SKRIPSI

ANALISIS NILAI RISIKO PADA INDEKS HARGA SAHAM GABUNGAN MENGGUNAKAN METODE *INTEGRATED GENERALIZED AUTOREGRESSIVE CONDITIONAL HETEROSKEDASTICITY* (IGARCH)

Disusun dan diajukan oleh:

ANDI RISKA FITRIANI
H12116004

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

2021

ANALISIS NILAI RISIKO PADA INDEKS HARGA SAHAM GABUNGAN MENGGUNAKAN METODE *INTEGRATED GENERALIZED AUTOREGRESSIVE CONDITIONAL HETEROSKEDASTICITY* (IGARCH)

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.

ANDI RISKA FITRIANI

H 121 16 004

PROGRAM STUDI STATISTIKA DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

ANALISIS NILAI RISIKO PADA INDEKS HARGA SAHAM GABUNGAN MENGGUNAKAN METODE *INTEGRATED GENERALIZED AUTOREGRESSIVE CONDITIONAL HETEROSKEDASTICITY* (IGARCH)

Disusun dan diajukan oleh:

ANDI RISKA FITRIANI
H12116004

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 26 Januari 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama	Pembimbing Pertama
Dr. Erna Tri Herdiani, S.Si.,M.Si.	**Dra. NasrahSirajang, M.Si**
NIP. 1975042 900003 2 001	**NIP. 19650519 199303 2 002**

Ketua Program Studi

Dr. Nurtiti Sunusi, S.Si., M.Si.
NIP. 19720117199703 2 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	:	ANDI RISKA FITRIANI
NIM	:	H12116004
Program Studi	:	Statistika
Jenjang	:	S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

ANALISIS NILAI RISIKO PADA INDEKS HARGA SAHAM GABUNGAN MENGGUNAKAN METODE *INTEGRATED GENERALIZED AUTOREGRESSIVE CONDITIONAL HETEROSKEDASTICITY* (IGARCH)

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, 26 Januari 2021

Yang Menyatakan

Andi Riska Fitriani

Dipindai dengan CamScanner

KATA PENGANTAR

Puji syukur bagi Allah *Subhanahu WaTa'ala Rabb* semesta Alam, shalawat serta salam selalu dilimpahkan kepada Rosulullah Nabi Muhammad *ShallallahuAlaihi Wasallam* dan para keluarga serta sahabat beliau.

"Maka sesungguhnya sesudah kesulitan ada kemudahan"

(QS. Al-Insyirah: 5)

Alhamdulillah, berkatrahmat-NYA sehinggaskripsi dengan judul **"Analisis Nilai Risiko Pada Indeks Harga Saham Gabungan Menggunakan Metode *Integrated Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity* (IGARCH)"** yang disusun sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana Sains pada Program Studi Statistika Fakultas Matematika dan IlmuPengetahuanAlam Universitas Hasanuddin ini dapat diselesaikan. Penulis berharap skripsi ini dapat member tambahan pengetahuan baru bagi pembaca.

Sebelumnya, izinkan penulis mengucapkan banyak terimakasih dan penghargaan setinggi-tingginya terutama kepada kedua orang tua penulis, Ayahanda **Andi Baharuddin** dan Ibunda **A. Suriani** atas doa, kerja keras, nasehat, didikan, motivasi serta cinta dan limpahan kasih sayang yang tiada habisnya dan senantiasa diberikan kepada penulis. Banyak terimakasih juga penulis berikan kepada Kakak tersayang **Andi Irma Erpiana** atas doa, nasehat dan motivasi yang senantiasa diberikan kepada penulis.

Penghargaan yang tulus dan ucapan terimakasih juga penulis ucapkan kepada:

1. **Ibu Prof. Dr. Dwia Aries Tina Palubuhu, MA,** Selaku Rektor Universitas Hasanuddin beserta seluruh jajarannya.
2. **Bapak Dr. Eng. Amiruddin,** selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin beserta seluruh jajarannya
3. **Ibu Dr. Nurtiti Sunusi, S.Si, M.Si**,selaku Ketua Departemen Statistika serta Segenap dosen pengajar dan staf Departemen Statistika yang telah membekali ilmu dan kemudahan-kemudahan kepada penulis dalam berbagai hal selama menjadi mahasiswa di Departemen Statistika.

4. **Ibu Dr. Erna Tri Herdiani, S.Si., M.Si.,**selaku Pembimbing Utama dan **Ibu Dra. Nasrah Sirajang, M.Si.,** selaku Pembimbing Pertama yang telah meluangkan waktu dan pemikirannya untuk memberikan arahan, dorongan, dan motivasi kepada penulis mulai dari awal hingga selesainya penulisan tugas akhir ini.
5. **Bapak Dr. Amran, S.Si., M.Si.,** dan **Bapak Andi Kresna Jaya, S.Si., M.Si** selaku Penasehat Akademik atas segala masukan, bantuan, nasehat serta motivasi yang diberikan dari penulis masih berstatus Mahasiswa Baru sampai penulis menyelesaikan studi di Departemen Statistika.
6. **Bapak Andi Kresna Jaya, S.Si., M.Si.,** selaku Ketua Tim Penguji dan **Ibu Dr. Anna Islamiyati, S.Si., M.Si.,** selaku Sekretaris Tim Penguji yang telah memberikan kritikan dan pembelajaran yang membangun dalam penyempurnaan tugas akhir ini serta atas waktu yang di luangkan kepada penulis.
7. Sahabat-sahabatku **PLUGINS: Mutmainna, Andi Nursyam Sinar, Dian Nurpaisyah, Inar Ayu Ningsih, Nurfitri Zakiah dan Andi Hijrah.** Terimakasih karena masih selalu ada dimasa susah senangku untuk mendoakan dan berbagi cerita serta saling member motivasi untuk mimpi-mimpi kedepannya. Semoga Sukses!
8. Sahabat-sahabat yang saya temui di masa kuliah yang selalu nge-gas tanpa kenal waktu dan tempat **WKND 4EVER: Reski Amalah, Rusydah Khaerati, Rosdiana, Dewi Rahma Ente, Fitriatusakiah, Jumrianti, Dewi Santika Upa, Widya Nauli Amalia Puteri, Zhazha Alfkhamulki Ramdhani, Ayu Riski Ramadani, Halniati, Bunga Aprilia, Isnawati, Rayhanna Auliya Amin, Reski Ulandari, Fajar Affan, Samsul Arifin, Agung Muhammad Takdir, Jayzul Usrah, Suritman** dan **Rizki Adiputra**. Terimakasih selalu setia untuk mendengar dan berbagikisahkehidupan perkuliahan. Terimakasih atas warna warni kehidupan selama ini. Semoga 4EVER yah.
9. Saudara tak sedarahku **Beastudi Etos Makassar** terkhusus teman angkatanku **AFFAIRS: Ummi, Risma, Mayang, Taufik, Zain, Akbar, Rizal, Ikam,**

Sofyan dan Para pembimbing angkatan setiap masanya **Kak Iful, Kak Ompi, Kak Tika dan Kak Santun.** Kalian adalah salah satu alasan saya tetap kuat 4 tahun lebih bersama saling mengenal latar belakang keluarga masing-masing, saling menguatkan dan mendukung. Terima Kasih untuk kisahnya.

10. Mentor-Mentor Karirku **Kak Rahmat** dan **Kak Zakki,** 2 orang hebat yang saya kenal tanpa pamrih berbagi ilmu dan memotivasi kami agar tepat waktu sarjana dengan persiapan yang matang dan tahu prospek diri kami.
11. Saudara seperjuangan **STATISTIKA 2016** yang tidak sempat disebutkan. Terimakasih atas bimbingan dan kebersamaannya selama ini.
12. Teman-teman yang tidak pernah bosan diganggu dan membantu **Kak Irfan, dan Samsir Aditya Ania**, Terimakasih atas segala bentuk bantuan yang diberikan kepada penulis dalam penyusunan tugas akhir ini. Serta untuk **Munawwara Cacce** terimakasih atas doa, semangat dan motivasi untuk penulis, Terima Kasih untuk cerita panjang lebar mungenai lab, asdos, senior terkeceh, semangat meneliti dan ayok wisuda bareng!
13. Semua pihak yang telah membantu secara la ngsung maupun tidak langsung dalam penyusunan Tugas Akhir ini yang tidak sempat penulis sebutkan satu per satu.

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

Makassar, 26 Januari 2021

Andi Riska Fitriani

ABSTRAK

Dunia investasi terdapat dua hal yang mendasar yang selalu menyertai yaitu tingkat keuntungan (*return)* dan risiko. Pada umumnya data *return* saham memiliki tiga karakteristik yaitu heteroskedastisitas, *fat tailedness* (excess kurtosis),dan *leverage effect*. Sehingga dapat digunakan model *generalized autoregressive conditional heteroskedasticity* (GARCH) karena dianggap dapat menangkap tiga karakteristik utama pada *return* keuangan. Penelitian ini bertujuan untuk membentuk model terbaik dan mendapatkan taksiran nilai risiko *return* investasi pada Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG). Penelitian ini menggunakan model IGARCH. Pemilihan model terbaik didasarkan pada pertimbangan signifikansi, *uji white noise* dan nilai AIC. Apabila nilai koefisien GARCH berjumlah 1 yang berarti data tidak stasioner maka model ditransformasi menjadi model IGARCH. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder berupa data IHSG pada saat harga penutupan (*closing price*) saham harian pada bulan Oktober 2014 sampai bulan April 2020. Karena pada data *financial* diduga mempunyai kecenderungan terjadinya nilai ekstrim, maka pengukuran risiko dalam penelitian ini dilakukan dengan pendekatan *Generalized Pareto Distribution (*GPD).Hasil penelitian VaR dengan menerapkan model IGARCH (1,2) dan menggunakan pendekatan GPD dalam mengukur besar nilai risiko IHSG diperoleh nilai risiko dengan tingkat kepercayaan 95% nilai VaR dengan nilai return pada waktu ke *t* memiliki perubahan yang signifikan yag artinya nilai VaR dan nilai *return* berbanding lurus pada waktu ke t. Sehingga nilai resiko *return* investasi IHSG periode mei 2020 dapat ditaksir kemungkinan kerugian rata-rata adalah 3,89% dari asset saat ini.

Kata Kunci: Risiko, GARCH, IGARCH, Value at Risk (VaR)

ABSTRACT

The investment world, there is two basic things that always accompany it, namely the level of return and risk . In general, stock return data has three characteristics , namely heteroscedasticity, fat tailedness (excess kurtosis), and the leverage effect . So that the generalized autoregressive conditional heteroscedasticity (GARCH) model can be used because it is considered to be able to capture three main characteristics of financial returns. This study aims to form the best model and obtain an estimate of the risk value of investment return to the Composite Stock Price Index (IHSG). This study uses the GARCH model. Selection of the best model is based on considerations of significance, white noise test and AIC value . if the value of the GARCH coefficient is 1 , which means the data is not stationary , the model is transformed into an IGARCH model . The data used in this study is secondary data onto the form of IHSG data onto the daily closing price of shares from October 2014 to April 2020 . Because the financial data is thought to have a tendency towards extreme values to occur , the risk measurement of this study is carried out using the Generalized Pareto Distribution (GPD) approach. The results of VaR research by applying the IGARCH model (1,2) and using the GPD approach to measuring the risk value of the IHSG obtained a risk value of a 95% confidence level , the VaR value of the return value at times t has a significant change which means the VaR value and the return value . be directly proportional to time t . So that the risk value of return to investment in the JCI in May 2020 can be estimated the average possible loss is 3.89% of current assets.

Keywords: Risk, GARCH, IGARCH, Value at Risk (VaR)

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR LAMPIRAN

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Risiko dapat didefinisikan sebagai volatilitas *outcome* yang umumnya berupa nilai dari suatu aktiva atau hutang (Ghozali, 2007). Dunia investasi hampir seluruhnya mengandung ketidakpastian atau risiko. Pengetahuan tentang risiko merupakan suatu hal yang sangat penting dimiliki oleh setiap investor maupun calon investor, untuk meminimalkan risiko yang mungkin akan diperoleh dalam proses investasi. Pada setiap investasi terdapat dua hal yang mendasar yang selalu menyertai yaitu tingkat keuntungan (*return)* dan risiko yang akan dihadapi. *Return* dan risiko mempunyai hubungan yang kuat dan linear yaitu jika risiko tinggi maka *return* juga akan tinggi atau sebaliknya (Fauziah, 2014). Untuk mengatasi kendala tersebut investor dapat memperkirakan berapa besar keuntungan yang akan diperoleh dan seberapa jauh kemungkinan hasil yang akan didapatkan (Husnan, 2009)**.**

Pada umumnya data *return* saham memiliki tiga karakteristik . Pertama heteroskedastisitas. Kedua adalah *fat tailedness* (excess kurtosis), artinya *return* keuangan sering menampilkan ekor lebih besar dari distribusi normal standar. Ketiga adalah *leverage effect,* adalah suatu keadaan dimana kondisis *bad news* dan *good news* memberi pengaruh yang tidak simetris dalam volatilitas (Dwipa.2016). Sehingga dapat digunakan model *generalized autoregresive conditional heteroskedasticity* (GARCH) karena dianggap dapat menangkap tiga karakteristik utama pada *return* keuangan (Dwipa. 2016).

Perkembangan tipe model GARCH dimulai (Engle: 1982) yang memperkenalkan ARCH untuk model heteroskedastisitas dengan melihat hubungan variansi bersyarat dari kombinasi linear kuadrat di masa lalu. Selanjutnya Bollersev (1986) memperkenalkan model GARCH sebagai pengembangan model ARCH. Model GARCH merupakan model runtun waktu yang dapat menjelaskan heteroskedastisitas pada data. Akan tetapi, model ARCH/GARCH tidak selalu dapat menangkap secara penuh adanya *unit root* dengan frekuensi tinggi, sehingga sangat sulit untuk memberikan keputusan kapan suatu pelaku saham akan memposisikan dirinya sebagai pembeli atau penjual.Selain itu model ARCH dan GARCH tidak mempertimbangkan *leverage effect* secara mendalam. Definisi *leverage effect* yaitu suatu keadaan *bad news* dan *good news* yang memberikan pengaruhasimetris terhadap volatilitas. Data dikatakan *bad news* ketika volatilitas mengalami penurunan sedangkan keadaan dikatakan *good news* ketika volatilitas mengalami kenaikan secara berkala. Francq dan Jakoian (1993) menemukan model *Integrated Generalized Autoregresive Conditional Heteroskedascticity* (IGARCH) yang dapat menutupi kelemahan model GARCH dikhususkan pada adanya *unit root* dengan frekuensi tinggi (Megawati.2020).

Pada data deret waktu keuangan diduga memiliki ekor distribusi yang gemuk *(heavy tail)* yaitu ekor distribusi turun secara lambat bila dibandingkan dengan distribusi normal (Hastaryta dan Effendie, 2006). Hal ini dapat menyebabkan peluang terjadinya nilai ekstrim yang dapat menyebabkan risiko keuangan menjadi cukup besar (Zuhara et al., 2012). Oleh karena itu, *Extreme Value Theory* (EVT) merupakan salah satu metode yang dapat dicoba untuk mengukur VaR karena metode ini mengkhususkan diri untuk data runtun waktu finansial yang memiliki ekor distribusi gemuk *(heavy tail)*. Pendekatan yang digunakan metode EVT ini adalah *Peaks-Over-Threshold* (POT) dan *Block-Maxima (BM)*. Pada metode *Block-Maxima* merupakan metode klasik dalam EVT yang mengidentifikasikan nilai ektsrim berdasarkan nilai maksimum dari data observasi yang dikelompokkan berdasarkan periode tertentu. Metode ini akan mengikuti distribusi *Generalized Extreme Value* (GEV)(Gilli, M. *et al* 2006). Pada metode POT mengidentifikasi nilai ekstrim dengan cara menentukan nilai ambang (*threshold*). Pemilihan *threshold* dilakukan sedemikian sehingga data yang berada di atas *threshold* tersebut 10% dari keseluruhan data yang telah diurutkan dari terbesar hingga terkecil (Tsay, 2005). Data yang melebihi nilai ambang tersebut merupakan nilai ekstrim.

Para investor menyadari bahwa dalam berinvestasi mereka harus mengukur sumber-sumber risiko setepat mungkin sehingga risiko dapat terkontrol dan terminimalisir menggunakan konsep manajemen risiko.Salah satu alat analisis manajemen risiko adalah *Value at Risk* (VaR) **(**Zumrohtuliyosi, 2015**).**Metode VaR dikembangkan pada tahun 1996 dalam pengukuran resiko (JP Morgan:1996). Pada masa selanjutnya penggunaan metode ini sangat luas untuk mengukur berbagai jenis risiko karena selain untuk mengukur risiko atas aset tunggal juga bisa digunakan untuk mengukur risikoatas aset dalam suatu portofolio. Metode VaR merupakan suatu metode pengukuran risiko yang secara statistik mengestimasi kerugian maksimum yang mungkin terjadi atas suatu portofolio pada tingkat kepercayaan (*confidence level*) tertentu (Best,1998)

Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya Zuhara *et al* (2012) membahas Penggunaan Metode VaR dalam Analisis Risiko Investasi Saham dengan menggunakan Pendekatan *Generalized Pareto Distribution* (GPD). Febriana (2014) memodelkanVaR Menggunakan Model *Integrated Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity* (IGARCH),. Zumrohtuliyosi *et al* (2015) menentukan VaR yang diterapkan pada saham kimia farma pusat melalui pendekatan distribusi pareto terampat. Inrookuttafkiroh (2017) menggunakan Risiko Investasi Saham Syariah Menggunakan Metode *VaR-Generalized Autoregressive Conditional heteroskedasticity* (VaR-GARCH) dengan Pendekatan *Generalized Pareto Distribution (*GPD), dan pada penelitian tersebut menyarankan untuk menggunakan beberapa model lain. Oleh karena itu pada penelitian ini, akan dikaji model IGARCH dengan pendekatan *Peaks-Over Threshold* (POT), sehingga distribusi yang dihasilkan adalah Distribusi Pareto Terampat (*Generalized Pareto Distribution*) disingkat GPD (Tsay, 2005). Pada tugas akhir ini, peneliti ingin mengetahui besar risiko penanaman pada Indeks Harga Saham Gabungan periode Oktober 2014 – April 2020. Oleh karena itu, peneliti mengambil judul "Analisis Nilai Risiko Pada Indeks Harga Saham Gabungan Menggunakan Metode *Integrated Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity* (IGARCH)"

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka masalah yang akan dikaji pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana model IGARCH dalam menganalisis risiko investasi?
2. Bagaimana menaksir besarnya nilai resiko *return* investasi pada Indeks Harga Saham Gabungan periode Mei 2020?

1.3 Batasan Masalah

Pembatasan masalah perlu dilakukan dengan tujuan agar pokok permasalahan yang diteliti tidak terlalu melebar dari yang sudah ditentukan. Dalam penelitian ini batasan masalahnya adalah menganalisis Nilai Risiko Indeks Harga saham Gabungan Oktober 2014 – April 2020 yang bersifat heteroskedastisitas dengan pendekatan *Generalized Pareto Distribution.*

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan dan pertanyaan yang diajukan, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Membentuk model terbaik IGARCH untuk menganalisis nilai risiko suatu investasi.
2. Mendapatkan taksiran besarnya nilai risiko *return* investasi pada Indeks Harga saham Gabungan periode Mei 2020.

1.5 Manfaat Penelitian

Peneliti mengharapkan penelitian ini berguna bagi pihak yang membutuhkan diantaranya:

1. Bagi investor

   Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat dijadikan masukan terhadap investor dalam mengambil keputusan investasi.
2. Bagi fakultas

   Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai bahan tinjauan pustaka yang berguna bagi setiap pihak yang memerlukan.
3. Bagi mahasiswa dan peneliti

a. Sebagai salah satu syarat kelulusan mencapai derajat sarjana S1.
b. Sebagai bahan informasi dan pengembangan selanjutnya.
c. Sebagai salah satu bahan pengetahuan mengenalisis risiko investasi menggunakan metode IGARCH dengan pendekatan GPD.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Investasi dan Saham

Investasi adalah komitmen atas sejumlah dana atau sumber daya lainnya yang dilakukan pada saat ini, dengan tujuan memperoleh sejumlah keuntungan dimasa datang (Tendelilin, 2001). Jogiyanto (2003), menyatakan investasi dapat didefinisikan sebagai penundaan konsumsi sekarang untuk digunakan dalam produksi yang efesien selama periode waktu tertentu, Sedangkan menurut Sukirno (2003) dalam jogiyanto menyebutkan kegiatan investasi yang dilakukan oleh masyarakat secara terus menerus akan meningkatkan kegiatanekonomi dan kesempatan kerja, meningkatkan pendapatan nasional dan meningkatkan taraf kemakmuran masyarakat.Istilah investasi bisa berkaitan dengan berbagai macam aktivitas. Umumnya investasi dikategorikan dua jenis yaitu *real assets* dan *financial assets*. Adapun yang dimaksud dengan *real assets* melibatkan asset berwujud seperti tanah, bangunan, dan mesin. dan *financial assets* atau aset keuangan merupakan dokumen (surat-surat) klaim tidak langsung, misalnya saham. Saham merupakan sertifikat bukti kepemilikan sebuah perusahaan. (Zubir, Z. 2011). Seseorang terlibat dalam jual beli saham tidak terlepas dari adanya keuntungan yang diperoleh dari saham tersebut. Adapun nilai keuntungan dari saham ini ditandai dengan besarnya nilai *return* yang diperoleh.

2.2 *Return*

Ghozali (2007), menuliskan *return* adalah pendapatan yang akan diterima jika menginvestasikan uang pada suatu aktiva finansial (saham, obligasi) atau aktiva rill (property, tanah). *Return* suatu saham merupakan hasil yang diperoleh dari investasi dengan cara menghitung selisih harga saham periode berjalan dengan periode sebelumnya yang mengabaikan deviden, nilai *return* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (Tsay 2005):

$$x_t = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}} \tag{2.1}$$

Dimana:

x_t : *Return*

P_t : Harga saham pada waktu ke-*t*

P_{t-1} : Harga saham pada waktu ke –(*t-1*)

2.3 Stasioneritas

Stasioner berarti bahwa tidak terdapat perubahan drastis pada data. Fluktuasi databerada di sekitar suatu nilai rata-rata yang konstan, tidak tergantung pada waktudan variansi dari fluktuasi tersebut (Wei, 2006).

Stasioneritas dibagi menjadi 2 yaitu:

1. Stasioner dalam rata-rata

   Stasioner dalam rata-rata adalah fluktuasi data berada di sekitarsuatunilai rata-rata yang konstan, tidak bergantung pada waktu dan variansi dari fluktuasi tersebut. Dari bentuk plot data seringkali dapat diketahui bahwa data tersebut stasioner atau tidak stasioner

2. StasionerdalamVariansi

   Sebuah data *time series* dikatakan stasioner dalam variansi apabila struktur Dari waktu ke waktu mempunyai fluktuasi data yang tetap atau konstan dan tidak berubah-ubah. Secara visual untuk melihat hal tersebut dapat dibantu dengan menggunakan plot *time series*, yaitu dengan melihat fluktuasi data dari waktu ke waktu.

2.4 Fungsi Autokerelasi dan Fungsi Autokorelasi Parsial

Dalam metode time series, alat utama untuk mengidentifikasi model dari data yang akan diramalkan menggunakan fungsi autokorelasi /*Autocorrelation Function* (ACF) dan fungsi autokorelasi parsial / *Partial Autocorrelation Function* (PACF).

2.4.1 Fungsi Autokorelasi

Menurut Wei (2006) pada fungsi autokorelasi (ACF), ρ_k merupakan ukuran korelasi antara dua nilai $x_t$dan x_{t+k} dengan jarak *k*bagian atau disebut koefisien korelasi pada *lag k*.untuk $x_t$yang stasioner memiliki nilai rata-rata

$E(x_t) = \mu$ dan variansi $Var(x_t) = E(x_t - \mu)^2 = \sigma^2$adalah konstan. Autokovarian antara $x_t$dan x_{t+k}adalah sebagai berikut:

$$\gamma = Cov(x_t, x_{t+k}) = E(x_t - \mu)(x_{t+k} - \mu)$$

Dan korelasi antara x_t dan x_{t+k} didefinisikan sebagai

$$\rho_k = \frac{Cov(x_t, x_{t+k})}{\sqrt{Var\,(x_t) Var(x_{t+k})}} = \frac{\gamma_k}{\gamma_0} \qquad (2.2)$$

Pada analisa *time series*,γ_k disebut sebagai fungsi autokovarian dan ρ_k disebut sebagai fungsi autokorelasi yang merupakan ukuran keeratan antara $x_t$dan x_{t+k} dari proses yang sama yang hanya dipisahkan oleh selang waktu ke-*k*.

pada dasarnya fungsi autokorelasi tidak mungkin dihitung dari populasi, sehingga fungsi autokorelasi dihitung sesuai dengan sampel pengambilan data dan dirumuskan sebagai berikut:

$$\rho_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k}(x_t - \bar{x})(x_{t+k} - \bar{x})}{\sum_{t=1}^{n}(x_t - \bar{x})^2}, k = 0,1,2.. \qquad (2.3)$$

Dengan,

ρ_k : Koefisien autokorelasi pada *lag k*

x_t : data pengamatan pada waktu ke-*t*

$\bar{x}$: rata-rata data pengamatan

Dengan $\bar{x} = \sum_{t=1}^{n} \frac{x_t}{n}$ adalah rata-rata sampel

Nilai ρ_k yang mendekati $\pm$ 1 mengidentifikasikan adanya korelasitinggi, sedangkan ρ_k yang mendekati nol akan mengidentifikasikan adanya hubungan yang lemah. Diagram ACF dapat digunakan sebagai alat untuk mengidentifikasi kestasioneran data. Jika diagram ACF cenderung turun lambat atau turun secara linear, maka dapat disimpulkan data belum stasioner dalam rata-rata.

2.4.2 Fungsi Autokorelasi Parsial

Fungsi autokorelasi parsial (PACF) adalah suatu fungsi yang menunjukkan besarnya korelasi parsial antara pengamatan pada waktu *t*dengan pengamatan pada waktu-waktu sebelumnya. Autokorelasi parsial digunakan untuk mengukur tingkat keeratan (*association*) antarax_t dan x_{t+k} apabila pengaruh dari *time lag* 1, 2, 3, ... , dan seterusnya sampai $k-1$ dianggap terpisah. Rumus autokorelasi parsial adalah:

$$\emptyset_{kk} = corr(x_t\ ,x_{t+k}|x_{t+1},\dots,x_{t+k-1})$$

Nilai$\emptyset_{kk}$dapat ditentukan melalui persamaan Yule Walker sebagai berikut:

$$\rho_i = \emptyset_{k1}\rho_{j-1} + \cdots + \emptyset_{kk}\rho_{j-k}, j = 1,2,\dots,k-1$$

Durbin pada tahun 1960 telah memperkenalkan metode yang lebih efisien untuk menyelesaikan persamaan Yule Walker (Aswi, 2006), yaitu:

$$\emptyset_{kk} = \frac{\rho_k - \sum_{j=1}^{k-1}\emptyset_{k-1},j\rho_{k-j}}{1-\sum_{j=1}^{k-1}\emptyset_{k-1},j\rho_j} \qquad (2.4)$$

Dimana $\emptyset_{kk} = \emptyset_{k-1,j} - \emptyset_{kk}\emptyset_{k-1,k-j,}$ untuk $j = 1,2,\dots,k-1$.

2.5 Model Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)

Secara umum model $ARIMA(p,d,q)$ untuk suatu data $time\ series\ x$ adalah sebagai berikut (Prankratz, 1983:99):

$$\phi\ \mathrm{B}\ (1-\mathrm{B})^{\mathrm{d}} x_t = \theta\ (B)\varepsilon_t \sim (0,\sigma_t^2\ ) \qquad (2.5)$$

persamaan (2.5) dapat ditulis menggunakan operator $B\ (backshift)$, menjadi:

$$1-\mathrm{B}^{\mathrm{d}}\ 1-\phi_1 B-\phi_2 B^2 - \ \dots - \ \phi_p B^p x_t$$
$$= (1+\theta_1 B + \theta_2 B^2 + \ \dots + \theta_q B^q)\varepsilon_t$$

Sehingga diperoleh

$$1-\mathrm{B}^{\mathrm{d}}\ x_t - \phi_1 x_{t-1} - \phi_2 x_{t-2} - \cdots - \ \phi_p x_{t-p}$$
$$= \varepsilon_t\ + \theta_1\varepsilon_{t-1} + \ \theta_2\varepsilon_{t-2} + \cdots + \theta_q\varepsilon_{t-q}$$

Dengan,

x_t	: data pengamatan pada waktu ke-t
B	: operator *backshift*
$(1-\mathrm{B})^{\mathrm{d}}X_t$	: *time series* yang stasioner pada pembedaan ke-*d*
ε_t	: nilai *error* pada waktu ke-*t*
p	: order *AR*

d :order pembedaan

q :order *MA*

Apabila pembedaan pertama dilakukan terhadap model agar menjadi stasioner, maka model menjadi ARIMA *(1,1,1)* didefinisikan sebagai berikut:

$$1 - B\ 1 - \phi_1 B\ X_t = (1 + \theta_1 B)\ \varepsilon_t \qquad (2.6)$$

2.6 Pengujian Diagnostik Model

Pemeriksaan diagnostic dapat dibagi dalam dua bagian yaitu uji kesignifikanan parameter dan uji kesesuaian model (meliputi uji asumsi white noise dan distribusi normal). Pengujian kesignifikanan parameter dengan uji t, pengujian tentang asumsi sisa (residual), Pengujian white noise dengan uji *Ljung-Box*.

2.6.1 Uji Signifikansi Parameter

Model yang baik dapat menggambarkan suatu kejadian adalah model yang salah satunya menunjukkan bahwa penaksiran parameternya signifikan berbeda dengan nol. Secara umum, misalkan θ adalah suatu parameter pada model dan $\hat{\theta}$adalah nilai taksiran dari parameter tersebut, serta SE($\hat{\theta}$) adalah standar error dari nilai taksiran $\hat{\theta}$,maka uji kesignifikanan parameter dapat dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

Hipotesis:

$$H_0 : \hat{\theta} = 0 \text{ (parameter tidak signifikan)}$$

$$H_1 : \hat{\theta} \neq 0 \text{ (parameter signifikan}$$

Statistik uji : $t_{hiting} = \frac{\theta}{\mathrm{SE}(\hat{\theta})}$ (2.7)

Kriteria uji:

Tolak H0 jika $|thit|$ >$t\ \alpha/2$;$df = n - n_p$, n_p= banyaknya parameter atau tolak H0 jika p-$value$ < α.

2.6.2 Uji *residual white noise*

Residual dari suatu model dikatakan telah *white noise* apabila antar *residual* saling independen. Pengujiannya adalah sebagai berikut (Wei, 2006).

Hipotesis:

$$H_0: \rho_1 = \rho_2 = \cdots = \rho_k = 0$$

$$H_1\text{:minimal ada satu } \rho_k \neq 0 \; (k = 1,2, \dots, k)$$

Statistik uji *Ljung-Box* :

$$Q = n\,(n+2) \sum_{j=1}^{k} \frac{\hat{\rho}^2_{at,at+j}}{(n-j)} \sim x^2_{(a;k-(p+q))} \qquad (2.8)$$

Dengan,

n : ukuran sampel

k : banyaknya *lag* yang diuji

$\hat{\rho}^2_{at,at+j}$: autokorelasi *residual* pada *lag* ke-*j*

p :orde model AR

q : orde model MA

Kriteria uji:

Tolak H_0 jika paling sedikit ada satu $Q > x^2_{(a;k-(p+q))}$ atau $p - value < \alpha$ yang memiliki arti bahwa residual tidak *white noise*.

2.7 Uji *Lagrange-Multiplier*

Model ARCH dan GARCH digunakan apabila varian dalam model terdapat varian yang tidak konstan (*heteroscedasticity).* Untuk mengecek ada tidaknya efek ARCH, dapat dilakukan menggunakan statistic uji *Lagrange-Multiplier* (LM) yang dikenalkan oleh Engle (Tsay,2002).

Hipotesis:

H_0 : $\alpha_1 = \cdots = \alpha_k = 0$ (tidak ada efek ARCH/GARCH dalam *residual* sampai lag ke-*k).*

H_1: minimal ada satu I dengan $\alpha_i \neq 0, i = 1,2, \dots, k$(ada efek ARCH/GARCH dalam *residual* sampai lag ke-*k)*

Taraf Signifikan :α

Statistik uji didefinisikan sebagai :

$$LM = TR^2 \sim x^2_{(\alpha/2,k)} \tag{2.9}$$

Dimana $R^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(\hat{x}_i - \bar{x})^2}{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}$, dengan, T menyatakan Jumlah kuadrat *residual* dalam regresi, R^2 adalah $r - square$

kriteria uji:

Tolak H_0 jika nilai probabilitas LM>$x^2_{(\alpha/2,k)}$ atau p-value<α yang berarti terdapat efek ARCH-GARCH dalam *residual*.

2.8 Model GARCH

Model yang dapat digunakan untuk mengatasi variansi *error* yang tidak konstan dalam data deretwaktu financial adalah model *Autoregressive Conditional Heteroscedasticity* (ARCH) yang diperkenalkan pertama kali oleh Engle Model GARCH *(p,q)* dikembangkan oleh Bollerslev (1986) merupakan pengembangan dari model ARCH*(p).* Model ini dibangun untuk menghindari orde yang terlalu tinggi pada model ARCH*(p)* dengan berdasar pada prinsip parsimoni atau memilih model yang lebih sederhana, sehingga akan menjamin variansinya selalu positif (Enders, 1995:147). Menurut Tsay (2005:132) untuk sebuah *log return* series x_t,dari $\varepsilon_t = x_t - \mu_t$, pengembangan dari waktu *t*. maka ε_t dikatakan mengikuti model GARCH*(p,q)* jika:

$$\varepsilon_t = \sigma_t x$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \cdots + \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 + \cdots + \beta_j \sigma_{t-j}^2 \tag{2.10}$$

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

Dengan,

σ_t^2 : variansi dari *residual* pada waktu ke-*t*

α_0: komponen konstanta

α_i : parameter ke-*I* dari ARCH

ε_{t-i}^2: kuadrat dari *residual* pada waktu ke-(*t-i)*

β_j : parameter ke-*j* dari GARCH

σ_{t-j}^2:variansi dari *residual*pada waktu ke (*t-j)*

Dimana,

$x_t \sim i.i.d\ \ (independent\ and\ identically\ distributed) N(1,0), \alpha_0 > 0,$ dan $\alpha_i \geq 0$ untuk $\beta_j \geq 0$.dan $\sum_{i=1}^{\max(p,q)} (\alpha_i + \beta_j) < 1$ agar model bersifat stasioner. Persamaan variansi yang memenuhi persamaan GARCH *(p,q)* menghubungkan antara variansi *residual* pada waktuke-*t* dengan variansi *residual* pada waktu sebelumnya.

2.9 Pemodelan IGARCH

Model IGARCH digunakan apabila AR polynomial dari representasi GARCH pada persamaan (2.10) terdapat *unit root* yaitu dipenuhi kondisi:

$$\sum_{i=1}^{p} \alpha_i + \sum_{j=1}^{q} \beta_j = 1 \tag{2.11}$$

Dengan demikian model IGARCH adalah model GARCH dari *unit root.* Menurut Francq dan Zakoian (2010) bentuk umum model IGARCH*(p,q)* sebagai berikut:

$$\varepsilon_t = \sigma_t x_t$$
$$\sigma_t^2 = \sum_{i=1}^{p} \alpha_i\, \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^{q} \beta_j\, \sigma_{t-j}^2 \tag{2.12}$$

Dengan,

σ_t^2 : variansi dari *residual* pada waktuke-*t*

α_i : parameter ke-*i*dari ARCH

ε_{t-i}^2: kuadrat dari *residual* pada waktu ke-(*t-i)*

β_j : parameter ke-*j* dari GARCH

σ_{t-j}^2:variansi dari *residual* pada waktuke (*t-j)*

Untuk, $x_t \sim i.i.d\ N(1,0), \alpha_i > 0$ untuk $\beta_j > 0$ dan $\sum_{i=1}^{\max(p,q)} (\alpha_i + \beta_j) = 1$. Parameter yang akan diestimasi adalah α_i, dan β_j. Jumlah parameter α_i, dan

β_j sama dengan satu merupakan syarat yang menenjukkan bahwa parameter yang akan diestimasi memiliki masalah ketidakstasioneran.

Mirip dengan model ARIMA, kunci utama dari IGARCH adalah adanya dampak kuadrat *residual* dari masa lalu $\eta_{t-i} = \varepsilon_{t-i}^2 - \sigma_{t-i}^2$ untuk $i > 0$ di ε_t^2 tetap ada. (Tsay.2005). maka diperoleh model IGARCH(1,1) dengan kasus nilai konstanta bernilai nol.

$$\varepsilon_t = \sigma_t x_t$$

$$\sigma_1^2 = (1 - \beta_1)\varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 \tag{2.13}$$

Untuk $0 < \beta_1 < 1$

2.10 Pemilihan Model Terbaik

Salah satu kriteria untuk menentukan model terbaik adalah *Akaike Information Criterion* (AIC). Dengan AIC, model terbaik dipilih dengan mempertimbangkan jumlah parameter dalam model. AIC mampu menunjukkan seberapa tepat model tersebut dengan data yang dimiliki secara mutlak. AIC didefinisikan oleh:

$$AIC = 2f - 2\ln L(\hat{\theta}) \tag{2.14}$$

dimana $L(\hat{\theta})$ adalah nilai *likelihood* dan *f* adalah jumlah parameter (Ilmi, 2015).

Besarnya nilai AIC sejalan dengan nilai devians dari model. Nilai devians akan semakin kecil apabila rasio antara fungsi *likelihood* di bawah H_0 dengan fungsi *likelihood* di bawah populasi semakin besar. Hal ini mengindikasi bahwa parameter yang diuji semakin mendekati nilai parameter populasi yang sebenarnya yang berarti estimasi model semakin baik. Oleh karena itu, model terbaik adalah dengan AIC terkecil sekaligus dengan devians terkecil pula.

2.11 Ukuran Ketepatan Motode Peramalan

Ukuran ketepatan metode peramalan dilakukan untuk mengukur ketepatan suatu metode peramalan berdasarkan kesalahan dari peramalan tersebut. *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) digunakan untuk memilih metode terbaik dan mengetahui ketepatan dalam melakukan peramalan. Adapun rumus MAPE adalah:

$$MAPE = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}|PE_t| \tag{2.15}$$

dengan n adalah banyaknya periode dan PE_t adalah kesalahan presentase:

$$PE_t = \left(\frac{R_t - F_t}{R_t}\right)x100\%$$

dimana:

R_t : observasi pada periode ke *t*

F_t : Ramalan pada periode ke *t*

Semakin kecil nilai MAPE maka nilai taksiran semakin mendekati dengan nilai yang sebenarnya, atau dengan kata lain metode yang dipilih merupakan metode yang terbaik. Sebuah metode mempunyai kinerja sangat bagus apabila nilai MAPE berada di bawah 10% dan mempunyai kinerja bagus jika berada diantara 10% dan 20% (Pusparinda, 2017).

2.12 Metode *Peaks Over Throshold* (POT)

Extreme *Value Theory*(EVT) secara luas digunakan dalam upaya menaksir terjadinya nilai ekstrem dalam reliabilitas, asuransi, hidrologi, klimatologi dan ilmu lingkungan. Dalam kaitannya dengan manajemen risiko, EVT dapat meramalkan terjadinya kejadian ekstrem pada data berekor gemuk yang tidak dapat dilakukan dengan pendekatan tradisional lainnya.

Metode POT merupakan suatu metode EVT yang mengidentifiksikan nilai ekstrem dengan menggunakan patokan atau *threshold* (u). Data yang melebihi nilai *threshold* akan didentifikasikan sebagai nilai ekstrem. Metode ini mengaplikasikan teorema *Picklands-Dalkema-De Hann* yang menyatakan bahwa semakin tinggi *threshold,* maka distribusinya akan mengikuti Generalized Distribution Pareto (GPD). *Cumulative density function* (cdf) dari GPD adalah sebagai berikut (McNeil,A.J.1999).

$$G_{\xi,\vartheta}(x) = \begin{cases} 1-(1+\frac{\xi x}{\vartheta})^{-\frac{1}{\varepsilon}} & jika\, \xi \neq 0 \\ 1-\exp\ (-\frac{x}{\vartheta}) & jika\ \xi = 0 \end{cases} \tag{2.16}$$

Dan *probability density function* (pdf) untuk GPD adalah :

$$g_{\xi,\vartheta}(x) = \begin{cases} \frac{1}{\vartheta}(1 + \frac{\xi x}{\vartheta})^{-1-\frac{1}{\varepsilon}} & jika\ \xi\ \neq 0 \\ \frac{1}{\vartheta}\exp\ (-\frac{x}{\vartheta}) & jika\ \xi = 0 \end{cases} \tag{2.17}$$

Dengan :

$\vartheta > 0$dan $x\ \geq 0$ jika $\xi\ \geq 0$

$0\ \leq x \leq\ -\frac{\vartheta}{\xi}$jika $\varepsilon\ < 0$

$\xi\ =$parameter bentuk dari distribusi (*shape)*

ϑ= parameter skala (*scale)*

Nilai parameter bayangan (*shape)* pada distribusi GPD dapat dibedakan menjadi tiga tipe, yaitu distribusi eksponensial (jika nilai $\xi\ \neq 0$); distribusi pareto (jika nilai $\xi > 0$); dan distribusi pareto tipe II (jika nilai $\xi < 0$).Dari ketiga tipe distribusi tersebut, distribusi pareto memiliki ekor yang paling berat *(heavy tailed*).

2.13 Penentuan Nilai Threshold dan Nilai Ekstrim

Gilli dan Kellezi (2003) menyebutkan metode POT lebih efisien penentuan nilai-nilai ekstrim dengan mengambil seluruh nilai yang melebihi ambang batas u sebagai nilai maksimum. Nilai ambang batas u harus ditentukan secara cermat.Dampak yang ditimbulkan jika terjadi ketidakakuratan nilai ambang batas dapat menyebabkan ragam yang besar dan penduga yang bias. Jika ambang batas u terlalu tinggi akibatnya adalah kurangnya data untuk menduga model, sehingga menghasilkan ragam yang besar. Sebaliknya, jika ambang batas u terlalu rendah maka data ekstrim yang diperoleh akan menghasilkan penduga yang bias (Mallor dkk., 2009). Metode yang lebih mudah untuk digunakan adalah metode kuantil 10%. Meskipun metode kuantil ini lebih mudah dan praktis, namun penentuan ambang batas yang dihasilkan cukup akurat. Tahapan dalam menentukan kuantil 10% menurut Chavez dan Embrechts (2002) dalam Sari dan Sutikno (2013) adalah sebagai berikut:

1. Mengurutkan seluruh data pengamatan dari nilai terbesar kenilai terkecil.

2. Menghitung banyak data yang melebihi ambang batas$u$ dengan rumus $n = 10\% \times N$ dengan N adalah total data pengamatan. Data yang berada pada urutan 1 sampai n merupakan data ekstrim.
3. Menentukan nilai ambang batas u dengan rumus $u = n + 1$. Sehingga data yang berada pada urutan ke-$(n + 1)$ merupakan nilai ambang batas u.

2.14 Uji *Kolmogorov Simornov*

Uji *Kolmogorov Smirnov* digunakan untuk menguji distribusi data ekstrim. Tujuannya untuk mengetahui apakah data tersebut telah mengikuti distribusi GPD.

Hipotesis:

$H_0 =$ Variabel respon berdistribusi GPD

$H_1 =$ Variabel respon tidak berdistribusi GPD

Taraf Signifikan :$\alpha = 0.05$

Statistik uji didefinisikan sebagai :

$$D_{hitung} = Max[D^+, D^-] \tag{2.18}$$

Dimana

$$D^+ = Max_{i=1,2..,n}\left[\frac{i}{n} - F(x_i)\right]$$

Dan,

$$D^- = Max_{i=1,2..,n}\left[F(x_i) - \frac{(i-1)}{n}\right]$$

Dengan $F(x_i)$ adalah fungsi distribusi kumulatif. Nilai D berdasarkan pada nilai maksimum antara D^+ dan D^-. (Thode, 2002).

Kriteria uji:

Tolak H_0 jika $D_{hitung} > D_{tabel}$ atau $p - value < \alpha$ yang memiliki arti bahwa variabel respon tidak berdistrinusi GPD.

2.15 Estimasi Parameter

Menurut Byrne (1998), *Maximum Likelihood* (ML) merupakan penduga terbaik yang memiliki sifat tak bias dan ragam minimum. Metode ini akan menghasilkan estimasi parameter terbaik (*unbiased*) apabila data yang digunakan memenuhi asumsi *multivariate normality*. Misalkan terdapat $y_1, y_2, \dots, y_n$ dari suatu populasi yang memiliki fungsi proabilitas $(y; p); p \in \Omega$, dimana p merupakan suatu parameter yang tidak diketahui dan Ω adalah ruang parameter. Karena $y_1, y_2, \dots, y_n$ adalah sampel acak maka fkp bersama dari $y_1, y_2, \dots, y_n$ adalah:

$$f(y_1, y_2, \dots, y_n, p) = f(y_1; p) f(y_2; p) \dots f(y_n; p) \qquad (2.19)$$

Berdasarkan Hogg and Craig (1995), fungsi *likelihood* didefinisikan sebagai fkp bersama. Misalkan fungsi *likelihood* dinotasikan sebagai $L(\theta; y_1, y_2, \dots, y_n) = L(\theta)$ sehingga

$$\begin{aligned} L(\theta) &= f(y_1, y_2, \dots, y_n; p) \\ &= f(y_1; p) f(y_2; p) \dots f(y_n; p) \\ &= \prod_{i=1}^{n} f(y_i; p) \end{aligned} \qquad (2.20)$$

Dalam metode *maximum likelihood* estimation (MLE), penduga dari p diperoleh dengan memaksimumkan fungsi likelihood. Mencari penduga dari p yang dengan memaksimunkan fungsi $\ln L(p)$. Jadi penduga dari p dapat diperoleh dengan mencari solusi dari persamaan berikut:

$$\frac{\partial l(\theta)}{\partial \theta} = 0$$

2.16 Metode Newton-Rapshon

Metode Newton-Raphson adalah proses iterasi yang dilakukan dalam metode numerik yang dapat digunakan untuk mencari solusi atau pemecahan suatu persamaan. Proses iterasi adalah suatu teknik penghampiran yang dilakukan secara berulang-ulang, dimana setiap pengulangan disebut iterasi. Pada umumnya para ahli statistik sering menggunakan metode Newton-Raphson untuk menghampiri nilai parameter dari suatu persamaan (Yendra, 2010)

Persamaan umum Newton-Rapshon adalah sebagai berikut:

$$\theta_{i+1} = \theta_i - H^{-1}(\theta_i)g(\theta_i) \tag{2.21}$$

Dengan:

θ_{i+1} dan θ_i: Vektor parameter pada iterasi ke i+1 dan ke i

$H^{-1}(\theta_i)$: Matriks informasi yang berisi negative ekspektasi dari turunan ke dua ln-*likelihood* terhadap θ_i.

$g(\theta_i)$: Vektor gradient dari turunan pertama ln-*likelihood* terhadap θ_i.

Iterasi tersebut berhenti pada saat keaadaan konvergen, yaitu saat;

$$|\theta_{i+1} - \theta_i| \leq \varepsilon$$

Dengan ε adalah nilai bilangan positif kecil yaitu $\varepsilon = 0.0001$.

2.17 Value at Risk (VaR)

VaR adalah suatu statistik yang mengukur besar risiko berdasarkan posisi saat ini. Var merupakan metode untuk menilai risiko menggunakan teknik statistik standar yang rutin digunakan di bidang teknik lainnya (Jorion p,2001).VaR merupakan q% quantil dari distribusi nilai total loss, persamaan umum dari VaR yaitu :

$$VaR_{q\%} = F^{-1}(q\%) \tag{2.22}$$

Dengan F adalah fungsi distribusi kumulatif (cdf) dari nilai total loss, dan F^{-1} merupakan invers dari F. Jika F(x) adalah distribusi nilai total loss x dan u merupakan nilai *threshold*, maka nilai *Excess Over Threshold* (EOT) adalah x-u. Dalam hal ini hanya kondisi dengan x > u, yaitu EOT positif yang diperhatikan. Maka distribusi untuk EOT adalah:

$$F_u(y) = \frac{P\{X-u \leq y | X>u\}}{P\{X>u\}} = \frac{F(y+u)-F(u)}{1-F(u)} \tag{2.23}$$

Atau dapat ditulis dengan:

$$F(y+u) = [1-F(u)][F_u(y)] + F(u) \tag{2.24}$$

$F_u(y)$pada persamaan (2.22) akan terdistribusi secara GPD, sehingga nantinya akan dipenuhi fungsi sebagai berikut:

$$F_u(y) = \begin{cases} 1-(1+\frac{\xi y}{\vartheta})^{-\frac{1}{\xi}} & jika\ \xi \neq 0 \\ 1-\exp\left(-\frac{y}{\vartheta}\right) & jika\ \xi = 0 \end{cases}$$

Untuk nilai *threshold* yang sangat besar, maka $F(u)$ akan mendekati $\frac{n-N_u}{n}$ dengan n merupakan banyaknya semua poin data nilai total loss dan N_u adalah banyaknya data yang berada di atas *threshold*. Sehingga persamaan (2.23) dapat diuraikan sebagai berikut :

$$F(x) = 1-\frac{N_u}{n}(1+\xi\frac{x-u}{\vartheta})^{-\frac{1}{\xi}} \tag{2.25}$$

Dengan probabilitas $q > F(u)$maka perhitungan VaR didapatkan dengan melakukan invers terhadap persamaan (2.24), Perhitungan VaR untuk GPD adalah sebagai berikut (McNeil,A.J.1999):

$$\widehat{VaR}_q = u + \frac{\hat{\vartheta}}{\xi}\left(\left(\frac{n}{N_u}(1-q)\right)^{-\xi} - 1\right) \tag{2.26}$$

Dengan:

u : *threshold*

ξ : parameter bentuk dari distribusi (*shape)*

ϑ : paremeter skala (*scale)*

n :banyaknya pengamatan

N_u:banyaknya pengamatan di atas *threshold*

Var dinamik GPD untuk dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (McNeil,A.J.1999):

$$VaR_t = \hat{\mu}_t + \hat{\sigma}_t\widehat{VaR}_q \tag{2.27}$$

Dengan $\hat{\mu}_t$ merupakan *expected return* dan $\hat{\sigma}_t$ adalah standar deviasi dari model IGARCH.