

**PENERAPAN METODE *COPULA ARCHIMEDEAN*
DALAM ANALISIS *VALUE AT RISK* DAN *BACKTESTING*
PADA PORTOFOLIO SAHAM**

SKRIPSI



VICTOR LIMAN

H051181028

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

2022

**PENERAPAN METODE *COPULA ARCHIMEDEAN*
DALAM ANALISIS *VALUE AT RISK* DAN *BACKTESTING*
PADA PORTOFOLIO SAHAM**

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**

VICTOR LIMAN

H051181028

**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:

**Penerapan Metode *Copula Archimedean*
dalam Analisis *Value at Risk* dan *Backtesting* pada Portofolio Saham**

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

Makassar, 2 November 2022



Victor Liman

NIM. H051181028

**PENERAPAN METODE *COPULA ARCHIMEDEAN*
DALAM ANALISIS *VALUE AT RISK* DAN *BACKTESTING*
PADA PORTOFOLIO SAHAM**

Disetujui Oleh:

Pembimbing Utama



Dr. Dr. Georgina Maria Tinungki, M.Si.

NIP. 19620926 198702 2 001

Pembimbing Pertama



Anisa, S.Si., M.Si.

NIP. 19730227 199802 2 001

Ketua Program Studi



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

NIP. 19720117 199703 2 002

Pada 2 November 2022

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Victor Liman

NIM : H051181028

Program Studi : Statistika

Judul Skripsi : Penerapan Metode *Copula Archimedean* dalam Analisis *Value at Risk* dan *Backtesting* pada Portofolio Saham .

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 : Dr. Dr. Georgina Maria Tinungki, M.Si. (.....)
2. Sekretaris : Anisa, S.Si., M.Si. (.....)
3. Anggota : Sitti Sahrinan, S.Si., M.Si. (.....)
4. Anggota : Siswanto, S.Si., M.Si. (.....)

Ditetapkan di : Makassar

Tanggal : 2 November 2022

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena dalam limpahan rahmat dan kasih-Nya yang telah memberkati penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih atas welas asih Buddha Maitreya, Para Buddha dan Bodhisattva, serta Para Suci yang telah memberikan kearifan, kebijaksanaan, dan semangat yang tinggi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini, dengan judul “Penerapan Metode *Copula Archimedean* dalam Analisis *Value at Risk* dan *Backtesting* pada Portofolio Saham” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Statistika Departemen Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.

Penulis telah melewati perjuangan panjang dan pengorbanan yang tidak sedikit dalam penyelesaian skripsi ini. Namun, berkat rahmat dan kasih Tuhan serta dukungan dari berbagai pihak yang turut membantu sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang setinggi-tingginya dan penghargaan yang tak terhingga kepada orang tua penulis, yaitu Bapak **Hengky Liman** dan Ibu **Djioe Bei Sioe** yang telah membesarkan dan mendidik penulis dengan penuh kasih sayang, serta kepada saudara penulis **Fonny Liman** yang menjadi penyemangat untuk menyelesaikan masa studi penulis. Penghargaan yang tulus dan ucapan terima kasih dengan penuh keikhlasan juga penulis sampaikan kepada:

1. Bapak **Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc.** selaku Rektor Universitas Hasanuddin dan Bapak **Dr. Eng. Amiruddin, M.Si.** selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam beserta seluruh jajarannya.
2. Ibu **Dr. Nurtiti Sunusi, S.Si., M.Si.** selaku Ketua Departemen Statistika dan Bapak **Andi Kresna Jaya, S.Si., M.Si.** selaku Sekretaris Departemen Statistika dan segenap dosen pengajar yang telah memberikan ilmu pengetahuan, pengalaman serta nasehat-nasehat kepada penulis, serta Staf Akademik yang telah banyak membantu dalam mengurus berbagai keperluan persuratan.
3. Ibu **Dr. Dr. Georgina Maria Tinungki, M.Si.** selaku Pembimbing Utama dan Ibu **Anisa, S.Si., M.Si.** selaku Dosen Penasehat Akademik dan Pembimbing Pertama dalam penulisan skripsi ini telah meluangkan waktu, tenaga, dan

pikiran untuk membimbing penulis dengan sabar sehingga skripsi ini dapat selesai dengan baik.

4. Ibu **Sitti Sahriman, S.Si., M.Si.** dan Bapak **Siswanto, S.Si., M.Si.** selaku Dosen Penguji atas segala saran dan masukan yang diberikan untuk memperbaiki skripsi ini serta telah meluangkan waktu dan pemikiran kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini.
5. Teman-teman seperjuangan di Statistika, terkhusus **Kaharudin, Nur Anugrah Yusuf, Hajratul Ashwad K, Muhammad Rezky, Nurul Nur Kholifah, Andi Umami Meilin Aicha, Isra Rizka Utami, Nurul Ikhsani, Riskayani, Najmawati Ade, Ainun, Nova, Fiska Evryan** dan seluruh **Statistika 2018** yang tidak sempat disebutkan terima kasih atas segala bantuan, kerja sama, kebersamaan serta dukungan selama proses perkuliahan.
6. Teman-teman **KKN Gelombang 106 Kecamatan Ujung Tanah-Wajo** terima kasih atas segala dukungan dan kenangan kebersamaannya selama pelaksanaan KKN.
7. Teman-teman penulis dari grup **Big Family, Antibiotik, dan The Leovid** terima kasih atas segala dukungan dan kebersamaannya selama ini.
8. Semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan secara langsung maupun tidak langsung yang tidak sempat penulis sebutkan satu-persatu, semoga semuanya selalu dalam lindungan dan berkat Tuhan.

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.

Makassar, 2 November 2022



Victor Liman

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

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

Nama : Victor Liman
NIM : H051181028
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:

**“Penerapan Metode *Copula Archimedean*
dalam Analisis *Value at Risk* dan *Backtesting* pada Portofolio Saham”**

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, 2 November 2022

Yang menyatakan



Victor Liman

ABSTRAK

Investasi saham merupakan salah satu cara yang banyak dilakukan untuk memperoleh keuntungan di masa mendatang. Investasi berkaitan erat dengan keuntungan dan risiko sehingga sangat penting untuk melakukan analisis risiko yang dikenal dengan *Value at Risk* (VaR). *Return* saham yang tidak berdistribusi normal mengakibatkan perhitungan risiko menjadi kurang tepat sehingga untuk mengatasinya dapat menggunakan metode *copula*. Keluarga *copula* yang umum dikenal adalah *copula Archimedean* yang terdiri dari *copula Clayton*, *Frank*, dan *Gumbel*. VaR yang diperoleh diharapkan menjadi metode yang layak digunakan sehingga perlu dilakukan validasi VaR yang dikenal dengan *backtesting*. Penelitian ini dilakukan untuk memperoleh hasil perhitungan VaR dan *backtesting* menggunakan *copula* terbaik. Pada penelitian ini digunakan data harga penutupan saham harian PT. Adaro Energy Tbk dan PT. Bukit Asam Tbk dari tanggal 11 Mei 2020 sampai tanggal 15 Juni 2022. Perhitungan VaR pada taraf kepercayaan 95% menggunakan *copula* terbaik, yaitu *copula Frank* diperoleh hasil jika investor menginvestasikan dananya sebanyak 20% pada saham PT. Adaro Energy Tbk dan 80% pada saham PT. Bukit Asam Tbk risikonya sebesar 3.492%, jika 50% pada saham PT. Adaro Energy Tbk dan 50% pada saham PT. Bukit Asam Tbk risikonya sebesar 3.545%, dan jika 80% pada saham PT. Adaro Energy Tbk dan 20% pada saham PT. Bukit Asam Tbk risikonya sebesar 3.746%. Penelitian ini menunjukkan bahwa risiko dapat diminimumkan jika dana yang diinvestasikan pada saham PT. Adaro Energy Tbk lebih rendah dibandingkan saham PT. Bukit Asam Tbk. Berdasarkan hasil *backtesting* diperoleh bahwa VaR dengan metode *copula Frank* valid digunakan untuk ketiga portofolio.

Kata Kunci: Risiko, *Value at Risk*, *Copula Archimedean*, *Backtesting*, Saham

ABSTRACT

Stock investment is one of the most common ways to earn profits in the future. Investment is closely related to profit and risk so it is very important to carry out a risk analysis known as Value at Risk (VaR). Stock returns that are not normally distributed cause the risk calculation to be less precise, so to overcome this, the copula method can be used. The most commonly known copula family is the Archimedean copula which consists of the Clayton, Frank, and Gumbel copula. VaR obtained is expected to be a feasible method to use so it is necessary to validate VaR, known as backtesting. This research was conducted to obtain the results of VaR calculations and backtesting using the best copula. In this study, we use data on the daily closing price of PT. Adaro Energy Tbk and PT. Bukit Asam Tbk May 11, 2020 until June 15, 2022. VaR calculation at the 95% confidence level uses the best copula, which is Frank copula, if the investor invests the funds 20% in PT. Adaro Energy Tbk and 80% in PT. Bukit Asam Tbk the risk is 3.492%, if 50% in PT. Adaro Energy Tbk and 50% in PT. Bukit Asam Tbk the risk is 3.545%, and if 80% in PT. Adaro Energy Tbk and 20% in PT. Bukit Asam Tbk the risk is 3.746%. This study shows that the risk can be minimized if the funds invested in PT. Adaro Energy Tbk is lower than PT. Bukit Asam Tbk. Based on backtesting, it is found that VaR with Frank copula method is valid for the three portfolios.

Keywords: Risk, Value at Risk, Archimedean Copula, Backtesting, Stock

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEOTENTIKAN	iii
HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	viii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Saham.....	5
2.2 Uji Normalitas	6
2.3 <i>Copula Archimedean</i>	7
2.3.1 <i>Copula Clayton</i>	8
2.3.2 <i>Copula Frank</i>	8
2.3.3 <i>Copula Gumbel</i>	10
2.4 Korelasi <i>Tau Kendall</i>	11
2.5 <i>Copula Empirik</i>	12
2.6 <i>Value at Risk</i>	13
2.7 <i>Backtesting</i>	14

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	16
3.1 Sumber Data	16
3.2 Variabel Penelitian	16
3.3 Tahapan Analisis Data.....	16
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	19
4.1 Deskripsi Data	19
4.2 Uji Normalitas	22
4.3 Perhitungan Korelasi <i>Tau Kendall</i>	23
4.4 Uji Mutual Dependensi.....	25
4.5 Estimasi Parameter <i>Copula Archimedean</i>	26
4.6 Pemilihan <i>Copula</i> Terbaik.....	31
4.6.1 Transformasi Data	31
4.6.2 Simulasi Data Berbasis <i>Copula Archimedean</i>	32
4.6.3 <i>Copula</i> Empirik	33
4.7 Perhitungan <i>Value at Risk</i>	36
4.8 <i>Backtesting</i>	39
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	42
5.1 Kesimpulan.....	42
5.2 Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN.....	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1 Grafik Pergerakan *Return* Saham PT. Adaro Energy Tbk20

Gambar 4.2 Grafik Pergerakan *Return* Saham PT. Bukit Asam Tbk21

Gambar 4.3 Histogram *Return* Saham PT. Adaro Energy Tbk dan PT. Bukit
Asam Tbk22

Gambar 4.4 *Scatterplot Return* Saham PT. Adaro Energy Tbk dan PT. Bukit
Asam Tbk23

Gambar 4.5 *Scatterplot* Simulasi Data *Copula Clayton, Frank, dan Gumbel* ...32

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	<i>Return</i> Saham PT. Adaro Energy Tbk dan PT. Bukit Asam Tbk	20
Tabel 4.2	Statistik Deskriptif dari <i>Return</i> Saham.....	21
Tabel 4.3	Uji <i>Kolmogorov Smirnov</i> pada <i>Return</i> Saham	23
Tabel 4.4	Data Ilustrasi <i>X</i> dan <i>Y</i>	24
Tabel 4.5	Data Ilustrasi Banyaknya Pasangan Konkordan dan Diskordan.....	24
Tabel 4.6	Estimasi Parameter <i>Copula Archimedean</i>	30
Tabel 4.7	<i>Rank</i> dari Variabel <i>X</i> dan <i>Y</i>	31
Tabel 4.8	Urutan Data Hasil Transformasi	33
Tabel 4.9	<i>Copula</i> Empirik dari Data Asli dan Data Simulasi	34
Tabel 4.10	Persentil <i>Copula</i> Empirik dari Data Asli dan Data Simulasi	35
Tabel 4.11	Selisih Kuadrat <i>Copula</i> Empirik	35
Tabel 4.12	Pemilihan <i>Copula</i> Terbaik.....	36
Tabel 4.13	Data Simulasi <i>Return</i> Saham.....	36
Tabel 4.14	Simulasi VaR Sebanyak 100 Kali	37
Tabel 4.15	Perhitungan VaR pada Portofolio dengan Bobot yang Berbeda.....	38
Tabel 4.16	Perhitungan VaR dengan <i>Estimation Window</i>	39
Tabel 4.17	Perhitungan Pelanggaran VaR.....	40
Tabel 4.18	Hasil <i>Backtesting</i> pada Portofolio dengan Bobot yang Berbeda.....	41

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Harga Penutupan Saham PT. Adaro Energy Tbk dan PT. Bukit Asam Tbk	45
Lampiran 2. Data <i>Return</i> Saham PT. Adaro Energy Tbk dan PT. Bukit Asam Tbk.....	46
Lampiran 3. Data Hasil Transformasi	47
Lampiran 4. Data Simulasi <i>Copula Clayton</i>	48
Lampiran 5. Data Simulasi <i>Copula Frank</i>	49
Lampiran 6. Data Simulasi <i>Copula Gumbel</i>	50
Lampiran 7. Persentil <i>Copula</i> Empirik dari Data Asli dan Data Simulasi <i>Copula</i>	51
Lampiran 8. Selisih Kuadrat <i>Copula</i> Empirik.....	52

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Investasi adalah hal yang sudah banyak dilakukan oleh masyarakat untuk memperoleh keuntungan di masa mendatang. Investasi dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu investasi aset riil dan aset keuangan. Aset riil adalah aset yang berupa wujud fisik, seperti emas, properti, tanah dan lain sebagainya sedangkan aset keuangan adalah aset yang dimiliki karena klaim kontrak, seperti saham, obligasi, opsi dan lain sebagainya (Matoviany dan Firmansyah, 2021). Salah satu jenis investasi yang sangat banyak dilakukan sekarang ini adalah investasi saham. Menurut Darmadji dan Hendy (2006) saham merupakan tanda kepemilikan modal atau dana pada suatu perusahaan oleh seseorang atau suatu badan (Munira dkk., 2018). Saham dari perusahaan batu bara dapat dijadikan pilihan yang tepat karena harga saham yang mengikuti kenaikan harga batu bara, contohnya saham dari PT. Adaro Energy Tbk dan PT. Bukit Asam Tbk. Kedua perusahaan ini mencatatkan performa bisnis yang cemerlang dengan pendapatan masing-masing 56,73 triliun untuk PT. Adaro Energy Tbk dan 29,26 triliun untuk PT. Bukit Asam Tbk sepanjang tahun 2021 (Fauzan, 2022).

Alasan utama investor berinvestasi pada saham adalah untuk memperoleh keuntungan. Seorang investor yang berinvestasi di dalam pasar modal khususnya saham harus mampu memahami risiko yang ada, karena seperti investasi pada umumnya berhadapan dengan masa mendatang yang mengandung ketidakpastian (Ismanto, 2016). Oleh karena itu sangat penting untuk dilakukan analisis risiko terhadap investasi saham. Metode analisis risiko yang dapat digunakan adalah *Value at Risk* (VaR). VaR adalah suatu metode pengukuran risiko secara statistik yang memperkirakan kerugian maksimum yang mungkin terjadi atas suatu aset pada taraf kepercayaan tertentu (Best, 1998).

Selama ini dalam perhitungan VaR menggunakan pendekatan *Variance-Covariance* seringkali harus memenuhi berbagai asumsi di antaranya hubungan antara variabel linier dan berdistribusi normal. Pada kenyataannya data saham banyak ditemukan tidak berdistribusi normal sehingga perhitungan risiko menjadi

kurang tepat. Untuk mengatasi masalah tersebut, maka digunakan metode, yaitu *copula* (Prihatiningsih dkk., 2020). *Copula* adalah suatu metode yang digunakan untuk mempelajari kebergantungan antara variabel. Beberapa keunggulan dari metode *copula* antara lain tidak ketat terhadap asumsi sebaran, khususnya sebaran normal, dapat menjelaskan hubungan yang tidak linier, dan dapat menggambarkan dependensi pada titik-titik ekstrem dengan jelas (Agustini, 2019).

Keluarga *copula* yang umum dikenal adalah *copula Archimedean*. *Copula Archimedean* merupakan salah satu keluarga *copula* yang sangat penting dan sering digunakan aplikasinya pada bidang keuangan karena memiliki struktur dependensi yang beragam (Anaviroh dan Effendie, 2015). *Copula Archimedean* terdiri dari *copula Clayton*, *Frank*, dan *Gumbel*. Karakteristik dari ketiga *copula* tersebut, yaitu *copula Clayton* memiliki struktur dependensi yang asimetris dengan *tail* dependensi pada bagian bawah, *copula Frank* memiliki struktur dependensi yang simetris, dan *copula Gumbel* memiliki struktur dependensi yang asimetris dengan *tail* dependensi pada bagian atas. Estimasi *copula Archimedean* dilakukan menggunakan korelasi *Tau Kendall*. Korelasi *Tau Kendall* digunakan untuk mengukur hubungan antara dua variabel karena tidak memerlukan asumsi distribusi normal dan dapat digunakan pada kasus dependensi non linier (Agustini, 2019).

VaR yang diperoleh dari metode *copula* tersebut diharapkan menjadi metode yang baik dalam melakukan pengukuran risiko. Oleh karena itu, dalam perhitungan VaR diperlukan metode untuk melakukan validasi terhadap metode VaR tersebut. Metode yang digunakan dalam melakukan validasi model risiko dikenal dengan nama *backtesting* (Mashuri, 2013). Metode *backtesting* yang digunakan adalah uji *Kupiec* yang merupakan metode berdasarkan proporsi pelanggaran. Keunggulan dari metode *Kupiec* ini adalah kita dapat mengetahui validitas dari metode VaR dalam memproyeksi potensi kerugiannya dengan cara membandingkan *return* dengan estimasi VaR pada periode tertentu (Syariah dan Pratiwi, 2020).

Pradana dkk. (2015) sebelumnya telah melakukan pengukuran VaR menggunakan simulasi *Monte Carlo* pada data saham PT. Indosat Tbk dan PT. Tower Bersama Infrastructure Tbk, diperoleh bahwa nilai VaR portofolio lebih rendah dibandingkan aset tunggal. Saputri dkk. (2019) melakukan penelitian dengan menggunakan *copula Archimedean*, yaitu *copula Clayton*, *Frank*, dan

Gumbel, diperoleh bahwa *copula Gumbel* sebagai model *copula* terbaik yang digunakan untuk menghitung VaR pada data saham PT. Bank Rakyat Indonesia Tbk dan PT. Telkom Indonesia Tbk. Kemudian, Syariah dan Pratiwi (2020) melakukan penelitian dengan melakukan *backtesting* pada VaR metode *Variance-Covariance* dan simulasi *Monte Carlo*, diperoleh bahwa metode simulasi *Monte Carlo* valid sedangkan metode *Variance Covariance* tidak valid.

Berdasarkan latar belakang dan juga beberapa penelitian yang telah dilakukan, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian lebih lanjut mengenai penerapan *backtesting* pada VaR dengan metode *copula Archimedean* menggunakan data saham PT. Adaro Energy Tbk dan PT. Bukit Asam Tbk yang dituangkan dalam tugas akhir dengan judul “**Penerapan Metode Copula Archimedean dalam Analisis Value at Risk dan Backtesting pada Portofolio Saham**”.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang dapat diambil berdasarkan latar belakang, yaitu:

1. Bagaimana menentukan *copula* terbaik pada data saham PT. Adaro Energy Tbk dan PT. Bukit Asam Tbk?
2. Bagaimana menghitung VaR dengan *copula* terbaik pada data saham PT. Adaro Energy Tbk dan PT. Bukit Asam Tbk?
3. Bagaimana menguji validitas dari VaR dengan *copula* terbaik pada data saham PT. Adaro Energy Tbk dan PT. Bukit Asam Tbk menggunakan *backtesting*?

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Data yang digunakan adalah data harga penutupan saham PT. Adaro Energy Tbk dan PT. Bukit Asam Tbk periode 11 Mei 2020 sampai 15 Juni 2022.
2. Keluarga *copula Archimedean* yang digunakan, yaitu *copula Clayton*, *Frank*, dan *Gumbel*.
3. Estimasi parameter *copula* menggunakan korelasi *Tau Kendall*.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini, yaitu:

1. Memperoleh *copula* terbaik pada data saham PT. Adaro Energy Tbk dan PT. Bukit Asam Tbk.
2. Memperoleh hasil perhitungan VaR dengan *copula* terbaik pada data saham PT. Adaro Energy Tbk dan PT. Bukit Asam Tbk.
3. Memperoleh hasil pengujian validitas dari VaR dengan *copula* terbaik pada data saham PT. Adaro Energy Tbk dan PT. Bukit Asam Tbk menggunakan *backtesting*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini, yaitu:

1. Memberikan pengetahuan mengenai penerapan *copula* dalam menghitung VaR pada data harga penutupan saham PT. Adaro Energy Tbk dan PT. Bukit Asam Tbk.
2. Memberikan pengetahuan mengenai penerapan *backtesting* dalam perhitungan VaR pada data harga penutupan saham PT. Adaro Energy Tbk dan PT. Bukit Asam Tbk.
3. Memberikan informasi kepada para investor sebagai pertimbangan dalam melakukan investasi pada saham PT. Adaro Energy Tbk dan PT. Bukit Asam Tbk.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Saham

Saham merupakan tanda penyertaan modal dalam suatu perusahaan atau perseroan terbatas. Harga saham dapat diartikan harga yang dibentuk dari interaksi antara penjual dan pembeli saham yang dilatar belakangi oleh harapan terhadap keuntungan perusahaan (Munira dkk., 2018). Perusahaan yang melakukan investasi dalam bentuk saham mempunyai maksud atau beberapa alasan, antara lain untuk menebarkan resiko (*risk spread*), memperkokoh jaringan pasar, memperkuat distribusi, menjaga suplai bahan baku jika perusahaan yang dibeli merupakan penyuplai (*supplier*) bahan baku dan memperkuat manajemen. Adapun saham terbagi menjadi dua jenis sebagai berikut (Mudjiyono, 2012):

- a. Saham biasa (*common stock*), yaitu suatu sertifikat atau piagam yang memiliki fungsi sebagai bukti pemilikan suatu perusahaan dengan berbagai aspek-aspek penting bagi perusahaan. Pemilik saham akan mendapatkan hak untuk menerima sebagian pendapatan tetap/dividen dari perusahaan serta kewajiban menanggung resiko kerugian yang diderita perusahaan. Investor yang memiliki saham suatu perusahaan memiliki hak untuk ambil bagian dalam mengelola perusahaan sesuai dengan hak suara yang dimilikinya berdasarkan besar kecil saham yang dipunyai. Semakin banyak persentase saham yang dimiliki maka semakin besar hak suara yang dimiliki untuk mengontrol operasional perusahaan.
- b. Saham preferen (*preferred stock*), yaitu saham yang pemiliknya akan memiliki hak lebih dibanding hak pemilik saham biasa. Pemegang saham preferen akan mendapat dividen lebih dulu dan juga memiliki hak suara lebih dibanding pemegang saham biasa, seperti hak suara dalam pemilihan direksi sehingga jajaran manajemen akan berusaha sekuat tenaga untuk membayar ketepatan pembayaran dividen preferen agar tidak lengser.

Setiap investor yang melakukan investasi saham memiliki tujuan yang sama, yaitu mendapatkan manfaat yang lebih besar dari apa yang dibayarkan pada saat membeli saham yang disebut *return*. *Return* adalah hasil yang diperoleh dari suatu

investasi saham. *Return* saham bisa positif dan bisa juga negatif. Jika positif berarti mendapatkan keuntungan atau mendapatkan *capital gain*, sedangkan negatif berarti menderita kerugian atau *capital loss* (Yulia, 2016).

Tsay (2005) menyatakan nilai *return* dapat dihitung dengan rumus *Continuously Compounded Return (Log Return)* sebagai berikut (Handini dkk., 2018):

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

dengan:

P_t = harga saham pada waktu ke- t

P_{t-1} = harga saham pada waktu ke- $t-1$

Secara matematis, *return* portofolio dari dua aset pada waktu ke- t dapat ditulis sebagai berikut:

$$R_{pt} = w_1 R_{1,t} + w_2 R_{2,t} \quad (2.2)$$

dengan:

w_1 = bobot alokasi dana untuk aset tunggal ke-1

$R_{1,t}$ = *return* aset ke-1 pada waktu ke- t

w_2 = bobot alokasi dana untuk aset tunggal ke-2

$R_{2,t}$ = *return* aset ke-2 pada waktu ke- t

2.2 Uji Normalitas

Uji normalitas adalah suatu uji untuk membuktikan bahwa sebuah data mengikuti distribusi normal atau tidak. Salah satu cara yang digunakan untuk menguji normalitas data adalah uji *Kolmogorov-Smirnov*. Adapun hipotesis yang digunakan untuk pengujian tersebut adalah:

H_0 : data berdistribusi normal

H_1 : data tidak berdistribusi normal

Uji ini didasarkan pada nilai D dengan:

$$D = \max |S(x) - F_0(x)| \quad (2.3)$$

dengan:

$S(x)$ = nilai distribusi kumulatif data sampel

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

Selanjutnya nilai D ini dibandingkan dengan nilai D kritis dengan signifikansi α (tabel *Kolmogorov-Smirnov*). Apabila nilai $D <$ nilai tabel *Kolmogorov* (D_{tabel}) atau $p - value > \alpha$, maka H_0 diterima. Dengan begitu dapat disimpulkan bahwa data berdistribusi normal (Sofwan dkk., 2014).

2.3 *Copula Archimedean*

Kata *copula* pertama kali digunakan secara matematis atau statistik oleh Abe Sklar pada tahun 1959 dalam teorema yang menggambarkan fungsi gabungan dengan fungsi distribusi satu dimensi untuk membentuk fungsi distribusi multivariat (Nelsen, 2006). Namun, *copula* pertama kali digunakan dalam dunia keuangan pada tahun 1999 oleh Embrechts. *Copula* merupakan alat yang dapat digunakan untuk menganalisa kebergantungan variabel-variabel acak dalam struktur yang digambarkan oleh fungsi *copula* (Damayanti, 2018).

Menurut Nelsen (2006) *copula* bivariat merupakan fungsi distribusi bivariat dengan marginal-marginalnya berdistribusi seragam di $[0,1]$. Berdasarkan Teorema Sklar, misalkan $H(x,y)$ merupakan fungsi distribusi bersama dengan fungsi distribusi marginal $F(x)$ dan $G(y)$. Terdapat suatu *copula* untuk semua (x,y) sedemikian sehingga:

$$\begin{aligned} H(x,y) &= P[X \leq x, Y \leq y] \\ &= C[P(X \leq x), P(Y \leq y)] \\ &= C[F(x), G(y)] \\ &= C(u, v) \end{aligned} \tag{2.4}$$

Copula Archimedean pertama kali diperkenalkan oleh Ling pada tahun 1965, namun ditemukan pertama kali oleh Sklar dan Schweizer pada tahun 1961 (Damayanti, 2018). Nelsen (2006) mendefinisikan fungsi *copula Archimedean* pada persamaan berikut:

$$C(u, v) = \varphi^{-1}(\varphi(u) + \varphi(v)) \tag{2.5}$$

dengan:

u = variabel acak u dari *copula*

v = variabel acak v dari *copula*

φ = fungsi generator *copula Archimedean*

φ^{-1} = invers dari fungsi generator *copula Archimedean*

Keluarga *copula Archimedean* telah diaplikasikan dengan baik pada berbagai bidang. *copula Archimedean* banyak digunakan dalam bidang keuangan, asuransi, dan lain-lain karena bentuk dan sifat sederhananya. Fleksibilitas *copula Archimedean* diberikan oleh fungsi generator, misalnya dari *copula Clayton*, *Frank* dan *Gumbel* (Nelsen, 2006).

2.3.1 Copula Clayton

Copula Clayton pertama kali diperkenalkan oleh Clayton pada tahun 1978 yang sebagian besar digunakan untuk mempelajari risiko berkorelasi karena kemampuan mereka untuk menangkap *tail* dependensi pada bagian bawah. Fungsi generator dari *copula Clayton* adalah:

$$\varphi(u) = u^{-\theta} - 1 \quad (2.6)$$

dengan:

θ = parameter dari *copula*

Adapun fungsi invers dari generator *copula Clayton*, yaitu:

$$\begin{aligned} y &= u^{-\theta} - 1 \\ y + 1 &= u^{-\theta} \\ u &= (y + 1)^{-\frac{1}{\theta}} \\ \varphi^{-1}(u) &= (u + 1)^{-\frac{1}{\theta}} \end{aligned} \quad (2.7)$$

Dengan mensubstitusikan Persamaan 2.6 dan 2.7 ke Persamaan 2.5, diperoleh bentuk bivariat dari *copula Clayton* sebagai berikut:

$$\begin{aligned} C(u, v) &= \varphi^{-1}(\varphi(u) + \varphi(v)) \\ C(u, v) &= [(\varphi(u) + \varphi(v)) + 1]^{-\frac{1}{\theta}} \\ C(u, v) &= [(u^{-\theta} - 1 + v^{-\theta} - 1) + 1]^{-\frac{1}{\theta}} \\ C(u, v) &= [u^{-\theta} + v^{-\theta} - 1]^{-\frac{1}{\theta}} \end{aligned} \quad (2.8)$$

dengan $\theta \geq 0$ (Nelsen, 2006).

2.3.2 Copula Frank

Copula Frank pertama kali diperkenalkan oleh Frank pada tahun 1979 digunakan untuk memodelkan ketergantungan simetris dalam data. *Copula* ini

terkenal karena kemampuannya untuk menangkap dependensi pada bagian atas maupun bawah. Fungsi generator dari *copula Frank* adalah:

$$\varphi(u) = -\ln \frac{e^{-\theta u} - 1}{e^{-\theta} - 1} \quad (2.9)$$

Adapun fungsi invers dari generator *copula Frank*, yaitu:

$$\begin{aligned} y &= -\ln \frac{e^{-\theta u} - 1}{e^{-\theta} - 1} \\ -y &= \ln \frac{e^{-\theta u} - 1}{e^{-\theta} - 1} \\ e^{-y} &= \frac{e^{-\theta u} - 1}{e^{-\theta} - 1} \\ e^{-y}(e^{-\theta} - 1) &= e^{-\theta u} - 1 \\ 1 + \frac{e^{-\theta} - 1}{e^y} &= e^{-\theta u} \\ \ln \left(1 + \frac{e^{-\theta} - 1}{e^y} \right) &= -\theta u \\ u &= -\frac{1}{\theta} \ln \left(1 + \frac{e^{-\theta} - 1}{e^y} \right) \\ \varphi^{-1}(u) &= -\frac{1}{\theta} \ln \left(1 + \frac{e^{-\theta} - 1}{e^u} \right) \end{aligned} \quad (2.10)$$

Dengan mensubstitusikan Persamaan 2.9 dan 2.10 ke Persamaan 2.5, diperoleh bentuk bivariat dari *copula Frank* sebagai berikut:

$$\begin{aligned} C(u, v) &= \varphi^{-1}(\varphi(u) + \varphi(v)) \\ C(u, v) &= -\frac{1}{\theta} \ln \left(1 + \frac{e^{-\theta} - 1}{e^{(\varphi(u) + \varphi(v))}} \right) \\ C(u, v) &= -\frac{1}{\theta} \ln \left(1 + \frac{e^{-\theta} - 1}{e^{\left(\left(-\ln \frac{e^{-\theta u} - 1}{e^{-\theta} - 1} \right) + \left(-\ln \frac{e^{-\theta v} - 1}{e^{-\theta} - 1} \right) \right)}} \right) \\ C(u, v) &= -\frac{1}{\theta} \ln \left(1 + \frac{e^{-\theta} - 1}{e^{\left(-\left(\ln \frac{e^{-\theta u} - 1}{e^{-\theta} - 1} + \ln \frac{e^{-\theta v} - 1}{e^{-\theta} - 1} \right) \right)}} \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C(u, v) &= -\frac{1}{\theta} \ln \left(1 + \frac{e^{-\theta} - 1}{e^{\left(-\ln \left(\frac{e^{-\theta u} - 1}{e^{-\theta} - 1} \right) \left(\frac{e^{-\theta v} - 1}{e^{-\theta} - 1} \right) \right)}} \right) \\
 C(u, v) &= -\frac{1}{\theta} \ln \left(1 + \frac{e^{-\theta} - 1}{e^{\left(-\ln \frac{(e^{-\theta u} - 1)(e^{-\theta v} - 1)}{(e^{-\theta} - 1)^2} \right)}} \right) \\
 C(u, v) &= -\frac{1}{\theta} \ln \left(1 + \frac{e^{-\theta} - 1}{e^{\left(\ln \frac{(e^{-\theta} - 1)^2}{(e^{-\theta u} - 1)(e^{-\theta v} - 1)} \right)}} \right) \\
 C(u, v) &= -\frac{1}{\theta} \ln \left(1 + \frac{e^{-\theta} - 1}{\frac{(e^{-\theta} - 1)^2}{(e^{-\theta u} - 1)(e^{-\theta v} - 1)}} \right) \\
 C(u, v) &= -\frac{1}{\theta} \ln \left(1 + (e^{-\theta} - 1) \frac{(e^{-\theta u} - 1)(e^{-\theta v} - 1)}{(e^{-\theta} - 1)^2} \right) \\
 C(u, v) &= -\frac{1}{\theta} \ln \left(1 + \frac{(e^{-\theta u} - 1)(e^{-\theta v} - 1)}{e^{-\theta} - 1} \right) \tag{2.11}
 \end{aligned}$$

dengan $\theta \in (-\infty, \infty)$ (Nelsen, 2006).

2.3.3 Copula Gumbel

Copula Gumbel pertama kali diperkenalkan oleh Gumbel pada tahun 1960 digunakan untuk memodelkan ketergantungan asimetris dalam data. *Copula* ini terkenal karena kemampuannya untuk menangkap *tail* dependensi pada bagian atas.

Fungsi generator dari *copula Gumbel* adalah:

$$\varphi(u) = (-\ln u)^\theta \tag{2.12}$$

Adapun fungsi invers dari generator *Copula Gumbel*, yaitu:

$$\begin{aligned}
 y &= (-\ln u)^\theta \\
 y^{\frac{1}{\theta}} &= -\ln u \\
 -y^{\frac{1}{\theta}} &= \ln u \\
 u &= \exp\left(-y^{\frac{1}{\theta}}\right) \\
 \varphi^{-1}(u) &= \exp\left(-u^{\frac{1}{\theta}}\right) \tag{2.13}
 \end{aligned}$$

Dengan mensubstitusikan Persamaan 2.12 dan 2.13 ke Persamaan 2.5, diperoleh bentuk bivariat dari *copula Gumbel* sebagai berikut:

$$\begin{aligned} C(u, v) &= \varphi^{-1}(\varphi(u) + \varphi(v)) \\ C(u, v) &= \exp\left\{-[\varphi(u) + \varphi(v)]^{\frac{1}{\theta}}\right\} \\ C(u, v) &= \exp\left\{-[(-\ln u)^{\theta} + (-\ln v)^{\theta}]^{\frac{1}{\theta}}\right\} \end{aligned} \quad (2.14)$$

dengan $\theta \geq 1$ (Nelsen, 2006).

2.4 Korelasi *Tau Kendall*

Ukuran hubungan antara dua variabel yang paling umum diketahui adalah *Tau Kendall* yang mengukur bentuk dari dependensi yang disebut sebagai konkordan. Misalkan dalam uji dependensi (x_i, y_i) dan (x_j, y_j) merupakan dua pengamatan pada vektor (X, Y) dari variabel acak kontinu. (x_i, y_i) dan (x_j, y_j) dikatakan konkordan jika $x_i < x_j$ dan $y_i < y_j$, atau jika $x_i > x_j$ dan $y_i > y_j$. Secara serupa (x_i, y_i) dan (x_j, y_j) dan dikatakan diskordan jika $x_i < x_j$ dan $y_i > y_j$ atau jika $x_i > x_j$ dan $y_i < y_j$. Rumus alternatif dari dua variabel bersifat konkordan adalah jika $(x_i - x_j)(y_i - y_j) > 0$ dan diskordan jika $(x_i - x_j)(y_i - y_j) < 0$ (Nelsen, 2006). Nilai korelasi *Tau Kendall* berdasarkan sampel dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$\tau = \frac{K - D}{\binom{n}{2}} \quad (2.15)$$

dengan:

K = ukuran konkordan,

D = ukuran diskordan

n = jumlah sampel

$\binom{n}{2}$ = n kombinasi 2

Nilai korelasi *Tau Kendall* yang diperoleh perlu diketahui signifikansinya dengan uji mutual dependensi. Uji mutual dependensi dilakukan untuk mengetahui adanya dependensi antara dua variabel dalam pemodelan distribusi bersama. Adapun hipotesis yang digunakan untuk pengujian tersebut adalah:

H_0 : tidak terdapat dependensi antara variabel

H_1 : terdapat dependensi antara variabel

Uji ini didasarkan pada nilai Z dengan:

$$Z = \sqrt{\frac{9n(n-1)}{2(2n+5)}} |\tau| \quad (2.16)$$

dengan:

τ = korelasi *Tau Kendall*

Apabila nilai $Z > Z_{\frac{\alpha}{2}}$ atau $p - value < \alpha$, maka H_0 ditolak. Dengan begitu dapat disimpulkan bahwa terdapat dependensi antara variabel (Ningrum dkk., 2017).

Menurut Nelsen (2006), untuk mengkonstruksi parameter dari keluarga *copula* dapat menggunakan nilai korelasi *Tau Kendall*. Khusus pada kasus *copula Archimedean* nilai korelasi *Tau Kendall* dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\tau = 1 + 4 \int_0^1 \frac{\varphi(u)}{\varphi'(u)} du \quad (2.17)$$

Pengujian signifikansi parameter dari *copula* didasarkan pada hipotesis berikut:

H_0 : parameter tidak signifikan

H_1 : parameter signifikan

Uji ini didasarkan pada nilai Z dengan:

$$Z = \frac{\theta}{SE(\theta)} \quad (2.18)$$

dengan:

$SE(\theta)$ = *standard error* dari parameter *copula*

Apabila nilai $Z > Z_{\frac{\alpha}{2}}$ atau $p - value < \alpha$, maka H_0 ditolak. Sehingga dapat disimpulkan bahwa parameter dari *copula* signifikan (Udayani dkk., 2016).

2.5 Copula Empirik

Konsep *copula* Empirik pertama kali diperkenalkan oleh Deheuvels (1979) yang menunjukkan bahwa *copula* Empirik konvergen seragam ke *copula* yang mendasarinya. Analisis dengan *copula* terlebih dahulu dilakukan dengan

mentransformasikan variabel acak ke domain $[0,1]$. Transformasi dilakukan dengan membuat *rank* untuk X dan Y sebagai berikut:

$$(u, v) = (F(x), G(y)) = \left(\left(\frac{r_x}{n+1} \right), \left(\frac{r_y}{n+1} \right) \right) \quad (2.19)$$

dengan:

$r_x = rank$ dari variabel x

$r_y = rank$ dari variabel y

Copula Empirik didefinisikan sebagai:

$$K(u_i, v_i) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\left(1_{r_i^{(u)} \geq u_i} \right) \left(1_{r_i^{(v)} \geq v_i} \right) \right) \quad (2.20)$$

dengan:

1 = fungsi indikator yang mengambil nilai 1 bila kondisinya terpenuhi

$r_i^{(u)}$ = *rank* dari variabel u

$r_i^{(v)}$ = *rank* dari variabel v

Dengan kata lain *copula* Empirik merupakan *rank* untuk setiap data dibagi dengan jumlah data (Chvosta dkk., 2011).

Menurut Chvosta dkk. (2011) dalam menentukan selisih kuadrat dengan *copula* Empirik berdasarkan data asli dan data simulasi dapat menggunakan persamaan berikut:

$$(K^R(P) - K^S(P))^2 \quad (2.21)$$

dengan:

$K^R(P)$ = *copula* Empirik data asli

$K^S(P)$ = *copula* Empirik data simulasi

P = nilai persentil

2.6 Value at Risk

Value at Risk (VaR) merupakan salah satu bentuk pengukuran risiko yang cukup populer. VaR dapat didefinisikan sebagai estimasi kerugian maksimum yang akan didapat selama periode waktu tertentu dengan taraf kepercayaan tertentu (Jorion, 2007). Definisi VaR secara umum dapat dituliskan sebagai berikut:

$$P(R \geq VaR) = 1 - \alpha \quad (2.22)$$

dengan:

R = *return* selama periode tertentu

α = taraf signifikansi

Pada taraf kepercayaan $1 - \alpha$, akan dicari nilai kemungkinan terburuk R^* , sehingga munculnya nilai *return* melebihi R^* adalah $1 - \alpha$. Sedangkan peluang munculnya suatu nilai *return* kurang dari sama dengan R^* , $p = P(R \leq R^*)$ adalah α . Dengan kata lain, R^* merupakan kuantil dari distribusi *return* yang merupakan nilai kritis (*cut off value*) dengan peluang yang sudah ditentukan. Secara umum R^* bernilai negatif. Periode waktu yang digunakan dalam mengukur tingkat risiko yang dihadapi sangat tergantung pada jenis bisnis yang dikerjakan oleh suatu perusahaan. Semakin dinamis pergerakan faktor-faktor pasar untuk suatu jenis bisnis tertentu, semakin singkat periode waktu yang digunakan dalam mengukur tingkat risiko yang dihadapi. Perhitungan VaR dengan taraf kepercayaan $1 - \alpha$ setelah t periode dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$VaR_{(1-\alpha)} = R^* \sqrt{t} \quad (2.23)$$

dengan:

t = jumlah periode waktu

Jika S_0 didefinisikan sebagai investasi awal aset (baik aset tunggal maupun portofolio), maka VaR pada taraf kepercayaan $1 - \alpha$ dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$VaR_{(1-\alpha)} = S_0 R^* \sqrt{t} \quad (2.24)$$

Metode untuk perhitungan VaR dapat dilakukan dengan simulasi *Monte Carlo*. Penggunaan metode simulasi *Monte Carlo* untuk mengukur risiko telah dikenalkan oleh Boyle pada tahun 1977. Dalam mengestimasi nilai VaR, baik pada aset tunggal maupun aset portofolio, simulasi *Monte Carlo* dilakukan dengan melakukan simulasi secara berulang melalui pembangkitan bilangan acak berdasarkan karakteristik dari data yang akan dibangkitkan, yang kemudian digunakan untuk mengestimasi nilai VaRnya (Pradana dkk., 2015).

2.7 *Backtesting*

Pengujian validitas dari suatu metode VaR menggunakan *backtesting*. *Backtesting* merupakan kerangka kerja statistik yang terdiri dari proses memastikan

bahwa kerugian aktual sesuai dengan kerugian yang diprediksi (Syariah dan Pratiwi, 2020). Untuk melakukan *backtesting*, sampel dengan ukuran N akan dibagi menjadi dua kelompok, yaitu *estimation window* dan *testing window*. *Estimation window* (E) merupakan kelompok observasi yang digunakan untuk menghitung VaR. Sedangkan *testing window* (T) merupakan sampel dari periode ($E + 1$) hingga periode N . Apabila *return* sebenarnya pada periode tertentu lebih rendah dari VaR pada periode yang sama, maka dikatakan terjadi pelanggaran (Sofwan dkk., 2014). Pada periode ($E + 1$) hingga periode N (panjang periode *backtesting*), pelanggaran disimbolkan dengan η_t , yang bernilai 1 jika terjadi pelanggaran dan bernilai 0 jika tidak terjadi pelanggaran pada periode t ,

$$\eta_t = \begin{cases} 1 & \text{jika } R_t \leq VaR_t \\ 0 & \text{jika } R_t > VaR_t \end{cases}$$

Jorion (2001) menyatakan bahwa pengujian suatu metode VaR dapat menggunakan uji *Kupiec*. Pengujian dilakukan dengan metode *Proportional of Failure* (POF) yang dilakukan berdasarkan proporsi dari pelanggaran, yaitu dengan membandingkan nilai *Likelihood Ratio* (LR) dengan *Critical Value* (CV) berdasarkan distribusi *Chi-Square* ($\chi^2_{(df;\alpha)}$) dengan derajat kebebasan 1. Jika nilai $LR < \chi^2_{(1;\alpha)}$, maka terima H_0 yang artinya bahwa metode VaR valid. Nilai *Likelihood Ratio* (LR) diperoleh berdasarkan persamaan berikut (Syariah dan Pratiwi, 2020):

$$LR = -2\ln\left(\frac{(1-p)^{T-x}p^x}{(1-\hat{p})^{T-x}(\hat{p})^x}\right)$$

$$LR = -2\ln\left(\frac{(1-p)^{T-x}p^x}{\left(1-\frac{x}{T}\right)^{T-x}\left(\frac{x}{T}\right)^x}\right) \quad (2.25)$$

dengan:

p = taraf signifikansi (α)

T = panjang periode *backtesting*

x = jumlah pelanggaran