

**PENDEKATAN *MINIMUM VARIANCE QUADRATIC UNBIASED ESTIMATION* DALAM ANALISIS
REGRESI DATA PANEL DENGAN PENDUGAAN
KOMPONEN GALAT DUA ARAH MENGGUNAKAN
METODE *BIGGERS***

SKRIPSI



ANDI ATIRAH ARUMTIWI

H051201048

**PROGRAM STUDI STATISTIKA DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
FEBRUARI 2024**

PENDEKATAN *MINIMUM VARIANCE QUADRATIC UNBIASED ESTIMATION* DALAM ANALISIS REGRESI DATA PANEL DENGAN PENDUGAAN KOMPONEN GALAT DUA ARAH MENGGUNAKAN METODE *BIGGERS*

SKRIPSI

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

ANDI ATIRAH ARUMTIWI

H051201048

**PROGRAM STUDI STATISTIKA DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
FEBRUARI 2024**

LEMBAR PERNYATAAN KEOTENTIKAN

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

Pendekatan *Minimum Variance Quadratic Unbiased Estimation* dalam Analisis Regresi Data Panel dengan Pendugaan Komponen Galat Dua Arah Menggunakan Metode *Biggers*

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

Makassar, 13 Februari 2024



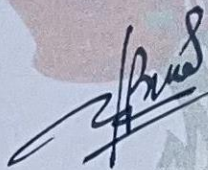
Andi Atirah Arumtiwi
NIM H051201048

PENDEKATAN *MINIMUM VARIANCE QUADRATIC UNBIASED ESTIMATION* DALAM ANALISIS REGRESI DATA PANEL DENGAN PENDUGAAN KOMPONEN GALAT DUA ARAH MENGGUNAKAN METODE *BIGGERS*

Disetujui Oleh:

Pembimbing Utama

Pembimbing Pertama



Drs. Raupong, M.Si.
NIP.19621015 198810 1 001



Siswanto, S.Si., M.Si.
NIP.19920107 201903 1 012

Ketua Program Studi



Dr. Anna Islamiyati, S.Si., M.Si.
NIP.19770808 200501 2 002

Pada 13 Februari 2024

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Andi Atirah Arumtiwi

NIM : H051201048

Program Studi : Statistika

Judul Sripsi : Pendekatan *Minimum Variance Quadratic Unbiased Estimation* dalam Analisis Regresi Data Panel dengan Pendugaan Komponen Galat Dua Arah Menggunakan Metode *Biggers*

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Statistika pada Program Studi Statistika Departemen Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

DEWAN PENGUJI

1. Ketua : Drs. Raupong, M.Si. (.....)
2. Sekretaris : Siswanto, S.Si., M.Si. (.....)
3. Anggota : Sri Astuti Thamrin, S.Si., M.Stat., Ph.D. (.....)
4. Anggota : Dra. Nasrah Sirajang, M.Si. (.....)

Ditetapkan di : Makassar

Tanggal : 13 Februari 2024

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* atas segala rahmat, taufik, karunia dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat serta salam tidak lupa dilimpahkan kepada Baginda Rasulullah Nabi Muhammad *Shallallahu 'Alaihi Wasallam* beserta keluarga dan para sahabatnya. Alhamdulillah, berkat kemudahan dan pertolongan dari Allah *Subhanahu Wa Ta'ala*, penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini dengan judul "**Pendekatan *Minimum Variance Quadratic Unbiased Estimation* dalam Analisis Regresi Data Panel dengan Pendugaan Komponen Galat Dua Arah Menggunakan Metode *Biggers***" yang disusun sebagai salah satu syarat akademik untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Statistika Departemen Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

Penyelesaian studi dan penulisan skripsi ini tentunya tidak terlepas dari dorongan bantuan baik moril maupun materil dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang setulus-tulusnya serta penghargaan yang setinggi-tingginya kepada Ayahanda **Hamzah** dan Ibunda tercinta **Hj. Andi Nurti Latief, S.Pd.** yang tidak kenal lelah mendoakan, memberi dukungan penuh, pengorbanan luar biasa, limpahan cinta dan kasih sayangnya, kesabaran hati dan restunya sehingga menjadi motivasi terbesar penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Ucapan terima kasih juga penulis haturkan kepada para saudari tercinta penulis **Andi Auliah Adipadatu, S.Pt.** dan **Andi Aura Cenrara** yang menjadi tempat keluh kesah dan selalu memberi semangat dan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini, serta para keluarga besar penulis, terima kasih atas dukungan dan doa yang senantiasa diberikan kepada penulis.

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

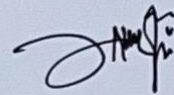
1. **Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc.**, selaku Rektor Universitas Hasanuddin beserta seluruh jajarannya.
2. **Bapak Dr. Eng. Amiruddin**, selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin beserta seluruh jajarannya.

3. Ibu **Dr. Anna Islamiyati, S.Si., M.Si.**, selaku Ketua Departemen Statistika yang memberikan arahan, dorongan semangat dan motivasi kepada penulis selama menjadi mahasiswa di Departemen Statistika.
4. Bapak **Drs. Raupong, M.Si.** selaku Ketua Tim Penguji sekaligus Pembimbing Utama yang telah sabar dan ikhlas meluangkan begitu banyak waktu untuk membimbing dan memberikan masukan dalam penulisan skripsi ini.
5. Bapak **Siswanto, S.Si., M.Si.**, selaku Pembimbing Pendamping penulis yang dengan penuh kesabaran telah meluangkan waktu dan pemikirannya untuk senantiasa memberikan arahan, dan motivasi kepada penulis dari awal hingga selesainya penulisan tugas akhir ini.
6. Ibu **Sri Astuti Thamrin, S.Si, M.Stat., Ph.D** selaku Tim Penguji sekaligus Penasehat Akademik penulis yang dengan penuh kesabaran telah meluangkan waktu dan pemikirannya untuk senantiasa memberikan arahan dan kritikan dalam penyusunan tugas akhir ini
7. Ibu **Dra. Nasrah Sirajang, M.Si** selaku Tim Penguji yang telah meluangkan waktu dalam memberikan motivasi serta kritikan yang membangun kepada penulis dalam penyempurnaan tugas akhir ini.
8. Kak **A. Muthiah Nur Angriany, S.Si. M.Si** yang telah banyak membantu penulis baik itu arahan dan kritikan dalam menyelesaikan penyusunan skripsi ini.
9. Segenap Dosen Pengajar dan Staf yang telah memberikan ilmu dan kemudahan kepada penulis dalam berbagai hal selama menempuh pendidikan sarjana di Departemen Statistika.
10. Saudari tak sedarah penulis Annisa Febriyanti yang telah banyak mendoakan, memberi motivasi dan semangat, mendengarkan keluh kesah penulis dalam hal apapun, dan menemani perjalanan suka dan duka penulis selama ini.
11. Para sahabat penulis sejak SMA, Mj, Fate, Zulfa, Wisnovi, Jihan, Firda, dan Pio yang telah memberi dukungan, motivasi, dan semangat kepada penulis.
12. Sahabat penulis selama perkuliahan, Nur, Ayu, Isra, Dania, Aviatul, Dwini, Ira yang telah menemani, memotivasi dan memberi semangat dan hiburan kepada penulis.

13. Sahabat penulis sejak SMP, A.Putri Kurnia dan Nurhikmah yang telah menghibur dan memberi motivasi kepada penulis.
14. Teman seperjuangan Statistika 2020. Terima kasih atas kebersamaan, suka dan duka dalam menjalani perkuliahan di Departemen Statistika.
15. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, terima kasih setinggi-tingginya untuk segala dukungan, partisipasi, dan apresiasi yang diberikan kepada penulis.

Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan ilmu pengetahuan baru bagi para pembelajar statistika. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis memohon maaf. Akhir kata, semoga tulisan ini dapat memberikan manfaat bagi orang-orang yang membacanya.

Makassar, 13 Februari 2024



Andi Atirah Arumtiwi

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

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

Nama : Andi Atirah Arumtiwi
NIM : H051201048
Program Studi : Statistika
Departemen : Statistika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Hasanuddin Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas tugas akhir saya yang berjudul:

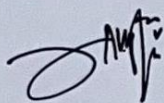
“ Pendekatan *Minimum Variance Quadratic Unbiased Estimation* dalam Analisis Regresi Data Panel dengan Pendugaan Komponen Galat Dua Arah Menggunakan Metode *Biggers*”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Terkait dengan hal di atas, maka pihak universitas berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Makassar Tanggal 13 Februari 2024.

Yang menyatakan,



(Andi Atirah Arumtiwi)

ABSTRAK

Data panel merupakan penggabungan dari data *cross section* dan data *time series*. Permasalahan yang kadang terjadi pada saat pengumpulan data adalah adanya observasi tidak tersedia atau hilang, dapat dikenal dengan data panel tidak lengkap. Model yang digunakan merupakan komponen galat dua arah. Adanya data hilang akan mengganggu proses analisis sehingga dilakukan pendugaan data hilang. Pendugaan data hilang yang digunakan adalah metode *Biggers*. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh pendugaan komponen variansi galat dan pendugaan parameter model pada data panel tidak lengkap komponen galat dua arah serta memperoleh model regresi data panel tidak lengkap komponen galat dua arah pada data *Return Saham Perusahaan Manufaktur*. Metode yang digunakan untuk pendugaan komponen variansi galat adalah *Minimum Variance Quadratic Unbiased Estimation* (MIVQUE) dengan pendugaan parameter menggunakan *Maximum Likelihood* (ML). Metode tersebut diaplikasikan pada data Bursa Efek Indonesia (BEI) pada 10 perusahaan dengan periode 2014-2021. Hasil yang didapatkan menggunakan metode MIVQUE yaitu $\hat{\sigma}_v^2 = 0.1142$, $\hat{\sigma}_\mu^2 = -0.0107$, dan $\hat{\sigma}_\lambda^2 = 0.0068$ sedangkan untuk metode ML menghasilkan $\hat{\beta}_0 = 0.0304719$, $\hat{\beta}_1 = -0.021107$, dan $\hat{\beta}_2 = 0.0087936$. Berdasarkan metode tersebut, apabila terjadi peningkatan pada *Debt to Equity Ratio* (DER) maka terjadi penurunan nilai *return* saham, sedangkan apabila terjadi peningkatan pada *Net Profit Margin* (NPM) maka terjadi peningkatan pada *return* saham.

Kata Kunci: Data Panel Tidak Lengkap, Komponen Galat Dua Arah, MIVQUE, ML, *Return Saham*

ABSTRACT

Panel data is a combination of cross section data and time series data. The problem that sometimes occurs during data collection is the presence of unavailable or missing observations, known as incomplete panel data. The model used is a two-way error component. The presence of missing data will interfere with the analysis process so that missing data estimation is carried out. The missing data estimation used is the Biggers method. This study aims to obtain the estimation of the error variance component and the estimation of model parameters on incomplete panel data with two-way error components and to obtain an incomplete panel data regression model with two-way error components on Manufacturing Company Stock Return data. The method used for estimating the error variance component is Minimum Variance Quadratic Unbiased Estimation (MIVQUE) with parameter estimation using Maximum Likelihood (ML). The method was applied to the Indonesia Stock Exchange (IDX) data on 10 companies for the period 2014-2021. The results obtained using the MIVQUE method are $\hat{\sigma}_v^2 = 0.1142$, $\hat{\sigma}_\mu^2 = -0.0107$, and $\hat{\sigma}_\lambda^2 = 0.0068$ while the ML method produces $\hat{\beta}_0 = 0.0304719$, $\hat{\beta}_1 = -0.021107$, and $\hat{\beta}_2 = 0.0087936$. Based on these methods, if there is an increase in the Debt to Equity Ratio (DER), there is a decrease in the value of stock returns, while if there is an increase in Net Profit Margin (NPM), there is an increase in stock returns.

Keywords: *Incomplete Panel Data, Two-way Error Component, MIVQUE, ML, Stock Return*

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMBUTAN	i
HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEOTENTIKAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	ix
ABSTRAK	x
ABSTRACT	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Regresi Linear Berganda.....	5
2.2 Uji Multikolinearitas.....	6
2.3 Uji Heteroskedastisitas.....	6
2.4 Uji Autokorelasi.....	7
2.5 Metode Analisis Variansi.....	7
2.6 Metode <i>Biggers</i>	9
2.7 Regresi Data Panel.....	10
2.8 Model Regresi Data Panel Tidak Lengkap Komponen Dua Arah.....	12

2.9	<i>Minimum Variance Quadratic Unbiased Estimation</i>	13
2.10	Metode <i>Maximum Likelihood</i>	14
2.12	Bursa Efek Indonesia	15
BAB III METODE PENELITIAN		16
3.1	Jenis dan Sumber Data	16
3.2	Identifikasi Variabel	16
3.3	Metode Analisis	17
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		19
4.1	Pendugaan Komponen Variansi Galat dengan Metode <i>Minimum Variance Quadratic Unbiased Estimator</i>	19
4.2	Pendugaan Parameter dengan Metode <i>Maximum Likelihood</i>	20
4.3	Model Regresi Data Panel Tidak Lengkap dengan Komponen Galat Dua Arah pada Data Return Saham	22
4.4	Uji Multikolinearitas	26
4.5	Uji Heteroskedastisitas	26
4.6	Uji Autokorelasi	27
4.7	Pendugaan Data Hilang dengan Metode <i>Biggers</i>	27
4.8	Menentukan Nilai Komponen Variansi Galat	29
4.9	Melakukan Pendugaan Komponen Variansi Galat Menggunakan Metode <i>Minimum Variance Quadratic Unbiased Estimation</i>	30
4.10	Melakukan Pendugaan Parameter Menggunakan Metode <i>Maximum Likelihood</i>	31
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		33
5.1	Kesimpulan	33
5.2	Saran	33
DAFTAR PUSTAKA		34
LAMPIRAN		36

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kerangka Umum Data Panel.....	10
Tabel 4. 1 Data Perusahaan Berdasarkan Tahun.....	29
Tabel 4. 2 Hasil Perhitungan Analisis Variansi	30

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data <i>Return</i> Saham Perusahaan di BEI Tahun 2014-2021.....	37
Lampiran 2 <i>Output</i> SPSS Uji Multikolinearitas.....	40
Lampiran 3 <i>Output</i> SPSS Uji Heteroskedastisitas Menggunakan Uji <i>Glejser</i>	41
Lampiran 4 Uji Autokorelasi	42
Lampiran 5 Elemen-Element Matriks <i>A</i>	44
Lampiran 6 Matriks Variansi Kovariansi Ω	45
Lampiran 7 Matriks $\Sigma - \mathbf{1}$	49
Lampiran 8 Matriks <i>R</i>	53

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Analisis regresi merupakan salah satu analisis statistik yang digunakan dalam mengevaluasi hubungan antara satu atau lebih variabel. Variabel tersebut terbagi menjadi dua bagian yaitu variabel independen dan variabel dependen, dengan asumsi bahwa observasi bersifat independen antar satu sama lain. Metode analisis regresi telah mengalami perkembangan pesat, hal ini tidak terlepas dari kebutuhan metode dalam statistika yang dapat membantu menganalisis bentuk data antar unit, antar waktu, atau penggabungan keduanya, yang dikenal sebagai data panel atau dalam konteks analisis regresi, disebut sebagai model regresi data panel. (Zarkasi et al., 2021).

Data panel merupakan data yang diperoleh dari observasi berulang pada unit individu (objek) dan data *cross section* yang sama pada waktu yang berbeda. Data panel dapat digunakan dalam menjelaskan permasalahan ekonomi yang cukup kompleks dilihat dari informasi data *time series* dan *cross section*. Pada beberapa kasus, seringkali terjadi masalah dalam pengumpulan data yaitu adanya observasi yang hilang, artinya tidak semua individu di observasi dalam rentang waktu yang sama. Permasalahan data hilang tersebut bukan disebabkan oleh ketidakteramatan data, melainkan karena data tersebut benar-benar tidak tersedia. Hal ini disebabkan oleh waktu dan biaya yang besar dalam proses pengumpulan data panel, sehingga melaksanakan pengumpulan data secara menyeluruh menjadi cukup sulit. Jika kondisi ini terjadi, maka data panel tersebut dapat dikategorikan sebagai data panel yang tidak lengkap (*unbalanced panel*) (Astuti et al., 2010).

Analisis data panel lengkap dan tidak lengkap terdiri dari beberapa model analisis data antara lain *Common Effect Model* (CEM), *Fixed Effect Model* (FEM) dan *Random Effect Model* (REM). Apabila suatu model komponen galat hanya memiliki galat yang dipengaruhi oleh satu faktor, maka model tersebut dikenal dengan model komponen galat satu arah. Sebaliknya, model komponen galat dua arah adalah model yang memiliki galat yang dipengaruhi dua faktor yaitu individu dan waktu (Astuti et al., 2010).

Data panel tidak lengkap dengan model komponen galat dua arah mengacu pada data yang observasinya hilang atau tidak tersedia, dan dapat terjadi karena berbagai faktor. Eksperimen seringkali tidak sesuai dengan harapan, dan berbagai kendala tak terduga dapat muncul, menyebabkan data menjadi tidak lengkap. Data yang hilang dapat mempengaruhi analisis dan menyebabkan perlakuan tidak bersifat ortogonal. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk mengatasi hal tersebut dengan melakukan pendugaan pada data yang hilang. Pendugaan data hilang dapat dilakukan dengan berbagai metode, seperti metode *Yates*, metode Algoritma EM, dan metode *Biggers*. Metode *Yates* adalah metode yang umum digunakan karena menghasilkan nilai pendugaan yang lebih akurat dan konvergen dibandingkan dengan metode lainnya (Nurhafizah et al., 2019). Metode *Biggers* merupakan penyempurnaan dari metode *Yates* dengan pendugaan data hilang menggunakan pendekatan matriks dan ketepatan yang lebih tinggi dalam menganalisis data yang hilang.

Model komponen galat pada data panel yang tidak lengkap dapat diestimasi menggunakan berbagai metode, termasuk *Analysis of Variance* (ANOVA), *Maximum Likelihood* (ML), *Restricted Maximum Likelihood* (REML), dan *Minimum Variance Quadratic Unbiased Estimation* (MIVQUE). ANOVA merupakan metode untuk penguraian komponen total variansi dalam model dan pendugaan parameternya menggunakan *Maximum Likelihood* (ML). Metode ML merupakan cara untuk memperkirakan parameter regresi dengan memaksimalkan fungsi likelihood. Sementara itu, Metode MIVQUE digunakan untuk memperkirakan komponen variansi, menghasilkan variansi galat yang minimum, *invariant*, dan tidak bias (Baltagi et al., 2002). Variansi galat yang diperoleh melalui metode MIVQUE dapat digunakan untuk memperkirakan matriks variansi kovariansi, yang selanjutnya digunakan sebagai pembobot dalam pendugaan parameter regresi dengan metode ML.

Penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh (Saefuddin et al., 2003) tentang penerapan metode MIVQUE dalam pendugaan sifat genetik pada produksi susu sapi yang memfokuskan penelitian pada penggunaan metode MIVQUE. Selanjutnya yaitu penelitian yang dilakukan oleh (Dilla et al., 2017) mengenai pengaruh SO_4 dan NO_3 terhadap keasaman (pH) air hujan dengan menggunakan

metode MIVQUE untuk menduga parameter komponen galat dan ML untuk menduga parameter model. Sedangkan (Jacob et al., 2014) meneliti tentang analisis regresi data panel tidak lengkap komponen galat dua arah dengan penduga *Feasible Generalized Least Square* (FGLS). Selain itu, penelitian yang dilakukan (Baltagi et al., 2002) mengenai model komponen galat tak seimbang dua arah yang diteliti oleh Wansbeek & Kapteyn (1989) dengan menggunakan ANOVA. Hasil dari penelitian ini menyarankan metode alternatif untuk ANOVA, yaitu MIVQUE dan REML.

Model komponen galat dua arah dikenal sebagai model yang mengalami galat dipengaruhi oleh faktor individu dan faktor waktu. Data yang memiliki faktor tersebut dapat ditemukan pada data Bursa Efek Indonesia (BEI). Selain itu, dalam data BEI seringkali didapatkan masalah dalam pengumpulan data. Pada beberapa kondisi terdapat observasi yang tidak tersedia atau observasi yang hilang, sehingga dikategorikan sebagai data panel tidak lengkap. Pendekatan yang menjadi fokus peneliti dalam penelitian ini adalah analisis sebanyak 10 perusahaan yang terdaftar di BEI dari tahun 2014 hingga 2021 dan pada saat pengumpulan data terdapat perusahaan yang tidak teramati selama beberapa tahun, sehingga hanya terdapat 65 observasi yang teramati. Berdasarkan data tersebut, maka dilakukan analisis regresi data panel model komponen galat dua arah dengan metode MIVQUE menggunakan pendugaan Metode *Biggers*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana pendugaan komponen variansi galat dan pendugaan parameter dari model data panel tidak lengkap dengan komponen galat dua arah?
2. Bagaimana model regresi data panel tidak lengkap dengan komponen galat dua arah pada data *Return Saham* perusahaan manufaktur di BEI Tahun 2014-2021?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pendugaan parameter regresi data panel tidak lengkap dengan menggunakan metode *Maximum Likelihood*.

2. Data yang digunakan merupakan data panel tidak lengkap (*Unbalanced Panel Data*) mulai tahun 2014-2021.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, tujuan penelitian ini yaitu:

1. Memperoleh pendugaan komponen variansi galat dan pendugaan parameter dari model data panel tidak lengkap dengan komponen galat dua arah.
2. Membentuk model regresi data panel tidak lengkap dengan komponen galat dua arah pada data *Return Saham* perusahaan manufaktur di BEI Tahun 2014-2021.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari hasil penulisan ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagi Penulis
 1. Sebagai penerapan dan pengembangan pengetahuan dalam statistika terkait penggunaan data panel tidak lengkap model komponen galat dua arah.
 2. Sebagai bentuk penerapan regresi data panel tidak lengkap dengan metode MIVQUE.

- b. Bagi Pembaca

Sebagai informasi pendugaan komponen variansi galat dua arah pada regresi data panel tidak lengkap dengan menggunakan metode MIVQUE.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Regresi Linear Berganda

Regresi berganda adalah analisis yang bertujuan untuk memodelkan dan menjelaskan hubungan antar variabel, yaitu antara variabel dependen dengan variabel independen. Regresi linier berganda memiliki lebih dari satu variabel independen. Adapun tujuan dari regresi linier berganda adalah untuk mengukur intensitas hubungan antara dua variabel atau lebih. Bentuk umum model regresi linear berganda dengan parameter β dan K variabel bebas ditulis pada persamaan (2.1) berikut:

$$Y_i = \beta_0 + \sum_{k=1}^K \beta_k X_{ik} + u_i, i = 1, 2, \dots, N; j = 1, 2, \dots, T; k = 1, 2, \dots, K \quad (2.1)$$

dalam notasi matriks, dituliskan pada persamaan (2.2) sebagai berikut :

$$Y = X\beta + u \quad (2.2)$$

dengan

$$Y = [y_1 \ y_2 \ \dots \ y_N]'; \beta = [\beta_0 \ \beta_1 \ \beta_2 \ \dots \ \beta_K]'; u = [u_1 \ u_2 \ \dots \ u_N]'$$

$$X = [1 \ X_{i1} \ X_{i2} \ \dots \ X_{iK}] = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1K} \\ 1 & x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2K} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{N1} & x_{N2} & \dots & x_{NK} \end{bmatrix}$$

dengan Y merupakan vektor variabel dependen yang berukuran $n \times 1$, β adalah vektor parameter regresi yang berukuran $(K + 1) \times 1$, u adalah vektor galat yang berukuran $N \times 1$, dan X yaitu matriks variabel independen yang berukuran $N \times (K + 1)$. Asumsi galat dari model regresi linier adalah sebagai berikut:

- a. Asumsi normalitas menyatakan bahwa suku galat berdistribusi normal dengan rata-rata nol, yaitu $E(u) = 0$.
- b. Asumsi heteroskedastisitas menyatakan bahwa *error term* memiliki variansi yang konstan, yaitu $E(uu') = \sigma^2 I$.
- c. Asumsi autokorelasi menyatakan bahwa *error term* tidak berkorelasi, yaitu $cov(u_i, u_{i*}) = 0$.

- d. Asumsi multikolinearitas menyatakan bahwa tidak ada korelasi antara variabel independen, yaitu $cov(X_j, X_{j*}) = 0$.

2.2 Uji Multikolinearitas

Multikolinearitas adalah suatu kondisi adanya hubungan linear yang kuat antara variabel-variabel independen dalam suatu model regresi. Uji multikolinearitas dilakukan untuk mengidentifikasi adanya korelasi antara variabel independen dalam model regresi berganda. Untuk memenuhi kriteria *Best Linear Unbiased Estimated* (BLUE) seharusnya tidak ada korelasi antara variabel independen. Model regresi menunjukkan adanya multikolinearitas ketika beberapa atau semua variabel independen berada di bawah fungsi linear dengan linearitas sempurna (Mardiatmoko, 2020).

Indikasi dari adanya multikolinearitas dapat dilihat dengan melihat nilai *Variance Inflation Factor* (VIF) dan *Tolerance*. Jika nilai VIF < 10 dan *Tolerance* lebih besar dari 0,1, maka dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat multikolinearitas pada model tersebut. Adapun rumus menentukan nilai VIF yaitu pada persamaan (2.3) berikut (Gujarati, 2006):

$$VIF = \frac{1}{tolerance} = \frac{1}{1 - R_j^2} \quad (2.3)$$

dengan R_j^2 adalah koefisien determinasi antara X_j dengan variabel bebas lainnya.

2.3 Uji Heteroskedastisitas

Heteroskedastisitas adalah kondisi variansi dari galat tidak sama untuk semua pengamatan pada model regresi namun dikatakan homoskedastisitas apabila galat memiliki variansi yang sama (Mardiatmoko, 2020). Tujuan dari uji heteroskedastisitas adalah untuk mengevaluasi apakah terjadi ketidaksamaan dalam varians dari kesalahan antara satu pengamatan dan pengamatan lainnya pada model regresi. Model regresi yang ideal adalah model yang memiliki varians dari galat yang konstan dari satu pengamatan ke pengamatan lainnya. Salah satu pengujian yang dilakukan untuk heteroskedastisitas adalah uji *Glejser*. Uji *Glejser* adalah uji untuk mengetahui gejala heteroskedastisitas dalam suatu model regresi yang terjadi dengan cara meregresikan nilai absolut residual (UbsUt) sebagai variabel dependen

(Fitri et al., 2021). Dasar pemikiran di balik uji ini adalah jika nilai signifikansi dari uji heteroskedastisitas $\geq 0,05$, maka dikatakan bahwa terjadi homoskedastisitas pada data. Sedangkan sebaliknya, jika nilai signifikansi $< 0,05$, maka dapat disimpulkan bahwa terdapat heteroskedastisitas .

2.4 Uji Autokorelasi

Autokorelasi merujuk pada keadaan terjadinya korelasi pada model regresi antara galat pada periode t dengan residual pada periode sebelumnya ($t-1$). Model regresi yang ideal adalah model yang tidak memiliki autokorelasi. Uji autokorelasi dapat dilakukan dengan uji *Durbin Watson* (DW) (Setyarini, 2020). Menurut (Gujarati, 2006) rumus untuk mendapatkan nilai DW adalah pada persamaan (2.4) berikut:

$$DW = \frac{\sum_{t=2}^n (\varepsilon_t - \varepsilon_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n \varepsilon_t^2} \quad (2.4)$$

kriteria uji DW dalam pengambilan keputusan yaitu:

1. Jika $dU < DW < (4 - dU)$ maka tidak memiliki autokorelasi
2. Jika $DW < dL$ maka autokorelasi positif
3. Jika $DW > (4 - dU)$ maka autokorelasi negatif
4. Jika $dL < DW < dU$ atau $(4 - dU) < DW < (4 - dL)$ maka tanpa keputusan.

2.5 Metode Analisis Variansi

Metode Analisis Variansi atau *Analysis Of Variance* (ANOVA) adalah salah satu metode yang paling banyak digunakan dalam estimasi komponen variansi. Penduga ANOVA adalah penduga jenis metode momen yang menyatakan jumlah kuadrat dari kuadrat galat dengan nilai harapannya. Persamaan yang dihasilkan diselesaikan untuk komponen variansi yang tidak diketahui. Untuk model yang seimbang, penduga ANOVA adalah penduga *Best Quadratic Unbiased* (BQU) dari komponen variansi (Searle, 1971). Di bawah asumsi galat yang normal, penduga ANOVA ini adalah penduga variansi tidak bias dan minimum. Tabel ANOVA dapat disusun menjadi jumlah kuadrat total, jumlah kuadrat individu, dan jumlah kuadrat galat dengan derajat kebebasan. Metode ini dikembangkan untuk menguji

signifikansi keseluruhan atau signifikansi regresi yang diestimasi dan untuk memperkirakan kontribusi tambahan dari variabel yang menjelaskan regresi.

Metode ANOVA adalah sebuah teknik estimasi kuadrat *Best Quadratic Unbiased* (BQU) untuk komponen variansi pada model data panel yang lengkap. Jika diasumsikan bahwa galat tersebut memiliki distribusi normal, metode ini dapat disebut sebagai penduga yang efisien karena memiliki variansi yang tak bias dan minimum. Namun, ketika digunakan untuk model data panel yang tidak lengkap, ANOVA dapat menyebabkan estimasi komponen variansi menjadi bias (Jacob et al., 2014). Secara umum, struktur tabel ANOVA dua arah tanpa interaksi adalah:

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)
Waktu	$T - 1$	JKW	$\frac{JKW}{T - 1}$
Individu	$N - 1$	JKI	$\frac{JKI}{N - 1}$
Galat	$(T - 1)(N - 1)$	JKG	$\frac{JKG}{(T - 1)(N - 1)}$
Total	$TN - 1$	JKT	

rumus Jumlah kuadrat untuk setiap sumber keragaman adalah sebagai berikut:

$$JKT = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^T y_{ij}^2 - \frac{y_{..}^2}{TN}$$

$$JKW = \sum_1^N \frac{y_{i.}^2}{n} - \frac{y_{..}^2}{TN}$$

$$JKI = \sum_{j=1}^T \frac{y_{.j}^2}{N} - \frac{y_{..}^2}{TN}$$

$$JKG = JKT - JKW - JKI$$

dengan penduga komponen variansi untuk ANOVA pada data lengkap dituliskan dengan persamaan (2.5), (2.6), dan (2.7) sebagai berikut,

$$\sigma_v^2 = KTG \tag{2.5}$$

$$\sigma_\mu^2 = \frac{KTI - KTG}{T} \tag{2.6}$$

$$\sigma_\lambda^2 = \frac{KTW - KTG}{N} \tag{2.7}$$

2.6 Metode *Biggers*

Metode *Biggers* adalah salah satu pendugaan data hilang pada ANOVA dua arah. Pendugaan data hilang dilakukan pada data yang tidak lengkap agar mendapatkan hasil yang efisien. Hasil dari pengamatan seringkali dapat menghilang atau sengaja dihapus karena berbagai alasan. Kehilangan data pengamatan dapat disebabkan oleh kerusakan yang tak terhindarkan pada unit percobaan. Hilangnya data tersebut selanjutnya dapat menimbulkan masalah dalam proses analisis, karena perlakuan yang dihasilkan tidak lagi bersifat seimbang pada setiap ulangan, sehingga tidak semua perlakuan dapat diterapkan pada setiap ulangan/kelompok. Seimbangannya perlakuan tersebut dikenal sebagai sifat ortogonal pada rancangan percobaan. Kehilangan sifat seimbang ini dapat menyebabkan hilangnya sifat persaingan antara perlakuan satu dengan yang lain dalam setiap ulangan. Oleh karena itu, upaya penting untuk melakukan pendugaan terhadap data yang hilang perlu dilakukan (Widiharih, 2007).

Metode *Biggers* adalah penyempurnaan dari metode *Yates* yang diperkenalkan oleh Bigger (1959) dan merupakan metode pendugaan data dengan pendekatan matriks. Pada dasarnya metode *Biggers* digunakan untuk menduga X_{ij} , yaitu \hat{X}_{ij} ditentukan sedemikian sehingga jumlah kuadrat galat minimum. Persamaan metode *Biggers* dalam bentuk matriks adalah pada persamaan (2.8) berikut (Nasution, 2019):

$$\mathbf{A}_{k \times k} \mathbf{X}_{k \times 1} = \mathbf{Q}_{k \times 1} \quad (2.8)$$

dengan

$\mathbf{A}_{k \times k}$: matriks simetri elemen-elemen $(p-1)(r-1)$ untuk waktu dan individu yang bersesuaian, $(1-p)$ untuk individu yang bersesuaian, $(1-r)$ untuk waktu yang bersesuaian dengan 1 untuk lainnya. Matriks ini merupakan nonsingular

$\mathbf{X}_{k \times 1}$: matriks dari data hilang

$\mathbf{Q}_{k \times 1}$: matriks nilai $pT_g + rB_h - D$ dari persamaan yang bersesuaian dengan, T_g adalah total nilai galat setiap individu, B_h adalah total nilai galat setiap waktu, D adalah jumlah total galat keseluruhan data (Yendra, 2017).

Berdasarkan persamaan (2.8) dapat diperoleh persamaan (2.9) berikut:

$$\hat{X}_{k \times 1} = A^{-1}Q \tag{2.9}$$

Aturan yang menentukan elemen A adalah (Yudiasari et al., 2012):

- a. $(p - 1)(r - 1)$ untuk pengamatan hilang yang dipertimbangkan
- b. $(1 - p)$ untuk i atau asosiasi individu
- c. $(1 - r)$ untuk j atau asosiasi waktu
- d. 1 untuk asosiasi nol.

2.7 Regresi Data Panel

Data panel adalah kombinasi dari data *cross-sectional* dan data deret waktu. Data *cross-sectional* adalah data yang dikumpulkan dari banyak individu pada satu titik waktu. Data deret waktu adalah data yang dikumpulkan terhadap suatu individu waktu ke waktu. Menggabungkan data deret waktu dan data *cross-sectional* dapat meningkatkan kualitas dan kuantitas data dengan pendekatan yang tidak dapat dilakukan hanya dengan salah satu dari data tersebut (Gujarati, 2006). Kerangka umum data panel disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 2. 1 Kerangka Umum Data Panel

Individu (i)	Waktu (j)	Y_{ij}	X_{ij1}	X_{ij2}	...	X_{ijK}
1	1	Y_{11}	X_{111}	X_{112}	...	X_{11K}
	2	Y_{12}	X_{121}	X_{122}	...	X_{12K}
	⋮	⋮	⋮	⋮	...	⋮
	T	Y_{1T}	X_{1T1}	X_{1T2}	...	X_{1TK}
2	1	Y_{21}	X_{211}	X_{212}	...	X_{21K}
	2	Y_{22}	X_{221}	X_{222}	...	X_{22K}
	⋮	⋮	⋮	⋮	...	⋮
	T	Y_{2T}	X_{2T1}	X_{2T2}	...	X_{2TK}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
N	1	Y_{N1}	X_{N11}	X_{N12}	...	X_{N1K}
	2	Y_{N2}	X_{N21}	X_{N22}	...	X_{N2K}
	⋮	⋮	⋮	⋮	...	⋮
	T	Y_{NT}	X_{NT1}	X_{NT2}	...	X_{NTK}

Berdasarkan cakupan data panel, ada dua jenis data panel antara lain *balanced panel data* dan *unbalanced panel data*. Jika setiap orang memiliki jumlah pengamatan yang sama dari waktu ke waktu ($T_1 = T_2 = \dots = T_N$), data panel disebut *balanced panel data* (data panel lengkap), dan jika jumlah pengamatan dari waktu ke waktu berbeda untuk setiap individu (Ada $T_{j \neq T_{j'}, j \neq j'$), data panel disebut *unbalanced panel data* (data panel tidak lengkap).

Model regresi data panel untuk data panel lengkap maupun tidak lengkap dapat dinyatakan dalam persamaan (2.10) berikut:

$$Y_{ij} = \beta_0 + \sum_{k=1}^K \beta_k X_{ijk} + u_{ij}, i = 1, 2, \dots, N; j = 1, 2, \dots, T \quad (2.10)$$

dengan

Y_{ij} : nilai variabel dependen untuk individu ke- i dan waktu ke- t

β_0 : intersep

X_{ij} : pengamatan variabel independen ke- k untuk individu ke- i dan waktu ke- j

β_k : koefisien regresi, $k = 1, 2, \dots, K$

u_{ij} : komponen galat pada model regresi data panel

K : banyaknya variabel independen

N : banyaknya pengamatan individu

T : banyaknya waktu pengamatan,

NT : banyaknya data panel

Komponen galat u_{ij} pada model regresi data panel dapat dibedakan berdasarkan pengaruh individu dan pengaruh waktu masing-masing pada persamaan (2.11) dan (2.12) berikut (Baltagi & Chang, 1994), yaitu:

1. Model Regresi Komponen Galat Satu Arah

$$u_{ij} = \mu_i + v_{ij} \quad (2.11)$$

2. Model Regresi Komponen Galat Dua Arah

$$u_{ij} = \mu_i + \lambda_j + v_{ij} \quad (2.12)$$

dengan

μ_i : Pengaruh individu ke- i yang tidak teramati tanpa dipengaruhi faktor waktu

λ_j : Pengaruh dari waktu ke- j yang tidak teramati tanpa dipengaruhi faktor individu

v_{ij} : Galat yang benar-benar tidak diketahui dari individu ke- i dan waktu ke- j .

2.8 Model Regresi Data Panel Tidak Lengkap Komponen Dua Arah

Pada model regresi panel pada persamaan (2.10) dan komponen galat dua arah pada persamaan (2.12), maka diperoleh model regresi panel tidak lengkap yaitu pada persamaan (2.13) sebagai berikut:

$$Y_{ij} = X_{ij}\boldsymbol{\beta} + u_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, N_j; j = 1, 2, \dots, T_i \quad (2.13)$$

dengan Y_{ij} adalah vektor pengamatan pada variabel dependen untuk individu ke- i pada periode waktu ke- j ; $X_{ij} = (X_{ij1}, X_{ij2}, \dots, X_{ijK})$ adalah vektor pengamatan untuk individu ke- i , pada waktu ke- j pada variabel independen ke- k ($k = 1, 2, \dots, K$); $\boldsymbol{\beta}$ adalah vektor berukuran $(K + 1) \times 1$ dari parameter regresi; dan u_{ij} adalah komponen galat.

Data panel tidak lengkap hanya diamati N_j individu dalam periode t ($2 \leq N_j \leq N$), $j = 1, 2, \dots, T$. Galat pada (2.13) diasumsikan mengikuti model komponen galat dua arah yang berarti perbedaan karakteristik individu dan waktu dalam model tersebut diakomodasikan pada galat dari model seperti pada persamaan (2.12) yang masing-masing galat diasumsikan $\mu_i \sim IIN(0, \sigma_\mu^2)$, $\lambda_t \sim IIN(0, \sigma_\lambda^2)$ dan $v_{it} \sim IIN(0, \sigma_v^2)$. Wansbeek & Kapteyn (1989) merancang observasi dengan cara yang mengatur urutan individu yang diamati pada periode pertama hingga pada periode kedua secara berurutan dari awal hingga akhir. Persamaan (2.14) dapat ditulis dalam bentuk vektor berikut:

$$\mathbf{u} = \Delta_1\boldsymbol{\mu} + \Delta_2\boldsymbol{\lambda} + \mathbf{v} \quad (2.14)$$

dengan $\Delta_1 = (\mathbf{D}_1', \mathbf{D}_2', \dots, \mathbf{D}_T')$ dan $\Delta_2 = \text{diag}(\mathbf{D}_j\boldsymbol{\iota}_{N_j}) = \text{diag}(\boldsymbol{\iota}_{N_j})$. Matriks \mathbf{D}_j berukuran $N_j \times N$ yang dihasilkan dari matriks identitas \mathbf{I}_N dengan menghilangkan baris-baris yang sesuai dengan individu yang tidak diamati pada tahun ke- j , $\boldsymbol{\iota}_{N_j}$ adalah vektor elemen satuan yang berukuran N_j . Berdasarkan asumsi tersebut, matriks variansi kovariansi $\boldsymbol{\Omega}$ dapat dituliskan dalam bentuk persamaan (2.15) berikut :

$$\boldsymbol{\Omega} = E(\mathbf{u}\mathbf{u}') = \sigma_\mu^2\Delta_1\Delta_1' + \sigma_\lambda^2\Delta_2\Delta_2' + \sigma_v^2\mathbf{I}_n$$

$$= \sigma_v^2 (\mathbf{I}_n + \phi_1 \mathbf{\Delta}_1 \mathbf{\Delta}'_1 + \phi_2 \mathbf{\Delta}_2 \mathbf{\Delta}'_2) = \sigma_v^2 \mathbf{\Sigma}, \quad (2.15)$$

$$\phi_1 = \frac{\sigma_\mu^2}{\sigma_v^2} \text{ dan } \phi_2 = \frac{\sigma_\lambda^2}{\sigma_v^2}$$

dengan n merupakan jumlah keseluruhan dari pengamatan ($n = \sum_{j=1}^T N_j$).

Berbeda dengan kasus data panel lengkap, dekomposisi spektral dari model komponen galat dua arah tidak menghasilkan transformasi yang sederhana Fuller & Battese (1974) dalam (Baltagi et al., 2002). Namun, Wansbeek & Kapteyn (1989) mendapatkan invers dari dari $\mathbf{\Omega}$ yaitu pada persamaan (2.16) berikut:

$$\sigma_v^2 \mathbf{\Omega}^{-1} = \mathbf{\Sigma}^{-1} = \mathbf{V} - \mathbf{V} \mathbf{\Delta}_2 \mathbf{P}^{*-1} \mathbf{\Delta}'_2 \mathbf{V}, \quad (2.16)$$

dengan

$$\begin{aligned} \mathbf{V}_{(n \times n)} &= \mathbf{I}_n - \mathbf{\Delta}_1 \mathbf{\Delta}_N^{*-1} \mathbf{\Delta}'_1 \\ \mathbf{P}^*_{(T \times T)} &= \mathbf{\Delta}_T^* - \mathbf{\Delta}_{TN} \mathbf{\Delta}_N^{*-1} \mathbf{\Delta}'_{TN} \\ \mathbf{\Delta}^*_{N(N \times N)} &= \mathbf{\Delta}_N + (1/\phi_1) \mathbf{I}_N \\ \mathbf{\Delta}^*_{T(T \times T)} &= \mathbf{\Delta}_T + (1/\phi_2) \mathbf{I}_T \end{aligned}$$

dengan $\mathbf{\Delta}_N = \mathbf{\Delta}'_1 \mathbf{\Delta}_1 = \text{diag}(T_i)$, $\mathbf{\Delta}_T = \mathbf{\Delta}'_2 \mathbf{\Delta}_2 = \text{diag}(N_j)$ dan $\mathbf{\Delta}_{TN} = \mathbf{\Delta}'_2 \mathbf{\Delta}_1$. T_i merupakan waktu individu ke- i diamati pada panel dengan ($2 \leq T_i \leq T$), $i = 1, 2, \dots, N$ dan N_j adalah jumlah individu untuk periode waktu ke- j diamati pada panel dengan $N_j \leq N$, $j = 1, 2, \dots, T$. Matriks $\mathbf{\Omega}^{-1}$ bersifat asimetris dalam waktu dan individu, tetapi hal ini secara signifikan mengurangi waktu komputasi dibandingkan dengan menggunakan invers numerik dari matriks $\mathbf{\Omega}$.

2.9 Minimum Variance Quadratic Unbiased Estimation

Minimum Variance Quadratic Unbiased Estimation (MIVQUE) merupakan salah satu metode pendugaan komponen variansi. Rao (1971) mengusulkan sebuah prosedur umum untuk estimasi komponen variansi yang tidak memerlukan asumsi distribusi selain keberadaan empat komponen pertama. Prosedur ini menghasilkan pendugaan *Minimum Norm Quadratic Unbiased Estimation* (MINQUE) dari komponen variansi, dalam kondisi normal galat, MINQUE juga merupakan pendugaan MIVQUE (Baltagi et al., 2002). Pendugaan komponen variansi komponen galat dua arah dengan menggunakan MIVQUE dirumuskan dengan persamaan (2.17) berikut,

$$\hat{\theta} = S^{-1}u \quad (2.17)$$

dengan

$$\hat{\theta}' = (\hat{\sigma}_v^2, \hat{\sigma}_\mu^2, \hat{\sigma}_\lambda^2),$$

$$S = [s_{ij}] = [tr(V_i R V_j R)], \quad i, j = 1, 2, 3, \quad (2.18)$$

$$u = [u_i] = [y' R V_i R y], \quad i = 1, 2, 3, \quad (2.19)$$

$$R = \Sigma^{-1} [I - X(X' \Sigma^{-1} X)^{-1} X' \Sigma^{-1}] / \sigma_v^2 \quad (2.20)$$

Matriks S , u , dan R berhubungan dengan matriks V_i yaitu $V_1 = I_n$, $V_2 = \Delta_1 \Delta_1'$ dan $V_3 = \Delta_2 \Delta_2'$. Namun, MIVQUE membutuhkan nilai apriori dari komponen variansi, dan penduga yang dihasilkan memiliki sifat variansi minimum hanya jika nilai priori ini sesuai dengan nilai sebenarnya.

2.10 Metode *Maximum Likelihood*

Metode yang digunakan untuk mencari estimasi parameter model adalah metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE). Tujuan dari metode maksimum *likelihood* adalah memaksimalkan fungsi *likelihood* (Baltagi et al., 2002). Jika diasumsikan model galat berdistribusi normal multivariat dengan mean 0 dan variansi Σ , dengan Σ merupakan matriks variansi kovariansi dari variabel respon Y , maka fungsi *ln-likelihood* dapat dituliskan sebagai berikut

$$\begin{aligned} L(\beta; Y_{11}, \dots, Y_{1T_1}, \dots, Y_{NT_N}) &= \prod_{m=1}^n f_m(Y) = (2\pi)^{-\frac{n}{2}} \\ &= (2\pi)^{-\frac{n}{2}} |\Sigma|^{-\frac{1}{2}} \exp \left[-\frac{1}{2} (Y - X\beta)' \Sigma^{-1} \right. \\ &\quad \left. (Y - X\beta) \right] \end{aligned}$$

dengan $u = Y - X\beta$, maka didapatkan persamaan (2.21) berikut.

$$L(\beta; Y_{11}, \dots, Y_{1T_1}, \dots, Y_{NT_N}) = \prod_{m=1}^n f_m(Y) = (2\pi)^{-\frac{n}{2}} |\Sigma|^{-\frac{1}{2}} e^{-\frac{1}{2} u' \Sigma^{-1} u} \quad (2.21)$$

Solusi eksplisit untuk bentuk β dengan memaksimalkan fungsi *likelihood*, maka diperoleh persamaan pendugaan parameter yang dapat dituliskan pada persamaan (2.22) berikut (Dilla et al., 2017),

$$\hat{\beta}_{ML} = (X' \hat{\Sigma}^{-1} X)^{-1} X' \hat{\Sigma}^{-1} Y \quad (2.22)$$

dengan

$$\hat{\Sigma} = \frac{\hat{\Omega}}{\sigma_v^2}$$

dengan

$$\hat{\Omega} = \hat{\sigma}_v^2 V_1 + \hat{\sigma}_\mu^2 V_2 + \hat{\sigma}_\lambda^2 V_3$$

2.11 Bursa Efek Indonesia

Perkembangan harga saham di Bursa Efek Indonesia (BEI) tidak hanya dipengaruhi oleh kondisi bisnis dan ekonomi di Indonesia, tetapi juga di negara lain (Sari, 2019). BEI bertindak sebagai lembaga yang mengatur transaksi aset untuk tujuan investasi di Indonesia dan bertanggung jawab dalam mengawasi jalannya pasar modal untuk memastikan pasar modal berfungsi dengan baik. Perusahaan manufaktur menjadi perusahaan yang sahamnya aktif di perdagangan di lantai BEI (Kencana, 2021). Apabila nilai *return* saham perusahaan manufaktur meningkat, maka akan menarik minat para investor untuk menanamkan modalnya. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi nilai *return* saham pada perusahaan, seperti nilai *Net Profit Margin* (NPM) dan nilai *Debt to Equity Ratio* (DER).