

SKRIPSI

ESTIMASI *CONDITIONAL VALUE AT RISK* DENGAN METODE *COPULA FRANK* MENGGUNAKAN KORELASI *RHO SPEARMAN*

Disusun dan diajukan oleh

JUMRIANTI

H121 16 008



PROGRAM STUDI STATISTIKA DEPARTEMEN MATEMATIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2021

**ESTIMASI *CONDITIONAL VALUE AT RISK* DENGAN
METODE *COPULA FRANK* MENGGUNAKAN
KORELASI *RHO SPEARMAN***

SKRIPSI

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

JUMRIANTI

H121 16 008

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

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2021

LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)

ESTIMASI *CONDITIONAL VALUE AT RISK* DENGAN
METODE *COPULA FRANK* MENGGUNAKAN
KORELASI *RHO SPEARMAN*

Disusun dan diajukan oleh:

JUMRIANTI

H121 16 008

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Statistika Fakultas
Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin
pada tanggal 15 April 2021
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

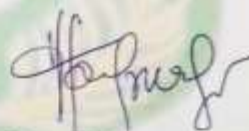
Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping



Anisa, S.Si., M.Si.
NIP. 19730227 199802 2001



Dr. Erna Tri Herdiani, S.Si., M.Si.
NIP. 19750429 200003 2 001



Ketua Program Studi,

Dr. Nurul Sunusi, S.Si., M.Si.
NIP. 19720117 199703 2002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Jumrianti
NIM : H12116008
Program Studi : Statistika
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Estimasi Conditional Value at Risk dengan Metode Copula Frank Menggunakan Korelasi Rho Spearman

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 21 April 2021

Yang menyatakan



Jumrianti

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah *Subhanahu Wata'ala*, sholawat dan salam semoga selalu dilimpahkan kepada baginda Rasulullah *Shallallahu'alaihi Wasallam* nabi yang paling mulia, pemimpin orang-orang takwa, dan kepada para keluarga dan sahabat beliau. Alhamdulillahirobbil'alamiin, berkat rahmat dan hidayah-NYA sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “**Estimasi Conditional Value at Risk dengan Metode Copula Frank Menggunakan Korelasi Rho Spearman**” yang disusun sebagai salah satu syarat akademik untuk meraih gelar sarjana pada Program Studi Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan tambahan pengetahuan bagi pembelajar statistika dan bagi pembaca secara umum.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini tidak lepas dari hambatan dan masalah namun dapat terselesaikan berkat dukungan dan bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis haturkan rasa terima kasih yang setulus-tulusnya serta penghargaan yang setinggi-tingginya untuk orang tua penulis, Ayahanda **Anwar** dan Ibunda **Rohani**, yang telah membesarkan dan mendidik dengan penuh kesabaran, memberikan cinta dan limpahan kasih sayang, dukungan dan doa yang tulus tanpa henti kepada penulis. Rasa terima kasih juga kepada saudara-saudara tersayang **Nurmiati, S.Pd., Haerul Anwar, Hedayanti, S.Pd., Rita Octaviani, Hendra Saputra**, serta **Keluarga Besar** atas doa, dukungan, semangat, dan bantuannya kepada penulis.

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

1. Direktorat Pendidikan Tinggi yang telah memberikan beasiswa **Bidikmisi**.
2. **Ibu Prof. Dr. Dwia Aries Tina Palubuhu, MA** selaku Rektor Universitas Hasanuddin beserta seluruh jajarannya.
3. **Bapak Dr. Eng. Amiruddin, M.Si.** selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin beserta seluruh jajarannya.
4. **Ibu Dr. Nurtiti Sunusi, S.Si., M.Si.** selaku Ketua Departemen Statistika, segenap Dosen Pengajar dan Staf Departemen Matematika yang telah

membekali ilmu dan kemudahan-kemudahan kepada Penulis dalam berbagai hal selama menjadi mahasiswa di Departemen Statistika.

5. **Ibu Anisa, S.Si., M.Si.** selaku Pembimbing Utama dan Penasihat Akademik atas saran, nasehat, motivasi, dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis selama menjadi mahasiswa dan meluangkan waktu untuk membimbing dan memberikan masukan dalam penulisan skripsi ini. **Ibu Dr. Erna Tri Herdiani, S.Si., M.Si.** selaku Pembimbing Pendamping yang dengan sabar meluangkan waktu dan pemikirannya untuk membimbing dan memberikan masukan dalam penulisan skripsi ini.
6. **Bapak Dr. Nirwan Ilyas, M.Si.** dan **Bapak Siswanto, S.Si., M.Si.** selaku Tim Penguji atas saran dan kritikan yang membangun dalam penyempurnaan penyusunan skripsi ini serta waktu yang telah diberikan kepada Penulis.
7. Sahabat seperjuangan **WKND 4EVER : Isnawati, Widya Nauli Amalia Puteri, S.Si., Bunga Aprilia, S.Si., Fitriatusakiah, S.Si., Rayhanna Auliya Amin, S.Si., Reski Amalah, S.Si., Rosdiana, S.Si., Ayu Riski Ramadani, S.Si., Dewi Rahma Ente, S.Si., Andi Riska Fitriani, S.Si., Rusydh Khaerati, S.Si., Zhazha Alifkhamulki Ramdhani, S.Si., Dewi Santika Upa P, S.Si., Halniati, Reski Ulandari, Agung Muh. Takdir, Fajar Affan, S.Si., Suritman, S.Si., Muhammad Jayzul Usrah, S.Si., Samsul Arifin, S.Si., dan Rizki Adiputra, S.Si.** Terima kasih untuk semua canda tawa, suka duka, kebersamaan, dan pengalaman yang telah dibagi bersama-sama. Masa perkuliahan sangat berwarna.
8. Sahabat penulis **Alimatun Najiha, S.Si.,** terima kasih atas motivasi dan bantuan ilmu yang telah diberikan selama penyusunan skripsi.
9. Teman seperjuangan di **Statistika 2016,** terima kasih atas ilmu, kebersamaan, dan dukungannya selama ini.
10. Adik-adik teman berbagi kamar **Riskayani, Andi Tenri Khofifah Indah,** dan **A. Hasmila.** Terima kasih atas kebersamaan, motivasi, dan suka duka yang telah dibagi bersama.
11. **Ibu Ns.Hj.Andi Rosdiana, S.Kep.** dan **Bapak H. Andi Muhlis S.Sos.,** yang telah menjadi orang tua kedua yang selalu memberikan dukungan dan doa tanpa henti kepada penulis.

12. Keluarga besar **KM FMIPA UNHAS, HIMASTAT FMIPA UNHAS, HIMATIKA FMIPA UNHAS** terkhusus **ALGORITMA 2016**. Terima kasih atas ilmu dan pengalaman yang mungkin tidak bisa didapatkan di bangku perkuliahan.
13. Teman-teman **KKN PPM Pemetaan Spasial Potensi Ekonomi Kota Parepare Gelombang 102**. Terima kasih telah menjadi teman sekaligus keluarga selama sebulan lebih, semoga silaturahmi tetap terjalin.
14. Semua pihak yang telah banyak berpartisipasi, baik secara langsung maupun tidak langsung yang tak sempat penulis sebutkan satu per satu. Terima kasih untuk segala bantuan dan dukungannya.

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

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Makassar, 21 April 2021



Jumrianti

ABSTRAK

Investasi adalah kegiatan menanamkan modal dengan harapan untuk memperoleh keuntungan di masa mendatang. *Return* dan risiko merupakan dua hal yang menjadi pertimbangan investor dalam melakukan investasi. Setiap investasi mengharapkan *return* maksimal dengan risiko minimal. Oleh karena itu, analisis risiko perlu dilakukan jika keputusan investasi dilakukan. Mengestimasi nilai risiko dapat dilakukan dengan menggunakan metode *Conditional Value at Risk* (CVaR). CVaR merupakan suatu ukuran risiko yang memperhitungkan kerugian melebihi tingkat VaR. Pada penelitian ini untuk mengestimasi nilai risiko dilakukan dengan metode CVaR menggunakan model *Copula Frank* pada data investasi harga penutupan saham PT. Aneka Tambang Tbk dan PT. Adaro Energy Tbk periode 05 November 2018 sampai 04 November 2019. *Copula Frank* dimodelkan menggunakan korelasi *Rho Spearman* dengan nilai korelasi $\rho = 0.2834$ dan $\hat{\theta} = 1.77$. Model *Copula Frank* selanjutnya digunakan untuk mengestimasi CVaR. Dari hasil estimasi CVaR diperoleh nilai risiko dengan tingkat kepercayaan 90% yaitu sebesar 0.049, pada tingkat kepercayaan 95% sebesar 0.062, dan pada tingkat kepercayaan 99% sebesar 0.090.

Kata Kunci : *Conditional Value at Risk* (CVaR), *Copula Frank*, *Rho Spearman*, Nilai Risiko

ABSTRACT

Investment is an activity of investing in the hope of obtaining future benefits. Return and risk are two things that investors consider when investing. Every investment expects maximum return with minimal risk. Therefore, a risk analysis needs to be carried out if an investment decision is made. Estimating the value of risk can be done using the Conditional Value at Risk (CVaR) method. CVaR is a risk measure that takes into account losses that exceed the VaR level. In this study, to estimate the risk value, the CVaR method uses the Copula Frank model to estimate the investment data on the closing price of shares of PT. Aneka Tambang Tbk and PT. Adaro Energy Tbk for the period 05 November 2018 to 04 November 2019. Frank's copula is modeled using the Rho Spearman correlation with the correlation value $\rho = 0.2834$ and $\hat{\theta} = 1.77$. The Copula Frank model is then used to estimate CVaR. From the CVaR estimation results, the risk value is obtained with a confidence level of 90%, namely 0.049, at a 95% confidence level of 0.062, and at a 99% confidence level of 0.090.

Keywords: Conditional Value at Risk (CVaR), Copula Frank, Rho Spearman, Value at Risk

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Investasi.....	5
2.1.1 Return	6
2.1.2 Risiko.....	6
2.2 Uji Normalitas	8
2.3 Uji Autokorelasi.....	8
2.4 Uji Heteroskedastisitas	9
2.5 Copula	10
2.6 Copula Archimedean.....	10

2.7	<i>Copula Frank</i>	11
2.8	Korelasi <i>Rho Spearman</i>	11
2.9	<i>Value at Risk</i>	13
2.10	<i>Conditional Value at Risk</i>	13
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 Harga Saham</i>	17
4.3	Uji Normalitas	19
4.4	Uji Autokorelasi	20
4.5	Uji Heteroskedastisitas	22
4.6	Koefisien Korelasi <i>Rho Spearman</i>	24
4.7	Estimasi Parameter <i>Copula Frank</i> dengan Korelasi <i>Rho Spearman</i>	25
4.8	Simulasi <i>Copula Frank</i>	27
4.9	Estimasi Nilai Risiko dengan VaR	29
4.10	Estimasi <i>Conditional Value at Risk</i>	30
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		32
5.1	Kesimpulan	32
5.2	Saran	32
DAFTAR PUSTAKA		33
LAMPIRAN		35

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 VaR, CVaR, dan *Maximum Loss*.....12

Gambar 4.1 Plot ACF *Return* Saham PT. Aneka Tambang tbk..... 20

Gambar 4.2 Plot ACF *Return* Saham PT. Adaro Energy tbk..... 21

Gambar 4.3 Plot ACF Kuadrat *Return* Saham PT. Aneka Tambang tbk. 22

Gambar 4.4 Plot ACF Kuadrat *Return* Saham PT. Adaro Energy tbk. 23

Gambar 4.5 *Scatterplot* Data Simulasi 28

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Statistik Deskriptif Harga Penutupan Saham harian PT. Aneka Tambang tbk dan Pt. Adaro Energy tbk	17
Tabel 4.2 Nilai <i>Return</i> harga Saham PT. Aneka Tambang tbk dan PT. Adaro Energy tbk.	19
Tabel 4.3 Uji Normalitas <i>Return</i> Saham PT. Aneka Tambang tbk dan PT. Adaro Energy tbk.	20
Tabel 4.4 Uji Ljung-Box <i>Return</i> Saham PT. Aneka Tambang tbk dan PT. Adaro Energy tbk.	21
Tabel 4.5 Uji ARCH-LM <i>Return</i> Saham PT. Aneka Tambang tbk dan PT. Adaro Energy tbk.	23
Tabel 4.6 Data Ilustrasi Variabel x_1 dan x_2	24
Tabel 4.7 Data Ranking pada Variabel x_1 dan x_2	24
Tabel 4.8 Data simulasi Copula Frank	27
Tabel 4.9 Estimasi VaR PT. Aneka Tambang tbk dan PT. Adaro Energy tbk. ...	29
Tabel 4.10 Estimasi CVaR PT. Aneka Tambang tbk dan PT. Adaro Energy tbk.	30

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Harga Penutupan Saham PT. Aneka Tambang Tbk dan PT. Adaro Energy Tbk..... 36

Lampiran 2. Nilai *Return* Saham PT. Aneka Tambang Tbk dan PT. Adaro Energy Tbk..... 37

Lampiran 3. Data Simulasi Copula Frank..... 39

Lampiran 4. Estimasi VaR 40

Lampiran 5. Estimasi CVaR 50

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada saat ini investasi menjadi salah satu cara yang banyak dilakukan untuk mencapai keuntungan di masa mendatang. Saham sebagai salah satu *financial asset* menjadi alternatif banyak orang untuk melakukan investasi. Pertimbangan utama bagi pemilik dana (investor) dalam mengoptimalkan keputusan investasi adalah dengan memaksimalkan tingkat *return* pada risiko investasi tertentu (Sunaryo, 2007). Risiko yaitu kemungkinan akan terjadinya hasil yang tidak diinginkan dan dapat menimbulkan kerugian. Oleh karena itu, pembentukan portofolio saham ditujukan untuk memperoleh suatu investasi yang memberikan *return* optimal dengan risiko minimal. Untuk mengevaluasi saham-saham pembentuk portofolio diperlukan adanya suatu metode yang dapat mengukur risiko. Salah satu metode yang dapat digunakan yaitu *Value at Risk* (VaR).

VaR adalah suatu metode pengukuran risiko yang secara statistik mengestimasi kerugian yang mungkin terjadi atas suatu portofolio pada tingkat kepercayaan tertentu. Konsep yang sederhana dan kemudahan dalam perhitungan menjadikan VaR sebagai ukuran risiko yang umum digunakan dalam manajemen risiko finansial (Yamai & Yoshida, 2005). Namun, VaR memiliki sejumlah kekurangan yang diakui oleh para ahli dibidang finansial antara lain VaR tidak memperhitungkan setiap kerugian yang melebihi VaR dan tidak bersifat sub-aditif (Artzner, *et al.*, 1999). Sehingga untuk mengatasi kekurangan metode VaR dibutuhkan metode yang disebut *Conditional Value at Risk* (CVaR).

CVaR merupakan metode pengukuran risiko yang memperhitungkan kerugian melebihi VaR (Yang, 2014). Hal ini ditunjukkan karena pada perhitungan CVaR mempertimbangkan hasil perhitungan VaR. Perhitungan risiko dengan CVaR memiliki keunggulan dengan hasil yang diperoleh lebih akurat serta dapat memberikan informasi seberapa besar kemungkinan terburuk yang mungkin terjadi yang tidak dapat diatasi oleh VaR.

Dalam mengukur risiko seringkali harus memenuhi berbagai asumsi diantaranya hubungan antar variabel linier dan berdistribusi normal. Pada kenyataannya data saham banyak ditemukan tidak berdistribusi normal

sehingga perhitungan risiko menjadi kurang tepat. Perhitungan risiko terhadap saham-saham yang memiliki hubungan ketergantungan bukanlah hal yang mudah, karena sangat mungkin tidak ditemukannya distribusi bersama yang cocok untuk memodelkannya. Oleh karena itu dikembangkanlah metode VaR dengan pendekatan Copula (Harsoyo, 2017).

Konsep Copula pertama kali diperkenalkan oleh Sklar pada tahun 1959. Namun, Copula pertama kali digunakan dalam dunia keuangan pada tahun 1999 oleh Embrechts. Copula merupakan metode statistika yang menunjukkan hubungan antar variabel dan metode yang tidak memerlukan asumsi distribusi normal, serta dapat menjelaskan dependensi nonlinear dan mudah membangun distribusi bersama karena distribusi marginal dari variabel random bisa berbeda atau bahkan distribusi marginalnya tidak diketahui (Scholzel, 2008).

Copula mempunyai banyak kelas salah satunya adalah *Copula Archimedean*. *Copula Archimedean* memiliki beberapa anggota keluarga, yaitu *Copula Clayton*, *Copula Gumbel*, dan *Copula Frank*. *Copula Clayton* memiliki *tail* dependensi lebih ke bawah, *Copula Gumbel* memiliki *tail* dependensi lebih ke atas, sedangkan *Copula Frank* memiliki *tail* dependensi atas dan bawah. *Copula Frank* cukup terkenal untuk beberapa alasan, yaitu *Copula Frank* dapat menyatakan hubungan dependensi dalam positif ataupun negatif, struktur dependensi *Copula Frank* simetris, dan cakupan jarak dependensi yang diijinkan sangat luas (Arna, 2017). Dalam penelitian ini estimasi Copula akan dilakukan dengan menggunakan korelasi *Rho Spearman*. Korelasi *Rho Spearman* dinotasikan rho (ρ) yang didasarkan pada peringkat (rank) hasil pengamatan.

Penelitian terkait estimasi risiko sebelumnya telah dilakukan oleh Dharmawan (2014) dalam mengestimasi nilai *Value at Risk* portofolio menggunakan metode t-copula. Hidayati dkk (2017) mengestimasi nilai *Conditional Value at Risk* menggunakan fungsi Gaussian Copula. Penelitian terkait lainnya juga dilakukan oleh Handini dkk (2018) menggunakan *Copula Frank* pada *Value at Risk* (VaR) pembentukan portofolio bivariate pada kasus saham-saham perusahaan yang meraih predikat *The IDX Top Ten Blue* tahun 2017. Namun, estimasi nilai risiko dengan VaR memiliki kekurangan yakni tidak memiliki sub-aditif. Sehingga dalam penyempurnaan VaR dalam penelitian ini

digunakan estimasi *Conditional Value at Risk* dengan metode *Copula Frank* menggunakan Korelasi *Rho Spearman* untuk mengetahui risiko investasi pada portofolio saham PT.Aneka Tambang Tbk dan PT.Adaro Energy Tbk.

Berdasarkan uraian tersebut, penulis tertarik untuk menganalisis dengan judul “**Estimasi *Conditional Value at Risk* dengan Metode *Copula Frank* Menggunakan Korelasi *Rho Spearman*”.**

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian yang telah diuraikan di atas, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana mengestimasi parameter model *Copula Frank* menggunakan korelasi *Rho Spearman* pada data investasi harga penutupan saham PT.Aneka Tambang Tbk dan PT.Adaro Energy Tbk?
2. Bagaimana nilai risiko dengan estimasi CVaR dengan metode *Copula Frank* pada data investasi harga penutupan saham PT.Aneka Tambang Tbk dan PT.Adaro Energy Tbk?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Data yang digunakan adalah data investasi harga penutupan saham PT.Aneka Tambang Tbk dan PT.Adaro Energy Tbk periode 05 November 2018 - 04 November 2019.
2. Estimasi VaR dilakukan dengan metode Simulasi Monte Carlo.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditentukan, maka tujuan penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan estimasi parameter model *Copula Frank* menggunakan korelasi *Rho Spearman* pada data investasi harga penutupan saham PT.Aneka Tambang Tbk dan PT.Adaro Energy Tbk.
2. Mendapatkan nilai risiko yang diperoleh dari estimasi CVaR menggunakan metode *Copula Frank* pada data investasi harga penutupan saham PT.Aneka Tambang Tbk dan PT.Adaro Energy Tbk.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu :

1. Menambah wawasan dan pengetahuan dalam bidang statistika khususnya dalam mengestimasi CVaR dengan metode *Copula Frank* menggunakan korelasi *Rho Spearman*.
2. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai bahan referensi untuk penelitian berikutnya.
3. Memberikan tambahan informasi kepada para investor sebagai bahan pertimbangan dalam melakukan investasi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Investasi

Investasi secara sederhana dapat diartikan sebagai suatu kegiatan menempatkan dana pada satu atau lebih asset selama periode tertentu dengan harapan dapat memperoleh penghasilan atau peningkatan nilai investasi. Ada dua faktor yang dipertimbangkan dalam pengambilan investasi, yaitu tingkat pengembalian yang diharapkan (*return*) dan risiko (*risk*). Hampir semua investasi mengandung ketidakpastian sehingga investor tidak mengetahui hasil yang diperolehnya. Investor melakukan investasi selalu mengharapkan tingkat *return* yang sesuai atas setiap risiko investasi yang dihadapinya.

Saat ini investor paling banyak menginvestasikan modalnya dalam aset finansial yaitu dalam bentuk saham. Saham dapat didefinisikan sebagai tanda bukti kepemilikan seseorang atau badan dalam suatu perusahaan. Salah satu sektor saham yang paling utama adalah sektor pertambangan. PT. Aneka Tambang Tbk dan PT. Adaro Energy Tbk merupakan salah satu perusahaan yang menjadi bagian dari sektor pertambangan.

PT. Aneka Tambang Tbk atau yang biasa disebut PT. Antam merupakan perusahaan pertambangan yang didirikan pada tanggal 5 Juli 1968 yang kegiatannya mencakup eksplorasi penambangan, pengolahan serta pemasaran dari sumber daya mineral. Pendapatan PT. Antam diperoleh melalui kegiatan eksplorasi dan penemuan deposit mineral, pengolahan mineral tersebut secara ekonomis, dan penjualan hasil pengolahan kepada konsumen jangka panjang di Asia dan Eropa. Komoditas utama Antam adalah bijih nikel kadar tinggi atau saprolit, bijih nikel kadar rendah atau limonit, feronikel, emas, perak dan bauksit. Jasa utama Antam adalah pengolahan dan pemurnian logam mulia serta jasa geologi.

PT. Adaro Energy Tbk atau biasa disebut PT. Adro merupakan perusahaan pertambangan yang terlibat dalam pertambangan dan perdagangan batu bara, usaha logistik dan infrastruktur batu bara, jasa kontraktor pertambangan, konstruksi dan pengolahan pembangkit listrik. Perusahaan yang memulai kegiatan komersilnya di Indonesia pada tahun 1992 ini, adalah salah satu dari lima

eksportir terbesar untuk pengiriman batu bara termal dunia via laut dan supplier terbesar untuk pasar domestik Indonesia. PT. Adro menghasilkan batu bara tipe sub-bituminous yang dikenal dengan nama envirocoal yaitu jenis batubara yang memiliki kualitas tinggi.

2.1.1 Return

Return merupakan hasil yang diperoleh dari investasi. *Return* dibedakan menjadi dua, yaitu *return* realisasi (*return* yang sesungguhnya) dan *return* ekspektasi (*return* yang diharapkan oleh investor). Setiap investasi baik jangka panjang maupun jangka pendek mempunyai tujuan utama untuk mendapatkan keuntungan yang disebut *return*, baik langsung maupun tidak langsung. *Return* saham adalah tingkat keuntungan yang dinikmati oleh pemodal atas suatu investasi yang dilakukannya (Ang, 1997).

Return saham terdiri dari *capital gain (loss)* dan *yield*. *Capital gain (loss)* merupakan selisih antara nilai pembelian saham dengan nilai penjualan saham. Pendapatan yang berasal dari *capital gain* disebabkan harga jual saham lebih besar dari harga belinya. Sebaliknya jika harga jual saham lebih kecil dari harga beli saham disebut *capital loss*. Sedangkan *yield* (dividen) merupakan pembagian laba kepada para pemegang saham perusahaan yang sebanding dengan jumlah saham yang dipegang oleh masing-masing pemilik.

Nilai *return* saham dapat dihitung menggunakan Persamaan (2.1) berikut: (Franke, *et al.*, 2015)

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

dengan R_t adalah nilai *return* pada waktu ke- t , P_t adalah harga saham pada waktu ke- t , dan P_{t-1} adalah harga saham pada waktu ke- $(t - 1)$.

2.1.2 Risiko

Risiko investasi saham merupakan sesuatu yang melekat atau tidak dapat dipisahkan dari kegiatan investasi saham. Rencana investasi sebaiknya bukan hanya memikirkan soal keuntungan, tapi juga risiko yang menyertainya. Risiko investasi saham ini perlu diketahui oleh investor sebagai salah satu pertimbangan sebelum mengambil keputusan investasi. Terdapat beberapa jenis/faktor risiko

yang dapat mempengaruhi besarnya risiko suatu investasi yaitu (Tandelilin, 2010):

- Risiko pasar (*market risk*) merupakan risiko kerugian pada posisi neraca dan rekening administratif akibat perubahan secara keseluruhan atas kondisi pasar. Risiko pasar mencakup :
 - a. Risiko harga ekuitas, yaitu risiko yang ditimbulkan oleh perubahan perolehan laba sebagai akibat atas fluktuasi harga dan perubahan kondisi/faktor makro.
 - b. Risiko suku bunga, yaitu risiko yang timbul akibat penilaian pasar terhadap *supply* dan *demand* pada pasar uang.
 - c. Risiko nilai tukar, yaitu risiko akibat perubahan nilai tukar mata uang asing.
 - d. Risiko harga, yaitu risiko yang terjadi akibat perubahan harga komoditas.
- Risiko pembiayaan (*financial risk*) adalah risiko yang timbul dari pihak ketika yang tidak mampu memenuhi kontraknya.
- Risiko likuiditas (*liquidity risk*) terdiri dari *asset liquidity risk* dan *funding liquidity risk*. *Asset liquidity risk* timbul jika suatu transaksi tidak dapat dilaksanakan pada harga pasar yang ada karena ukuran posisi transaksi yang berbeda dengan jumlah lot perdagangan normal. *Funding liquidity risk* merupakan ketidakmampuan dalam memenuhi kewajiban pembayaran, sehingga terpaksa mengalami likuidasi awal dan menanggung realisasi kerugian.
- Risiko operasional (*operational risk*) adalah risiko yang timbul akibat faktor kesalahan manusia, system dan teknologi. Dalam risiko ini mencakup kesalahan tatakelola, prosedur dan kesalahan teknis.
- Risiko hukum (*legal risk*) adalah risiko yang timbul akibat dilaksanakannya suatu kegiatan yang tidak memenuhi persyaratan hukum.
- Risiko reputasi (*reputation risk*) adalah risiko yang timbul karena hilangnya kepercayaan terhadap reputasi perusahaan.
- Risiko politik (*political risk*) adalah risiko yang terjadi akibat tindakan yang diambil oleh pembuat kebijakan yang secara signifikan mempengaruhi jalannya organisasi.

- Risiko negara (*country risk*) adalah risiko yang berkaitan dengan kondisi perpolitikan suatu negara.

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

$$D = \sup |S(x) - F_0(x)| \quad (2.2)$$

dengan $S(x)$ adalah fungsi distribusi frekuensi 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 (D_{tabel}) atau $p\text{-value} > \alpha$ maka H_0 diterima. Dengan begitu dapat disimpulkan bahwa data berdistribusi normal.

2.3 Uji Autokorelasi

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

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

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

Dari nilai galat standar tersebut diperoleh selang kepercayaan sebagai berikut :

$$-Z_{\alpha/2} \cdot se_{r_k} \leq r_k \leq +Z_{\alpha/2} \cdot se_{r_k} \quad (2.3)$$

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

Uji Ljung-Box digunakan untuk menguji independensi residual antar lag dengan hipotesis :

$H_0: \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_K = 0$ (tidak ada autokorelasi)

H_1 : paling sedikit ada satu nilai $\rho_k \neq 0, i = 1, 2, \dots, K$ (ada autokorelasi)

Statistik Uji :

$$Q_K = n(n+2) \sum_{k=1}^K \frac{\rho_k^2}{n-k} \quad (2.4)$$

dengan :

n = banyaknya data

K = banyaknya lag yang diuji

ρ_k = dugaan autokorelasi residual periode k

Kriteria Uji : Tolak H_0 apabila nilai $Q_K > \chi^2_{(\alpha, df)}$ atau $p - value < \alpha$ yang artinya ada autokorelasi.

2.4 Uji Heteroskedastisitas

Uji heteroskedastisitas digunakan untuk melihat apabila terdapat ketidaksamaan varians dari galat suatu pengamatan ke pengamatan yang lain. Uji *Lagrange Multiplier* atau ARCH-LM merupakan suatu uji terhadap kehadiran unsur heteroskedastisitas.

Hipotesis :

$H_0: \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_k = 0$ (tidak ada efek ARCH dalam residual)

H_1 : paling sedikit ada satu nilai $\alpha_i \neq 0, i = 1, 2, \dots, k$ (ada efek ARCH dalam residual)

Taraf signifikan: α

Statistik uji :

$$ARCH LM = nR^2 \quad (2.5)$$

dengan n adalah banyaknya data dan R^2 adalah koefisien determinasi

Kriteria uji : H_0 ditolak apabila nilai $ARCH LM > t_{tabel}$ atau $p - value < \alpha$ yang berarti terdapat efek ARCH atau heteroskedastisitas.

2.5 Copula

Copula pertama kali diperkenalkan oleh Abe Sklar pada tahun 1959. *Copula* adalah salah satu metode yang dapat digunakan dalam memodelkan hubungan antara dua variabel x dan y tanpa membutuhkan asumsi distribusi (Ratih, 2011).

Teorema Sklar 1959 menyatakan, misalkan H adalah fungsi distribusi bersama variabel random x dan y yang memiliki fungsi distribusi marginal F dan G dengan domain R yang tidak turun yaitu,

$$F(-\infty) = G(-\infty) = 0 \text{ dan } F(\infty) = G(\infty) = 1$$

maka distribusi bersamanya adalah

$$H(x, y) = C(F(x), G(y)) = C(u, v) \quad (2.6)$$

$F(x), G(y)$ merupakan fungsi monoton naik dengan $H(x, -\infty) = H(-\infty, y) = 0$ dan $H(\infty, \infty) = 1$, dan C adalah *Copula* dalam interval $[0,1]$.

Distribusi bersama disederhanakan dengan mengasumsikan kedua distribusi marginal F dan G kontinu, hal ini mengakibatkan C dapat dirumuskan sebagai berikut (Nelsen,2006) :

$$C(u, v) = \int_0^u \int_0^v c(u, v) du, dv \quad (2.7)$$

Dengan $C(u, v)$ adalah fungsi distribusi kumulatif *Copula* dan $c(u, v)$ adalah fungsi densitas *Copula*.

2.6 Copula Archimedean

Copula Archimedean merupakan salah satu keluarga kelompok dari *Copula* yang paling banyak dikembangkan dan digunakan dalam kasus bivariat karena pada kasus bivariat digunakan dua variabel random untuk menentukan fungsi distribusi bersama yang saling berkorelasi. Secara umum, dua variabel dikatakan berkorelasi jika keduanya dependen. *Copula Archimedean* terdiri dari *Copula Clayton*, *Copula Gumbel*, dan *Copula Frank* (Nelsen,2006).

Fungsi *Copula Archimedean* dapat dituliskan dalam Persamaan (2.8) berikut (Ratih, 2011) :

$$C(u, v) = \varphi^{-1}\{\varphi(u) + \varphi(v)\} \quad (2.8)$$

dengan:

$\varphi(u)$ = fungsi generator *Copula Archimedean* u

$\varphi(v)$ = fungsi generator *Copula Archimedean* v

φ^{-1} = invers dari φ , dengan $\varphi^{-1}: [0,1]$

2.7 *Copula Frank*

Copula Archimedean memiliki peranan dalam hal analisis dependensi antar variabel dan dapat menjadi suatu analisis yang penting ketika satu variabel atau kedua variabel mempunyai *tail* dependensi. *Copula Archimedean* memiliki fungsi generator yang berbeda akan menghasilkan fungsi *Copula Archimedean* yang berbeda pula. Sehingga *Copula Frank* memiliki fungsi generator sebagai berikut (Cherubini, *et al.*, 2004) :

$$\varphi(t) = -\ln \frac{e^{-\theta t} - 1}{e^{-\theta} - 1}, \theta \in \mathbb{R} \quad (2.9)$$

dengan fungsi generator diatas, akan menghasilkan masing-masing fungsi distribusi kumulatif *Copula Frank* sebagai berikut:

$$C(u, v) = -\frac{1}{\theta} \ln \left(1 + \frac{(e^{-\theta u} - 1)(e^{-\theta v} - 1)}{e^{-\theta} - 1} \right) \quad (2.10)$$

Copula Frank cukup terkenal untuk beberapa alasan, salah satunya adalah *Copula Frank* dapat menyatakan hubungan dependensi dalam positif ataupun negatif.

2.8 *Korelasi Rho Spearman*

Korelasi adalah hubungan antara satu variabel dengan variabel lainnya dan merupakan metode untuk mengetahui tingkat keeratan hubungan dua variabel atau lebih yang digambarkan oleh besarnya koefisien korelasi. Koefisien korelasi adalah nilai yang menggambarkan tingkat keeratan dan arah hubungan antar dua variabel random atau lebih, nilai dari koefisien korelasi berkisar dari -1 hingga $+1$ (Nugroho, 2008). Korelasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah korelasi *Rho Spearman*. Korelasi *Rho Spearman* dinotasikan ρ yang didasarkan pada peringkat (rank) hasil pengamatan. Analisis koefisien korelasi *Rho Spearman* dilakukan dengan peringkat data dengan mengurutkan dari terkecil sampai terbesar.

Hipotesis:

$H_0 : \rho = 0$ (tidak ada korelasi antara x_1 dan x_2)

$H_1 : \rho \neq 0$ (ada korelasi antara x_1 dan x_2)

Koefisien korelasi *Rho Spearman* dihitung dengan Persamaan (2.11) berikut :

$$\rho = 1 - \frac{6\Sigma d^2}{N(N^2 - 1)} \quad (2.11)$$

dengan:

d = selisih antara x_1 dan x_2

N = banyaknya sampel

Jika terdapat nilai pengamatan yang sama, Persamaan koefisien korelasi *Rho Spearman*, yaitu:

$$\rho = \frac{\Sigma x_1^2 + \Sigma x_2^2 - \Sigma d^2}{2\sqrt{\Sigma x_1^2 \Sigma x_2^2}} \quad (2.12)$$

dengan:

$$\Sigma x_1^2 = \frac{N^3 - N}{12} - \Sigma T_{x_1}, \text{ dengan } T_{x_1} = \frac{t^3 - t}{12}$$

$$\Sigma x_2^2 = \frac{N^3 - N}{12} - \Sigma T_{x_2}, \text{ dengan } T_{x_2} = \frac{t^3 - t}{12}$$

d = selisih antara x_1 dan x_2

N = banyaknya sampel

T_{x_1} = banyaknya data berangka sama pada tiap kelompok angka yang sama pada variabel x_1

T_{x_2} = banyaknya data berangka sama pada tiap kelompok angka yang sama pada variabel x_2

H_0 ditolak jika $p\text{-value} < \alpha$, yang berarti ada korelasi antara variabel x_1 dan x_2 .

Pada kasus *Copula Archimedean* nilai korelasi *Rho Spearman* dapat dihitung dengan Persamaan (2.13) berikut (Genest, 2010):

$$\rho_C = 3 + 12 \int_0^1 \frac{\varphi(t)}{\varphi'(t)} dt \quad (2.13)$$

dengan $\varphi(t)$ adalah fungsi generator dari keluarga *Copula Archimedean* dan $\varphi'(t)$ adalah turunan fungsi generator dari keluarga *Copula Archimedean*.

2.9 Value at Risk

Value at Risk (VaR) merupakan salah satu bentuk pengukuran risiko yang cukup populer. VaR dapat didefinisikan sebagai estimasi kerugian yang akan didapat selama periode waktu (*time periode*) tertentu dalam kondisi pasar normal pada tingkat kepercayaan (*confidence interval*) tertentu. Pada portofolio, VaR diartikan sebagai estimasi kerugian maksimum yang akan dialami suatu portofolio pada periode waktu tertentu dengan tingkat kepercayaan tertentu.

VaR merupakan alat ukur yang dapat menghitung besarnya kerugian terburuk yang dapat terjadi dengan mengetahui posisi aset, tingkat kepercayaan akan terjadinya risiko, dan jangka waktu penempatan aset (*time horizon*). Definisi VaR secara umum dapat dituliskan pada Persamaan (2.14) sebagai berikut.

$$P(R \geq VaR) = 1 - \alpha \quad (2.14)$$

dengan R adalah *return* selama periode tertentu dan α adalah tingkat kesalahan (Jorion, 2006).

Maruddani dan Purbowati (2009) menyatakan, nilai VaR pada tingkat kepercayaan $(1 - \alpha)$ dalam periode waktu t baik pada *return* tunggal maupun portofolio dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (2.15) berikut.

$$VaR_{(1-\alpha)}(t) = W_0 R^* \sqrt{t} \quad (2.15)$$

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

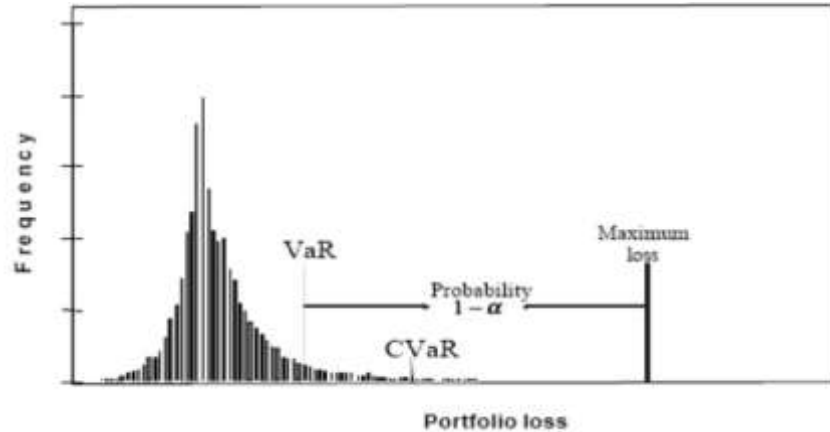
W_0 = investasi awal aset (baik aset tunggal maupun portofolio)

R^* = nilai risiko *return* terburuk

t = periode waktu

2.10 Conditional Value at Risk

Conditional Value at Risk (CVaR) telah menjadi perhatian signifikan selama dua dekade terakhir sebagai alat untuk mengelola risiko. CVaR mengukur nilai yang diharapkan tergantung pada berapa persentase kerugian terburuknya. CVaR merupakan ukuran risiko yang sifatnya diturunkan untuk distribusi kerugian. Secara umum ukuran risiko CVaR terkait erat dengan VaR. CVaR didefinisikan sebagai rata-rata ukuran VaR dan ukuran kerugian yang melebihi VaR.



Gambar 2. 1 VaR, CVaR dan *Maximum loss*

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

Secara matematika, CVaR didefinisikan oleh Persamaan (2.16) berikut (Letmark, 2010) :

$$CVaR_{(1-\alpha)} = \frac{1}{\alpha} \int_{\infty}^{VaR_{(1-\alpha)}} R^* f(R^*) dR^* \quad (2.16)$$

atau equivalen dengan persamaan (2.17) berikut :

$$CVaR_{(1-\alpha)} = E[R | R \leq VaR_{(1-\alpha)}] \quad (2.17)$$

dengan $f(R^*)$ adalah taksiran fungsi densitas dan VaR dihitung berdasarkan waktu yang sama dengan selang kepercayaan $(1 - \alpha) \in [0,1]$.