

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Investor merupakan pihak yang mengharapkan nilai investasinya terus bertumbuh. Salah satu aspek non-keuangan yang menjadi perhatian utama investor adalah informasi terkait lingkungan. Oleh karena itu, investor tidak hanya mengukur kinerja perusahaan berdasarkan laporan tahunan (*Annual Report*), tetapi juga mempertimbangkan laporan keberlanjutan sebagai bagian dari analisis mereka. Sejalan dengan meningkatnya perhatian terhadap aspek keberlanjutan, Indonesia turut berkomitmen untuk mewujudkan 17 tujuan pembangunan berkelanjutan (SDG's) pada tahun 2030 dengan menekankan peran perusahaan besar dalam keberlanjutan. Salah satu instrumen yang menarik perhatian adalah saham dalam Indeks IDX ESG Leaders (IDXESGL), yang mencakup perusahaan dengan komitmen tinggi terhadap *Environmental, Social, and Governance* (ESG). Bursa Efek Indonesia mengukur kinerja saham dalam indeks ini berdasarkan penilaian ESG, minimnya kontroversi, serta likuiditas dan kinerja keuangan yang solid (Utami, 2025).

Meskipun investasi berbasis ESG semakin diminati, pergerakan saham tetap dipengaruhi oleh dinamika pasar yang tidak dapat dihindari. Oleh karena itu, investor perlu memahami risiko dan ketidakpastian yang melekat dalam investasi. Fluktuasi pasar, perubahan kebijakan, dan faktor global sering kali memengaruhi pergerakan saham, seperti yang terjadi pada Desember 2024 ketika IHSG melemah akibat sentimen global, menekan berbagai sektor saham, diantaranya sektor saham energi merosot 4,71%, sektor saham industri susut 5,54%, sektor saham keuangan turun 4,27%, sektor saham teknologi turun 5,36%, serta penurunan juga terjadi pada beberapa sektor saham lainnya. Oleh karena itu, untuk meminimalkan risiko, investor perlu membangun portofolio yang terdiversifikasi. Berdasarkan Teori Portofolio Modern Markowitz, diversifikasi ke aset yang tidak berkorelasi dapat mengurangi risiko tanpa mengorbankan imbal hasil, sehingga fluktuasi pasar lebih terkendali (Handika & Damajanti, 2021).

Pendekatan Markowitz menjadi alternatif dalam mengoptimalkan portofolio untuk memperoleh investasi yang baik. Teori Portofolio Markowitz berfokus pada upaya untuk memaksimalkan tingkat pengembalian yang diharapkan (*mean*) dan meminimalkan risiko (*variansi*) dalam proses penyusunan portofolio optimal (Ramadhan dkk., 2023). Namun, membangun portofolio optimal saja tidak cukup untuk sepenuhnya mengelola risiko investasi. Metode kuantitatif perlu dilakukan untuk mengukur potensi kerugian secara lebih akurat agar investor memperoleh keuntungan maksimal dengan risiko seminimal mungkin. Alat ukur yang bisa digunakan dalam mengestimasi risiko pada portofolio adalah *Value at Risk* (VaR) (Pintari & Subekti, 2018).

VaR adalah suatu metode yang dapat mengestimasi besarnya kerugian maksimum yang akan terjadi dengan tingkat kepercayaan tertentu dan dalam periode waktu tertentu. Perhitungan VaR membantu investor dalam mengevaluasi tingkat

risiko portofolio serta mengambil langkah mitigasi yang tepat guna melindungi modal dan mengoptimalkan strategi investasi. VaR mempertimbangkan volatilitas aset dan keterkaitan antar instrumen keuangan, estimasi VaR memberikan wawasan yang lebih akurat terkait kemungkinan kerugian, terutama dalam kondisi pasar yang tidak stabil. Seiring berjalannya waktu, estimasi VaR terus dikembangkan dengan berbagai metode. Salah satu pendekatan yang digunakan adalah estimasi VaR berbasis model ARIMA-GARCH, yang kemudian dianalisis menggunakan metode Copula. Pendekatan ini dikenal sebagai GARCH-Copula, yang merupakan kombinasi antara model GARCH dan Copula. Metode Copula banyak digunakan dalam pemodelan distribusi gabungan (*joint distribution*) karena tidak memerlukan asumsi normalitas bersama. Beberapa penelitian sebelumnya telah menerapkan GARCH-Copula untuk mengukur risiko portofolio saham yang memiliki volatilitas tinggi. Oleh karena itu, dalam penelitian ini, GARCH-Copula diterapkan pada portofolio optimal untuk menganalisis tingkat risiko investasi yang dihadapi (Widya dkk., 2017).

Dalam penelitian terdahulu yang dilakukan (Siti Firdaus dkk., 2022) tentang pengukuran *Value at Risk* portofolio saham optimal menggunakan Copula-GARCH dengan pendekatan *Single Index Model*. Penelitian yang dilakukan oleh (Zuhra, 2022.) tentang estimasi nilai *return* portofolio saham LQ-45 dan JII dengan metode Copula Gaussian. Sebelumnya belum ada penelitian mengenai penentuan *Value at Risk* yang menggunakan GARCH-Copula dari portofolio saham optimal berdasarkan indeks IDX ESG Leaders.

Penulis merasa bahwa dalam konteks ini, penerapan metode GARCH-Copula dalam mengestimasi VaR pada portofolio optimal Markowitz yang berisi saham-saham yang tergabung dalam Indeks IDXESGL menjadi relevan dan penting untuk diteliti lebih lanjut dengan judul **“Estimasi Value At Risk Pada Portofolio Optimal Markowitz dengan GARCH-Copula Terhadap Saham IDXESGL”**

1.2. Rumusan Masalah dan Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini berusaha menjawab beberapa pertanyaan berikut:

1. Bagaimana cara menentukan portofolio optimal saham IDXESGL menggunakan metode Markowitz?
2. Bagaimana estimasi *Value at Risk* (VaR) pada portofolio optimal saham IDXESGL dengan pendekatan GARCH-Copula?

Terdapat beberapa batasan masalah agar penelitian ini lebih terarah dan fokus, data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data historis harga saham harian dari perusahaan yang tergabung dalam Indeks IDXESGL dalam periode tertentu, saham yang memiliki efek ARCH diatasi dengan model GARCH(1,1). Taraf signifikansi yang digunakan sebesar 0,05. Pengukuran risiko portofolio menggunakan metode VaR dengan tingkat kepercayaan 99%, 95%, dan 99%, penelitian ini tidak mempertimbangkan faktor eksternal seperti sentimen pasar, kebijakan ekonomi, atau faktor makroekonomi lainnya yang dapat mempengaruhi harga saham.

1.3. Tujuan dan Manfaat

Penelitian ini bertujuan:

1. Menentukan portofolio optimal saham yang konsisten terdaftar Indeks IDXESGL menggunakan metode Markowitz dengan menentukan pembobotan dari masing-masing saham pada portofolio optimal.
2. Menganalisis dan mengestimasi risiko portofolio optimal menggunakan pendekatan *Value at Risk* (VaR) berbasis GARCH-Copula serta memberikan estimasi kerugian maksimum yang lebih akurat dengan mempertimbangkan volatilitas serta ketergantungan antar saham dalam portofolio.

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat kepada berbagai pihak seperti bagi penulis, dapat meningkatkan pemahaman dalam penyusunan portofolio saham optimal menggunakan metode Markowitz dan mengestimasi VaR dengan pendekatan GARCH-Copula, bagi pembaca memberikan wawasan mengenai estimasi VaR pada portofolio optimal Markowitz dengan GARCH-Copula terhadap saham IDXESGL. Secara praktis, hasil penelitian ini dapat menjadi referensi dalam menyusun portofolio optimal, mengembangkan strategi pengelolaan portofolio yang lebih baik, dan memahami risiko terkait dengan instrumen investasi berkelanjutan di pasar modal Indonesia bagi para investor dan analis keuangan. Serta bagi lembaga dapat menjadikan penelitian ini sebagai bahan kepustakaan serta arsip bagi civitas akademik khususnya pada Prodi Ilmu Aktuaria.

1.4. Landasan Teori

1.4.1. Investasi

Investasi adalah suatu kegiatan penanaman modal pada sebuah perusahaan atau proyek berupa aset atau dana selama periode tertentu untuk memperoleh keuntungan di masa depan. Investasi dengan membeli saham suatu perusahaan, berarti investor telah menginvestasikan dana dengan harapan keuntungan dari kenaikan harga saham atau dividen di masa mendatang (Huda dkk., 2022).

1.4.2. Saham

Saham adalah surat berharga yang menjadi bukti kepemilikan seseorang dalam sebuah perusahaan. Surat ini menunjukkan bahwa pemiliknya memiliki bagian tertentu dari perusahaan tersebut. Selain itu, saham juga dapat diartikan sebagai unit nilai dalam laporan keuangan yang menunjukkan proporsi kepemilikan individu terhadap suatu entitas bisnis. Saham merupakan salah satu alternatif yang dapat dipilih untuk berinvestasi (Ugy Soebiantoro, 2021).

1.4.3. IDXESGL

Pada tahun 2020, Bursa Efek Indonesia (BEI) resmi meluncurkan indeks baru IDX ESG (*environmental, social, and governance*) *leader* yang diharapkan dapat memacu praktik terkait lingkungan, sosial, dan tata kelola emiten dalam penerapan investasi berkelanjutan di Indonesia. BEI telah menetapkan 30 saham yang memiliki valuasi lingkungan, sosial, dan tata kelola (ESG) yang baik melalui pengumuman Bursa Efek

No. Peng-00363/BEI.POP/122020 tanggal 8 Desember 2020. Selain itu, ke-30 emiten tersebut tidak terlibat kontroversi yang signifikan, memiliki likuiditas transaksi, dan memiliki kinerja keuangan yang baik, sehingga menjadi konstituen awal IDX ESG Leaders (ESGL) (Suryani dkk., 2023).

1.4.4. *Return*

Return adalah hasil (keuntungan atau kerugian) yang diperoleh dari suatu investasi saham. *Return* merupakan salah satu faktor yang mendorong investor untuk berinvestasi serta merupakan imbalan atas keberanian investor dalam menanggung resiko. *Return* saham dalam penelitian ini menggunakan selisih dari harga saham pada saat ini dengan harga sebelumnya pada perusahaan yang termasuk dalam IDXESGL. Rumus *return* (R_i) dari aset tunggal dapat dituliskan sebagai berikut (Septian & Hermanto, 2017).

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

Dengan P_t adalah harga saham periode sekarang dan P_{t-1} adalah harga saham periode sebelumnya. Persamaan *return* portofolio (R_p) yang terdiri dari n saham adalah sebagai berikut:

$$R_p = \sum_{t=1}^n w_t \cdot R_i \quad (2)$$

Dengan w_t adalah bobot masing-masing saham.

1.4.5. *Expected Return*

Expected return adalah *return* yang diharapkan oleh investor di masa mendatang, sehingga masih bersifat prediktif atau belum terjadi. Proses menghitung *return* ekspektasi dengan pendekatan model pasar dilakukan dalam dua langkah, yaitu membentuk model ekspektasi dengan memanfaatkan data historis selama periode estimasi, dan menggunakan model ekspektasi tersebut untuk memperkirakan *return* ekspektasi pada periode observasi (Septian & Hermanto, 2017).

$$E(R_i) = \frac{\sum_{t=1}^n R_{i(t)}}{n} \quad (3)$$

Dimana $E(R_i)$ adalah *expected return* pada saham i , $R_{i(t)}$ adalah *return* pada saham i pada periode t , dan n adalah jumlah periode pengamatan.

1.4.6. *Standar Deviasi*

Menghitung standar deviasi merupakan langkah krusial dalam upaya mengoptimalkan portofolio saham, karena metrik ini merepresentasikan tingkat risiko

atau fluktuasi nilai investasi. Standar deviasi menunjukkan variasi atau penyebaran *return* investasi. Peran standar deviasi dalam strategi optimalisasi portofolio sebagai indikator risiko portofolio. Ketika investor memahami seberapa besar volatilitas yang terjadi, investor dapat memperkirakan sejauh mana hasil investasi aktual yang diperoleh dapat menyimpang dari perkiraan awal mereka. (Febriani, 2022). Persamaan untuk standar deviasi adalah sebagai berikut.

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n |R_{i(t)} - E(R_{i(t)})|^2}{n}} \quad (4)$$

Keterangan:

σ_i = Standar Deviasi

$R_{i(t)}$ = *Return* pada saham i pada periode t

$E(R_{i(t)})$ = *Expected return* pada saham i

n = Jumlah periode pengamatan

1.4.7. **Excess Return**

Excess Return menentukan seberapa besar perbedaan antara imbal hasil saham dengan rata-rata imbal hasil dengan mempertimbangkan risiko yang mendasari, ini digunakan untuk menilai seberapa baik kinerja portofolio atau investasi (Zaidan dkk., 2024). Rumusnya dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Excess\ Return = R_i - E(R_i) \quad (5)$$

Keterangan:

R_i = *Return* saham

$E(R_i)$ = *Expected Return* Saham

1.4.8. **Variance-Covariance**

1.4.8.1. **Variance**

Varians bertujuan untuk mengukur besarnya perbedaan antara *return* saham jika dibandingkan dengan pengembalian saham yang diharapkan selama periode pengamatan (Parenden dkk., 2024). Rumus varians sebagai berikut:

$$\sigma_i^2 = \frac{\sum_{t=1}^n |R_{i(t)} - E(R_i)|^2}{n} \quad (6)$$

1.4.8.2. Covariance

Kovarians digunakan untuk mengukur hubungan antara pergerakan dua saham yang berbeda. Kovarian dapat memiliki tiga kemungkinan, yaitu bernilai nol, positif, atau negatif. Jika nilai kovarian kurang dari nol atau bernilai negatif, maka kedua saham kemungkinan bergerak berlawanan arah, yang berarti jika satu saham mengalami peningkatan maka yang lain mengalami penurunan. Sebaliknya jika kovarian bernilai positif menunjukkan bahwa dua saham cenderung bergerak searah. Sementara itu, ketika nilai korelasi saham mendekati atau sama dengan negatif satu, kondisi ini dapat dimanfaatkan untuk mengurangi risiko investasi (Parenden dkk., 2024). Kovarians dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\sigma_{RA, RB} = \sum_{t=1}^n \frac{(R_{A(t)} - E(R_A))(R_{B(t)} - E(R_B))}{n} \quad (7)$$

Keterangan:

$\sigma_{RA, RB}$ = Kovarian *return* antara saham A dan saham B

$R_{A(t)}$ = *Return* saham A pada periode t

$R_{B(t)}$ = *Return* saham B pada periode t

$E(R_A)$ = *Expected return* saham A

$E(R_B)$ = *Expected return* saham B

n = Jumlah observasi data historis

1.4.9. Indeks Sharpe

Metode ini mengukur kinerja portofolio dengan membandingkan premi risiko portofolio (selisih antara tingkat keuntungan rata-rata dan tingkat bunga bebas risiko rata-rata) dengan risiko portofolio (direpresentasikan sebagai standar deviasi). Secara matematis, dituliskan sebagai berikut (Aini dkk., 2022):

$$S_{p_i} = \frac{E(R_p) - R_f}{\sigma_p} \quad (8)$$

Keterangan:

S_{p_i} = Indeks *Sharpe* portofolio i

$E(R_p)$ = Rata-rata *return* portofolio

R_f = Rata-rata bunga investasi bebas risiko

σ_i = Standar deviasi dari imbal hasil portofolio

1.4.10. Markowitz

Model portofolio Markowitz dirancang untuk memberikan panduan bagi investor dalam meminimalkan risiko sekaligus mengoptimalkan keuntungan dalam setiap keputusan investasi. Model ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan mengaitkan tingkat risiko yang diukur melalui deviasi standar atau varians dengan ekspektasi *return* atau rata-rata pengembalian. Model markowitz dapat digunakan dengan langkah sebagai berikut (Parenden dkk., 2024).

1. Menghitung tingkat *return* saham
2. Menghitung *expected return* saham
3. Menghitung *variance* dan standar deviasi untuk mengetahui risiko investasi
4. Menghitung *covariance* antar saham
5. Menghitung *expected return* dan risiko portofolio pada proporsi sama
6. Menghitung *expected return* dan risiko portofolio pada proporsi optimal

Pada penerapannya, model ini memanfaatkan aplikasi *Microsoft Excel* disertai dengan fitur *Excel Solver*. *Solver* berperan dalam mengidentifikasi distribusi dana yang paling efisien untuk setiap saham guna memberikan portofolio dengan komposisi saham yang optimal (Hartono dkk., 2021).

1.4.11. Analisis Runtun Waktu

Analisis runtun waktu merupakan jenis data yang dikumpulkan secara berurutan pada suatu rentang waktu. Dalam pengolahan data, analisis ini menjadi langkah awal untuk memahami pola pergerakan data dari waktu ke waktu pada data dengan frekuensi yang banyak sehingga data dapat diolah lebih lanjut menggunakan berbagai metode peramalan, salah satunya model ARIMA yang banyak digunakan dalam analisis data keuangan dan ekonomi untuk mengidentifikasi pola serta meramalkan nilai di masa mendatang (Prasetya dkk., 2018).

1.4.12. Identifikasi Model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA)

Sebelum menerapkan model ARIMA, langkah pertama yang harus dilakukan adalah mengidentifikasi karakteristik data, termasuk memastikan bahwa data bersifat stasioner. Stasioneritas menjadi syarat utama dalam penerapan ARIMA, karena model ini bekerja optimal pada data yang memiliki rata-rata dan variansi yang konstan dari waktu ke waktu.

1.4.12.1. Stasioneritas

ARIMA mengharuskan bahwa data yang akan diolah dalam kondisi stasioner. Jika data belum stasioner, maka perlu dilakukan penyesuaian agar memenuhi syarat tersebut. Salah satu metode untuk mengatasi data tidak stasioner adalah *differencing*, yaitu mengurangi nilai data saat ini dengan nilai data pada periode sebelumnya untuk menghilangkan tren atau pola tertentu pada suatu data.

Stasioneritas dapat diuji dengan mencari apakah data runtun waktu yang digunakan terdapat akar unit menggunakan uji *Augmented Dickey-Fuller* (Prasetya

dkk., 2018). Data dikatakan stasioner jika $p\text{-value} < \alpha$ (0.05) yang berarti tolak H_0 dengan hipotesis sebagai berikut.

H_0 : Data memiliki *unit root* (tidak stasioner)

H_1 : Data tidak memiliki *unit root* (stasioner)

1.4.12.2. Autocorrelation Function (ACF) dan Partial Autocorrelation Function (PACF)

Untuk mendapatkan orde dari proses AR(p), MA(q), ARMA dan ARIMA dapat diidentifikasi dari hasil plot ACF dan PACF (Prasetya dkk., 2018).

Tabel 1. Karakteristik ACF dan PACF untuk Proses Stasioner

Model	ACF	PACF
AR (p)	Menurun secara eksponensial	<i>Cuts off</i> setelah lag p
MA (q)	<i>Cuts off</i> setelah lag q	Menurun secara eksponensial
ARMA (p, q)	Menurun setelah lag $q - p$	Menurun setelah lag $p - q$

1.4.12.3. Pemilihan Kriteria Terbaik

Dalam penentuan model ARIMA terbaik, diperlukan kriteria yang dapat digunakan sebagai acuan pemilihan. Pada umumnya, digunakan perhitungan nilai *Akaike's Information Criterion* (AIC), dimana model terbaik adalah model yang memiliki nilai AIC terendah. Rumus untuk memperoleh nilai AIC sebagai berikut.

$$AIC(k) = n \ln \hat{\sigma}_a^2 + 2k \quad (9)$$

Keterangan :

n : jumlah observasi

$\hat{\sigma}_a^2$: estimasi varians error residual

k : jumlah parameter dalam model (termasuk koefisien AR, MA, dan varians error)

1.4.12.4. Uji Heteroskedastisitas (Uji Efek ARCH-GARCH)

Uji *Lagrange Multiplier* (LM) merupakan suatu uji yang digunakan untuk melihat kehadiran unsur *heteroskedasticity* (volatilitas dinamik) pada suatu data (Prasetya dkk., 2018). Hipotesis untuk uji LM sebagai berikut:

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

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

Jika nilai LM lebih besar dari nilai tabel atau $p\text{-value} \leq \alpha$ maka H_0 ditolak, sehingga dapat disimpulkan data memiliki efek ARCH-GARCH.

1.4.13. Model *Generalize Autoregressive Conditional Heteroscedasticity* (GARCH)

ARCH (*Autoregressive Conditional Heteroscedasticity*) merupakan model ekonometrika yang dikenalkan oleh Engle (1982) dan selanjutnya dikembangkan oleh Bollerslev (1986) menjadi *Generalize Autoregressive Conditional Heteroscedasticity* (GARCH). Bentuk umum model GARCH(p, q) sebagai berikut:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j \sigma_{t-j}^2 \quad (10)$$

Koefisien-koefisien dari model GARCH(p, q) bersifat :

1. $\alpha_0 > 0$
2. $\alpha_i \geq 0, \text{ untuk } i = 1, 2, \dots, p$
3. $\beta_j \geq 0, \text{ untuk } j = 1, 2, \dots, q$
4. $\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q (\alpha_i + \beta_j) < 1$

Keterangan :

σ_t^2 : Varians kondisional pada waktu t

α_0 : Konstanta positif dalam model GARCH

α_i : Koefisien ARCH yang menunjukkan seberapa besar dampak dari kuadrat residual terdahulu ε_{t-i}^2 terhadap varians saat ini.

β_j : Koefisien GARCH yang menunjukkan seberapa besar dampak dari varians terdahulu σ_{t-j}^2 terhadap varians saat ini.

ε_{t-i}^2 : Kuadrat residual pada lag i

σ_{t-j}^2 : Varians kondisional pada lag j

p : *Order* (derajat) dari komponen ARCH

q : *Order* (derajat) dari komponen GARCH

Kondisi 1, 2, dan 3 diperlukan agar $\sigma_t^2 > 0$. Kondisi 4 diperlukan agar model bersifat stasioner (Widya dkk., 2017)

1.4.14. Uji Mutual Dependensi

Uji dependensi digunakan untuk mengetahui apakah terdapat ketergantungan diantara variabel dalam sebuah pemodelan distribusi bersama. Beberapa alternatif yang bisa digunakan dalam mengukur dependensi antara dua variabel atau lebih yaitu korelasi *Pearson*, *Kendall's Tau*, dan *Spearman* (Prasetya dkk., 2018).

Penelitian ini menggunakan korelasi *Kendall's Tau* yang merupakan korelasi berdasarkan *rank* dan tidak memerlukan asumsi bahwa data berdistribusi normal.

Secara empiris, *Kendall's Tau* dituliskan sebagai berikut.

$$\tau_n = \frac{P_n - Q_n}{\binom{n}{2}} \quad (11)$$

Keterangan:

P_n = jumlah pasangan *consordant* (searah)

Q_n = jumlah pasangan *discordant* (berlawanan arah)

Hipotesis :

H_0 : $\tau = 0$ (tidak ada korelasi)

H_1 : $\tau > 0$ (ada korelasi positif)

Statistik uji :

$$Z = \frac{\sqrt{9n(n-1)}}{\sqrt{2(2n+5)}} |\tau_n| \quad (12)$$

Kriteria uji:

Jika $Z > 1,96$ dan $p\text{-value} < \alpha$ ($\alpha = 0.05$) maka H_0 ditolak yang berarti ada korelasi yang signifikan

1.4.15. Copula

Copula berasal dari bahasa latin yang memiliki arti sebagai hubungan, pertalian, ikatan. Konsep ini dipopulerkan pertama kali oleh Abe Sklar (1959) pada bidang matematika dan statistika dengan teoremanya yang dikenal dengan nama Teorema Sklar. Teorema ini menjelaskan bahwa copula berfungsi sebagai alat yang menggabungkan berbagai distribusi marginal ke dalam suatu distribusi gabungan. (Zuhra, 2022). Copula memiliki konsep sebagai alternatif untuk mempelajari ketergantungan tak linear antara kejadian kasus multivariat dan semakin banyak dimanfaatkan dalam pemodelan distribusi multivariat karena tidak mensyaratkan asumsi normalitas pada distribusi marginalnya. Hal ini menjadikannya lebih fleksibel dalam mengolah berbagai jenis data, terutama data keuangan yang sering kali tidak mengikuti distribusi normal.

Secara umum, copula yang banyak digunakan terbagi menjadi dua kelompok utama, yaitu Copula Elliptical dan Copula Archimedean. Dalam penelitian ini, jenis copula yang diterapkan adalah Copula Archimedean, yang mencakup Copula

Clayton, Gumbel, dan Frank. Oleh karena itu, fungsi Copula Archimedean didefinisikan sebagai berikut (Pintari & Subekti, 2018).

a. Copula Clayton

$$\varphi_c(u) = \frac{1}{\theta_c} (u^{-\theta_c} - 1), \quad \theta_c > 0 \text{ (Clayton)} \quad (13)$$

b. Copula Frank

$$\varphi_F(u) = \log \left(\frac{u^{\theta_F} - 1}{\theta_F} \right), \quad \theta_F \neq 0 \text{ (Frank)} \quad (14)$$

c. Copula Gumbel

$$\varphi_G(u) = -\log u^{\theta_G}, \quad \theta_G \geq 1 \text{ (Gumbel)} \quad (15)$$

Keterangan :

u : Variabel independen dalam interval $(0,1]$ merepresentasikan distribusi marginal

$\varphi_c(u), \varphi_F(u), \varphi_G(u)$: fungsi generator masing-masing jenis copula

θ_c : Parameter ketergantungan untuk Copula Clayton, menunjukkan kekuatan hubungan di bagian bawah distribusi.

θ_F : Parameter ketergantungan untuk Copula Frank, menggambarkan ketergantungan simetris di seluruh distribusi.

θ_G : Parameter ketergantungan untuk Copula Gumbel, menunjukkan ketergantungan yang lebih kuat di bagian atas distribusi.

Langkah awal yang dilakukan dalam analisis copula adalah melakukan transformasi variabel random ke domain *uniform* $[0,1]$. Pemilihan model copula terbaik diantara berdasarkan dengan nilai *Log Likelihood* tertinggi dan nilai AIC terendah.

1.4.16. Value at Risk (VaR)

Terdapat tiga metode utama dalam menghitung *Value at Risk* yaitu metode varian-kovarian, metode simulasi Monte Carlo, dan metode Historis. Peneliti menggunakan metode Simulasi Monte Carlo untuk mengestimasi VaR dalam penelitian ini. Simulasi Monte Carlo merupakan teknik analisis numerik yang melibatkan pengambilan sampel bilangan acak. Simulasi ini bekerja dengan menghasilkan bilangan acak berdasarkan karakteristik data yang dianalisis, kemudian digunakan untuk mengestimasi nilai VaR.

VaR merupakan alat ukur yang digunakan untuk memperkirakan potensi kerugian maksimum yang dapat terjadi dengan mempertimbangkan posisi aset, tingkat kepercayaan terhadap kemungkinan risiko (Christova dkk., 2022), dalam suatu interval waktu dan pada tingkat kepercayaan tertentu dengan peubah acak *return*, VaR dapat dituliskan sebagai berikut (Silitonga dkk., 2016).

$$P(r \leq VaR_{\alpha}) = 1 - \alpha \quad (16)$$

Dimana r adalah *return* selama periode tertentu dan α adalah tingkat kesalahan.

Untuk distribusi return yang diasumsikan normal, nilai VaR pada tingkat kepercayaan $(1 - \alpha)$ dapat dihitung dengan (Rahman, 2024):

$$VaR_{\alpha} = \mu - Z_{\alpha} \cdot \sigma \quad (17)$$

Keterangan:

μ : rata-rata *return* portofolio

Z_{α} : nilai kritis (*z-score*) dari distribusi normal standar pada

$\sigma(R_p)$: standar deviasi *return* portofolio

Peneliti memanfaatkan perangkat lunak RStudio dalam mengelola data saham untuk menghasilkan VaR portofolio optimal menggunakan simulasi Monte Carlo berdasarkan hasil pendekatan GARCH-Copula.

BAB II METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Pendekatan dan Jenis Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data kuantitatif harga penutupan saham-saham yang konsisten terdaftar pada indeks IDX ESG Leader (IDXESGL) pada periode Desember 2020 hingga September 2024. Daftar saham-saham yang konsisten masuk ke dalam IDXESGL diperoleh dari website www.idx.co.id kemudian ditinjau secara manual untuk mencatat saham-saham yang konsisten masuk pada indeks selama periode pengamatan. Selanjutnya data harga penutupan saham-saham yang terpilih diperoleh dari website investing.com yang kemudian diolah dalam penelitian ini.

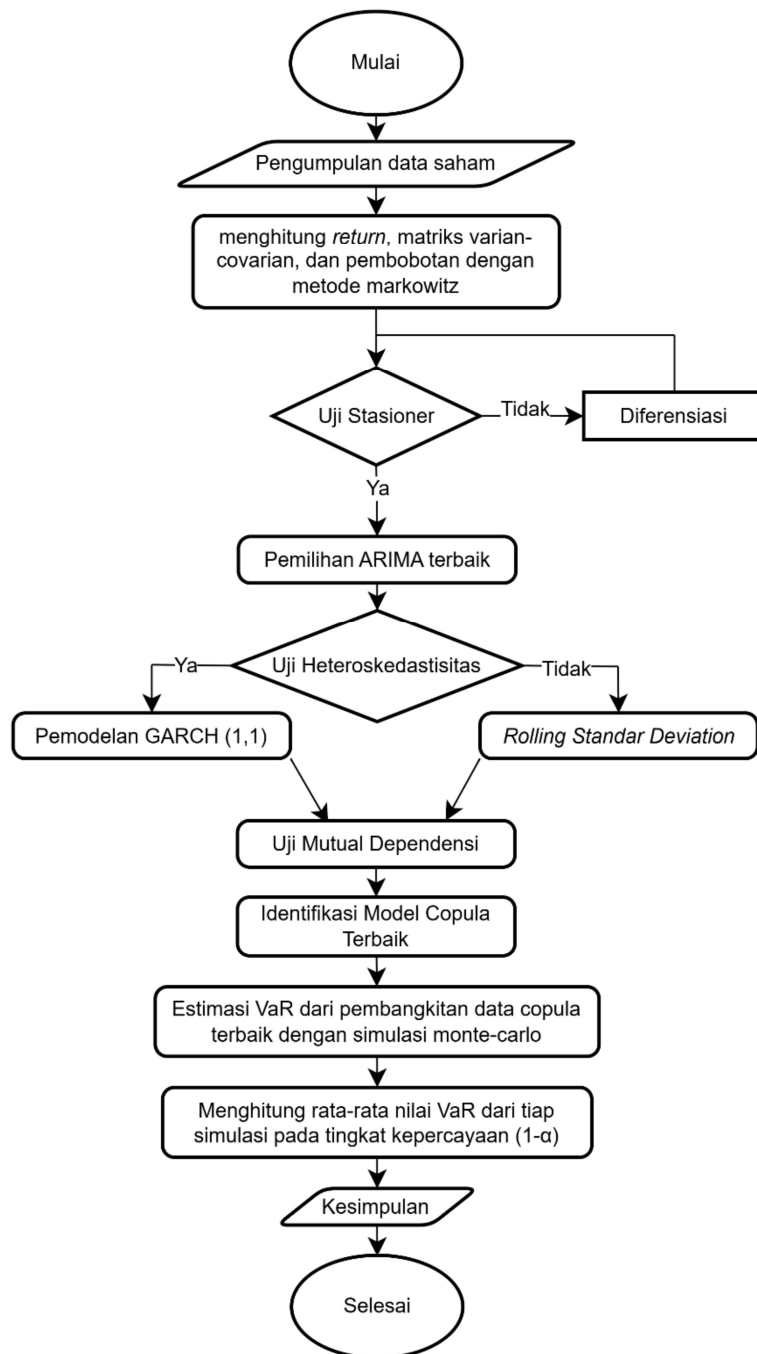
Pada penelitian ini, digunakan model Markowitz untuk membentuk portofolio optimal dari saham-saham IDXESGL kemudian menggunakan pendekatan GARCH-Copula untuk mengestimasi *Value at Risk* yang dibangkitkan dengan Simulasi Monte Carlo.

Dalam proses analisis data, penulis menggunakan bantuan *software Microsoft Excel* dan *Rstudio*. Adapun tahapan analisis data yang terdapat dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengumpulkan data harga penutupan saham harian untuk saham IDXESGL mulai 14 Desember 2020 hingga 17 September 2024 yang konsisten terdaftar dalam periode pengamatan.
2. Pembentukan portofolio optimal pada saham terpilih menggunakan model Markowitz dengan bantuan aplikasi *Microsoft Excel*.
 - a) Menghitung nilai *return* harga saham harian dan menghitung *expected return* saham menggunakan persamaan (1) dan (3)
 - b) Menghitung standar deviasi untuk menghitung risiko saham dengan persamaan (4)
 - c) Menghitung *excess return* saham dengan persamaan (5)
 - d) Menghitung matriks varian-kovarian antar saham dengan persamaan (6) dan (7)
 - e) Menghitung *expected return* dan risiko portofolio dengan proporsi yang sama.
 - f) Menghitung proporsi optimal menggunakan *solver* dengan memaksimalkan indeks *Sharpe*.
 - g) Menghitung *expected return* dan risiko portofolio dengan proporsi optimal.
3. Perhitungan VaR dengan menggunakan pendekatan GARCH-Copula pada portofolio optimal saham dengan bantuan aplikasi *Rstudio*.
 - a) Mengonversi data return menjadi data *time series*.
 - b) Melakukan uji stasioner menggunakan uji *Augmented Dickey-Fuller*.
 - c) Menentukan ordo model ARIMA menggunakan plot ACF dan PACF dan menentukan model ARIMA terbaik.

- d) Melakukan uji *Lagrange Multiplier* atau uji heteroskedastisitas.
- e) Memodelkan residual ARIMA dengan GARCH (1,1) terhadap saham yang memiliki efek ARCH.
- f) Melakukan normalisasi *return* dengan *Rolling Standard Deviation* pada saham homoskedastisitas agar sebanding dengan residual GARCH.
- g) Menggabungkan semua data residual GARCH dan hasil normalisasi *return* dengan *Rolling Standard Deviation* ke dalam satu data frame.
- h) Melakukan uji mutual dependensi dengan menggunakan nilai korelasi *Kendall's Tau*.
- i) Melakukan pemilihan model Copula terbaik
- j) Melakukan estimasi *Value at Risk* menggunakan pembangkitan data dari copula terbaik dengan simulasi Monte-Carlo
- k) Menghitung nilai VaR pada tingkat 90%, 95%, dan 99% dengan beberapa kali pengulangan.
- l) Membuat kesimpulan.

2.2. Alur Kerja



Gambar 1. Alur Kerja