain. Pada penelitian ini menggunakan Copula Archimedian karena dapat mengestimasi nilai-nilai ekstrem dalam kasus finansial dan juga subcopulanya mampu memunculkan sifat-sifat yang berbeda (Damayanti, 2016) .

Pada penelitian akan digunakan Copula dari Keluarga Archimedian yakni Copula Ali-Mikhail-Haq. Copula Ali-Mikhail-Haq merupakan subcopula dari keluarga Archimedian yang dapat menyatakan dependensi baik negatif maupun positif yang parameternya terletak pada interval tertutup antara $[-1,1]$ (Kumar, 2010). Estimasi Copula Ali-Mikhail-Haq akan dilakukan dengan menggunakan

korelasi *Kendall's Tau*. Korelasi *Kendall's Tau* digunakan untuk mencari hubungan antara dua variabel dan cocok digunakan pada jenis data ordinal, korelasi ini tidak dipengaruhi nilai-nilai outlier dan dapat digunakan pada kasus dependensi non linear.

Penelitian terkait estimasi risiko sebelumnya telah dilakukan oleh Hidayati dkk (2015) mengestimasi nilai *Conditional Value at Risk* menggunakan fungsi Gaussian Copula. Nurutsaniyah dkk (2019) *Value at Risk* pada portofolio saham dengan Copula Ali-Mikhail-Haq. Prihatiningsih dkk (2020) *Value at Risk* (VaR) dan *Conditional Value at Risk* (CVaR) dalam pembentukan portofolio bivariat menggunakan Copula gumbel dengan menggunakan korelasi *Kendall's Tau* diperoleh hasil estimasi CVaR menunjukkan kerugian yang lebih tinggi dibandingkan dengan hasil estimasi VaR. Sehingga untuk mengatasi kelemahan VaR dalam penelitian ini digunakan CVaR dengan metode Copula Ali-Mikhail-Haq menggunakan korelasi *Kendall's Tau* untuk mengetahui risiko investasi pada portofolio saham PT. Indosat Tbk dan PT. Smartfren Telecom Tbk merupakan perusahaan yang menjadi bagian dari sektor jasa telekomunikasi dan jaringan.

Berdasarkan uraian tersebut, penulis tertarik untuk mengkaji mengenai **“Estimasi *Conditional Value at Risk* dengan Metode Copula Ali-Mikhail-Haq Menggunakan Korelasi *Kendall's Tau*”**.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang penelitian adapun rumusan masalah penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana mengestimasi parameter model Copula Ali-Mikhail-Haq dengan menggunakan korelasi *Kendall's Tau* pada data investasi harga penutupan saham PT. Indosat Tbk dan PT. Smartfren Telecom Tbk ?
2. Bagaimana nilai risiko estimasi CVaR dengan metode Copula Ali-Mikhail-Haq pada data investasi harga penutupan saham PT. Indosat Tbk dan PT. Smartfren Telecom Tbk ?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Data yang digunakan adalah *return* data investasi harga penutupan saham PT. Indosat Tbk dan PT. Smartfren Telecom Tbk periode 11 Maret 2019 – 10 Maret 2020.
2. Estimasi parameter Copula Ali-Mikhail-Haq menggunakan korelasi *Kendall's Tau*.
3. Estimasi VaR dilakukan dengan menggunakan metode Simulasi Monte Carlo.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditentukan, adapun tujuan penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengestimasi parameter model Copula Ali-Mikhail-Haq dengan menggunakan korelasi *Kendall's Tau* pada data investasi harga penutupan saham PT. Indosat Tbk dan PT. Smartfren Telecom Tbk.
2. Menentukan nilai risiko estimasi CVaR dengan metode Copula Ali-Mikhail-Haq pada data investasi harga penutupan saham PT. Indosat Tbk dan PT. Smartfren Telecom Tbk.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Menambah wawasan dan pengetahuan dalam bidang statistik khususnya dalam mengestimasi CVaR dengan metode Copula Ali-Mikhail-Haq menggunakan korelasi *Kendall's Tau*.
2. Memberikan tambahan informasi kepada para investor sebagai bahan pertimbangan dalam melakukan investasi.
3. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai bahan referensi untuk penelitian berikutnya.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Investasi

Investasi merupakan suatu cara menempatkan sejumlah uang (aset) pada suatu benda, lembaga, atau suatu pihak dengan harapan dapat memperoleh keuntungan di masa yang akan datang. Ada dua faktor yang dipertimbangkan, yaitu tingkat pengembalian yang diharapkan (*return*) dan risiko (*risk*) dari suatu investasi. Salah satu jenis investasi yang memegang peran kunci bagi kemajuan ekonomi suatu negara adalah pasar modal dimana keberadaannya tidak hanya memberikan sebuah lahan atau pilihan investasi, namun senantiasa menyediakan pasokan sumber dana yang berkesinambungan (Hidayat, 2018).

Investasi pada pasar modal dapat berupa saham, obligasi, dan lainnya. Salah satu pasar modal yang sering diperdagangkan adalah saham. Saham adalah tanda bukti penyertaan kepemilikan modal atau dana pada salah satu perusahaan yang tercantum dan disertai dengan jelas hak dan kewajiban setiap anggota pemegangnya dan merupakan persediaan yang siap untuk dijual. Harga saham adalah nilai suatu saham yang mencerminkan kekayaan perusahaan yang mengeluarkan saham tersebut, dimana perubahan sangat ditentukan oleh kekuatan permintaan dan penawaran yang terjadi di pasar bursa. Semakin banyak investor yang ingin membeli atau menyimpan saham, harganya semakin naik. Sebaliknya semakin banyak investor yang ingin menjual atau melepaskan suatu saham, maka harganya semakin bergerak turun (Sulia, 2017).

Salah satu sektor saham yang di Bursa Efek Indonesia (BEI) yang mencatat pertumbuhan yang cukup tinggi adalah sektor jasa telekomunikasi dan jaringan. Industri ini merupakan kebutuhan yang sangat mendasar jumlah pelanggan dan volume trafik telekomunikasi meningkat secara signifikan. Salah satu perusahaan yang menjadi bagian dari sektor jasa telekomunikasi dan jaringan adalah PT. Indosat Tbk dan PT. Smartfren Telecom Tbk .

PT. Indosat Tbk adalah perusahaan bergerak di bidang penyedia jasa telekomunikasi dan jaringan telekomunikasi di Indonesia. Perusahaan ini didirikan pada tanggal 20 November 1967. Perusahaan ini menawarkan saluran komunikasi untuk pengguna telepon genggam dengan pilihan pra bayar maupun

pascabayar dengan merek jual Matrix, Mentari, dan IM3. Selain itu juga menyediakan jasa nirkabel dengan merk dagang StarOne perusahaan ini juga menyediakan layanan multimedia, internet, dan komunikasi data serta saluran komunikasi via suara untuk telepon tetap termasuk sambungan internasional IDD.

PT. Smartfren Telecom Tbk adalah penyedia jasa telekomunikasi berbasis teknologi CDMA yang memiliki akses seluler dan mobilitas terbatas, dan memiliki jaringan CDMA EV-DO (Jaringan bergerak setara dengan 3G broadband) adalah terbesar di Indonesia, merupakan satu-satunya operator yang beroperasi di jaringan 4G sepenuhnya. Perusahaan ini didirikan pada tanggal 2 Desember 2002, produk perusahaan ini adalah Smartfren. Selain itu Smartfren juga menghadirkan pengalaman layanan data yang fleksibel melalui pilihan paket data yang bervariasi, dan melalui pilihan paket data yang bervariasi, dan melalui *smartphone* Andromax dan WiFi modem.

2.1.1 Return

Return merupakan hasil yang diperoleh dari kegiatan investasi. *Return* saham adalah tingkat pengembalian saham yang diharapkan atas investasi yang ditanam dalam saham atau beberapa kelompok saham melalui portofolio. *Return* saham merupakan tingkat pengembalian yang berupa keuntungan atau kerugian yang diterima investor selama beberapa periode tertentu. *Return* dapat berupa *return* realisasi dan *return* ekspektasi (Alexander & Destriana, 2013).

Investor akan mendapatkan keuntungan dari pemilik saham atau suatu perusahaan berupa dividen dan *capital gain*. Dividen adalah pembagian laba kepada para pemegang saham perusahaan yang sebanding dengan jumlah saham yang pegang oleh masing-masing pemilik yang dapat berupa uang tunai, saham ataupun properti. Sedangkan *Capital gain* adalah selisih dari harga saham investasi periode saat ini dengan harga investasi periode sebelumnya atau selisih antara harga pembelian dengan harga jual.

Nilai *return* saham dapat dihitung menggunakan persamaan (2.1) berikut: (Hanafi & Halim, 2009)

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

dengan :

R_t : Nilai *return* pada waktu ke- t

P_t : Harga penutupan saham pada hari t

P_{t-1} : Harga penutupan saham pada hari $t - 1$

2.1.2 Risiko

Risiko adalah tingkat ketidakpastian akan terjadinya sesuatu atau tidak terwujudnya sesuatu tujuan, pada suatu kurun atau periode waktu tertentu. Salah satu hal yang sangat penting dalam berinvestasi adalah mengukur dan mengelola risiko pada saham-saham yang dipilih. Risiko merupakan sebuah peluang terjadinya kerugian. Penting untuk meminimalisir risiko dikarenakan produk investasi seperti saham memiliki risiko penurunan harga yang pada akhirnya akan menurunkan nilai investasi yang kita miliki. Apabila risiko dikelola dengan baik maka akan memberikan peluang untuk memperoleh keuntungan yang lebih besar, sedangkan risiko yang tidak dikelola dengan baik akan menimbulkan kerugian apabila tidak diantisipasi sebagaimana mestinya.

2.2 Uji Normalitas

Uji normalitas adalah pengujian data untuk melihat data berdistribusi normal atau tidak. Salah satu uji yang dapat digunakan untuk mengetahui kenormalan data adalah uji Kolmogorov Smirnov. Uji Kolmogorov Smirnov merupakan salah uji yang dapat digunakan dalam menentukan distribusi yang cocok untuk suatu data. Langkah-langkah pengujian :

1. Merumuskan Hipotesis

H_0 : Data berdistribusi normal

H_1 : Data tidak berdistribusi normal

2. Taraf signifikansi $\alpha = 0.05$
3. Menentukan statistik uji

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

dengan :

\max : Nilai maksimal

S_x : Nilai distribusi kumulatif dari sampel

$F_0(x)$: Nilai distribusi kumulatif distribusi normal

4. Kriteria keputusan

Apabila nilai $D_{hitung} > (D_{tabel})$ atau $p_{value} < \alpha$ maka H_0 ditolak. Sehingga dapat disimpulkan bahwa data tidak berdistribusi normal.

2.3 Copula

Kata Copula berasal dari bahasa latin yang berarti hubungan, pertalian, ikatan. Copula merupakan pendekatan yang berguna untuk memahami dan mendeteksi struktur dependensi variabel acak. Copula pertama kali dipopulerkan oleh seorang matematikawan bernama Abe Sklar pada tahun 1959. Fungsi Copula merupakan fungsi yang memiliki domain $[0,1]^n$ dan range $[0,1]$ yang dilambangkan dengan $[0,1]^n \rightarrow (0,1)$. Copula memiliki beberapa keunggulan yaitu tidak memerlukan asumsi distribusi normal dan dapat menunjukkan adanya pola sebaran data pada *tail* distribusi masing-masing variabel (Hidayati dkk., 2015).

Keluarga Copula yang umum dikenal adalah Copula Eliptik dan Copula Archimedian. Untuk Copula Eliptik mampu menggambarkan kekuatan ketergantungan antara pasangan variabel spasial yang merupakan data multivariat yang diamati pada kejadian ekstrem seperti hujan lebat, badai salju, gempa bumi di beberapa lokasi berbeda yang berdekatan. Copula Eliptik terdiri atas Copula Gaussian dan Copula *T-Student*. Copula Archimedian memungkinkan untuk berbagai macam struktur ketergantungan, dan banyak variasi keluarga Copula yang masuk ke dalam kelas ini. Copula Archimedian tidak linear sehingga estimasi nilai risikonya menggunakan konsep korelasi salah satunya korelasi *Kendall's Tau* yang langsung terkait dengan distribusi karena terdapat perangkingan. Keluarga Copula Archimedian paling banyak digunakan dalam kasus bivariat. Copula Archimedian pertama kali diperkenalkan oleh Ling pada tahun 1965 namun ditemukan pertama kali oleh Sklar dan Schweizer pada tahun 1961. Secara umum bentuk Copula Archimedian sebagai berikut (Anaviroh & Effendie, 2015):

$$C(u, v) = \varphi^{-1}(\varphi(u) + \varphi(v)) \quad (2.3)$$

dengan $0 \leq u, v \leq 1$. $\varphi(u)$ dan $\varphi(v)$ adalah generator dari u, v dan φ^{-1} adalah invers dari φ . Copula Archimedian terdiri atas beberapa sub Copula diantaranya

Copula Gumbel, Copula Clayton, Copula Frank, Copula Joe, Copula Ali-Mikhail-Haq dan lain-lain.

Sebelum dilakukan estimasi parameter Copula, terlebih dahulu dilakukan uji mutual dependensi. Uji mutual dependensi dilakukan untuk mengetahui adanya dependensi di antara masing-masing variabel. Nilai korelasi yang diperoleh akan digunakan untuk mengestimasi parameter Copula. Dalam penelitian ini pengukuran dependensi dilakukan dengan menggunakan korelasi *Kendall's Tau* yang diperkenalkan oleh Kendall pada tahun 1938. Korelasi *Kendall's Tau* merupakan korelasi yang berbasis *rank* dan tidak memerlukan asumsi normalitas data. 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 dan diskordan. Maka akan terdapat $\binom{n}{2}$ pasang yang berbeda dari sampel yang ada. Maka nilai korelasi *kendall's tau* berdasarkan sampel dapat didefinisikan sebagai berikut :

$$\hat{\tau} = \frac{k - d}{k + d} = \frac{k - d}{\binom{n}{2}} \quad (2.4)$$

dengan k merupakan pasangan data konkordan dan d merupakan pasangan data diskordan. Dikatakan bahwa (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).

Khusus pada kasus Copula Archimedian nilai *kendall's tau* dapat dihitung dengan persamaan 2.5 berikut :

$$\tau = 1 + 4 \int_0^1 \frac{\varphi(t)}{\varphi'(t)} dt \quad (2.5)$$

dengan $\varphi(t)$ merupakan fungsi generator dari Copula keluarga Archimedian dan $\varphi'(t)$ merupakan turunan fungsi generator dari keluarga Copula Archimedian (Quesada, 2003).

2.4 Copula Ali-Mikhail-Haq

Copula Ali-Mikhail-Haq merupakan salah satu sub-Copula dari keluarga Archimedian. Copula Ali-Mikhail-Haq dapat menyatakan dependensi baik negatif maupun positif yang parameternya terletak pada interval tertutup antara $[-1, 1]$.

Copula Ali-Mikhail-Haq merupakan Copula yang tidak memiliki *tail* dependensi atas maupun bawah sehingga interpretasi dependensi dijelaskan berdasarkan nilai parameternya. Oleh karena itu, Copula Ali-Mikhail-Haq dapat menyatakan dependensi baik negatif maupun positif. Jika parameternya bernilai positif maka terdapat hubungan yang erat ketika variabelnya bernilai tinggi.

Bentuk umum dari Copula Ali-Mikhail-Haq (Nelsen, 2006):

$$C_{(u,v)} = \frac{uv}{1 - \theta(1-u)(1-v)} \quad (2.6)$$

dengan :

θ : Parameter Copula Ali-Mikhail-Haq

u : Residual Saham 1

v : Residual Saham 2

Fungsi generator Copula Ali-Mikhail-Haq sebagai berikut (Nelsen, 2006) :

$$\varphi_{\theta}(t) = \ln\left(\frac{(1 - \theta(1-t))}{t}\right) \quad (2.7)$$

dengan :

$\varphi_{\theta}(t)$: Fungsi generator Copula Ali-Mikhail-Haq

θ : Parameter Copula Ali-Mikhail-Haq

t : Periode waktu

Menurut Lascio dkk (2021) Copula AMH sangat cocok untuk memodelkan tingkat korelasi rendah karena nilai korelasi *Kendall's Tau* yang sesuai berada dalam interval $[-0.1817, 0.3333]$.

2.5 Conditional Value at Risk

Value at Risk (VaR) adalah salah satu alat ukur yang populer digunakan untuk mengukur dan mengelola suatu risiko yang ada. VaR menjelaskan besarnya kerugian terburuk yang terjadi pada investasi dalam produk finansial dengan tingkat kepercayaan tertentu dan dalam interval waktu tertentu. VaR mulai dikenal secara luas sejak tahun 1994 saat J.P. Morgan membuat *Risk Metrics System* (Berbasis metode VaR). Definisi VaR secara umum dapat dilihat pada persamaan 2.8 berikut (Iriani dkk., 2013):

$$P(r \leq VaR) = 1 - \alpha \quad (2.8)$$

dengan :

r : *Return* salam periode tertentu

α : Tingkat kesalahan

Jika investasi awal saham dinotasikan V_0 maka nilai saham pada akhir periode waktu dinotasikan $V = V_0(1 + R)$ dan jika nilai saham paling rendah adalah $V^* = V_0(1 + R^*)$ pada tingkat kepercayaan $1 - \alpha$, Dengan kata lain R^* merupakan kuantil dari distribusi *return* yang merupakan nilai krisis (*cut off value*) dengan peluang yang sudah ditentukan. Maka VaR pada tingkat kepercayaan $1 - \alpha$ dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$VaR_{(1-\alpha)} = V_0R^*$$

Menurut Maruddani (2019), menghitung nilai VaR pada tingkat kepercayaan $1 - \alpha$ dalam periode waktu t hari, dapat dihitung dengan persamaan 2.9 berikut:

$$VaR_{(1-\alpha)}(t) = V_0R^*\sqrt{t} \quad (2.9)$$

dengan :

$VaR_{(1-\alpha)}(t)$: VaR dengan tingkat kepercayaan $(1 - \alpha)$ setelah t periode

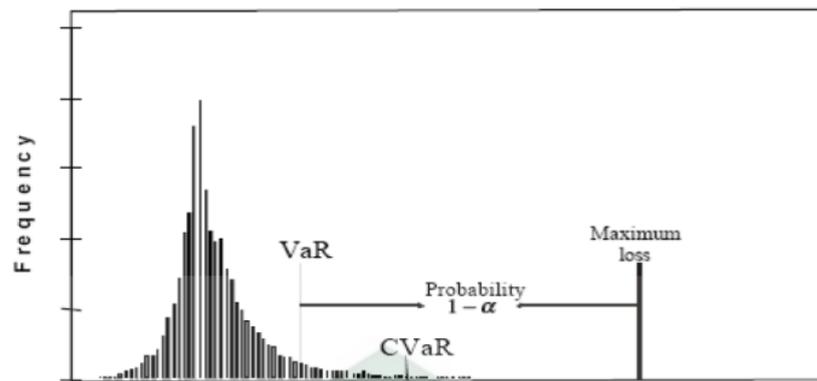
V_0 : Dana investasi awal aset atau portofolio

R^* : Nilai kuantil ke- α dari distribusi *return*

t : Periode waktu

Keterbatasan dari VaR tidak dapat menyatakan tentang seberapa besar kerugian yang benar-benar terjadi dan secara definitif tidak menegaskan kemungkinan kerugian yang paling buruk. Keterbatasan yang dimiliki VaR dapat diatasi dengan *Conditional Value at Risk (CVaR)*. VaR menghitung kerugian kasus terburuk yang terkait dengan waktu dan tingkat kepercayaan, maka CVaR adalah kerugian yang diharapkan jika ambang batas kasus terburuk dilewati atau dengan kata lain CVaR mengkuantifikasi kerugian yang diharapkan terjadi diluar *breakpoint* VaR. CVaR merupakan suatu ukuran risiko yang memperhitungkan kerugian melebihi tingkat VaR. Selalu ada kemungkinan bahwa kerugian yang terjadi lebih besar dari VaR yang sudah ditetapkan. CVaR dikatakan baik dan efektif dibanding VaR karena memenuhi aksioma ukuran risiko koheren diantaranya *Translational Invariance*, *Subadditivity*, *Positive Homogeneity*, dan *Monotonicity* (Rahmawati dkk, 2019).

Sifat *Subadditivity* menyatakan bahwa risiko tidak bisa berkurang dengan cara membagi investasi menjadi bagian-bagian kecil dan dapat berarti juga bahwa *margeri* tidak akan memunculkan risiko tambahan. Sifat *Monotonicity* menyatakan bahwa jika salah satu risiko (Kerugian) lebih besar dari yang lain, ukuran risiko pun akan sama (Kondisinya). Sifat *Positive Homogenity* menyatakan bahwa mengubah unit kerugian tidak mengubah ukuran risiko, misalnya terjadinya perubahan mata uang. Sifat *Translational Invariance* menyatakan tidak terdapat risiko tambahan jika tidak terdapat ketidakpastian tambahan.



Gambar 2.1 VaR, CVaR, dan *Maximum loss*

Pada Gambar 2.1 CVaR merupakan rata-rata dari kerugian diluar VaR pada batas tingkat kepercayaan yaitu berada diantara VaR dan maximum loss sehingga nilai VaR tidak pernah lebih besar dari CVaR. Pada distribusi kerugian, nilai CVaR terletak disebelah kanan nilai VaR.

Secara matematika, CVaR didefinisikan oleh persamaan 2.10 berikut (Letmark, 2010) :

$$CVaR_{(1-\alpha)} = \frac{1}{\alpha} \int_{VaR_{(1-\alpha)}}^1 xf(x)dx = \frac{1}{\alpha} \int_{VaR_{(1-\alpha)}}^1 VaR_{\mu}(X)d\mu \quad (2.10)$$

dengan $f(x)$ adalah fungsi densitas probabilitas dan dan VaR dihitung berdasarkan waktu yang sama dengan selang kepercayaan $(1 - \alpha) \in [0,1]$ (Letmark, 2010).

Pembuktian sifat koheren pada CVaR Sebagai berikut:

1. Translational Invariance

Untuk suatu variabel random risiko X , $\alpha(0,1)$, dan sembarang $a \in R^+$, nilai $CVaR_{(1-\alpha)}(X + a)$ didefinisikan dengan (Rahmawati dkk., (2019):

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

2. Positive Homogeneity

Untuk suatu variabel random risiko X , $\alpha(0,1)$, dan sembarang $a \in R^+$, nilai $CVaR_{(1-\alpha)}(aX)$ didefinisikan dengan (Rahmawati dkk., (2019):

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

3. Monotonicity

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 (Rahmawati dkk., (2019):

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

Berdasarkan sifat *monotonicity* dari VaR, maka:

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

4. *Subaditivity*

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

Untuk setiap $0 < \lambda < 1$, dua variabel random risiko X_1 dan X_2 dan $a = \lambda X_1 + (1 - \lambda)X_2$ diperoleh (Rahmawati dkk., (2019):

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

Dengan mengambil $\lambda = \frac{1}{2}$

$$\frac{1}{2} CVaR_{(1-\alpha)}(X_1 + X_2) \leq \frac{1}{2} (CVaR_{(1-\alpha)}(X_1) + CVaR_{(1-\alpha)}(X_2))$$

Sehingga

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