

**ESTIMASI MODEL *SEEMINGLY UNRELATED REGRESSION (SUR)*
PADA *FOREIGN DIRECT INVESTMENT (FDI)* DI INDONESIA,
SINGAPURA DAN FILIPINA**

TUGAS AKHIR



**Disusun Oleh:
Rifa Fitrianti
14 611 094**

**JURUSAN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2018**

**ESTIMASI MODEL *SEEMINGLY UNRELATED REGRESSION (SUR)*
PADA *FOREIGN DIRECT INVESTMENT (FDI)* DI INDONESIA,
SINGAPURA DAN FILIPINA**

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Jurusan Statistika



Disusun Oleh:

Rifa Fitrianti

14 611 094

**JURUSAN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2018

HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING

TUGAS AKHIR

Judul : Estimasi Model *Seemingly Unrelated Regression (SUR)*
pada *Foreign Direct Investment (FDI)* di Indonesia,
Singapura dan Filipina
Nama Mahasiswa : Rifa Fitrianti
Nomor Mahasiswa : 14 611 094

**TUGAS AKHIR INI TELAH DIPERIKSA DAN DISETUJUI UNTUK
DIUJIKAN**

Yogyakarta, Januari 2018

البعث الاسلامي للدراسات والبحوث
Pembimbing


Dr. Edy Widodo, S.Si., M.Si.

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**ESTIMASI MODEL *SEEMINGLY UNRELATED REGRESSION (SUR)*
PADA *FOREIGN DIRECT INVESTMENT (FDI)* DI INDONESIA,
SINGAPURA DAN FILIPINA**

Nama Mahasiswa : Rifa Fitrianti

Nomor Mahasiswa : 14 611 094

**TUGAS AKHIR INI TELAH DIUJIKAN
PADA TANGGAL 7 FEBRUARI 2018**

Nama Penguji

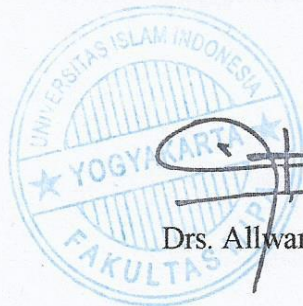
1. Dr. Fatia Fatimah, S.Si., M.Pd.
2. Dr. Jaka Nugraha, S.Si., M.Si.
3. Dr. Edy Widodo, S.Si., M.Si.

Tanda Tangan



Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Drs. Allwar, M.Sc., Ph.D.

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Wr. Wb

Alhamdulillahirobbil'alamin puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah serta inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini sebagaimana mestinya. Tidak lupa sholawat serta salam tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membawa ummatnya dari zaman jahiliyyah hingga zaman yang terang benderang dengan berbagai ilmu pengetahuan.

Tugas akhir ini disusun sebagai hasil akhir perkuliahan yang dilakukan oleh penulis untuk memenuhi persyaratan meraih gelar Strata I Jurusan Statistika. Tugas akhir ini berisi tentang “**Estimasi Model *Seemingly Unrelated Regression (SUR)* pada *Foreign Direct Investment (FDI)* di Indonesia, Singapura dan Filipina**”

Selama melaksanakan tugas akhir, penulis telah banyak mendapatkan bimbingan, arahan dan bantuan dari berbagai pihak. Sehingga dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Drs. Allwar, M.Sc., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Dr. RB Fajriya Hakim, S.Si., M.Si., selaku Ketua Jurusan Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia beserta seluruh jajarannya.
3. Bapak Dr. Edy Widodo, S.Si., M.Si., selaku dosen pembimbing dalam menyusun tugas akhir ini yang telah memberi bimbingan dan arahnya.
4. Bapak Prof. Akhmad Fauzy, M.Si., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Akademik.
5. Seluruh Dosen dan Staff Program Studi Statistika yang telah banyak memberikan bimbingan kepada penulis.

6. Bapak, Ibu, Adik tersayang dan Keluarga Besar yang selalu memberikan semangat dan mendoakan yang terbaik untuk penulis.
7. Sahabat seperjuangan Andre Pratama, Afifah Mukhtaroh, Cynthia Hazirah, Novinda Widya, Achmad Kurniansyah, Ari Wicaksono dan Syauqi Amri, terimakasih telah menjadi sahabat sekaligus keluarga yang selalu ada sejak awal datang ke Yogyakarta hingga saat ini.
8. Sahabat diskusi Luthfi Ria Inayah, Rina Wahyuningsih, dan Indang Sartika yang selalu mendengarkan, bersedia untuk diskusi dan bersama-sama mencari jalan keluar untuk berbagai kesuliatan mata kuliah.
9. Sahabat-sahabat saya di Statistika UII khususnya angkatan 2014, yang banyak membantu, memberi semangat serta motivasi saya selama memulai dan menyelesaikan tugas akhir ini hingga selesai.
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu penulis hingga akhirnya dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu segala bentuk saran dan kritik yang membangun selalu penulis harapkan. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan bagi semua yang membutuhkan pada umumnya. Akhir kata, semoga Allah SWT selalu melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya kepada kita semua, Aamiin aamiin ya robbal'alamin.

Wassalamu'alaikum, Wr. Wb.

Yogyakarta, Februari 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR ISTILAH	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
PERNYATAAN.....	xiii
INTISARI.....	xiv
<i>ABSTRACT</i>	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
BAB III LANDASAN TEORI.....	10
3.1 Pengertian Investasi.....	10
3.2 <i>Foreign Direct Investment</i> (FDI)	11
3.3 Produk Domestik Bruto (PDB)	13
3.4 Suku Bunga	14
3.5 Konsep Ekspor Impor.....	15
3.6 Analisis Regresi Linier	16
3.7 Prinsip Metode OLS	17
3.8 Asumsi-Asumsi pada Regresi.....	22

3.8.1	Asumsi Normalitas.....	22
3.8.1.1	Uji Jarque Berra.....	23
3.8.1.2	Uji QQ-Plot	24
3.8.2	Uji Multikolinearitas	25
3.8.3	Uji Autokorelasi	26
3.8.4	Uji Homoskedastisitas.....	27
3.9	Standar <i>Error</i> Estimasi	28
3.10	Variansi	30
3.11	Kovariansi	33
3.12	Koefisien Determinasi (R^2)	34
3.13	Korelasi	35
3.14	Sifat-Sifat Distribusi Normal.....	36
3.15	Perkalian Kronecker	38
3.16	Korelasi Kesebayaan (<i>Contemporaneous Correlation</i>)	39
3.17	Uji Homogenitas.....	39
3.18	<i>Seemingly Unrelated Regression</i> (SUR)	40
3.19	Estimasi GLS pada Model SUR.....	41
3.20	Contoh Analisis Estimasi GLS pada Model SUR.....	43
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN		46
4.1	Data	46
4.2	Variabel dan Definisi Operasional Variabel.....	46
4.3	Metode Analisis Data	47
4.4	Tahapan Penelitian	47
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....		49
5.1	Analisis Deskriptif.....	49
5.2	Analisis <i>Seemingly Unrelated Regression</i> (SUR)	53
5.2.1	Analisis <i>Ordinary Least Square</i> (OLS)	53
5.2.2	Analisis <i>Generalized Least Square</i> (GLS) Model SUR.....	54
5.2.3	Perbandingan Model SUR dan OLS	56
BAB VI PENUTUP		58
6.1	Kesimpulan.....	58

6.2	Saran	58
	DAFTAR PUSTAKA	59
	LAMPIRAN	62

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul	Halaman
3.1	Data Ilustrasi.....	20
3.2	Tabel Analisis Variansi	21
3.3	Tabel Analisis Variansi Contoh Kasus.....	22
3.4	Tabel Data Ilustrasi Investasi di Perusahaan	23
3.5	Data Ilustrasi Perhitungan Standar <i>Error</i>	29
3.6	Data Ilustrasi Estimasi GLS	43
3.7	Nilai OLS.....	43
3.8	Nilai Residual	43
3.9	Perbandingan Nilai Estimasi SUR dan OLS.....	45
4.1	Definisi Operasional Variabel	46
5.1	Model Regresi Menggunakan OLS	54
5.2	Hasil Uji Jarque Berra	54
5.3	Matriks Kovarian Antar Galat Model.....	55
5.4	Model SUR dengan Estimasi GLS	55
5.5	Perbandingan Model SUR Estimasi GLS dan OLS	57

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul	Halaman
1.1	<i>Foreign Direct Investment (net inflow, % of GDP)</i> (Data diolah)	3
3.1	Gejala Homoskedastisitas.....	27
3.2	Gejala Heteroskedastisitas.....	27
3.3	Kurva Normal.....	37
3.4	Kurva Normal dengan $\mu_1 < \mu_2$ dan $\sigma_1 = \sigma_2$	37
3.5	Kurva Normal dengan $\mu_1 = \mu_2$ dan $\sigma_1 < \sigma_2$	37
3.6	Kurva Normal dengan $\mu_1 < \mu_2$ dan $\sigma_1 < \sigma_2$	37
4.1	Diagram Alir Penelitian.....	48
5.1	Grafik FDI (<i>net inflow</i> , Milyar US\$) (Data diolah).....	49
5.2	Grafik Produk Domestik Bruto (Milyar, US\$) (Data diolah).....	50
5.3	Grafik Suku Bunga (%) (Data diolah).....	51
5.4	Grafik Impor (Milyar, US\$) (Data diolah)	52
5.5	Grafik Ekspor (Milyar, US\$) (Data diolah).....	53

DAFTAR ISTILAH

ASEAN	: <i>Association of Southeast Asian Nations</i>
BLUE	: <i>Best Linear Unbias Estimator</i>
ECM	: <i>Error Correction Model</i>
FDI	: <i>Foreign Direct Investmen</i>
GDP	: <i>Gross Domestic Productt</i>
GLS	: <i>Generalized Least Squares</i>
JKG	: Jumlah Kuadrat Galat
JKR	: Jumlah Kuadrat Regresi
JKT	: Jumlah Kuadrat Total
MSE	: <i>Mean Square Error</i>
MSR	: <i>Mean Square Regression</i>
OECD	: <i>Organisation for Economic Co-operation and Development</i>
OLS	: <i>Ordinary Least Square</i>
PDB	: Produk Domestik Bruto
PMA	: Penanaman Modal Asing
PMDN	: Penanaman Modal Dalam Negeri
PSAK	: Pernyataan Standar Akuntansi Keuangan
SRF	: <i>Sample Regression Function</i>
SUR	: <i>Seemingly Unrelated Regression</i>
VIF	: <i>Variance Inflation Factor</i>

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Judul	Halaman
1a	Data FDI, PDB, Suku Bunga, Ekspor dan Impor Negara Indonesia	63
1b	Data FDI, PDB, Suku Bunga, Ekspor dan Impor Negara Singapura.....	64
1c	Data FDI, PDB, Suku Bunga, Ekspor dan Impor Negara Filipina.....	65
2a	Hasil Standarisasi Data Indonesia	66
2b	Hasil Standarisasi Data Singapura	67
2c	Hasil Standarisasi Data Filipina	68
3	Sintaks Analisis Data	69
4	Hasil Analisis Deskriptif	71
5	Hasil Analisis OLS	72
6	Hasil Uji QQ-Plot.....	74
7	Hasil Uji Jarque Bera	76
8	Hasil Analisis SUR.....	77
9	Tabel <i>Chi-Square</i>	79
10	Tabel F ($\alpha = 5\%$)	80

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang sebelumnya pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang di acu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, Februari 2018



Penulis

**ESTIMASI MODEL *SEEMINGLY UNRELATED REGRESSION (SUR)*
PADA *FOREIGN DIRECT INVESTMENT (FDI)* DI INDONESIA
SINGAPURA DAN FILIPINA**

Oleh: Rifa Fitrianti

Jurusan Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia

INTISARI

Model *Seemingly Unrelated Regression (SUR)* merupakan suatu sistem persamaan linear yang terdiri dari beberapa persamaan dimana antar galat persamaan terjadi korelasi kesebayaan. Dalam hal ini, metode OLS dapat digunakan untuk mengestimasi parameter dari masing-masing persamaan, namun metode OLS memiliki kelemahan, yaitu harus membuang informasi kemungkinan adanya hubungan pada sistem persamaan. Dalam tugas akhir ini, digunakan metode *Generalized Least Square (GLS)* untuk mengestimasi parameter model SUR. Pada penelitian ini uji Lagrange Multiplier digunakan untuk menguji korelasi kesebayaan antar galat persamaan FDI Indonesia, Singapura dan Filipina. Dari hasil analisis disimpulkan bahwa dari estimasi GLS variabel yang berpengaruh pada FDI Indonesia adalah variabel PDB, suku bunga, ekspor dan Impor, pada negara Singapura FDI dipengaruhi oleh variabel ekspor dan impor, sedangkan pada negara Filipina FDI hanya dipengaruhi oleh variabel PDB. Penggunaan SUR menghasilkan koefisien determinasi yang lebih besar yaitu sebesar 90.73%.

Kata Kunci : *Seemingly Unrelated Regression, Generalized Least Square, Ordinary Least Square, Gross Domestic Product, Foreign Direct Investment.*

***ESTIMATE MODEL SEEMINGLY UNRELATED REGRESSION (SUR)
IN FOREIGN DIRECT INVESTMENT (FDI) IN INDONESIA
SINGAPURA AND FILIPINA***

By : Rifa Fitrianti

Departement of Statistics Faculty of Mathematics and Science
Islamic University of Indonesia

ABSTRACT

Seemingly Unrelated Regression (SUR) model is a system of linear equations consisting of several equations where between the equation error occurs contemporaneously correlated. In this case, the OLS can be used to estimate the parameters of each equation, but the weaknesses of OLS method is remove information on a possible correlation on system equations. This final task, the method of Generalized Least Square (GLS) used to estimate parameters SUR. In this research the Lagrange Multiplier test is used to test the correlation between FDI equations between Indonesia, Singapore and the Philippines. From the results of the analysis, it can be concluded that from the GLS estimates, the variables affecting FDI Indonesia are GDP variables, interest rate, export and imports, in Singapore FDI is influenced by export and import variables, whereas Philippine FDI is only influenced by GDP variables. The use of SUR resulted in a coeficiant determinant coefficient of 90.73%.

Keyword : Seemingly Unrelated Regression, Generalized Least Square, Ordinary Least Square, Gross Domestic Product, Foreign Direct Investment.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Foreign Direct Investment (FDI), merupakan bentuk investasi dengan jalan membangun, membeli total atau mengakuisisi perusahaan. FDI merupakan sumber pembiayaan yang penting bagi suatu negara untuk tumbuh. Peran FDI menjadi penting karena FDI mampu meningkatkan modal domestik suatu negara, menyediakan lapangan pekerjaan yang lebih luas, terlebih lagi FDI menjadi salah satu cara bagi negara tujuan investasi untuk mempelajari teknologi canggih dan berbagai kemampuan manajerial dari negara maju. Dengan mempertimbangkan pengaruh besar dari FDI maka banyak negara khususnya negara yang sedang berkembang berusaha mendorong aliran FDI dari luar untuk masuk ke negaranya dengan memperhatikan beberapa faktor penting yang dapat mempengaruhi aliran FDI. Dalam hal pembentukan modal suatu negara, peran investasi baik modal domestik maupun modal asing memberikan kontribusi pada pertumbuhan ekonomi.

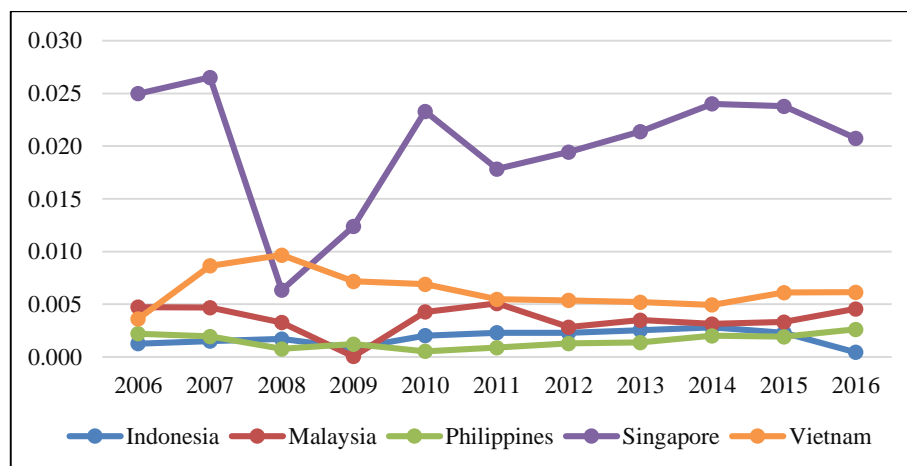
Asia Tenggara merupakan kawasan dengan sebagian besar negaranya adalah negara berkembang, seperti Indonesia, Malaysia, Filipina, dan sebagainya. Sama halnya dengan negara-negara berkembang lainnya, negara berkembang di Asia Tenggara ini juga dihadapkan pada berbagai masalah, baik masalah ekonomi, pembangunan, pendidikan, bahkan teknologi. Untuk mengejar ketertinggalan dari negara-negara maju, maka negara berkembang harus terus berupaya mencari jalan keluar dari problematika negara berkembang. Salah satu cara yang dapat dilakukan yaitu dengan memanfaatkan dana yang besar untuk pembangunan nasional dan juga harus mengundang pembiayaan luar negeri, yaitu FDI. Bagi negara berkembang FDI merupakan suatu investasi jangka panjang, kedatangan FDI dapat membantu pembangunan ekonomi dalam hal pembangunan modal, menciptakan lapangan pekerjaan maka akan tergarap sumber-sumber baru (Maya Malisa, 2017).

Menurut Undang-Undang No. 25 Tahun 2007 tentang penanaman modal, investasi terdiri dari investasi dalam negeri (*Domestic Investment*) dan dari pihak asing (FDI) atau yang lebih dikenal dengan PMDN dan FDI. Menurut sifatnya investasi terbagi atas investasi langsung maupun tidak langsung. Investasi tidak langsung adalah investasi yang masuk melalui pasar uang dimana investasi ini cenderung bersifat jangka pendek dan kurang stabil. Sedangkan investasi langsung adalah investasi yang masuk melalui sektor riil yang biasanya berupa komitmen jangka panjang (Andi Adiyudawansyah, 2012). Aliran investasi yang masuk dan keluar pada suatu negara menjadi faktor yang sangat penting dalam peningkatan kesejahteraan investor dalam bentuk finansial, oleh karena itu pemerintah banyak memberikan perhatian pada investasi asing langsung (FDI). Peningkatan FDI dianggap penting dalam menjamin kelangsungan pembangunan suatu negara dibandingkan dengan aliran bantuan atau modal portofolio. Hal ini dikarenakan dari adanya FDI disuatu negara akan diikuti dengan *transfer of technology, management skill*, resiko usaha relatif kecil dan lebih *profitable*.

Dalam merencanakan pembangunan ekonomi memerlukan berbagai macam indikator ekonomi. Salah satunya indikator untuk mengetahui kondisi ekonomi suatu negara yaitu dari segi produk domestik bruto, karena jika pendapatan nasional riilnya terus naik dari periode sebelumnya maka negara dapat dikatakan terjadi pertumbuhan ekonomi pada negara tersebut. Pertumbuhan PDB ini dapat memberikan pengaruh yang baik bagi masuknya investasi. Selain PDB, suku bunga juga mempengaruhi investasi asing langsung karena akan mempengaruhi keputusan investor untuk melakukan investasi. Kegiatan ekspor impor suatu negara menggambarkan luas pasar yang dimiliki oleh suatu negara, dari kegiatan ini pertumbuhan ekonomi suatu negara dapat tumbuh.

Jika dibandingkan dengan negara-negara tetangga, perkembangan FDI di Indonesia dan Filipina selama satu dekade terakhir terbilang cukup rendah, seperti yang terlihat pada **Gambar 1.1**. Sementara itu dalam satu dekade terakhir penurunan presentasi FDI pada tahun 2008 cukup drastis hampir 20% penurunan terjadi pada tahun 2008 jika dibandingkan dengan tahun sebelumnya. Dalam satu

dekade terakhir terlihat bahwa presentase FDI terbesar yang masuk pada negara Indonesia terjadi pada tahun 2014 sebesar 2.82%, Malaysia pada tahun 2011 sebesar 5.07%, Filipina pada tahun 2016 sebesar 2.62%, Singapura pada tahun 2007 sebesar 26.52%, Thailand pada tahun 2010 sebesar 4.32%, dan Vietnam pada tahun 2008 sebesar 9.66%. Penentu masuknya FDI disuatu negara dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain oleh faktor PDB, suku bunga dan aktifitas ekspor impor. Penulis memilih tiga negara yaitu Indonesia, Singapura dan Filipina dikarenakan faktor kedekatan geografis dan ketiganya berada disuatu kawasan ekonomi yang sama yaitu dalam lingkup perekonomian ASEAN. Selain karna dalam lingkup perekonomian yang sama, pada penelitian sebelumnya oleh Fella Shufa pada tahun 2016 analisis SUR digunakan untuk menganalisis FDI pada negara berkembang Indonesia dan Filipina pada tahun 1998 sampai tahun 2014. Sedangkan pemilihan negara Singapura bertujuan untuk melihat FDI pada negara maju di ASEAN.



Gambar 1.1 *Foreign Direct Investment (net Inflow, % of GDP)* (Data diolah)

Penelitian ini melibatkan tiga persamaan. Penelitian yang melibatkan banyak persamaan dapat kemungkinan adanya galat antar model tersebut saling berkorelasi dan dikenal sebagai korelasi kesebayaan antar galat model. Karena adanya korelasi kesebayaan maka digunakan pendekatan metode SUR dengan estimasi GLS. Pada tahun 1962, Zellner memperkenalkan metode untuk mengestimasi parameter tersebut yang dikenal dengan metode SUR. SUR merupakan salah satu metode yang ada di kajian ekonometrika. Menurut Gujarati (2006), Ekonometrika merupakan hasil dari suatu tinjauan tertentu tentang peran

ilmu ekonomi, mencakup aplikasi statistik matematik atas data ekonomi guna memberikan dukungan empiris terhadap model yang disusun berdasarkan matematika ekonomi serta memperoleh hasil berupa angka-angka. Dengan kata lain ekonometrika dapat diartikan sebagai gabungan antara teori ekonomi, matematika ekonomi dan statistik ekonomi. Salah satu yang dipelajari dalam ekonometri adalah analisis regresi. Gujarati (2006) menyatakan analisis regresi adalah studi tentang hubungan antara satu variabel yang disebut variabel dependen dan satu atau lebih variabel independen. Regresi banyak diaplikasikan dalam berbagai permasalahan yang bertujuan untuk melihat hubungan antara variabel independen dan variabel dependen, serta melihat kontribusinya dalam memprediksi nilai variabel dependen dengan variabel independen yang diketahui.

Analisis regresi terdiri dari berbagai macam analisis regresi, baik regresi linear maupun non linear. Dalam analisis regresi linear diasumsikan bahwa *galat* dari model tersebut memiliki nilai rata-rata nol dan varian yang saling bebas, maka digunakan metode estimasi OLS. Pada umumnya penelitian hanya menggunakan satu persamaan regresi sebagai suatu persamaan untuk diestimasi. Namun seiring dengan semakin kompleksnya kasus yang ada, dewasa ini semakin dituntut untuk melihat pada cakupan yang lebih luas, yaitu untuk memandang dua atau lebih persamaan regresi sebagai suatu sistem persamaan untuk diestimasi. Persamaan regresi yang tergabung menjadi satu sistem sering kali berhubungan satu sama lain. Oleh karena itu, asumsi regresi pada keadaan ini jelas tidak akan terpenuhi, sehingga hasil estimasi dengan metode OLS tidak dapat digunakan ketika yang diharapkan adalah suatu estimator yang tidak bias, linear dan memiliki varian minimum. Kondisi tersebut dapat di atasi dengan memanfaatkan metode SUR yang merupakan sistem persamaan regresi yang saling berhubungan.

Menurut Agus Budhi Santosa, dkk (2013), SUR adalah model ekonometrika yang banyak digunakan dalam menyelesaikan beberapa persamaan regresi dimana masing-masing persamaan memiliki parameter sendiri dan nampak bahwa tiap persamaan tidak berhubungan. Namun demikian, antar persamaan-persamaan tersebut terjadi kaitan satu sama lainnya yaitu dengan adanya korelasi antar *galat*

dalam persamaan yang berbeda. Selain Zellner, beberapa peneliti lain juga mengembangkan metode SUR, salah satu diantaranya adalah Greene yang pada tahun 2000 melakukan pengembangan SUR dengan metode GLS. Metode GLS digunakan pada SUR dikarenakan adanya korelasi kesebayaan antar galat. Metode SUR merupakan pengembangan dari metode OLS yang digunakan untuk model multivariat. Estimasi parameter pada model SUR memiliki beberapa kelebihan antara lain lebih efisien karena estimasi parameter dilakukan secara serempak dan melibatkan korelasi kesebayaan. Korelasi kesebayaan terjadi apabila pada unit waktu yang sama, galat pada persamaan yang berbeda berkorelasi. Hal ini merupakan penyebab koefisien yang seharusnya signifikan tidak dapat ditangkap oleh estimasi metode OLS pada regresi linear klasik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, rumusan masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini yaitu bagaimana hasil analisis model SUR dengan metode *feasible* GLS pada data FDI di negara Indonesia, Singapura dan Filipina?

1.3 Batasan Masalah

Pada penulisan skripsi ini, batasan masalah diperlukan untuk menjamin keabsahan pada penarikan kesimpulan yang diperoleh. Sehingga tidak terjadi penyimpangan dari tujuan semula dan pemecahan masalah lebih terfokus, maka pembahasan dalam skripsi ini akan difokuskan pada penggunaan metode *feasible* GLS dalam model SUR. Studi kasus yang digunakan dalam skripsi ini yaitu data yang berkaitan dengan FDI dari tiga negara di Asia Tenggara, yaitu Indonesia, Singapura dan Filipina. Kemudian dari data tersebut dilakukan analisis *feasible* GLS pada model SUR menggunakan program Microsoft Excel 2013, IBM SPSS 22, dan R versi 3.4.2 untuk memudahkan dalam perhitungan.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang akan dicapai dalam penelitian adalah untuk mengetahui variabel apa saja yang berpengaruh pada FDI negara Indonesia, Singapura dan Filipina setelah dilakukan analisis *feasible* GLS pada model SUR.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui bentuk model SUR dengan metode *feasible* GLS. Dari model yang diperoleh dapat digunakan untuk melihat pengaruh dari variabel independen terhadap variabel dependen yang dapat diterapkan dalam berbagai studi kasus yang berkaitan.
2. Memberikan pengetahuan yang dapat membuka peluang diadakannya penelitian estimasi parameter model SUR dengan pengembangan berbagai metode analisis yang lain.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada penelitian ini digunakan tinjauan pustaka yang mengemukakan beberapa penelitian terdahulu yang dapat digunakan oleh peneliti sebagai dasar penelitian dan bahan kajian penelitian yang dilakukan.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Paulus Basuki KS (2006) mengenai pemodelan angka produksi kedelai, angka impor dan konsumsi kedelai melalui metode pendekatan SUR. Penggunaan metode SUR ini dilatarbelakangi oleh adanya model-model yang terlihat tidak saling berhubungan melainkan saling berhubungan. Pengaruh harga kedelai pada setiap model mengakibatkan galat antar model saling berkorelasi atau yang bisa dikenal dengan adanya korelasi kesebayaan antar galat model. Model produksi dengan metode SUR menghasilkan nilai ramalan yang mendekati nilai produksi kedelai yang sebenarnya.

Penelitian untuk mengenali karakteristik ketahanan pangan di Indonesia dan mencari faktor-faktor yang mempengaruhi derajat ketahanan pangan rumah tangga dilakukan oleh Muh. Samad dan Setiawan pada tahun 2011 dengan menggunakan metode SUR. Pendekatan SUR digunakan untuk melihat keterkaitan tingkatan ketahanan pangan rumah tangga dengan faktor-faktor yang mempengaruhi ketahanan pangan. Metode SUR ini digunakan karena keempat variabel respon tersebut berkaitan atau terjadi korelasi kesebayaan. Secara keseluruhan model yang diperoleh dari hasil analisis menyatakan bahwa variabel ketahanan pangan mempengaruhi derajat ketahanan pangan rumah tangga di Indonesia.

Andi Adiyudawansyah dan Dwi Budi (2012) dengan jurnalnya yang bertujuan untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi FDI dengan menggunakan indikator resiko ekonomi dan harapan keuntungan di lima negara ASEAN (Indonesia, Malaysia, Singapura, Thailand, dan Filipina) pada tahun 2003 sampai dengan 2011. Penelitian tersebut menggunakan metode data panel dengan model *Fixed effect model*. Variabel yang digunakan yaitu variabel deviasi PDB,

corruption preception index, suku bunga dan pendapatan perkapita. Dari hasil estimasi dan uji statistik dinyatakan bahwa faktor ekonomi berupa suku bunga akan mengurangi FDI, namun variabel *corruption preception index* dan pendapatan per kapita hasilnya tidak signifikan. Sebaliknya, faktor harapan keuntungan berupa variabel deviasi PDB berpengaruh positif dan signifikan terhadap FDI.

Kemudian pada tahun 2014, Ade Widyaningsih, dkk menerapkan model SUR pada data mikro permintaan bensin dunia dari beberapa negara yang tergabung dalam *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD). Variabel dependen yang digunakan yaitu logaritma konsumsi bensin per mobil, sedangkan variabel independennya adalah logaritma rata-rata pendapatan, harga bensin dan rata-rata jumlah mobil. Metode analisis yang digunakan yaitu analisis model regresi dengan OLS dan model SUR metode GLS. Dari penelitian tersebut dinyatakan bahwa model SUR metode GLS akan menghasilkan galat yang lebih kecil daripada penggunaan model regresi OLS.

Salain itu, pada tahun yang sama Asri Febriana dan Masyhudi Moqorobbin melakukan penelitian yang berkaitan dengan investasi asing langsung pada tahun 2014. Penelitian ini bertujuan untuk melihat bagaimana pengaruh hubungan pertumbuhan ekonomi, kurs dan ekspor terhadap FDI di Indonesia menggunakan model ekonometrika metode *Error Correction Model* (ECM). Dari penelitian tersebut didapatkan hasil bahwa PDB berpengaruh positif dan signifikan terhadap FDI, nilai tukar rupiah terhadap *dollar* AS (KURS) dan ekspor jangka pendek berpengaruh positif dan signifikan terhadap FDI.

Analisis yang berkaitan dengan evaluasi pertumbuhan gender di Jawa Tengah dilihat dari pertumbuhan ekonomi, angka harapan hidup, angka melek huruf, rata-rata lama sekolah, dan sumbangan pendapatan dengan pertimbangan gender dilakukan Moh. Yamin dan Devi Sumayya pada tahun 2016. SUR digunakan sebagai metode analisis untuk mengatasi permasalahan tersebut. Karena dalam kasus tertentu dalam persamaan terjadi korelasi serial pada beberapa *galat* persamaan, sehingga tidak dapat dilakukan dengan estimasi OLS oleh karena itu model SUR akan lebih tepat untuk mengatasi permasalahan tersebut. Dari

penelitian Moh. Yamin dan Devi Sumayya disimpulkan bahwa variabel yang berpengaruh signifikan antara lain angka harapan hidup, angka melek huruf, dan sumbangan pendapatan untuk masing-masing gender laki-laki dan perempuan.

Penelitian oleh Maya Malisa dan Fakhruddin (2017) pada data investasi langsung di Indonesia ini dilakukan untuk melihat pengaruh PDB, suku bunga dan nilai tukar terhadap FDI di Indonesia. Model regresi linear berganda dengan metode OLS digunakan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut. Dari penelitian Maya dan Fakhruddin dinyatakan bahwa PDB dan suku bunga berpengaruh positif signifikan terhadap FDI, sedangkan nilai tukar berpengaruh negatif signifikan terhadap investasi langsung. Oleh karena itu, pemerintah perlu menjaga kestabilan pertumbuhan ekonomi untuk mendorong peningkatan investasi asing di Indonesia.

Selanjutnya pada tahun yang sama, Tri Hanifawati, dkk pada tahun 2017 menggunakan analisis SUR untuk mengetahui pengaruh karakteristik konsumen terhadap persepsi kebutuhan, pencarian informasi, pemilihan alternatif, dan perilaku setelah pembelian. Model SUR dipilih karena ada empat persamaan yang memungkinkan terjadi kesamaan pengaruh faktor lain di luar model yang menghasilkan efek korelasi residual. Oleh karena itu, untuk mengatasi pengaruh korelasi tersebut, estimasi dilakukan secara bersamaan dengan metode SUR yang diperkenalkan oleh Zellner. Dari penelitian ini disimpulkan bahwa atribut kemasan berpengaruh terhadap pembelian dan karakteristik konsumen secara simultan berpengaruh terhadap persepsi, pemilihan alternatif, dan perilaku setelah pembelian

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Pengertian Investasi

Menurut Fatimah (2007) dalam Sayekti (2009), investasi diartikan sebagai pengeluaran-pengeluaran untuk membeli barang-barang dan peralatan produksi dengan tujuan untuk mengganti terutama manambah barang-barang modal dalam perekonomian yang akan digunakan untuk memproduksi barang dan jasa di masa depan. Investasi pada dasarnya memiliki arti yang lebih luas, karena investasi mencakup investasi langsung (*direct investment*) maupun investasi tidak langsung (*portofolio investment*), sedangkan kata penanaman modal lebih mempunyai konotasi kepada investasi langsung. Menurut Andi Adiyudawansyah (2012), investasi adalah pengeluaran yang dilakukan oleh para penanam modal yang menyangkut penggunaan sumber-sumber seperti peralatan, gedung, peralatan produksi, mesin-mesin baru lainnya atau persediaan yang diharapkan akan memberikan keuntungan dari investasi yang dilakukan.

Di Indonesia, topik investasi sudah diatur dalam Pernyataan Standar Akuntansi Keuangan (PSAK No. 13) dimana investasi adalah suatu aktiva yang digunakan perusahaan untuk menumbuhkan kekayaan melalui distribusi hasil investasi (seperti bunga, royalti, deviden, dan uang sewa), untuk apresiasi nilai investasi atau untuk manfaat lain bagi perusahaan yang berinvestasi seperti manfaat yang diperoleh melalui hubungan perdagangan. Dalam hubungannya dengan pengelolaan, investasi dapat dibagi menjadi dua yaitu investasi langsung (*direct investment*) dan investasi tidak langsung (*indirect investment*). Investasi langsung adalah penanaman modal secara langsung dalam bentuk pendirian perusahaan yang pada awalnya dikelola sendiri oleh penanam modal, keuntungan dan kerugian ditanggung sendiri dan biasanya memerlukan waktu jangka panjang, pengembalian modal dalam waktu terbatas. Sedangkan investasi tidak langsung yaitu penanaman modal pada perusahaan lain yang sudah berdiri dengan cara pengembalian saham

perusahaan lain, dengan harapan untuk mendapatkan bagian dari keuntungan perusahaan dalam bentuk dividen (Mudjiyono, 2012). Investasi portofolio dilakukan melalui pasar modal dengan instrumen surat berharga seperti saham dan obligasi. Dalam investasi portofolio, dana yang masuk ke suatu perusahaan yang menerbitkan surat berharga (emiten) belum tentu membuka lapangan kerja baru. Meskipun ada emiten yang telah mendapat dana dari pasar modal untuk memperluas usahanya. Sebaliknya, tidak sedikit pula dana yang masuk ke emiten hanya untuk memperkuat struktur modal atau mungkin malah untuk membayar utang bank. Selain itu, dalam proses ini tidak terjadi transfer teknologi atau alih keterampilan manajemen (Andi Adiyudawansyah, 2011).

Menurut Mudjiyono (2012), jika dilihat dari segi waktu (lamanya) investasi dapat dibedakan kedalam dua golongan, yaitu investasi jangka panjang dan investasi jangka pendek. Investasi jangka pendek adalah investasi yang dapat segera dicairkan dan dimaksudkan untuk dimiliki selama setahun atau kurang dengan tujuan memberdayakan kas agar mendapatkan keuntungan dari penjualan surat berharga dikemudian hari jika harga surat berharga yang dimiliki kursnya lebih tinggi dari pada kurs beli dan agar tidak terjadi kas menganggur (*idle cash*). Sedangkan investasi jangka panjang adalah investasi selain investasi lancar yang kepemilikannya lebih dari periode akuntansi dan biasanya dimiliki lebih dari 5 tahun. Perusahaan melakukan investasi dengan alasan yang berbeda-beda.

3.2 Foreign Direct Investment (FDI)

Andi Adiyudawansyah (2011) menyatakan bahwa FDI merupakan dana-dana investasi yang langsung digunakan untuk mengerjakan kegiatan bisnis, atau pengadaan alat-alat atau fasilitas produksi seperti pembelian lahan, membuka pabrik-pabrik, pengadaan mesin-mesin, membeli bahan baku, dan lain sebagainya. FDI memiliki hubungan yang erat dengan perusahaan-perusahaan multinasional. Pada dasarnya perusahaan multinasional adalah sebuah perusahaan raksasa yang menjalankan, memiliki serta mengendalikan operasi bisnis atau kegiatan-kegiatan usaha yang meliputi lebih dari satu negara. Menurut Undang-Undang No. 25 Tahun 2007 yang berkaitan dengan penanaman modal, investasi terdiri dari investasi

dalam negeri (*domestic investment*) dan dari pihak asing (FDI) yang lebih dikenal dengan PMDN serta PMA. FDI adalah kegiatan penanaman modal untuk melakukan usaha di wilayah Republik Indonesia yang dilakukan oleh penanam modal asing sepenuhnya maupun yang berpatungan dengan penanam modal dalam negeri. Pada dasarnya pemasukan modal asing sangat diperlukan oleh suatu negara untuk mempercepat pembangunan ekonomi. Karena adanya modal asing akan membantu dalam industrialisasi, dalam membangun modal *overhead* ekonomi dan dalam menciptakan kesempatan kerja yang lebih luas. Investasi asing dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan pembangunan, meskipun sejumlah keuntungan dari investasi ini kembali pada investor asing. Namun investasi ini tetap akan menaikkan persediaan barang modal yang kemudian dapat menaikkan produktivitas dan upah tenaga kerja.

Analisis neoklasik tradisional menyebutkan bahwa FDI merupakan sesuatu yang sangat positif bagi suatu negara tujuan, karena adanya FDI dapat mengisi kekurangan tabungan yang dapat dihimpun dari dalam negeri, menambah cadangan devisa, memperbesar penerimaan pemerintah, dan dapat dimanfaatkan sebagai media pengembangan keahlian manajerial bagi perekonomian negara penerimanya. Manfaat-manfaat dari FDI tersebut sangat penting, karena dari semuanya menjadi faktor-faktor kunci yang dibutuhkan untuk mencapai target pembangunan. Dalam hal pembangunan, FDI disebut-sebut sebagai sumbangan positif, karena perannya dalam mengisi kekosongan atau kekurangan sumber daya antara tingkat investasi yang ditargetkan dengan sejumlah aktual tabungan domestik yang dapat dimobilisasikan (Andi Adiyudawansyah, 2011).

Selain dalam segi pembangunan, sumbangan positif dari FDI terletak pada peranannya dalam mengisi kesenjangan antara target jumlah devisa yang dibutuhkan dan hasil-hasil aktual devisa dari ekspor ditambah dengan bantuan luar negeri netto. Kemudian FDI juga memiliki peran untuk mengisi kesenjangan antara target penerimaan pajak pemerintah dan jumlah pajak aktual yang dapat dikumpulkan. Dengan membebaskan pajak atas keuntungan yang diperoleh perusahaan multinasional dan ikut serta secara finansial dalam kegiatan-kegiatan

mereka di dalam negeri, pemerintahan negara tujuan, FDI pada akhirnya akan dapat memobilisasi sumber-sumber finansial dalam rangka membiayai proyek-proyek pembangunan secara lebih baik. Sumbangan positif dari FDI yang tidak kalah penting adalah peranannya dalam mengisi kesenjangan bidang manajemen, semangat kewirausahaan, teknologi produksi, dan keterampilan kerja yang menurut pemikiran neoklasik akan diisi sebagian maupun keseluruhannya oleh perusahaan-perusahaan swasta asing yang beroperasi dinegara-negara penerima FDI. Proses transfer pengetahuan dan teknologi tersebut akan sangat bermanfaat secara produktif bagi negara-negara penerima FDI (Andi Adiyudawansyah, 2011).

3.3 Produk Domestik Bruto (PDB)

PDB merupakan hasil representasi dari pendapatan nasional yang mencerminkan total pendapatan yang diterima oleh semua penduduk dalam perekonomian suatu negara. Menurut Dodi Arif (2014), PDB merupakan jumlah produk barang dan jasa yang dihasilkan oleh unit-unit produksi didalam batas wilayah suatu negara selama satu tahun. Dengan kata lain, PDB dapat diartikan sebagai keseluruhan nilai pasar semua jasa yang dihasilkan oleh suatu negara atau masyarakat selama kurun waktu tertentu, misalnya satu tahun. Dalam konsepnya PDB akan menghitung hasil produksi barang dan jasa yang dihasilkan oleh perusahaan/orang asing yang beroperasi diwilayah negara yang bersangkutan. Nilai PDB dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$PDB = C + G + I + (X - M) \quad [3.1]$$

dimana C menyatakan pengeluaran rumah tangga, G menyatakan pengeluaran pemerintah, I sebagai pengeluaran investasi, dan $X - M$ merupakan selisih antara nilai ekspor dan impor.

Barang-barang yang dihasilkan termasuk barang modal yang belum diperhitungkan penyusutannya, karenanya jumlah yang didapatkan dari PDB dianggap bersifat bruto atau kotor. PDB banyak digunakan untuk mengukur pertumbuhan ekonomi yang dilakukan oleh hampir semua negara didunia, termasuk negara-negara di Asia Tenggara. Di Indonesia sendiri, PDB merupakan nilai

tambah yang dihitung berdasarkan seluruh aktivitas ekonomi tanpa membedakan asal pemiliknya, apakah berasal dari Indonesia maupun dari negara lain, sejauh proses produksinya dilakukan di Indonesia. PDB dapat digunakan untuk beberapa kegiatan perekonomian, diantaranya yaitu untuk konsumsi rumah tangga, pengeluaran pemerintah, pembentukan modal tetap sektor swasta.

3.4 Suku Bunga

Dodi Arif (2014) menyatakan bahwa suku bunga adalah kompensasi yang dibayar peminjam dana kepada yang meminjamkan. Bagi peminjam, suku bunga merupakan biaya pinjaman atau harga yang dibayar atas uang yang dipinjam, yang merupakan tingkat pertukaran dari konsumsi sekarang untuk konsumsi masa mendatang, atau harga rupiah sekarang atas rupiah masa mendatang. Biasanya diekspresikan sebagai persentase per tahun yang dibebankan atas uang yang dipinjam atau dipinjamkan. Menurut Andi Adiyudawansyah (2011), suku bunga memiliki beberapa fungsi diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Sebagai daya tarik bagi para penabung baik individu, institusi atau lembaga yang mempunyai dana lebih untuk menginvestasikan dananya. Dana berlebihan yang ada di tangan masyarakat tersebut pada gilirannya akan mempengaruhi pertumbuhan suatu perekonomian.
2. Dapat digunakan sebagai alat kontrol bagi pemerintah terhadap dana langsung atau investasi pada sektor-sektor ekonomi. Dalam hal pemerintah memberikan dukungan pada suatu sektor ekonomi, pemerintah dapat membuat suatu kebijakan tingkat bunga yang lebih rendah untuk sektor ekonomi tersebut.
3. Dapat digunakan sebagai alat kebijakan moneter dalam rangka mengendalikan permintaan dan penawaran uang yang beredar dalam suatu perekonomian.
4. Pemerintah dapat memanipulasi tingkat bunga untuk meningkatkan produksi, sebagai akibatnya tingkat bunga dapat digunakan untuk mengontrol tingkat inflasi. Ini berarti bahwa pemerintah dapat mengatur sirkulasi uang dalam suatu perekonomian.

Suku bunga dibedakan menjadi dua, yaitu suku bunga nominal dan suku bunga riil. Suku bunga nominal merupakan rasio antara jumlah uang yang dibayarkan kembali dengan jumlah uang yang dipinjam, sedangkan suku bunga riil adalah rasio daya beli dari uang yang dibayarkan terhadap daya beli jumlah uang yang dipinjam, atau selisih antara suku bunga nominal dengan tingkat inflasi pada periode bersangkutan. Bagi para penanam modal, yang menjadi acuan untuk melakukan suatu investasi adalah suku bunga riil. Suku bunga riil berperan sebagai determinan pada *cost of capital* (biaya modal). Tingginya tingkat suku bunga riil akan menyebabkan biaya modal yang tinggi sehingga membuat tingkat investasi menurun. Menurut Tri Hendro (2013) dalam menentukan tingkat suku bunga, kreditur memperhitungkan dana yang harus dikeluarkan berupa bunga tabungan atau deposito serta faktor kemungkinan bahwa debitur tidak membayar kreditnya tepat waktu sesuai perjanjian atau bahkan tidak membayar sama sekali. Selain itu, kreditur juga mempertimbangkan biaya-biaya yang harus diperhitungkan berupa kerugian akibat penurunan nilai yang terjadi selama uang dipinjamkan. Dengan demikian, tingkat bunga yang berlaku adalah tingkat bunga yang disepakati oleh debitur dan kreditur yang merupakan penjumlahan dari unsur tingkat bunga dana, premi risiko dan penurunan nilai uang.

3.5 Konsep Ekspor Impor

Rahman Hakim (2012) mengemukakan bahwa ekspor adalah proses transportasi barang (komoditas) dan jasa dari suatu negara ke negara lain secara legal, umumnya dalam proses perdagangan. Ekspor barang secara besar umumnya membutuhkan campur tangan dari bea cukai dinegara pengirim maupun penerima. Ekspor merupakan bagian penting dari perdagangan internasional. Ekspor dapat diartikan sebagai total penjualan barang yang dapat dihasilkan oleh suatu negara, kemudian diperdagangkan kepada negara lain dengan tujuan mendapatkan devisa. Suatu negara dapat mengekspor barang-barang yang dihasilkan ke negara lain yang tidak dapat menghasilkan barang-barang yang dihasilkan negara pengekspor.

Impor merupakan pembelian dan pemasukan barang dari luar kedalam negeri, atau dapat dikatakan sebagai kegiatan ekonomi membeli produk luar negeri

untuk keperluan atau dipasarkan didalam negeri. Kecenderungan kegiatan impor yang besar tidak sepenuhnya buruk bagi sebuah negara karena impor juga akan merangsang kegiatan investasi, apabila barang yang diimpor merupakan barang modal, barang mentah, barang setengah jadi untuk keperluan perindustrian. Pengembangan industri substitusi impor didalam negeri harus sejalan dengan penggalakan ekspor (Miranti Sedyanigrum, 2016).

3.6 Analisis Regresi Linier

Regresi adalah hubungan antara suatu variabel dependen dengan satu atau lebih variabel independen. Analisis regresi sering digunakan sebagai alat ketika ingin menggambarkan hubungan fungsional antara variabel independen (prediktor) terhadap variabel dependen dengan cara membangun model. Menurut Draper & Smith (1992) menyatakan bahwa analisis regresi merupakan metode analisis yang dapat digunakan untuk menganalisis data dan mengambil kesimpulan yang bermakna tentang hubungan ketergantungan variabel terhadap variabel lainnya. Menurut RK. Sembiring (2003), model regresi umum yang mengandung k variabel independen dituliskan sebagai berikut:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + e \quad [3.2]$$

Jika pengamatan mengenai Y, X_1, X_2, \dots, X_k dinyatakan masing-masing $Y_i, X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{ik}$ dan dengan residual (e_i), maka persamaan [3.2] menjadi

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_k X_{ik} + e_i \quad [3.3]$$

untuk $k = 1, 2, \dots, k$ dan $i = 1, 2, \dots, n$. β_0 menyatakan *intersep*. $\beta_1 \dots \beta_k$ menyatakan koefisien regresi parsial. e menyatakan komponen pengganggu. Sedangkan k merupakan banyaknya variabel independen yang dimasukkan dalam model, sedangkan n adalah banyak pengamatan.

Menurut Sudrajat (1984) dari model [3.3] di atas, maka secara keseluruhan menurut cara-cara skalar dapat diurai menjadi :

$$Y_1 = \beta_0 + \beta_1 X_{11} + \beta_2 X_{21} + \dots + \beta_k X_{k1} + e_1$$

$$Y_2 = \beta_0 + \beta_1 X_{12} + \beta_2 X_{22} + \dots + \beta_k X_{k2} + e_2$$

$$\begin{aligned} & \vdots \\ Y_n &= \beta_0 + \beta_1 X_{1n} + \beta_2 X_{2n} + \cdots + \beta_k X_{kn} + e_n \end{aligned} \quad [3.4]$$

Dari gugus model [3.4] tersebut dapat dituliskan menurut metode matriks :

$$\begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & X_{11} & X_{21} & \cdots & X_{k1} \\ 1 & X_{12} & X_{22} & \cdots & X_{k2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & X_{1n} & X_{2n} & \cdots & X_{kn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_k \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \vdots \\ e_n \end{pmatrix}$$

Secara ringkas menurut notasi matriks adalah

$$Y_{n \times 1} = X_{n \times k} \cdot \beta_{k \times 1} + e_{n \times 1} \quad [3.5]$$

atau secara lebih singkat dapat dituliskan

$$Y = X\beta + e \quad [3.6]$$

Asumsi yang diambil dalam model ini adalah X_1, X_2, \dots, X_k tidak mempunyai distribusi dan merupakan *non-stokastik*. Sedangkan distribusi e merupakan residual random berdistribusi $N(0, \sigma^2)$. Oleh karena itu, Y memiliki distribusi yang sesuai dengan e .

3.7 Prinsip Metode OLS

Dalam model regresi terdapat parameter-parameter yaitu $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$. Parameter tersebut tidak diketahui, oleh karena itu perlu dilakukan estimasi untuk mendapatkan jumlah kuadrat residual yang minimum. Jumlah kuadrat residual disebut juga dengan jumlah kuadrat galat terhadap garis regresi (JKG). Prinsipnya OLS digunakan untuk estimasi parameter yaitu dengan meminimumkan JKG.

Regresi populasi dinyatakan sebagai

$$\begin{aligned} Y_i &= \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \cdots + \beta_k X_{ki} + e_i \\ &= \hat{Y}_i + e_i \end{aligned} \quad [3.7]$$

dimana \hat{Y}_i adalah nilai Y_i hasil estimasi. Selanjutnya dari persamaan [3.7] dapat dinyatakan sebagai

$$\begin{aligned} e_i &= Y_i - \hat{Y}_i \\ &= Y_i - \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \cdots + \beta_k X_{ki} \end{aligned} \quad [3.8]$$

yang menunjukkan bahwa e_i (residual) hanyalah perbedaan antara nilai Y sebenarnya dengan nilai yang ditaksir. Selanjutnya jika mempunyai N pengamatan pada data X dan Y , dan akan mengestimasi koefisien regresi SRF sedemikian rupa sehingga sedekat mungkin nilai Y yang sebenar-benarnya, maka haruslah e_i sekecil-kecilnya. Namun demikian dari asumsi diketahui, bahwa $\sum e_i = 0$ yang berarti pula $\bar{e} = 0$, maka nilai ini tidak ada artinya. Untuk menentukan nilai \bar{e} , dapat dinotasikan sebagai berikut:

$$\bar{e} = \frac{\sqrt{\sum e_i^2}}{N} \quad [3.9]$$

Model [3.9] ini biasanya disebut sebagai *galat baku (standard error)*. Dalam OLS harus meminimalkan nilai $\sum e_i^2$, maka diperoleh

$$JKG = \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - \beta_0 - \beta_1 X_{i1} - \beta_2 X_{i2} - \dots - \beta_k X_{ik})^2 \quad [3.10]$$

Tujuan estimasi regresi adalah menentukan nilai β_0 dan β_1 yang mendekati nilai sebenarnya (parameter populasi). Dengan demikian simpangan dari β_0 dan β_1 ini haruslah sekecil-kecilnya. Nilai $\sum e_i^2$ minimum ini akan diperoleh apabila derivasi (turunan) pertama terhadap β_0 hingga β_k akan sama dengan nol. Maka :

$$\begin{aligned} \frac{\partial \sum e_i^2}{\partial \beta_0} &= -2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \beta_0 - \beta_1 X_{i1} - \beta_2 X_{i2} - \dots - \beta_k X_{ik}) = 0 \\ \frac{\partial \sum e_i^2}{\partial \beta_1} &= -2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \beta_0 - \beta_1 X_{i1} - \beta_2 X_{i2} - \dots - \beta_k X_{ik}) X_{i1} = 0 \\ \frac{\partial \sum e_i^2}{\partial \beta_2} &= -2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \beta_0 - \beta_1 X_{i1} - \beta_2 X_{i2} - \dots - \beta_k X_{ik}) X_{i2} = 0 \\ &\vdots \\ \frac{\partial \sum e_i^2}{\partial \beta_k} &= -2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \beta_0 - \beta_1 X_{i1} - \beta_2 X_{i2} - \dots - \beta_k X_{ik}) X_{ik} = 0 \quad [3.11] \end{aligned}$$

Dari model [3.11] jika dijabarkan akan diperoleh seperangkat persamaan normal berikut:

$$n\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n X_{i1} + \hat{\beta}_2 \sum_{i=1}^n X_{i2} + \dots + \hat{\beta}_k \sum_{i=1}^n X_{ik} = \sum_{i=1}^n Y_i \quad [3.12]$$

$$\hat{\beta}_0 \sum_{i=1}^n X_{i1} + \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n X_{i1}^2 + \hat{\beta}_2 \sum_{i=1}^n X_{i1}X_{i2} + \dots + \hat{\beta}_k \sum_{i=1}^n X_{i1}X_{ik} = \sum_{i=1}^n X_{i1}Y_i$$

$$\hat{\beta}_0 \sum_{i=1}^n X_{i2} + \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n X_{i1}X_{i2} + \hat{\beta}_2 \sum_{i=1}^n X_{i2}^2 + \dots + \hat{\beta}_k \sum_{i=1}^n X_{i2}X_{ik} = \sum_{i=1}^n X_{i2}Y_i$$

⋮

$$\hat{\beta}_0 \sum_{i=1}^n X_{ik} + \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n X_{i1}X_{ik} + \hat{\beta}_2 \sum_{i=1}^n X_{i2}X_{ik} + \dots + \hat{\beta}_k \sum_{i=1}^n X_{ik}^2 = \sum_{i=1}^n X_{ik}Y_i \quad [3.13]$$

Persamaan [3.13] disebut persamaan normal. Dengan pengolahan selanjutnya dari persamaan normal ini akan diperoleh nilai duga $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ hingga β_k . Jika dalam persamaan regresi linier berganda terdiri dari dua variabel independen, maka nilai β_0, β_1 , dan β_2 dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$\hat{\beta}_0 = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i - \beta_1 \sum_{i=1}^n X_{i1} - \beta_2 \sum_{i=1}^n X_{i2}}{n} \quad [3.14]$$

$$\hat{\beta}_1 = \frac{((\sum_{i=1}^n X_{i2}^2 \times \sum_{i=1}^n X_{i1}Y_i) - (\sum_{i=1}^n X_{i2}Y_i \times \sum_{i=1}^n X_{i1}X_{i2}))}{((\sum_{i=1}^n X_{i1}^2 \times \sum_{i=1}^n X_{i2}^2) - (\sum_{i=1}^n X_{i1}X_{i2})^2)} \quad [3.15]$$

$$\hat{\beta}_2 = \frac{((\sum_{i=1}^n X_{i1}^2 \times \sum_{i=1}^n X_{i2}Y_i) - (\sum_{i=1}^n X_{i1}Y_i \times \sum_{i=1}^n X_{i1}X_{i2}))}{((\sum_{i=1}^n X_{i1}^2 \times \sum_{i=1}^n X_{i2}^2) - (\sum_{i=1}^n X_{i1}X_{i2})^2)} \quad [3.16]$$

Jika parameter-parameter tersebut disusun dalam bentuk matrik maka persamaan [3.10] akan menjadi

$$\mathbf{X}'\mathbf{X}\hat{\boldsymbol{\beta}} = \mathbf{X}'\mathbf{Y} \quad [3.17]$$

dengan

$$\mathbf{Y} = \begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{pmatrix} \quad \mathbf{X} = \begin{pmatrix} 1 & X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1k} \\ 1 & X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & X_{n1} & X_{n2} & \dots & X_{nk} \end{pmatrix}$$

$$\hat{\boldsymbol{\beta}} = \begin{pmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_k \end{pmatrix} \quad \mathbf{X}' = \begin{pmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ X_{11} & X_{21} & \dots & X_{n1} \\ X_{12} & X_{22} & \dots & X_{n2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{1k} & X_{2k} & \dots & X_{nk} \end{pmatrix}$$

$$X'X = \begin{pmatrix} n & \sum_{i=1}^n X_{i1} & \cdots & \sum_{i=1}^n X_{ik} \\ \sum_{i=1}^n X_{i1} & \sum_{i=1}^n X_{i1}^2 & \cdots & \sum_{i=1}^n X_{i1}X_{ik} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum_{i=1}^n X_{ik} & \sum_{i=1}^n X_{i1}X_{ik} & \cdots & \sum_{i=1}^n X_{ik}^2 \end{pmatrix}, X'Y = \begin{pmatrix} 1 & 1 & \cdots & 1 \\ X_{11} & X_{21} & \cdots & X_{n1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{1k} & X_{2k} & \cdots & X_{nk} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum_{i=1}^n Y_i \\ \sum_{i=1}^n X_{i1}Y_i \\ \vdots \\ \sum_{i=1}^n X_{ik}Y_i \end{pmatrix}$$

Untuk menyelesaikan persamaan [3.17] kalikan kedua ruas dengan invers dari $(X'X)$. Sehingga estimasi kuadrat terkecil dari β adalah

$$\begin{aligned} (X'X)^{-1}X'X\hat{\beta} &= (X'X)^{-1}X'Y \\ \hat{\beta} &= (X'X)^{-1}X'Y \end{aligned} \quad [3.18]$$

Estimasi nilai $\hat{\beta}$ dapat diterapkan dengan baik pada analisis regresi, baik regresi sederhana maupun regresi berganda. Akan tetapi biasanya penggunaan matriks lebih sering digunakan untuk regresi linier berganda.

Contoh kasus perhitungan analisis regresi berganda dengan variabel dependen Y dan variabel independen X_1 dan X_2 yang disajikan pada **Tabel 3.1** yang berupa data ilustrasi seperti berikut :

Tabel 3.1 Data Ilustrasi

No	Y	X ₁	X ₂	No	Y	X ₁	X ₂
1	0.4	0.4	0.16	11	6.8	2.4	5.76
2	-0.4	0.6	0.36	12	9.2	2.6	6.76
3	-0.8	0.8	0.64	13	12.0	2.8	7.84
4	-1.0	1.0	1.0	14	15.0	3.0	9.0
5	-0.8	1.2	1.44	15	18.0	3.2	10.24
6	-0.4	1.4	1.96	16	22.0	3.4	11.56
7	0.4	1.6	2.56	17	26.0	3.6	12.96
8	1.6	1.8	3.24	18	30.0	3.8	14.44
9	3.0	2.0	4.0	19	35.0	4.0	16.0
10	4.8	2.2	4.84	20	40.0	4.2	17.64
$\Sigma Y = 220.8$		$\Sigma X_1 = 46$		$\Sigma X_2 = 132.4$			

Sumber : RK. Sembiring (2003)

Jika $X'X$ tidak singular persamaan [3.17] mempunyai nilai-nilai berikut:

$$X = \begin{pmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} \\ 1 & x_{21} & x_{22} \\ 1 & x_{31} & x_{32} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & x_{n1} & x_{n2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0.4 & 0.16 \\ 1 & 0.6 & 0.36 \\ 1 & 0.8 & 0.64 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & 4.2 & 17.64 \end{pmatrix}$$

Sehingga

$$X'X = \begin{pmatrix} n & \sum X_{i1} & \sum X_{i2} \\ \sum X_{i1} & \sum X_{i1}^2 & \sum X_{i1}X_{i2} \\ \sum X_{i2} & \sum X_{i1}X_{i2} & \sum X_{i2}^2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 20 & 46 & 132.4 \\ 46 & 132.4 & 426.88 \\ 132.4 & 426.88 & 1467.4336 \end{pmatrix}$$

$$X'Y = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & \dots & 1 \\ x_{11} & x_{11} & x_{31} & \dots & x_{n1} \\ x_{12} & x_{22} & x_{32} & \dots & x_{n2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ \vdots \\ y_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum y_i \\ \sum x_{i1}y_i \\ \sum x_{i2}y_i \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 221.6 \\ 786.46 \\ 2852.624 \end{pmatrix}$$

Selanjutnya diperoleh

$$(X'X)^{-1} = \begin{pmatrix} 0.8071 & -0.7350 & 0.1409 \\ -0.7350 & 0.7909 & -0.1637 \\ 0.1409 & -0.1637 & 0.3560 \end{pmatrix}$$

Sehingga didapatkan nilai estimasi parameter regresinya

$$\hat{\beta} = (X'X)^{-1}X'Y = \begin{pmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2.985 \\ -7.992 \\ 3.999 \end{pmatrix}$$

Menurut Sembiring (2003), untuk menentukan apakah pengaruh suatu variabel independen X besar atau kecil terhadap variabel dependen Y maka digunakan tabel analisis variansi seperti berikut :

Tabel 3.2 Tabel Analisis Variansi

Sumber Variansi	Jumlah Kuadrat (JK)	Derajat Kebebasan (dk)	Rataan Kuadrat (RK)
Regresi	$JKR = \sum (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2$	$p - 1$	$MSR = \frac{JKR}{p - 1}$
Sisa	$JKG = \sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2$	$n - p$	$MSE = \frac{JKG}{n - p}$
Total	$JKT = \sum (Y_i - \bar{Y})^2$	$n - 1$	

Dengan menggunakan data **Tabel 3.1** maka dapat disajikan analisis variansi seperti yang terlihat pada **Tabel 3.3** berikut :

Tabel 3.3 Tabel Analisis Variansi Contoh Kasus

Sumber Variansi	Jumlah Kuadat (JK)	Derajat Kebebasan (dk)	Rataan Kuadrat (RK)	F
Regresi	3329.7674	2	1664.8873	1.15×10^6
Sisa	0.0246	17	0.0014	
Total	3329.7920	19		

3.8 Asumsi-Asumsi pada Regresi

Untuk menghasilkan model regresi yang diperoleh dari OLS, maka model tersebut harus menghasilkan estimator linier yang tidak bias yang terbaik (BLUE). Oleh karena itu, persamaan-persamaan regresi OLS harus memenuhi beberapa asumsi yang dikenal dengan asumsi klasik (Sudrajat, 1984).

3.8.1 Asumsi Normalitas

Menurut Ghozali (2011) dalam Purnami (2017), uji normalitas bertujuan untuk menguji apakah dalam model regresi variabel pengganggu atau residual memiliki distribusi normal. Pada regresi linier diasumsikan bahwa setiap e_i didistribusikan secara random dengan $e_i \sim N(0, \sigma^2)$. Jika dalam persamaan regresi, asumsi normalitas residualnya dilanggar, maka akan menyebabkan nilai residual yang besar. Untuk menguji asumsi normalitas dapat dilakukan dengan banyak cara, diantaranya yaitu dengan uji Jarque Bera, uji QQ-Plot, Shapioro Wilk, Kolmogorov Smirnov, dan lain sebagainya.

Menurut asumsi normalitas nilai harapan e_i yang timbul karena variansi nilai X_i yang diketahui harus sama dengan nol. Ini hanya mungkin jika Y_i dalam kelompok menyebar normal dan sifatnya random, yang memungkinkan jumlah simpangan positif dan negatif dari nilai tengah sama besarnya.

$$E(e_i|X_i) = 0 \quad [3.19]$$

3.8.1.1 Uji Jarque Berra

Uji Jarque Bera adalah salah satu metode untuk menguji kenormalan data. Mardia (1970) dalam Adi Setiawan (2016) menyatakan uji Jarque Bera sebagai

$$JB = \frac{n}{6} \left(S^2 + \frac{(K - 3)^2}{4} \right) \quad [3.20]$$

dengan

$$S = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right)^{3/2}} \quad [3.21]$$

$$K = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right)^2} \quad [3.22]$$

dimana nilai rata-rata dinyatakan dengan $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ [3.23]

Nilai x menyatakan data yang diuji kenormalan, n menyatakan ukuran sampel, S menyatakan skwenness, dan K adalah kurtosis. Pengujian menggunakan statistik Jarque Bera menggunakan hipotesis berikut :

H_0 : sampel berdistribusi normal

H_1 : sampel tidak berdistribusi normal

Uji Jarque-Bera mempunyai distribusi chi-kuadrat dengan derajat bebas dua ($\chi^2_{(\alpha,2)}$). Jika hasil uji Jarque Bera lebih besar dari distribusi chi-kuadrat maka H_0 ditolak, yang berarti bahwa sampel tidak berdistribusi normal dan jika sebaliknya maka berarti sampel berdistribusi normal.

Misalkan terdapat 30 data rata-rata investasi modal yang ditanamkan dalam perusahaan ternama di Indonesia sebagai berikut (dalam juta US\$) :

Tabel 3.4 Tabel Data Ilustrasi Investasi di Perusahaan

56	58	60	64	54	52	50	40	57	53
65	50	53	52	66	45	55	54	65	56
55	57	48	63	51	55	44	58	54	60

Dari data **Tabel 3.4** akan diuji apakah data tersebut berdistribusi normal atau tidak dengan menggunakan uji Jarque Bera. Dari hasil uji Jarque Bera didapatkan

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{1}{30} (56 + 58 + \dots + 54 + 60) = 55$$

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = \frac{1}{30} \{(56 - 55)^2 + (58 - 55)^2 + \dots + (60 - 55)^2\} = 37.8$$

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3 = \frac{1}{30} \{(56 - 55)^3 + (58 - 55)^3 + \dots + (60 - 55)^3\} = -5.14$$

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4 = \frac{1}{30} \{(56 - 55)^4 + (58 - 55)^4 + \dots + (60 - 55)^4\} = 4203.8$$

maka diperoleh nilai

$$S = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2\right)^{3/2}} = \frac{-51.4}{(37.8)^{3/2}} = -0.2212$$

$$K = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2\right)^2} = \frac{4203.8}{(37.8)^2} = 2.9421$$

Sehingga diperoleh hasil uji Jarque Bera berikut:

$$JB = \frac{n}{6} \left(S^2 + \frac{(K - 3)^2}{4} \right) = \frac{30}{6} \left((-0,2212)^2 + \frac{(2.9421 - 3)^2}{4} \right) = 0.2488$$

Dari pengujian tersebut diperoleh keputusan gagal tolak H_0 . Dengan nilai $\chi^2_{(\alpha,2)} = 5.99$ lebih besar dari nilai Jarque Bera. Maka dapat disimpulkan bahwa data berdistribusi normal.

3.8.1.2 Uji QQ-Plot

Menurut Aghnia Mazaya (2012) QQ-plot merupakan singkatan dari kuantil-kuantil plot, dalam statistik adalah petak probabilitas. QQ-Plot merupakan sebuah metode grafik untuk membandingkan dua distribusi probabilitas dengan membuat plot *quantiles* antar distribusi terhadap satu sama lain. Pertama, *set* interval untuk *quantiles* dipilih. Sebuah titik (x, y) pada plot sesuai dengan salah

satu *quantiles* dari distribusi kedua (y koordinat) diplot terhadap kuantil yang sama dari distribusi pertama (x -koordinat). Jika dua distribusi yang dibandingkan adalah sama, titik-titik dalam QQ-Plot sekitar akan berbaring di atas garis $y = x$. Jika distribusi yang berhubungan linier, titik-titik dalam QQ-Plot sekitar akan berbaring di atas garis, tetapi tidak harus pada garis $y = x$

3.8.2 Uji Multikolinearitas

Menurut Sudrajat (1984), multikolinearitas adalah adanya hubungan yang sempurna antara semua atau beberapa variabel independen dalam model regresi yang dikemukakan. Gejala multikolinearitas hanya ditentukan oleh hubungan sempurna atau hampir sempurna antara variabel independen X dalam bentuk linier saja, jadi jika sekiranya terdapat hubungan fungsional selain linier, misalnya kuadratik atau kubik. Persamaan regresi yang mengandung multikolinearitas akan mengakibatkan standar *error* estimasi akan meningkat dengan bertambahnya variabel dependen sehingga model regresi yang diperoleh menjadi tidak *valid* untuk mengestimasi nilai variabel independen.

$$\text{Cov}(e_i, X_i) = E[e_i - E(e_i)][X_i - E(X_i)] = 0 \quad [3.24]$$

Asumsi multikolinieritas menyatakan, bahwa antara komponen pengganggu e_i dengan variabel independen X_i tidak terjadi korelasi. Asumsi ini sekaligus memenuhi asumsi, bahwa variabel independen X_i harus non random. Jika e_i berkorelasi dengan X_i , maka pengaruh X terhadap Y tidak dapat ditentukan. Jadi jika X meningkat maka e juga turut meningkat, begitu juga sebaliknya. Jika korelasi ini terjadi, maka sulit untuk mengetahui atau mengisolasi pengaruh X terhadap Y , karena pengaruhnya tertutup oleh pengaruh e_i .

Gejala multikolinieritas salah satunya dapat dilihat dengan melihat nilai VIF. Nilai *cutoff* yang digunakan untuk menentukan adanya multikolinieritas adalah ketika $VIF \geq 10$. Menurut Montgomery (1982) dalam Purnami (2017) perhitungan VIF dapat dilakukan menggunakan persamaan berikut:

$$VIF = \frac{1}{1 - R_j^2} \quad [3.25]$$

dengan $j = 1, 2, \dots, k$ dan R_j^2 adalah koefisien determinasi yang dihasilkan dari variabel independen X_j dengan variabel independen lain $X_m (j \neq m)$ dimana $R_j^2 = \frac{\beta_1^2 \sum x_i^2}{\sum y_i^2}$. Untuk mengatasi multikolinieritas, salah satu cara yang dapat dilakukan yaitu mengeluarkan satu dari variabel yang berkolinier, melakukan transformasi variabel, dan menambahkan data baru dalam penelitian.

3.8.3 Uji Autokorelasi

Autokorelasi didefinisikan sebagai korelasi yang terjadi diantara anggota observasi yang terletak berderetan secara *series* dalam bentuk waktu (jika datanya berupa *time series*). Sedangkan menurut Gujarati (2004) autokorelasi dapat didefinisikan sebagai korelasi antara anggota serangkaian observasi yang diurutkan menurut waktu dan ruang. Uji autokorelasi bertujuan untuk menguji apakah dalam model terjadi korelasi antara kesalahan pengganggu pada periode ke t dengan pengganggu pada periode sebelumnya ($t-1$). Model regresi linier yang baik adalah model yang tidak mengandung adanya masalah autokorelasi.

$$\begin{aligned} Cov(e_i, e) &= E[e_i - E(e_i)][e_j - E(e_j)] \\ &= E(e_i, e_j) = 0 \end{aligned} \quad [3.26]$$

untuk $i \neq j$. i dan j merupakan dua pengamatan yang berbeda. Dengan kata lain persamaan [3.26] menyatakan, bahwa antara komponen pengganggu ke- i dan ke- j tidak terjadi korelasi. Asumsi ini disebut sebagai persyaratan tidak terjadinya *autocorrelation*. Autokorelasi terjadi karena observasi yang berurutan sepanjang waktu berkaitan satu sama lainnya atau residual tidak bebas dari satu observasi ke observasi lainnya. Untuk menunjukkan adanya gejala *autocorrelation* dilakukan dengan membuat diagram pencar antara e_i dan e_j dalam suatu salib sumbu. Selain itu, menurut Purnami (2017) salah satu metode untuk memeriksa gejala autokorelasi dapat dilakukan dengan uji Durbin-Watson yang dirumuskan dengan persamaan berikut:

$$d = \frac{\sum_{i=2}^n (e_i - e_{t-1})^2}{\sum_{i=2}^n e_t^2} \quad [3.27]$$

dengan ukuran sampel dan banyaknya variabel, didapatkan nilai d_L dan nilai d_U dari tabel Durbin–Watson. Dengan hipotesis H_0 tidak ada korelasi, maka digunakan kriteria berikut untuk melawan H_0 :

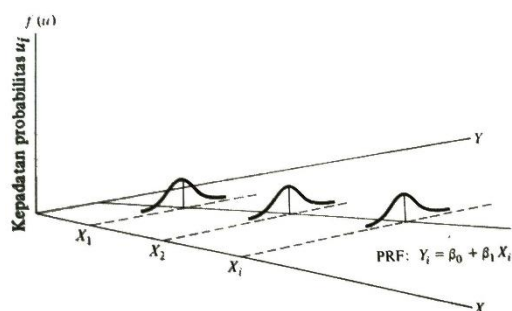
- Jika $d < d_L$ atau $d > 4 - d_L$ maka akan menolak H_0
- Jika $d_U < d < 4 - d_U$ maka akan gagal menolak H_0
- Jika $d_L \leq d \leq d_U$ atau $4 - d_U \leq d \leq 4 - d_L$ maka pengujian tidak dapat disimpulkan ada atau tidaknya autokorelasi.

3.8.4 Uji Homoskedastisitas

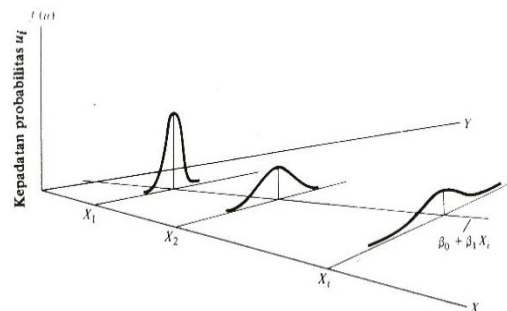
Uji Homoskedastisitas adalah uji yang dilakukan untuk melihat apakah terjadi kesamaan varians dari residual satu pengamatan ke pengamatan lain.

$$\begin{aligned} \text{Var}(e_i|X_i) &= E[e_i - E(e_i)]^2 \\ &= E(e_i^2) = \sigma^2 \end{aligned} \quad [3.28]$$

Menurut asumsi homoskedastisitas varians e_i untuk setiap kelompok X_i harus mempunyai nilai yang sama besarnya, yaitu sebesar σ^2 . Namun terkadang asumsi ini tidak terpenuhi sehingga $E(e_i^2) \neq \sigma^2$. Dalam model regresi yang baik seharusnya tidak mengandung gejala heteroskedastisitas. Secara geometrik dapat digambarkan seperti pada gambar berikut (Gunawan S, 2003) :



Gambar 3.1 Gejala Homoskedastisitas



Gambar 3.2 Gejala Heteroskedastisitas

Gambar 3.1 menunjukkan bahwa kurva yang dibentuk untuk setiap nilai X_i adalah sama yang berarti menunjukkan terpenuhinya asumsi homoskedastisitas. Sedangkan **Gambar 3.2** kurva yang terbentuk untuk setiap nilai X_i , ternyata semakin membesar dan melebar, karena semakin melebarnya *range* antara nilai Y minimum dan Y maksimum. **Gambar 3.2** ini menunjukkan terjadinya gejala heteroskedastisitas (variansi berbeda). Salah satu uji untuk mendeteksi adanya

gejala homoskedastisitas adalah melalui uji *Glesjer*. Uji ini menggunakan nilai absolut residual sebagai variabel dependen Y terhadap semua variabel independen X . Jika semua variabel independen signifikan secara statistik, maka model terdapat gejala heteroskedastisitas (Purnami, 2017).

3.9 Standar Error Estimasi

Standar *error* digunakan untuk mengetahui ketepatan persamaan estimasi. Besarnya standar *error* menunjukkan ketepatan persamaan estimasi untuk menjelaskan nilai variabel dependen yang sesungguhnya. Semakin kecil nilai standar *error* estimasi, maka semakin tinggi ketepatan persamaan estimasi yang dihasilkan untuk menjelaskan variabel dependen sesungguhnya. Sebaliknya, semakin besar nilai standar *error*, semakin rendah pula ketepatan persamaan estimasi nilai variabel dependen sesungguhnya (Dedi Suwarsito dan Erna Zuni, 2014). Gujarati (2006) merumuskan standar *error* dalam persamaan berikut:

$$var(\beta_0) = \left[\frac{1}{n} + \frac{\bar{X}_1^2 \sum x_{2i}^2 + \bar{X}_2^2 \sum x_{1i}^2 - 2\bar{X}_1\bar{X}_2 \sum x_{1i}x_{2i}}{\sum x_{1i}^2 \sum x_{2i}^2 - (\sum x_{1i}x_{2i})^2} \right] \sigma^2 \quad [3.29]$$

$$se(\beta_0) = \sqrt{var(\beta_0)} \quad [3.30]$$

$$var(\beta_1) = \frac{\sum x_{2i}^2}{(\sum x_{1i}^2)(\sum x_{2i}^2) - (\sum x_{1i}x_{2i})^2} \sigma^2 \quad [3.31]$$

$$se(\beta_1) = \sqrt{var(\beta_1)} \quad [3.32]$$

$$var(\beta_2) = \frac{\sum x_{1i}^2}{(\sum x_{1i}^2)(\sum x_{2i}^2) - (\sum x_{1i}x_{2i})^2} \sigma^2 \quad [3.33]$$

$$se(\beta_2) = \sqrt{var(\beta_2)} \quad [3.34]$$

dengan β_i merupakan koefisien regresi dimana $i = 1, 2, \dots, t$, x_i nilai variabel independen dimana $k = 1, 2, \dots, t$, σ^2 merupakan varians dari galat e_i .

Penaksir dari OLS jika varians tidak diketahui adalah

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{\sum e_t^2}{n - 3} \quad [3.35]$$

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\hat{\sigma}^2} \quad [3.36]$$

dengan

$$\sum e_t^2 = \sum y_i^2 - \beta_1 \sum y_i x_{1i} - \beta_2 \sum y_i x_{2i} \quad [3.37]$$

Contoh kasus perhitungan standar *error* dari regresi berganda, dengan data **Tabel 3.1** diperoleh perhitungan berikut:

Tabel 3.5 Data Ilustrasi Perhitungan Standar *Error*

Y	X ₁	X ₂	x _{1i} ²	x _{2i} ²	x _{1i} x _{2i}	e	e ²
0.4	0.4	0.16	0.16	0.026	0.064	-0.0260	0.00068
-0.4	0.6	0.36	0.36	0.130	0.216	-0.0274	0.00075
-0.8	0.8	0.64	0.64	0.410	0.512	0.0512	0.00263
-1	1	1	1.00	1.000	1.000	0.0100	0.00010
-0.8	1.2	1.44	1.44	2.074	1.728	0.0488	0.00239
-0.4	1.4	1.96	1.96	3.842	2.744	-0.0322	0.00104
0.4	1.6	2.56	2.56	6.554	4.096	-0.0332	0.00110
1.6	1.8	3.24	3.24	10.498	5.832	0.0458	0.00210
3	2	4	4.00	16.000	8.000	0.0050	0.00003
4.8	2.2	4.84	4.84	23.426	10.648	0.0442	0.00196
6.8	2.4	5.76	5.76	33.178	13.824	-0.0364	0.00133
9.2	2.6	6.76	6.76	45.698	17.576	-0.0370	0.00137
12	2.8	7.84	7.84	61.466	21.952	0.0424	0.00180
15	3	9	9.00	81.000	27.000	0.0020	0.00000
18	3.2	10.24	10.24	104.858	32.768	-0.3584	0.12842
22	3.4	11.56	11.56	133.634	39.304	-0.0386	0.00149
26	3.6	12.96	12.96	167.962	46.656	-0.0388	0.00151
30	3.8	14.44	14.44	208.514	54.872	-0.3590	0.12885
35	4	16	16.00	256.000	64.000	0.0010	0.00000
40	4.2	17.64	17.64	311.170	74.088	0.0410	0.00168
220.8	46	132.4	132.40	1467.434	426.880	-0.6956	0.27924

Data **Tabel 3.5** diolah dengan bantuan Microsoft Excel 2013, dari hasil pengolahan data diperoleh nilai total e sebesar -0.6956, nilai total e^2 sebesar 0.27924, nilai \bar{X}_1 sebesar 2.3, \bar{X}_2 sebesar 6.62. Nilai koefisien yang diperoleh masing-masing sebesar $\beta_0 = 2.985$, $\beta_1 = -7.992$, dan $\beta_2 = 3.999$. Berdasarkan angka yang telah diperoleh, maka standar *error* dapat dicari menggunakan rumus yang ada sehingga diperoleh hasil sebagai berikut :

Mencari nilai $se(\beta_0)$

$$\begin{aligned}
 se(\beta_0) &= \sqrt{\left[\frac{1}{n} + \frac{\bar{X}_1^2 \sum x_{2i}^2 + \bar{X}_2^2 \sum x_{1i}^2 - 2\bar{X}_1\bar{X}_2 \sum x_{1i}x_{2i}}{\sum x_{1i}^2 \sum x_{2i}^2 - (\sum x_{1i}x_{2i})^2} \right] \cdot \frac{\sum e_t^2}{n-3}} \\
 &= \sqrt{\left[\frac{1}{20} + \frac{(2.3)^2(132.4) + (6.62)^2(46) - 2(2.3)(6.62)(426.880)}{(132.4 \times 1467.434) - (426.88)^2} \right] \cdot \frac{0.27924}{20-3}} \\
 &= \sqrt{\left[\frac{1}{20} + \frac{(-10283.0314)}{194106035} \right] (0.0164)} = 0.028643
 \end{aligned}$$

Mencari nilai $se(\beta_1)$

$$\begin{aligned}
 se(\beta_1) &= \sqrt{\left[\frac{\sum x_{2i}^2}{(\sum x_{1i}^2)(\sum x_{2i}^2) - (\sum x_{1i}x_{2i})^2} \right] \cdot \frac{\sum e_t^2}{n-3}} \\
 &= \sqrt{\left[\frac{132.4}{(132.4 \times 1467.434) - (426.88)^2} \right] \cdot \frac{0.27924}{20-3}} \\
 &= \sqrt{\left[\frac{132.4}{194106035} \right] (0.0164)} = 0.000106
 \end{aligned}$$

Mencari nilai $se(\beta_2)$

$$\begin{aligned}
 se(\beta_2) &= \sqrt{\left[\frac{\sum x_{1i}^2}{(\sum x_{1i}^2)(\sum x_{2i}^2) - (\sum x_{1i}x_{2i})^2} \right] \cdot \frac{\sum e_t^2}{n-3}} \\
 &= \sqrt{\left[\frac{46}{(132.4 \times 1467.434) - (426.88)^2} \right] \cdot \frac{0.27924}{20-3}} \\
 &= \sqrt{\left[\frac{46}{194106035} \right] (0.0164)} = 0.0000624
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas diperoleh standar *error* untuk β_0 sebesar 0.028611, standar *error* β_1 sebesar 0.000106 dan standar *error* β_2 sebesar 0.0000624. dengan demikian dapat dikatakan bahwa standar *error* yang diperoleh terlihat cukup kecil.

3.10 Variansi

Variansi merupakan ukuran numerik yang paling populer dari penyebaran nilai, yang didefinisikan sebagai berikut:

Misalkan X adalah sebuah variabel acak dan $E(X)$ adalah nilai harapannya, yang untuk memudahkan dalam pemberian notasi dinyatakan sebagai μ_x . Maka, varians dari X didefinisikan sebagai:

$$\text{var}(X) = \sigma_x^2 = E(X - \mu_x)^2 \quad [3.38]$$

dimana $\mu_x = E(X)$. Dari persamaan [3.38], varians dari X semata-mata merupakan nilai harapan dari selisih kuadrat antara masing-masing nilai X dengan nilai rata-ratanya. Dengan demikian, variansi menunjukkan bagaimana penyebaran masing-masing nilai X disekitar rata-rata. Jika semua nilai X sama persis dengan $E(X)$, maka variansnya sama dengan nol, sedangkan jika nilai-nilai X itu menyebar luas disekitar nilai rata-rata, maka variansnya relatif besar.

Berikut adalah rumus untuk menghitung nilai variansi :

$$\text{var}(X) = \sum_x (X - \mu_x)^2 f(X) \quad [3.39]$$

dimana X merupakan variabel acak yang bersifat diskrit. Jika variabel acak yang digunakan bersifat kontinu maka akan menjadi

$$\text{var}(X) = \int (X - \mu_x)^2 f(X) \quad [3.40]$$

Sebagaimana yang ditunjuk pada persamaan [3.39] dan [3.40], untuk menghitung variansi dari suatu variabel acak yang bersifat diskrit, dapat dilakukan dengan mengurangi nilai tertentu dari variabel tersebut dengan nilai harapannya, mengkuadratkan selisih tersebut, dan mengalikan selisih kuadrat tadi dengan probabilitas dari masing-masing nilai X . Hal tersebut dilakukan untuk masing-masing nilai yang diasumsikan untuk variabel X dan menjumlahkan hasil kali yang diperoleh (Gujarati, 2006). Variansi memiliki sifat-sifat diantaranya yaitu:

1. Nilai variansi dari sebuah konstanta adalah sebesar nol. Hal tersebut dikarenakan nilai sebuah konstanta tidak pernah berubah-ubah.
2. Jika X dan Y merupakan dua variabel acak yang tak terikat satu sama lain, maka

$$\text{var}(X + Y) = \text{var}(X) + \text{var}(Y)$$

dan
$$\text{var}(X - Y) = \text{var}(X) + \text{var}(Y) \quad [3.41]$$

Dalam hal ini, variansi dari jumlah atau selisih dua variabel acak yang tidak terikat satu sama lain adalah sama dengan jumlah variansi dari masing-masing variabel.

3. Jika b adalah sebuah konstanta, maka

$$\text{var}(X + b) = \text{var}(X) \quad [3.42]$$

Dalam hal ini, penambahan sebuah bilangan konstanta terhadap sebuah variabel tidak akan mengubah variansi dari variabel tersebut. Jadi, $\text{var}(X + 7) = \text{var}(X)$.

4. Jika a adalah sebuah konstanta, maka

$$\text{var}(aX) = a^2 \text{var}(X) \quad [3.43]$$

Dengan kata lain, variansi dari sebuah konstanta dikalikan dengan sebuah variabel adalah sama dengan kuadrat dari konstanta tersebut dikalikan dengan variansi dari variabel tadi.. Jadi, $\text{var}(5X) = 25\text{var}(X)$.

5. Jika a dan b adalah konstanta, maka

$$\text{var}(aX + b) = a^2 \text{var}(X) \quad [3.44]$$

yang sesuai dengan sifat (3) dan (4). Jadi

$$\text{var}(5X + 9) = 25\text{var}(X)$$

6. Jika X dan Y merupakan dua variabel acak terikat satu sama lain, sementara a dan b adalah konstanta, maka

$$\text{var}(aX + bY) = a^2 \text{var}(X) + b^2 \text{var}(Y) \quad [3.45]$$

sifat ini mengikuti sifat-sifat sebelumnya. Jadi

$$\text{var}(3X + 5Y) = 9\text{var}(X) + 25\text{var}(Y) \quad [3.46]$$

7. Untuk memudahkan perhitungan, rumus varian persamaan [3.38] dapat dituliskan sebagai

$$\text{var}(X) = E(X)^2 - [E(X)]^2 \quad [3.47]$$

yang menyatakan bahwa variansi dari X adalah sama dengan nilai harapan dari X kuadrat dikurangi dengan kuadrat nilai harapan. Sehingga

$$\begin{aligned}
E(X - \mu_x)^2 &= E(X^2 - 2X\mu_x + \mu_x^2) \\
&= E(X^2) - 2X\mu_x E(X) + E(\mu_x^2) \\
&= E(X^2) - 2\mu_x^2 - \mu_x^2 = E(X) - \mu_x^2 \quad [3.48]
\end{aligned}$$

dengan μ_x adalah sebuah konstanta.

3.11 Kovariansi

Menurut Gujarati (2006), kovariansi merupakan ukuran tentang bagaimana dua variabel berubah-ubah atau bergerak bersamaan (dalam hal ini, bervariasi bersama). Misalkan X dan Y adalah dua variabel acak dengan rata-rata $E(X) = \mu_x$ dan $E(Y) = \mu_y$. Maka, kovariansi (cov) antara kedua variabel didefinisikan sebagai

$$\begin{aligned}
Cov(X, Y) &= E[(X - \mu_x)(Y - \mu_y)] \\
&= E(XY) - \mu_x\mu_y \quad [3.49]
\end{aligned}$$

Dari persamaan [3.49] menyatakan bahwa untuk mengetahui kovariansi antara dua variabel, harus dinyatakan dulu nilai dari masing-masing variabel sebagai deviasi dari nilai rata-ratanya dan mencari nilai harapan dari hasil kali kedua variabel. Kovariansi antara dua variabel acak dapat bernilai positif, negatif, maupun nol. Jika dua variabel acak bergerak kearah yang sama (misalnya, jika keduanya naik), maka kovariansinya akan bernilai positif, sedangkan jika keduanya bergerak dengan arah berlawanan (misalnya, yang satu naik dan yang lain turun), maka kovariansinya akan bernilai negatif. Namun, jika kovariansi antar variabel sebesar nol, berarti tidak ada hubungan (linear) antara kedua variabel.

Untuk menghitung kovariansi sebagaimana yang didefinisikan dalam persamaan [3.49] dengan mengasumsikan bahwa X dan Y adalah variabel acak yang bersifat diskrit adalah dengan merumuskannya menjadi seperti berikut:

$$\begin{aligned}
Cov(X, Y) &= \sum_x \sum_y (X - \mu_x)(Y - \mu_y) f(X, Y) \\
&= \sum_x \sum_y XY f(X, Y) - \mu_x\mu_y \\
&= E(X, Y) - \mu_x\mu_y \quad [3.50]
\end{aligned}$$

Dalam persamaan [3.50] terdapat tanda penjumlahan dalam ekspresi ini karena perhitungan kovariansi mengharuskan penjumlahan kedua variabel terhadap selang (jarak) nilai masing-masing variabel. Dengan menggunakan notasi integral kalkulus, rumus serupa dapat ditentukan untuk menghitung kovariansi dari dua variabel acak yang bersifat kontinu. Menurut Gujarati (2006), kovariansi memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

1. Jika X dan Y adalah variabel acak yang bersifat tak terikat satu sama lain, maka kovariansinya adalah nol.

$$E(X, Y) = E(X)E(Y) = \mu_x \mu_y \quad [3.51]$$

dengan mensubstitusi persamaan [3.51] kedalam persamaan [3.49], maka diketahui kovarian dua variabel acak bersifat tak terikat satu sama lain adalah nol.

2. $cov(a + bX, c + dY) = bd cov(X, Y)$ [3.52]

dimana a , b , c , dan d merupakan konstanta.

3. $cov(X, X) = var(X)$ [3.53]

Dalam hal ini, kovariansi dari sebuah variabel dengan variabel sendiri sama dengan variansi dari variabel tersebut, yang dapat dibuktikan berdasarkan definisi tentang variansi dan kovariansi yang telah disebutkan sebelumnya. Maka, jelas bahwa $cov(Y, Y) = var(Y)$.

4. Jika X dan Y adalah dua variabel acak namun terikat satu sama lain, maka rumus variansi yang diberikan dalam persamaan [3.41] perlu diubah menjadi seperti berikut:

$$var(X + Y) = var(X) + var(Y) + 2cov(X, Y) \quad [3.54]$$

$$var(X - Y) = var(X) + var(Y) - 2cov(X, Y) \quad [3.55]$$

3.12 Koefisien Determinasi (R^2)

Koefisien determinasi (R^2) dapat dihitung dari data bersamaan dengan koefisien regresinya. Kegunaan dari koefisien determinasi adalah untuk mengukur tingkat ketepatan yang paling baik dari analisis regresi. Jika data observasi dapat tepat pada garis regresi yang diestimasi, maka dikatakan kecocokan sempurna dapat

dicapai, dalam hal ini koefisien determinasi akan maksimum sebesar 1. Dalam kenyataannya nilai e (simpangan terhadap garis regresi) selalu ada, baik yang bertanda positif maupun negatif, walaupun dengan metode OLS menekankan nilai e_i sekecil mungkin. Untuk menghitung besarnya nilai R^2 , pada X_{ki} digunakan langkah sebagai berikut (Sudrajat, 1984) :

$$JK \text{ Total} = JK \text{ Regresi} + JK \text{ Galat} \quad [3.56]$$

Selanjutnya jika model [3.59] pada ruas kiri dan kanan dibagi dengan JKT, akan diperoleh :

$$\begin{aligned} 1 &= \frac{JK \text{ Regresi}}{JK \text{ Total}} + \frac{JK \text{ Galat}}{JK \text{ Total}} \\ &= \frac{\beta_1 \sum y_i x_{1i} + \beta_2 \sum y_i x_{2i} + \dots + \beta_k \sum y_i x_{ki}}{\sum y_i^2} + \frac{\sum e_i^2}{\sum y_i^2} \end{aligned} \quad [3.57]$$

Lebih lanjut didefinisikan, bahwa koefisien daterminasi

$$R^2 = \frac{JK \text{ Regresi}}{JK \text{ Total}} = \frac{\beta_1 \sum y_i x_{1i} + \beta_2 \sum y_i x_{2i} + \dots + \beta_k \sum y_i x_{ki}}{\sum y_i^2} \quad [3.58]$$

Karakteristik dari R^2 adalah

- a. tidak memiliki nilai negatif
- b. nilainya berkisar antara 0 dan 1 atau $0 \leq R^2 \leq 1$

3.13 Korelasi

Koefisien korelasi ini merupakan alat untuk mengukur tingkat/derajat keeratan hubungan antara variabel Y dengan variabel X (jika merupakan regresi dua variabel). Korelasi antara dua variabel dapat dicari dengan koefisien korelasi (populasi) yang didefinisikan sebagai berikut (Gujarati, 2006):

$$\rho = \frac{cov(X, Y)}{\sigma_x \sigma_y} \quad [3.59]$$

dimana ρ menyatakan koefisien korelasi.

Sebagaimana tampak jelas dari persamaan [3.59], korelasi antara kedua variabel acak X dan Y semata-mata merupakan rasio kovarians antara kedua

variabel dibagi dengan deviasi standar masing-masing variabel. Dengan demikian, koefisien korelasi yang didefinisikan di atas mengukur hubungan linear antara kedua variabel, atau dengan kata lain, merupakan ukuran tentang seberapa kuat hubungan linear di antara kedua variabel.

Selain dengan menggunakan persamaan [3.59], koefisien korelasi juga dapat dihitung dengan menggunakan akar kuadrat dari koefisien determinasi sehingga

$$R = \pm\sqrt{R^2} \quad [3.60]$$

Beberapa karakteristik koefisien korelasi :

1. Bisa bernilai positif maupun negatif. Tanda + atau – bergantung pada tanda pembilangnya ($\sum x_i y_i$), yaitu kovarian X dan Y.
2. Mempunyai kisaran nilai antara -1 dan +1 atau $-1 < R \leq +1$.
3. Pada dasarnya bersifat simetris, yaitu korelasi Y terhadap X dan korelasi X terhadap Y mempunyai nilai yang sama atau $R_{yx} = R_{xy}$.
4. Jika Y dan X satu dengan lainnya independen maka $R = 0$, tapi jika $R = 0$ tidak selalu berarti, bahwa Y dan X akan selalu independen.
5. Fungsinya hanya mengukur hubungan yang linear saja, dan tidak ada artinya jika dipakai untuk hubungan non-linier.

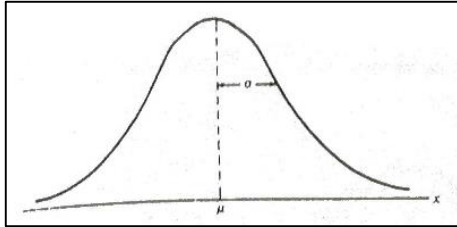
Meskipun R dipakai untuk mengukur asosiasi antara dua variabel, tapi hasilnya tidak bisa dipakai untuk analisis sebab akibat.

3.14 Sifat-Sifat Distribusi Normal

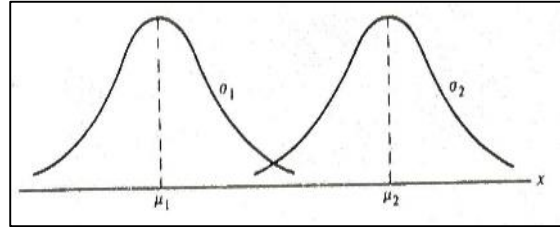
Distribusi normal sering disebut distribusi Gauss untuk menghormati Karl Friedrich Gauss (1777-1855), yang menemukan persamaannya waktu meneliti galat dalam pengukuran yang berulang-ulang mengenai bahan yang sama. Suatu peubah X yang distribusinya berbentuk lonceng seperti **Gambar 3.3** disebut peubah acak normal. Persamaan matematika distribusi peluang peubah normal kontinu bergantung pada dua parameter μ dan σ , yaitu rata-rata dan simpangan bakunya. Jadi fungsi padat X akan dinyatakan dengan $n(x; \mu, \sigma)$. Fungsi padat peubah acak normal X , dengan rata-rata μ dan variansi σ^2 , adalah

$$n(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}; \quad -\infty < x < \infty \quad [3.61]$$

dengan $\pi = 3.14$ dan $e = 2.718$.

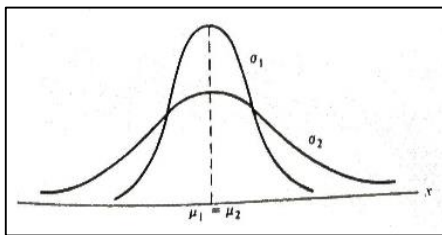


Gambar 3.3 Kurva Normal
(Gunawan S, 2003)

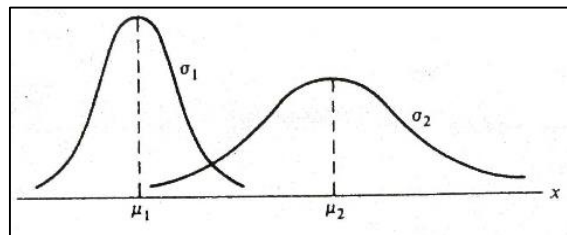


Gambar 3.4 Kurva Normal dengan $\mu_1 < \mu_2$ dan $\sigma_1 = \sigma_2$ (Gunawan S, 2003)

Pada **Gambar 3.2** dilukiskan dua kurva normal mempunyai simpangan baku yang sama tapi rataannya beda. Kedua kurva bentuknya sama persis tapi titik tengahnya terletak di tempat yang berbeda disepanjang sumbu datar.



Gambar 3.5 Kurva Normal dengan $\mu_1 = \mu_2$ dan $\sigma_1 < \sigma_2$ (Gunawan S, 2003)



Gambar 3.6 Kurva Normal dengan $\mu_1 < \mu_2$ dan $\sigma_1 < \sigma_2$ (Gunawan S, 2003)

Pada **Gambar 3.5** terlukis dua kurva normal dengan rataannya yang sama tetapi simpangan bakunya berlainan. Terlihat kedua kurva mempunyai titik tengah yang sama pada sumbu datar, tapi kurva dengan simpangan baku yang lebih besar tampak lebih rendah dan lebih melebar. Perlu diketahui bahwa luas di bawah kurva peluang harus sama dengan 1 sehingga bila kumpulan data makin berbeda maka makin rendah dan melebar kurvanya. **Gambar 3.6** memperlihatkan lukisan dua kurva normal yang baik rataannya maupun simpangan bakunya berlainan. Jelas keduanya memiliki letak titik tengah yang berlainan pada sumbu datar dan bentuknya mencerminkan dua nilai σ yang berlainan.

Dengan mengamati **Gambar 3.2** dan **Gambar 3.6** dinyatakan bahwa sifat-sifat distribusi normal adalah sebagai berikut :

- grafik simetri terhadap garis tegak $x = \mu$
- grafik selalu berada di atas sumbu X atau $f(x) > 0$
- mempunyai satu nilai modus, dimana titik pada sumbu datar yang memberikan nilai maksimum kurva
- grafiknya mendekati sumbu X , tetapi tidak akan memotong sumbu X , sumbu X merupakan garis batas (asimtot)
- luas daerah dibawah kurva $f(x)$ dan di atas sumbu X sama dengan 1, yaitu $P(-\infty < x < +\infty) = 1$.

3.15 Perkalian Kronecker

Perkalian langsung (*direct*) matriks disebut perkalian kronecker. Perkalian kronecker digunakan untuk mendapatkan taksiran dari model SUR. Jika dua buah matriks katakanlah matriks \mathbf{A} dan matriks \mathbf{B} dimana $\mathbf{A}_{m \times n} = [a_{ij}]_{i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n}$ dan $\mathbf{B}_{p \times q} = [b_{ij}]_{i=1,2,\dots,p; j=1,2,\dots,q}$ sehingga perkalian kronecker dari matriks \mathbf{A} dan matriks \mathbf{B} dapat ditulis dalam bentuk $\mathbf{A} \otimes \mathbf{B}$ serta disebut matriks terpartisi. Misalkan :

$$\begin{aligned}
 \mathbf{A} \otimes \mathbf{B} &= \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} a_{11} \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{bmatrix} & a_{12} \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{bmatrix} \\ a_{21} \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{bmatrix} & a_{22} \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{bmatrix} \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} a_{11}b_{11} & a_{11}b_{12} & a_{12}b_{11} & a_{12}b_{12} \\ a_{11}b_{21} & a_{11}b_{22} & a_{12}b_{21} & a_{12}b_{22} \\ a_{21}b_{11} & a_{21}b_{12} & a_{22}b_{11} & a_{22}b_{12} \\ a_{21}b_{21} & a_{21}b_{22} & a_{22}b_{21} & a_{22}b_{22} \end{bmatrix} \quad [3.62]
 \end{aligned}$$

Maka sifat-sifat pada perkalian kronecker dapat disimpulkan sebagai berikut :

- $(\mathbf{A} \otimes \mathbf{B})(\mathbf{C} \otimes \mathbf{D}) = \mathbf{AC} \otimes \mathbf{BD}$
- $(\mathbf{A} \otimes \mathbf{B})^{-1} = \mathbf{A}^{-1} \otimes \mathbf{B}^{-1}$
- $(\mathbf{A} \otimes \mathbf{B})' = \mathbf{A}' \otimes \mathbf{B}'$
- $tr(\mathbf{A} \otimes \mathbf{B}) = tr(\mathbf{A}) \cdot tr(\mathbf{B})$
- $det(\mathbf{A} \otimes \mathbf{B}) = (det \mathbf{A}) (det \mathbf{B})$

3.16 Korelasi Kesebayaan (*Contemporaneous Correlation*)

Menurut Dufour (2000) dalam Paulus Basuki (2006) korelasi kesebayaan adalah ukuran hubungan antara galat dari p model yang berbeda pada waktu yang sama. Untuk mengetahui adanya korelasi kesebayaan di antara model yang berbeda dilakukan dengan cara membandingkan kuadrat koragam galat model ke- i dan ke- j dengan simpangan baku galat model ke- t dan simpangan baku galat model ke- j ($i, j = 1, 2, \dots, p$). Pengujian korelasi kesebayaan menggunakan statistik λ dengan

$H_0 : s_{ij} = 0$ (semua kovarian bernilai nol/tidak terdapat korelasi kesebayaan)

H_1 : Minimal adalah salah satu $s_{ij} \neq 0$ (terdapat korelasi kesebayaan)

Statistik uji yang digunakan adalah statistik λ yaitu :

$$\lambda = n \sum_{i=2}^p \sum_{j=1}^{i-1} r_{ij}^2 \quad [3.63]$$

dengan $r_{ij}^2 = \frac{\hat{\sigma}_{ij}^2}{\hat{\sigma}_{ii}\hat{\sigma}_{jj}}$ yang merupakan korelasi antara persamaan ke- i dan persamaan ke- j , $\hat{\sigma}_{ij}^2$ merupakan varians antara persamaan ke- i dan persamaan ke- j , $\hat{\sigma}_{ii}$ adalah varians persamaan ke- i , dan $\hat{\sigma}_{jj}$ adalah varians persamaan ke- j . λ mempunyai sebaran χ^2 dengan derajat bebas $\frac{p(p-1)}{2}$, sehingga nilai $\chi^2 \left(\frac{p(p-1)}{2}, \alpha \right)$. Keputusan akan tolak H_0 jika nilai λ lebih besar dari nilai χ^2 .

3.17 Uji Homogenitas

Menurut Greene (2000), model SUR dengan estimasi OLS menganggap bahwa galat yang dihasilkan mempunyai ragam yang sama (homogen) dan tidak terjadi korelasi kesebayaan, sedangkan untuk model SUR dengan estimasi GLS mengakui adanya korelasi kesebayaan antar galat dan menyatakan bahwa galat yang dihasilkan mempunyai ragam yang berbeda (heteroskedastisitas). Pengujian kesamaan ragam galat menggunakan statistik Bartlett, dengan :

H_0 : $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_p^2$ (memiliki ragam galat yang homogen)

H_1 : Terdapat salah satu $\sigma_i^2 \neq \sigma_j^2$, $i, j = 1, 2, \dots, n$ (memiliki ragam galat yang tidak homogen)

Statistik uji yang digunakan adalah statistik Bartlett (B) yaitu :

$$B = \frac{p(n-1) \ln \frac{\sum_{i=1}^p \hat{\sigma}_t^2}{p} - (n-1) \sum_{i=1}^p \ln(\hat{\sigma}_t^2)}{1 + \frac{\frac{p}{(n-1)} - \frac{1}{p(n-1)}}{3(np-1)}} \quad [3.64]$$

dengan $\hat{\sigma}_t^2$ merupakan ragam galat model ke- i . Statistik Bartlett mempunyai sebaran $F_{p-1, p(n-1), \alpha}$.

3.18 *Seemingly Unrelated Regression (SUR)*

Pada tahun 1962 Arnold Zellner memperkenalkan model SUR. Zellner mengemukakan bahwa SUR merupakan model regresi multivariat (*multiple regression*), dan merupakan bagian dari regresi linier berganda. SUR adalah suatu model yang terdiri dari beberapa persamaan dan variabel-variabelnya tidak bersifat dua arah, akan tetapi antar persamaan tersebut terjadi korelasi antara galat-galat persamaan tersebut yang dikenal dengan korelasi kesebayaan. Model SUR terdiri atas beberapa sistem persamaan yang tidak berhubungan (*unrelated*) artinya bahwa setiap variabel (dependen maupun independen) terdapat dalam satu sistem. Singkatnya sistem persamaan linier beberapa persamaan regresi dapat diselesaikan menjadi satu set persamaan saja. Dari persamaan-persamaan regresi yang berbeda dapat disatukan untuk mendapatkan parameter yang efisien dengan SUR. Sistem persamaan regresi multivariat dinyatakan seperti berikut ini:

$$\begin{aligned} Y_{1t} &= \beta_0 + \beta_{11}X_{11,t} + \dots + \beta_{1K_1}X_{1,K_1,t} + e_{1t} \\ Y_{2t} &= \beta_0 + \beta_{21}X_{21,t} + \dots + \beta_{2K_2}X_{2,K_2,t} + e_{2t} \\ &\vdots \\ Y_{Mt} &= \beta_0 + \beta_{M1}X_{M1,t} + \dots + \beta_{MK_M}X_{M,K_M,t} + e_{Mt} \end{aligned} \quad [3.65]$$

dimana: $t = 1, 2, \dots, n$. Persamaan tersebut apabila disajikan dalam notasi matriks diperoleh persamaan berikut :

$$Y^* = X^* \beta^* + e^* \quad [3.66]$$

dimana

$$Y^* = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_G \end{bmatrix}, X^* = \begin{bmatrix} x_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & x_2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & x_g \end{bmatrix}, \beta^* = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_G \end{bmatrix}, e^* = \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \vdots \\ e_G \end{bmatrix}$$

dengan \mathbf{Y}^* adalah vektor kolom nilai variabel dependen dengan ukuran $n \times 1$, $\boldsymbol{\beta}^*$ adalah vektor parameter model SUR yang berukuran $K_i \times 1$, \mathbf{e}^* adalah vektor kolom galat yang berukuran $n \times 1$ berdistribusi normal multivariat, dan \mathbf{X}^* menyatakan diagonal matrik $n \times K_i$, K_i sendiri menyatakan dimensi vektor. Dengan asumsi $E(e_i) = 0$ dan $Var(e_i) = \sigma_{ii}I_n$, untuk $i = 1, 2, \dots, n$. Selanjutnya jika persamaan [3.51] ditambahkan asumsi khusus yaitu $cov(e_i, e_{jj}) = \sigma_{ij}I_n$ untuk $i, j = 1, 2, \dots, q$. Maka sistem tersebut dikenal dengan model SUR. Persamaan [3.66] diasumsikan memiliki matriks varian kovarian berikut :

$$V = \begin{bmatrix} \sigma_{11}I & \sigma_{12}I & \dots & \sigma_{1M}I \\ \sigma_{21}I & \sigma_{22}I & \dots & \sigma_{2M}I \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{M1}I & \sigma_{M2}I & \dots & \sigma_{MM}I \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \dots & \sigma_{1M} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & \dots & \sigma_{2M} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{M1} & \sigma_{M2} & \dots & \sigma_{MM} \end{bmatrix} \otimes I = \Sigma \otimes I \quad [3.67]$$

Menurut Bilodeau dan Duchesne (2000) dalam Dina Kamalia (2006) persamaan [3.51] dapat juga dituliskan dalam bentuk regresi multivariat berikut :

$$\mathbf{Y} = \tilde{\mathbf{X}}\mathbf{B} + \mathbf{E} \quad [3.68]$$

dimana $\mathbf{Y} = (y_1, \dots, y_M)$, $\mathbf{E} = (e_1, \dots, e_M)'$ dengan e_i adalah vektor $M \times 1$, $\tilde{\mathbf{X}} = (X_1, \dots, X_M)$, dan

$$\mathbf{B} = \begin{bmatrix} \beta_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \beta_2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \beta_M \end{bmatrix}$$

Estimasi untuk $\boldsymbol{\beta}$ adalah $\hat{\boldsymbol{\beta}} = (\hat{\beta}_1, \dots, \hat{\beta}_M)'$ sedangkan untuk Σ menggunakan matrik residual perkalian dalam yaitu

$$\hat{\Sigma} = \frac{1}{n} \begin{pmatrix} \hat{e}'_1 \\ \vdots \\ \hat{e}'_M \end{pmatrix} (\hat{e}'_1, \dots, \hat{e}'_M) \quad [3.69]$$

atau equivalen dengan $\hat{\Sigma} = \frac{(\mathbf{Y} - \tilde{\mathbf{X}}\hat{\mathbf{B}})'(\mathbf{Y} - \tilde{\mathbf{X}}\hat{\mathbf{B}})}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \hat{e}_i \hat{e}'_i$ [3.70]

3.19 Estimasi GLS pada Model SUR

Estimasi GLS pada model SUR diperkenalkan oleh Greene pada tahun 2000. Metode estimasi GLS pada model SUR merupakan pengembangan dari

metode OLS yang digunakan untuk model multivariat. Dari persamaan [3.67] dengan asumsi nilai \mathbf{V} diketahui, maka diperoleh estimator GLS untuk model SUR sebagai berikut (Dina Kamalia, 2006):

$$\boldsymbol{\beta} = (\mathbf{X}'\mathbf{V}^{-1}\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}'\mathbf{V}^{-1}\mathbf{y} \quad [3.71]$$

dengan

$$\mathbf{V}^{-1} = \begin{bmatrix} \sigma_{11}\mathbf{I}_n & \sigma_{12}\mathbf{I}_n & \cdots & \sigma_{1M}\mathbf{I}_n \\ \sigma_{21}\mathbf{I}_n & \sigma_{22}\mathbf{I}_n & \ddots & \sigma_{2M}\mathbf{I}_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{M1}\mathbf{I}_n & \sigma_{M2}\mathbf{I}_n & \cdots & \sigma_{MM}\mathbf{I}_n \end{bmatrix}^{-1} = \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \cdots & \sigma_{1M} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & \cdots & \sigma_{2M} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{M1} & \sigma_{M2} & \cdots & \sigma_{MM} \end{bmatrix}^{-1} \otimes \mathbf{I}_n = \boldsymbol{\Sigma}^{-1} \otimes \mathbf{I}_n \quad [3.72]$$

pada kasus tertentu nilai \mathbf{V} tidak diketahui, maka untuk mengestimasi parameter $\boldsymbol{\beta}$ tidak dapat dilakukan langsung melalui persamaan [3.71]. Untuk mengatasi kendala tersebut langkah awal yang harus dilakukan adalah dengan mengestimasi matriks \mathbf{V} . Dengan menggunakan metode *two stage Aaiken* yaitu

$$\hat{\mathbf{V}} = \begin{bmatrix} \hat{\sigma}_{11}\mathbf{I}_n & \hat{\sigma}_{12}\mathbf{I}_n & \cdots & \hat{\sigma}_{1M}\mathbf{I}_n \\ \hat{\sigma}_{21}\mathbf{I}_n & \hat{\sigma}_{22}\mathbf{I}_n & \ddots & \hat{\sigma}_{2M}\mathbf{I}_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \hat{\sigma}_{M1}\mathbf{I}_n & \hat{\sigma}_{M2}\mathbf{I}_n & \cdots & \hat{\sigma}_{MM}\mathbf{I}_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \hat{\sigma}_{11} & \hat{\sigma}_{12} & \cdots & \hat{\sigma}_{1M} \\ \hat{\sigma}_{21} & \hat{\sigma}_{22} & \cdots & \hat{\sigma}_{2M} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \hat{\sigma}_{M1} & \hat{\sigma}_{M2} & \cdots & \hat{\sigma}_{MM} \end{bmatrix} \otimes \mathbf{I}_n = \hat{\boldsymbol{\Sigma}} \otimes \mathbf{I}_n \quad [3.73]$$

$$\begin{aligned} \text{dengan } \hat{\sigma}_{iz} &= \frac{1}{n - K^*} \sum_{i=1}^n (\hat{e}_{it}\hat{e}_{zt}) \\ &= \frac{1}{n - K^*} (\hat{\boldsymbol{\epsilon}}_i\hat{\boldsymbol{\epsilon}}_z) \\ &= \frac{1}{n - K^*} [(y_i - X_i\hat{\boldsymbol{\beta}}_i)'(y_z - X_z\hat{\boldsymbol{\beta}}_z)] \end{aligned} \quad [3.74]$$

dengan nilai $K^* = \text{Maks}(p_1, p_2)$, $i, z = 1, 2, \dots, q$. p_1 dan p_2 adalah banyak variabel bebas untuk persamaan ke- i dan ke- z . $\hat{\boldsymbol{\beta}}_i$ diestimasi dengan metode OLS untuk masing-masing persamaan. Oleh karena itu, penduga bagi \mathbf{V} dibentuk dari persamaan tunggal dengan metode Kuadrat terkecil (OLS). Selanjutnya menghitung matrik \mathbf{V} , yaitu :

$$\mathbf{V}^{-1} = \begin{bmatrix} \hat{\sigma}_{11}\mathbf{I}_n & \hat{\sigma}_{12}\mathbf{I}_n & \cdots & \hat{\sigma}_{1M}\mathbf{I}_n \\ \hat{\sigma}_{21}\mathbf{I}_n & \hat{\sigma}_{22}\mathbf{I}_n & \ddots & \hat{\sigma}_{2M}\mathbf{I}_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \hat{\sigma}_{M1}\mathbf{I}_n & \hat{\sigma}_{M2}\mathbf{I}_n & \cdots & \hat{\sigma}_{MM}\mathbf{I}_n \end{bmatrix}^{-1} = \begin{bmatrix} \hat{\sigma}_{11} & \hat{\sigma}_{12} & \cdots & \hat{\sigma}_{1M} \\ \hat{\sigma}_{21} & \hat{\sigma}_{22} & \cdots & \hat{\sigma}_{2M} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \hat{\sigma}_{M1} & \hat{\sigma}_{M2} & \cdots & \hat{\sigma}_{MM} \end{bmatrix}^{-1} \otimes \mathbf{I}_n = \hat{\boldsymbol{\Sigma}}^{-1} \otimes \mathbf{I}_n \quad [3.75]$$

Dari persamaan-persamaan di atas didapatkan estimasi parameter model SUR sebagai berikut:

$$\hat{\beta} = (X' \hat{V}^{-1} X)^{-1} X' \hat{V}^{-1} y \quad [3.76]$$

Untuk mengukur ketepatan model SUR yang diperoleh dari hasil pendugaan parameter Mc Elroy (1977) dalam Green (2000) menggunakan koefisien determinasi untuk model SUR yang dirumuskan sebagai berikut:

$$R^2 = 1 - \frac{\hat{\epsilon}' \hat{V}^{-1} \hat{\epsilon}}{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M \hat{\sigma}^{ij} [\sum_{t=1}^T (y_{it} - \bar{y}_i)(y_{jt} - \bar{y}_j)]} \quad [3.77]$$

3.20 Contoh Analisis Estimasi GLS pada Model SUR

Contoh analisis estimasi GLS pada model SUR dengan variabel dependen Y_1 dan Y_2 dengan variabel independen X_1 dan X_2 . Jika diketahui persamaan $Y_{1i} = \alpha_0 + \alpha_1 X_{1i} + \alpha_2 X_{2i} + e_i$ dan $Y_{2i} = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + e_i$.

Tabel 3.6 Data Ilustrasi Estimasi GLS

Obs	Y ₁	Y ₂	X ₁	X ₂
1	5	6	7	5
2	3	9	3	6
3	5	6	2	5
4	7	2	1	3
5	2	8	0	2

Tabel 3.7 Nilai OLS

Variabel	Y ₁	Y ₂
Const	4.50	3.55
X1	0.18	-0.22
X2	-0.14	0.77

Tabel 3.8 Nilai Residual

Residual 1	-0.1	-1.22	0.82	2.73	-2.23
Residual 2	0.14	1.51	-0.94	-3.63	2.92

Dari data ilustrasi di atas, nilai estimasi OLS dan nilai residual kedua persamaan diperoleh dengan bantuan Microsoft Excel 2013. Untuk mengestimasi parameter dari kedua persamaan di atas dengan estimasi GLS digunakan persamaan [3.61] dengan

$$Y_{10 \times 1} = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5 \\ 3 \\ 5 \\ \vdots \\ 8 \end{pmatrix}, X_{10 \times 6} = \begin{pmatrix} X_1 & 0 \\ 0 & X_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 7 & 5 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 3 & 6 & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 7 & 5 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 3 & 6 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 2 \end{pmatrix},$$

$$X'_{6 \times 10} = \begin{pmatrix} X_1' & 0 \\ 0 & X_2' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 7 & 3 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 5 & 6 & \dots & 2 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & 1 & 1 & \dots & 1 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & 7 & 3 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & 5 & 6 & \dots & 2 \end{pmatrix}$$

Selanjutnya untuk mengestimasi nilai V yang didapatkan dengan menggunakan persamaan [3.59], sehingga diperoleh

$$\hat{\sigma}_{11}^2 = \frac{\sum_{t=1}^T \hat{e}_{t1}^2}{n-K} = \frac{e_1' e_1}{n-K} = \frac{14.583}{10-6} = 3.646$$

$$\hat{\sigma}_{22}^2 = \frac{\sum_{t=1}^T \hat{e}_{t2}^2}{n-K} = \frac{e_2' e_2}{n-K} = \frac{24.88}{10-6} = 6.220$$

$$\hat{\sigma}_{12}^2 = \frac{\sum_{t=1}^T \hat{e}_{t1} \hat{e}_{t2}}{n-K} = \frac{e_1' e_2}{n-K} = \frac{-19.0356}{10-6} = -4.759$$

sehingga diperoleh nilai V sebagai berikut:

$$\hat{V}_{10 \times 10} = \begin{pmatrix} \hat{\sigma}_{11} \mathbf{I}_n & \hat{\sigma}_{12} \mathbf{I}_n \\ \hat{\sigma}_{21} \mathbf{I}_n & \hat{\sigma}_{22} \mathbf{I}_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3.646 & -4.759 \\ -4.759 & 6.220 \end{pmatrix} \otimes \mathbf{I}_n$$

dari nilai V diperoleh nilai V^{-1} seperti pada persamaan [3.60]

$$\hat{V}_{10 \times 10}^{-1} = \begin{bmatrix} \hat{\sigma}_{11} \mathbf{I}_n & \hat{\sigma}_{12} \mathbf{I}_n & \dots & \hat{\sigma}_{1M} \mathbf{I}_n \\ \hat{\sigma}_{21} \mathbf{I}_n & \hat{\sigma}_{22} \mathbf{I}_n & \dots & \hat{\sigma}_{2M} \mathbf{I}_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \hat{\sigma}_{M1} \mathbf{I}_n & \hat{\sigma}_{M2} \mathbf{I}_n & \dots & \hat{\sigma}_{MM} \mathbf{I}_n \end{bmatrix}^{-1} = \begin{bmatrix} 230.62 & 176.46 \\ 176.46 & 135.18 \end{bmatrix}^{-1} \otimes \mathbf{I}_n$$

setelah diketahui komponen-komponen penyusun parameter $\hat{\beta}$, misalkan $K = (X'V^{-1}X)^{-1}$ dan $L = X'V^{-1}y$ dimana parameter estimasi GLS $\hat{\beta} = K \times L$ maka

$$(X'V^{-1}X)^{-1} = \begin{pmatrix} 7.397 & 0.389 & -1.829 & -9.656 & 2.387 & 2.387 \\ 0.389 & 0.212 & -1.829 & -0.508 & -0.277 & 0.293 \\ -1.829 & -0.224 & 0.574 & 2.387 & 0.293 & -0.750 \\ -9.656 & -0.508 & 2.387 & 12.620 & 0.664 & -3.120 \\ -0.508 & -0.277 & 0.293 & 0.664 & 0.362 & -0.382 \\ 2.387 & 0.293 & -0.750 & -3.120 & -0.382 & 0.980 \end{pmatrix}$$

$$X'V^{-1}y = \begin{pmatrix} 10543.9 \\ 28714 \\ 45446.22 \\ 8072.7 \\ 21984 \\ 34795.26 \end{pmatrix}$$

sehingga diperoleh parameter estimasi GLS untuk model SUR sebagai berikut:

$$\beta = (X'V^{-1}X)^{-1}X'V^{-1}y = \begin{pmatrix} 4.50 \\ 0.18 \\ -0.14 \\ 3.55 \\ -0.22 \\ 0.77 \end{pmatrix}$$

Setelah diperoleh parameter estimasi GLS untuk model SUR maka diperoleh perbandingan antara nilai estimasi parameter dengan estimasi GLS pada model SUR dan estimasi OLS sebagai berikut:

Tabel 3.9 Perbandingan Nilai Estimasi SUR dan OLS

Persamaan	Koefisien	SUR	OLS
Y ₁	a ₀	4.50	4.50
	a ₁	0.18	0.18
	a ₂	-0.14	-0.14
Y ₂	β ₀	3.55	3.55
	β ₁	-0.22	-0.22
	β ₂	0.77	0.77

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah berupa data sekunder. Data diperoleh dari World Bank Open Data pada situs <https://data.worldbank.org/>. Penelitian ini menggunakan studi literatur tentang pengaruh PDB, suku bunga, nilai ekspor dan nilai impor setiap negara terhadap FDI dari tiga negara di Asia Tenggara yaitu negara Indonesia, Singapura dan Filipina. Penelitian ini menggunakan data *time series* dari tahun 1987 hingga 2016. Pada penelitian ini yang menjadi variabel dependen (Y_i) adalah FDI di negara Indonesia, Singapura dan Filipina; sedangkan variabel independen (X) yang digunakan adalah variabel PDB (X_{i1}), suku bunga (X_{i2}), nilai impor (X_{i3}) dan nilai ekspor (X_{i4}), dengan $i = 1$ (Indonesia), 2 (Singapura), dan 3 (Filipina).

4.2 Variabel dan Definisi Operasional Variabel

Pada penelitian ini, himpunan data yang digunakan adalah data yang diperoleh dari World Bank Open Data, dimana variabel yang digunakan adalah

Tabel 4.1 Definisi Operasional Variabel

Variabel	Kode	Definisi Operasional Variabel	Satuan
FDI	Y_i	Investasi asing langsung yang dapat digunakan untuk menggerakkan aktivitas ekonomi/bisnis disuatu negara tujuan	Milyar (US\$)
PDB	X_{i1}	Jumlah produk barang dan jasa yang dihasilkan oleh unit-unit produksi didalam batas wilayah suatu negara selama satu tahun	Milyar (US\$)
Suku Bunga	X_{i2}	Kompensasi yang dibayar peminjam dana kepada yang meminjamkan	Persen (%)

Variabel	Kode	Definisi Operasional Variabel	Satuan
Impor	X ₁₃	Pemasukan barang dari luar kedalam negeri, atau dapat dikatakan sebagai kegiatan ekonomi membeli produk luar negeri untuk keperluan atau dipasarkan didalam negeri	Milyar (US\$)
Ekspor	X ₁₄	Proses transportasi barang (komoditas) dan jasa dari suatu negara ke negara lain secara legal	Milyar (US\$)

4.3 Metode Analisis Data

Penelitian ini menggunakan metode analisis *feasible* GLS pada model SUR. Proses analisis data dilakukan dengan bantuan *software* Microsoft Excel 2013, IBM SPSS 22 dan *software* R 3.4.2.

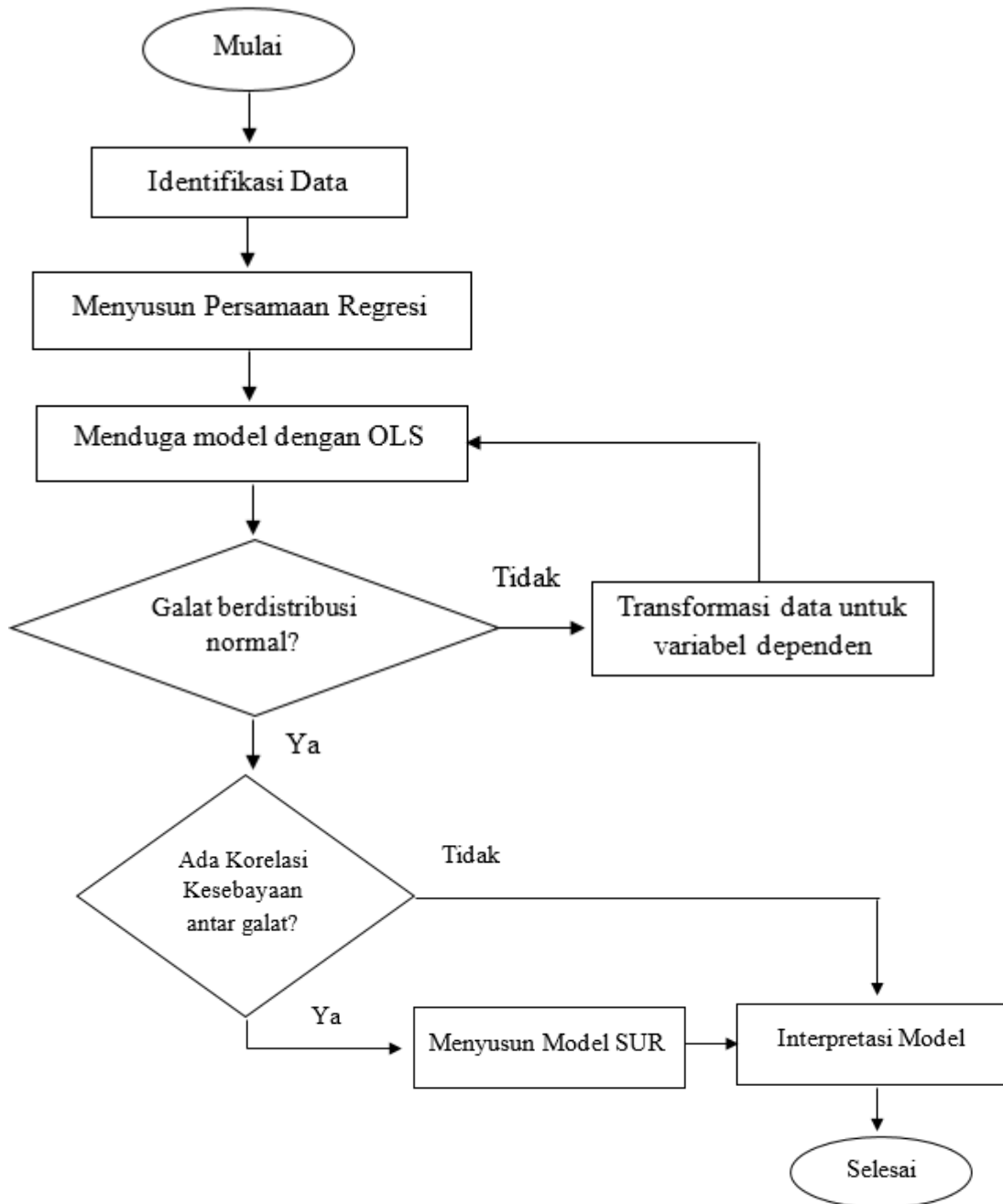
4.4 Tahapan Penelitian

Adapun tahapan dalam mengestimasi parameter model SUR dengan menggunakan *feasible* GLS adalah sebagai berikut:

1. Melakukan eksplorasi gambaran peubah.
2. Menyusun persamaan regresi FDI dari empat negara yang menjadi kajian penelitian dengan peubah bebas yang mempengaruhi persamaan.
3. Menduga model menggunakan OLS untuk masing-masing persamaan secara terpisah.
4. Melakukan uji kenormalan galat masing-masing model menggunakan uji *QQ Plot* yang dikuatkan dengan uji *Jarque Bera*.
5. Jika ada galat model yang tidak normal, maka perlu dilakukan langkah-langkah berikut:
 - Pilih transformasi data yang sesuai untuk peubah tak bebas pada model yang menghasilkan galat tidak menyebar normal
 - Melakukan transformasi data untuk peubah bebas
 - Menduga model setelah transformasi data dengan OLS

- Menghitung galat model dan uji kenormalan galatnya
- 6. Melakukan uji korelasi kesebayaan antar galat.
- 7. Menyusun model SUR jika uji korelasi kesebayaan terpenuhi.
- 8. Melakukan interpretasi model

Dari tahapan analisis data diatas, diilustrasikan dalam diagram alur berikut:



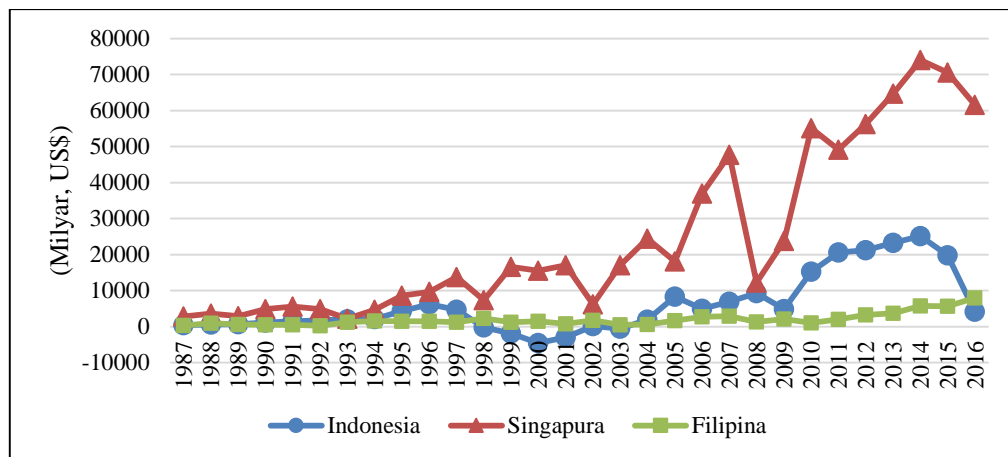
Gambar 4.1 Diagram Alir Penelitian

BAB V

HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisis Deskriptif

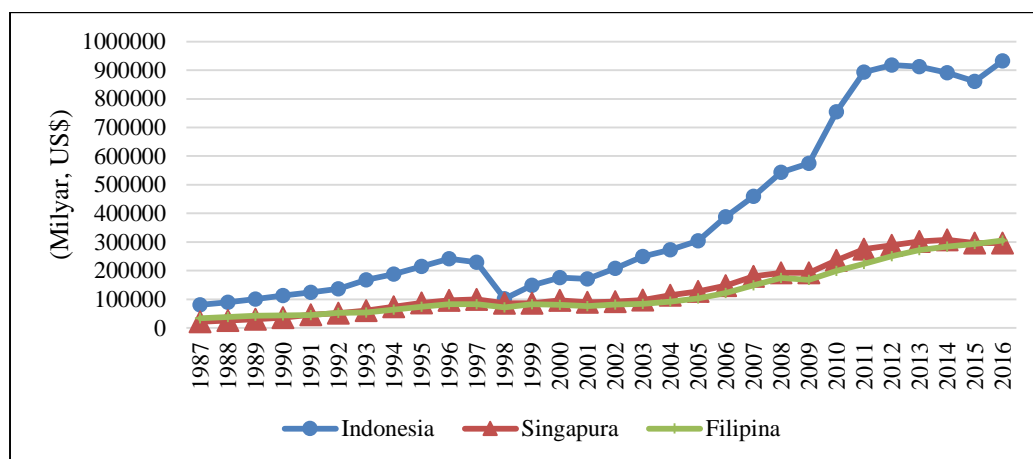
Analisis deskriptif digunakan untuk menggambarkan nilai FDI, PDB, tingkat suku bunga, nilai ekspor dan impor dari negara Indonesia, Singapura dan Filipina dari tahun 1987 hingga 2016. Analisis deskriptif dilakukan dengan bantuan Microsoft Excel, sehingga diperoleh hasil berikut :



Gambar 5.1 Grafik FDI (*netInflow*, Milyar US\$) (Data diolah)

Berdasarkan **Gambar 5.1** di atas, arus FDI dari tahun 1987 sampai dengan 2016 terlihat cukup fluktuatif pada negara Indonesia dan Singapura, sedangkan pada negara Filipina arus FDI terlihat lebih stabil dari tahun ke tahun. Di negara Indonesia sendiri arus FDI tahun 1998, 1999, 2000, 2001 dan 2003 bernilai minus dengan masing-masing sebesar 241, 1866, 4550, 2977 dan 596 milyar dollar. Arus FDI yang bernilai minus berarti bahwa pada tahun-tahun tersebut investasi yang keluar dari Indonesia lebih besar dibanding arus kas yang masuk ke Indonesia. Kemudian pada tahun-tahun selanjutnya, arus FDI cenderung fluktuatif, meskipun tidak ada lagi yang bernilai minus. Sama halnya dengan Indonesia, Singapura juga mengalami arus FDI yang fluktuatif. Pada tahun 2008 Singapura mengalami penurunan arus FDI yang cukup besar dengan penurunan FDI mencapai 35.532 milyar dollar dibandingkan arus FDI pada tahun sebelumnya.

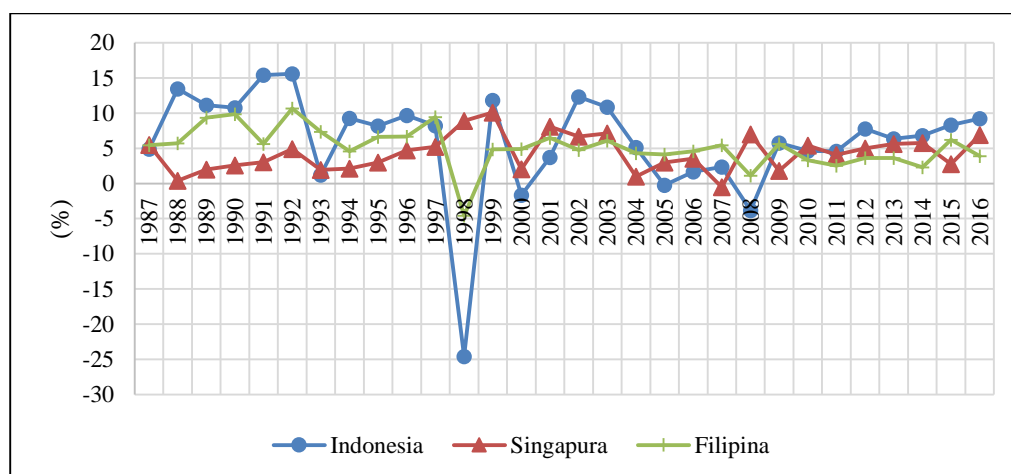
Pada era globalisasi saat ini, dampak peristiwa di negara lain baik dalam satu kawasan ekonomi maupun tidak berada dalam satu kawasan sedikit banyak turut andil mempengaruhi perekonomian negara lain. Seperti halnya krisis ekonomi yang terjadi di Indonesia pada tahun 1998, hal tersebut juga berpengaruh pada arus FDI yang masuk ke Indonesia seperti yang terlihat pada **Gambar 5.1**. Selain itu, krisis yang membawa dampak besar juga terjadi karena krisis keuangan di Amerika dan Eropa pada tahun 2008. Krisis pada tahun 2008 juga berdampak pada kegiatan ekonomi negara-negara ASEAN. Penurunan arus FDI di Indonesia dan Singapura pada tahun 2008 merupakan contoh nyata dari krisis tahun 2008. Hal ini terjadi karena dalam penanaman modal di sektor riil, investor perlu melihat resiko ekonomi dikarenakan FDI merupakan investasi jangka panjang.



Gambar 5.2 Grafik Produk Domestik Bruto (Milyar, US\$) (Data diolah)

Berbeda dengan grafik FDI, pada **Gambar 5.2** memperlihatkan bahwa pada grafik PDB Indonesia jauh lebih besar jika dibandingkan dengan negara Singapura dan Filipina. Dalam 30 tahun terakhir PDB Indonesia terus mengalami peningkatan, meskipun pada tahun 1998 mengalami penurunan yang drastis sebesar 128090 milyar dollar, hal ini dikarenakan oleh adanya krisis moneter yang terjadi di Indonesia pada tahun 1998. Sementara itu, penurunan PDB Indonesia juga terjadi pada tahun 2008 dan 2015 namun penurunan tersebut tidak sedrastis yang terjadi pada tahun 1998. Pada suatu negara PDB bisa saja mengalami kenaikan dan penurunan, hal ini dipicu oleh faktor banyaknya produk yang dihasilkan, jumlah permintaan, dan *money supply*.

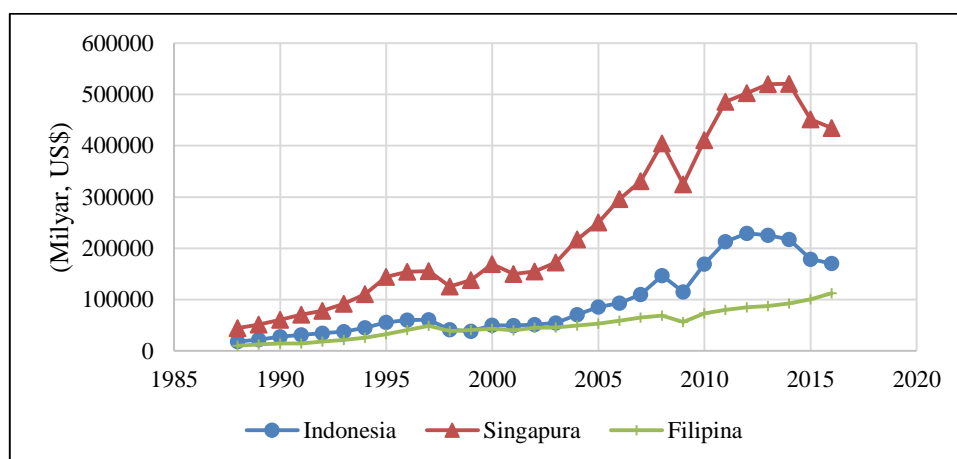
Penyebab PDB bisa naik karena perusahaan/orang bekerja sehingga menghasilkan barang dan jasa yang lebih banyak. Sedangkan PDB bisa turun juga karena perusahaan/orang bekerja menghasilkan lebih sedikit barang dan jasa. Salah satu faktor yang paling berpengaruh pada kenaikan dan penurunan ini adalah karena faktor permintaan. Jika permintaan naik maka perusahaan/orang menghasilkan barang dan jasa yang banyak, begitu juga sebaliknya. Tingginya permintaan juga dipengaruhi oleh harga, bila harga naik maka transaksi tentu membutuhkan jumlah uang yang lebih banyak, tetapi jumlah *supply* uang tetap. Karena jumlah *supply* uang tetap, maka jumlah barang dan jasa yang dihasilkan lebih sedikit. Oleh karena itu, terjadilah penurunan PDB. Jika dilihat dari **Gambar 5.2**, nilai PDB pada negara Singapura dan Filipina terlihat memiliki nilai yang hampir sama, dengan kenaikan terjadi dari tahun ke tahun.



Gambar 5.3 Grafik Suku Bunga (%) (Data diolah)

Grafik suku bunga di atas merupakan grafik suku bunga riil. Suku bunga riil adalah rasio daya beli dari uang yang dibayarkan terhadap daya beli jumlah uang yang dipinjam, atau selisih antara suku bunga nominal dengan tingkat inflasi pada periode bersangkutan. Berdasarkan **Gambar 5.3** suku bunga dalam 30 tahun terakhir cukup fluktuatif pada rentang -25% sampai dengan 15%. Jika diperhatikan pada tahun 1998, tahun 2000 dan tahun 2008 terlihat suku bunga di Indonesia dan Filipina mengalami penurunan bahkan mencapai nilai minus. Efek krisis keuangan pada tahun 1998 dan 2008 berdampak juga pada suku bunga di Indonesia dan Filipina. Pemberlakuan suku bunga negatif menunjukkan

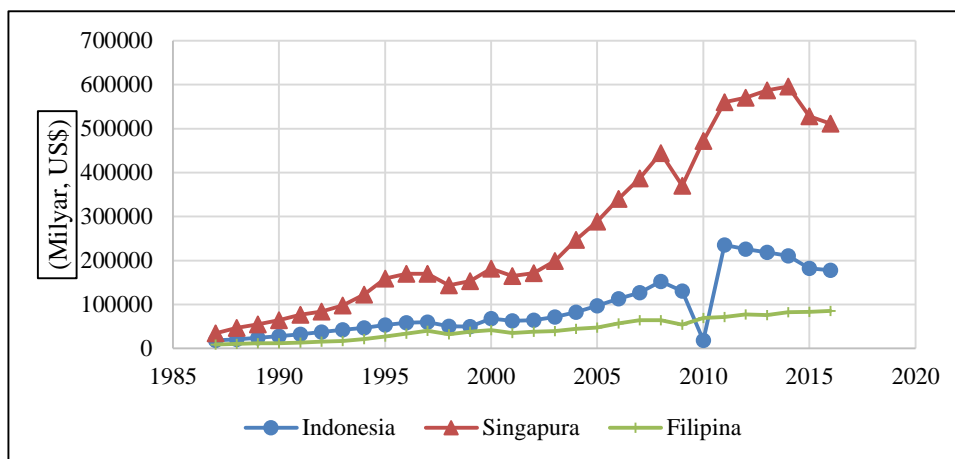
perlambatan ekonomi tengah terjadi di Negara Indonesia dan Filipina kala itu. Menurut Ekonom BCA David Samuel yang dilansir dalam finance.detik.com kebijakan pemberlakuan suku bunga minus perlu dilakukan agar ekonomi kembali pulih dengan harapan hal tersebut bisa mendorong masyarakat untuk menarik dananya dan membelanjakannya ke sektor yang lebih produktif sehingga perekonomian kembali bergerak. Pemberlakuan suku bunga negatif tidak hanya diberlakukan di Indonesia maupun Filipina, tapi juga pada negara besar lainnya seperti Jepang, Swedia, Jerman, Swiss, dan lain-lain. Penetapan suku bunga negatif oleh bank sentral suatu negara biasanya berdampak pada penurunan permintaan terhadap mata uang negara tersebut, sehingga nilai tukar mata uangnya melemah. Di sisi lain, kenaikan suku bunga berdampak pada menguatnya nilai mata uang suatu negara. Akan tetapi, pengaruh tingkat suku bunga pada nilai mata uang tidak akan selalu berlaku demikian. Dalam kondisi tertentu, bisa saja terjadi anomali, terutama apabila hasil pengumuman suku bunga bank sentral ternyata di luar ekspektasi pasar.



Gambar 5.4 Grafik Impor (Miliar, US\$) (Data diolah)

Aktifitas ekspor impor dinegara Indonesia, Singapura dan Filipina setiap tahunnya mengalami peningkatan. Hal tersebut dapat dilihat pada dan **Gambar 5.4** dan **Gambar 5.5** dimana terjadi pergerakan grafik yang terus meningkat kearah kanan. Hanya saja pada tahun 2009 dan 2010 kedua grafik tersebut mengalami penurunan. Kegiatan impor disuatu negara digagas karena terbatasnya persediaan yang dimiliki. Pada dasarnya kegiatan ekspor impor ini dapat menumbuhkan

hubungan harmonis antarbangsa. Dengan perdagangan internasional, banyak pihak dilibatkan dan sama-sama mendapat keuntungan, baik keuntungan hasil jual maupun keuntungan atas pemenuhan kebutuhan. Ekspor impor juga merupakan salah satu lapangan pekerjaan yang besar pengaruhnya bagi para pebisnis. Sejalan dengan kegiatan impor yang dari tahun ke tahun mengalami peningkatan, kegiatan ekspor pun dari tahun ketahunnya mengalami kenaikan, meski pun kenaikannya terlihat fluktuatif. Namun pada 2 tahun terakhir ini aktivitas ekspor impor Indonesia dan Singapura mengalami kelesuan, hal tersebut terlihat dari grafik ekspor impor yang mengalami penurunan.



Gambar 5.5 Grafik Ekspor (Milyar, US\$) (Data diolah)

5.2 Analisis *Seemingly Unrelated Regression* (SUR)

Sebelum menganalisis data dengan metode SUR, terlebih dahulu dilakukan analisis regresi dengan menggunakan OLS untuk memperoleh galat dari masing-masing persamaan. Berikut hasil dari analisis yang dilakukan :

5.2.1 Analisis *Ordinary Least Square* (OLS)

Dari analisis OLS diperoleh hasil pada **Tabel 5.1**. OLS diterapkan pada persamaan faktor yang mempengaruhi FDI negara Indonesia, Singapura dan Filipina. Variabel independen yang digunakan terdiri empat variabel independen yang diterapkan pada masing-masing persamaan, yaitu variabel PDB, Suku Bunga, Ekspor dan Impor. OLS digunakan untuk estimasi parameter dengan meminimumkan *galat*. Setelah dilakukan analisis OLS diperoleh hasil berikut:

Tabel 5.1 Model Regresi Menggunakan OLS

Negara	Model Regresi
Indonesia	$\hat{Y}_1 = -8.531e^{-07} - 1.122X_1 + 2.212X_3$
Singapura	$\hat{Y}_2 = 5.132e^{-07} + 0.886X_1 - 5.394X_3 + 5.444X_4$
Filipina	$\hat{Y}_3 = 1.669e^{-06} + 1.919X_3$

*Signifikan pada $\alpha = 5\%$

Dari model OLS **Tabel 5.1** diperoleh hasil uji kenormalan galat yang menyebar disekitar garis regresi, maka dengan melihat hasil uji kenormalan dengan QQ-plot dapat dinyatakan galat persamaan negara Indonesia, Singapura dan Filipina menyebar normal. Namun terkadang terjadi perbedaan sudut pandang peneliti jika hanya melihat pada hasil uji QQ-plot. Oleh karena itu. Dilakukan pula uji Jarque Bera yang mendukung hasil uji kenormalan galat dengan QQ-plot. Dari hasil uji Jarque Bera diperoleh hasil analisis berikut:

Tabel 5.2 Hasil Uji Jarque Bera

Negara	p-value	Keputusan
Indonesia	0.9575	Gagal Tolak H_0
Singapura	0.5140	Gagal Tolak H_0
Filipina	0.9672	Gagal Tolak H_0

*Signifikan pada $\alpha = 5\%$

Dengan H_0 yang menyatakan *galat* berdistribusi normal, maka dari hasil analisis Jarque Bera pada **Tabel 5.2** dinyatakan bahwa *galat* persamaan negara Indonesia, Singapura dan Filipina berdistribusi normal, karena nilai *p-value* dari ketiganya memiliki nilai *p-value* yang lebih besar dari $\alpha = 5\%$.

5.2.2 Analisis *Generalized Least Square* (GLS) Model SUR

Setelah memperoleh persamaan regresi linier dengan menggunakan OLS, selanjutnya menggunakan *galat* pada persamaan regresi yang telah diperoleh untuk memperoleh estimasi dari varian-kovarian σ_{ij} . Setelah dilakukan perhitungan tersebut diperoleh matriks varian-kovarians sebagai berikut:

Tabel 5.3 Matriks Kovarian antar Galat Model

Negara	Indonesia	Singapura	Filipina
Indonesia	0.143617435	-0.000159006	0.122949402
Singapura	-0.000159006	0.089917771	0.053528074
Filipina	0.122949402	0.053528074	0.243422600

Untuk mengetahui ada tidaknya korelasi kesebayaan dapat dilakukan dengan uji *Lagrange Multiplier*, dengan menggunakan rumus persamaan [3.63], maka diperoleh nilai $\lambda = 16.8992$. H_0 menyatakan bahwa semua kovarian bernilai nol atau dengan kata lain tidak terdapat korelasi kesebayaan. Dengan tingkat signifikansi $\alpha = 5\%$, diperoleh keputusan tolak H_0 karena nilai λ lebih besar dari nilai $\chi^2_{(3;0.05)} = 7.81$. Sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat korelasi kesebayaan antara galat dari persamaan yang berbeda.

Model persamaan FDI Indonesia, Singapura dan Filipina masing-masing menghasilkan ragam antar galat sebesar 0.1436174, 0.0899177, dan 0.2434226. Untuk menguji kesamaan ragam dilakukan dengan uji Barlett. Nilai statistik Barlett yang diperoleh dari persamaan [3.64] sebesar 27.1513 dan lebih besar dari nilai $F_{(2,87;0.05)} = 3.10$, maka disimpulkan bahwa ragam galat model tidak homogen.

Estimasi model SUR dengan estimasi GLS dengan baruan *software* R 3.4.2 diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 5.4 Model SUR dengan Estimasi GLS

Negara	Model Regresi
Indonesia	$\hat{Y}_1 = -9.74427e^{-07} - 1.22392X_1 + 0.145766X_2 + 2.45627X_3 - 0.353891X_4$
Singapura	$\hat{Y}_2 = 8.64853e^{-07} - 5.78706X_3 + 6.03880X_4$
Filipina	$\hat{Y}_3 = 7.66960e^{-07} + 0.4299065X_1$

*Signifikan pada $\alpha = 5\%$

Tabel 5.4 menunjukkan model SUR dengan metode estimasi GLS untuk negara Indonesia, Singapura dan Filipina. Model SUR yang terbentuk untuk negara Indonesia adalah $\hat{Y}_1 = -9.74427e^{-07} - 1.22392X_1 + 0.145766X_2 + 2.45627X_3 - 0.353891X_4$. Nilai koefisien $\hat{\beta}_1$ sebesar -1.22392 menunjukkan

bahwa apabila variabel PDB (X_1) mengalami perubahan sebesar 1 milyar (US\$) maka *Foreign Direct Investment* Indonesia (Y_1) akan mengalami perubahan sebesar 1.22392 jika variabel lainnya tetap. Nilai koefisien $\hat{\beta}_2$ sebesar 0.145766 menunjukkan apabila variabel suku bunga (X_2) mengalami perubahan sebesar 1% maka *Foreign Direct Investment* Indonesia (Y_1) akan mengalami perubahan sebesar 0.145766 jika variabel lainnya tetap. Nilai koefisien $\hat{\beta}_3$ sebesar 2.45627 menunjukkan apabila variabel impor (X_3) mengalami perubahan sebesar 1 milyar (US\$) maka *Foreign Direct Investment* Indonesia (Y_1) akan mengalami perubahan sebesar 2.45627 jika variabel lainnya tetap. Nilai koefisien $\hat{\beta}_4$ sebesar -0.353891 menunjukkan apabila variabel ekspor (X_4) mengalami perubahan sebesar 1 milyar (US\$) maka *Foreign Direct Investment* Indonesia (Y_1) akan mengalami perubahan sebesar 0.353891 jika variabel lainnya tetap.

Model yang terbentuk negara Singapura adalah $\hat{Y}_2 = 8.64853e^{-07} - 5.78706X_3 + 6.03880X_4$. Nilai koefisien $\hat{\beta}_3$ sebesar -5.78706 menunjukkan bahwa apabila variabel impor (X_3) mengalami perubahan sebesar 1 milyar (US\$) maka variabel *Foreign Direct Investment* Singapura (Y_2) akan mengalami perubahan sebesar 5.78706 jika variabel lainnya tetap. Nilai koefisien $\hat{\beta}_4$ sebesar 6.03880 menunjukkan bahwa apabila variabel ekspor (X_4) mengalami perubahan sebesar 1 milyar (US\$) maka variabel *Foreign Direct Investment* Singapura (Y_2) akan mengalami perubahan sebesar 6.03880 jika variabel lainnya tetap.

Model yang terbentuk negara Filipina adalah $\hat{Y}_3 = 7.66960e^{-07} + 0.4299065X_1$. Nilai koefisien $\hat{\beta}_1$ sebesar 0.4299065 menunjukkan bahwa apabila variabel PDB (X_1) mengalami kenaikan sebesar 1 milyar (US\$) maka *Foreign Direct Investment* Filipina (Y_3) akan mengalami perubahan sebesar 0.4299065 jika variabel lainnya tetap.

5.2.3 Perbandingan Model SUR dan OLS

Dari hasil analisis data FDI dari tiga negara yang dianalisis didapatkan hasil perbandingan model regresi estimasi OLS dan model SUR dengan estimasi GLS yang tersaji pada **Tabel 5.5**. Berdasarkan **Tabel 5.5** terlihat bahwa dari model OLS

dan GLS terjadi perubahan variabel yang masuk pada model dimana untuk FDI negara Indonesia dipengaruhi oleh variabel PDB, suku bunga, ekspor dan import. Kemudian untuk FDI Singapura dipengaruhi oleh ekspor dan impor, sedangkan untuk FDI Filipina dipengaruhi oleh variabel FDI saja. Apabila diperhatikan **Tabel 5.5** memperlihatkan bahwa perhitungan dengan model SUR metode GLS menghasilkan galat yang lebih kecil dari metode OLS. Hal tersebut menunjukkan bahwa penggunaan model SUR metode GLS akan menghasilkan galat yang lebih kecil daripada penggunaan OLS apabila terdapat korelasi kesebayaan antar galat persamaan. Sistem persamaan SUR menghasilkan nilai koefisien determinasi (R^2) Mc-Elroy sebesar 90.73%, sedangkan untuk koefisien determinasi estimasi OLS sebesar 86.29%. Maka dapat dikatakan bahwa model SUR dengan estimasi GLS lebih baik untuk diterapkan daripada model estimasi OLS.

Tabel 5.5 Perbandingan Model SUR Estimasi GLS dan OLS

Negara	Variabel Bebas	Model Regresi		Model SUR dengan	
		Estimasi OLS		Estimasi GLS	
		Estimasi Koefisien	Standar Error	Estimasi Koefisien	Standar Error
Indonesia	Konstanta	$-8.531e^{-07}$	0.06797	$-9.74427e^{-07}$	0.06797*
	X ₁	-1.122	0.41250	-1.223920	0.38195*
	X ₂			0.145766	0.06824
	X ₃	2.212	0.44740	2.456270	0.41175*
	X ₄			-0.353891	0.14182
Singapura	Konstanta	$5.132 e^{-07}$	0.05436	$8.64853e^{-07}$	0.05435*
	X ₁	0.886	0.41730		
	X ₃	-5.394	1.88500	-5.78706	1.80045*
	X ₄	5.444	2.08700	6.03880	1.99235*
Filipina	Konstanta	$1.669e^{-06}$	0.08647	$7.66960e^{-07}$	0.08646*
	X ₁			0.429906	0.12307
	X ₃	1.919	0.84240		

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan analisis *feasible* GLS pada model SUR memperlihatkan variabel yang paling berpengaruh pada FDI dari masing-masing negara yang dianalisis. Dengan koefisien determinasi (R^2) Mc-Elroy sebesar 90.73%, FDI negara Indonesia dipengaruhi oleh semua variabel yang masuk dalam penelitian yaitu variabel PDB, suku bunga, ekspor dan impor. Kemudian dari empat variabel yang masuk dalam penelitian, hanya dua variabel yang berpengaruh pada FDI Singapura yaitu variabel ekspor dan impor, sedangkan untuk FDI Filipina hanya dipengaruhi oleh variabel satu variabel independen yaitu variabel PDB.

6.2 Saran

Pada penelitian ini, peneliti hanya membandingkan persamaan model SUR *feasible* GLS pada tiga persamaan. Untuk penelitian selanjutnya peneliti dapat mengembangkannya lagi pada metode estimasi lainnya untuk menghasilkan persamaan yang lebih baik dalam melihat pengaruh dari faktor-faktor yang mempengaruhi FDI. Selain itu pada penelitian selanjutnya dapat dikembangkan juga analisis model SUR dengan estimasi yang *robust* terhadap *outlier* mengingat terkadang data yang dijumpai di lapangan banyak yang mengandung *outlier*.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiyudawansyah, Andi dan Dwi Budi Santoso. 2012. Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi *Foreign Direct Investment* di Lima Negara ASEAN. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa FEB*, Vol. 2, No. 1, Hlm. 1-16.
- Arif, Dodi. 2014. Pengaruh Produk Domestik Bruto, Jumlah Uang Beredar, Inflasi, dan BI Rate Terhadap Indeks Harga Saham Gabungan di Indonesia Periode 2007-2013. *Jurnal Ekonomi Bisnis*, Vol. 19, No. 3.
- Darsyah, Moh. Yamin, dan Devi S. Sara. 2016. *Seemingly Unrelated Regression* pada Indeks Pembangunan Gender di Jawa Tengah. *Jurnal Statistika*, Vol 4, No. 2.
- Draper, N., dan Smith, H. 1985. *Applied Regression Analysis, ed. 2*. New York: John Wiley and Sons.
- Febriana, Asri, dan Masyhudi Moqorobbin. 2014. Investasi Asing Langsung di Indonesia dan Faktor-faktor yang Mempengaruhinya. *Jurnal Ekonomi dan Studi Pembangunan*, Vol 15, No. 2, Hlm. 109-117.
- Greene, H., and William. 2000. *Econometric Analysis, 4th Ed*. USA : Prentice Hall.
- Gujarti, Damodar N. 2006. *Dasar-dasar Ekonometrika Jilid 1*. Jakarta : Erlangga.
- Hakim, Rahman. 2012. Hubungan Ekspor, Impor dan Produk Domestik Bruto (PDB) Sektor Keuangan Perbankan Indonesia Periode Tahun 200:Q1-2011:Q4: Suatu Pendekatan dengan Model Analisis *Vector Autoregression* (VAR). *Tesis* Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik Departemen Ilmu Administrasi, Universitas Indonesia.
- Hanifawati, Tri, Any Suryantini, dan Jangkung H. M. 2017. Pengaruh Atribut Kemasan Makanan dan Karakteristik Konsumen Terhadap Pembelian. *Jurnal Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian*, Vol. 6, No. 1.
- Kamalia, Dina. 2006. Estimasi Parameter Model *Seemingly Unrelated Regression* dengan Metode Robust S. *Skripsi* Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Airlangga.
- Kusuma, Dewi Rachmat. 2016. Fenomena Suku Bunga Negatif di Negara Maju. Diakses pada tanggal 4 Januari 2018 dari <https://finance.detik.com/moneter/3144460/fenomena-suku-bunga-negatif-di-negara-maju-apa-artinya>

- Malisa, Maya, dan Fakhruddin. 2017. Analisis Investasi Langsung di Indonesia. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa (JIM)*, Vol. 2, No. 1, Hlm. 116-124.
- Mazaya, Aghnia, Chairul Rijal, dan Indah Ayu Permatasari. 2012. Analisis Permintaan Trasn Jakarta. *Skripsi Teknik Industri*, Universitas Bina Nusantara.
- Mudjiyono. 2012. Investasi dalam Saham & Obligasi dan Meminimalkan Risiko Sekuritas pada Pasar Modal Indonesia. *Jurnal STIE Semarang*, Vol. 4, No. 2, ISSN: 2252-7826.
- Nugraha, Jaka. 2013. Pengantar Analisis Data Kategorik: Metode dan Aplikasi Menggunakan Program R. Yogyakarta : Deepublish.
- Pratomo, Dedi Suwarsito, dan Erna Zuni Astuti. 2014. Analisis Regresi dan Korelasi antara Pengunjung dan Pembeli Terhadap Nominal Pembelian di Indomaret Kedungmundu Semarang dengan Metode Kuadrat Terkecil. *Jurnal Ilmu Komputer, Teknik Informatika Universitas Dian Neswantoro*.
- Purnomo, Tri Hendro dan Nurul Widyawati. 2013. Pengaruh Nilai Tukar, Suku Bunga, dan Inflasi Terhadap Return Saham pada Perusahaan Properti. *Jurnal Ilmu dan Riset Manajemen*, Vol. 2, No. 10.
- Samad, Muh., dan Setiawan. 2011. Pemodelan Ketahanan Pangan Rumah Tangga di Indonesia dengan Pendekatan *Seemingly Unrelated Regression* Tahun 2007. *Prosiding Seminar Nasional Statistika Universitas Diponegoro*. ISBN: 978-979-097-142-4.
- Santosa, Agus Budhi, Nur Iriawan, Setiawan, dan Moh. Dokhi. 2013. Pemodelan *Seemingly Unrelated Regression* dengan Pendekatan Bayesian pada Sektor Utama di Jawa Timur. *Prosiding Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika*, ISBN: 978-979-16353-9-4.
- Santoso, Paulus Basuki Kuwat. 2006. Pemodelan Produksi Kedelai Nasional dengan Metode SUR. *Tesis Megister Sains Program Studi Statistika*. Institut Pertanian Bogor.
- Sasmiati, Purnami Yuli. 2017. Perbandingan Estimasi M, Estimasi S dan Estimasi MM pada Regresi Robust. *Skripsi Program Studi Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia*.
- Sedyaningrum, Miranti, Suhadak, dan Nilai Firdausi Nuzula. 2016. Pengaruh Jumlah Nilai Ekspor, Impor dan Pertumbuhan Ekonomi terhadap Nilai Tukar dan Daya Beli Masyarakat di Indonesia. *Jurnal Administrasi Bisnis*, Vol. 34, No. 1.
- Sembiring, R.K. 2003. *Analisis Regresi Edisi Kedua*. Institut Teknologi Bandung.

- Setiawan, Adi, dan Bambang Susanto. 2016. Uji Normalitas Menggunakan Statistik Jarque-Bera Berdasarkan Metode *Bootsrap*. *Seminar Nasional Pendidikan Matematika*, ISBN: 978-979-17763-6-3.
- Sudrajat, M. SW. 1984. *Mengenal Ekonometrika Pemula*. Bandung: CV. Armico.
- Suindyah, D. Sayekti. 2009. Pengaruh Investasi, Tenaga Kerja dan Pengeluaran Pemerintah Terhadap Pertumbuhan Ekonomi di Provinsi Jawa Timur. *Ekuitas Akreditasi No. 110 DIKTI*. ISSN: 1411-0393.
- Sumodiningrat, Gunawan. 2003. *Pengantar Ekonometrik*. Fakultas Ekonomi Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- The World Bank. 2017. World Bank Open Data. Diakses pada tanggal 10 Desember 2017 dari <https://data.worldbank.org/>.
- Widianingsih, Ade, Made Susilawati, dan I Wayan Sumarjaya. 2014. Estimasi Model *Seemingly Unrelated Regression* (SUR) dengan Metode *Generalized Least Square* (GLS). *Jurnal Matematika*, Vol. 4, No. 2, ISSN: 1693-1394.
- Zellner, A. 1962. *An Efficient Method of Estimating Seemingly Unrelated Regression and Test for Aggregation Bias*, *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 47, Hlm. 348-368.

LAMPIRAN

Lampiran 1a Data FDI, PDB, Suku Bunga, Ekspor dan Impor Negara Indonesia

Tahun	FDI (y₁)	PDB (x₁₁)	Suku Bunga (x₁₂)	Impor (x₁₃)	Ekspor (x₁₄)
1987	385	80844	4.882	17006	18173
1988	576	89757	13.443	18492	20564
1989	682	100565	11.156	21808	24013
1990	1093	113011	10.753	27646	28192
1991	1482	124171	15.415	31470	31925
1992	1777	136314	15.607	34650	37629
1993	2004	168234	1.204	37556	42274
1994	2109	188342	9.263	44870	46896
1995	4346	215216	8.163	55882	53185
1996	6194	242087	9.699	60117	58717
1997	4677	229714	8.214	60700	60106
1998	-241	101624	-24.6	41250	50556
1999	-1866	149063	11.827	38402	49720
2000	-4550	175702	-1.654	50265	67621
2001	-2977	170832	3.72	49355	62626
2002	145	208325	12.322	51638	63957
2003	-596	249968	10.852	54324	71553
2004	1896	273461	5.134	70745	82744
2005	8336	304372	-0.246	85534	97387
2006	4914	388168	1.658	93412	113143
2007	6928	460193	2.34	109755	127226
2008	9318	543254	-3.852	146707	152090
2009	4877	574505	5.748	115216	130358
2010	15292	755094	4.614	169158	18348
2011	20565	892969	4.594	212997	235095
2012	21201	917870	7.75	229362	225744
2013	23282	912524	6.375	225519	218308
2014	25121	890815	6.792	217485	210820
2015	19779	861256	8.299	178472	182167
2016	4142	932259	9.212	170658	177884

Lampiran 1b Data FDI, PDB, Suku Bunga, Ekspor dan Impor Negara Singapura

Tahun	FDI (y₂)	PDB (x₂₁)	Suku Bunga (x₂₂)	Impor (x₂₃)	Ekspor (x₂₄)
1987	2836	20898	5.509	33687	34308
1988	3655	25337	0.404	44439	46865
1989	2887	30424	1.995	51266	54623
1990	4887	36152	2.591	60411	64045
1991	5575	45474	3.016	70628	76631
1992	4887	52156	4.908	77980	84308
1993	2204	60644	1.921	91975	97966
1994	4686	73778	2.127	110553	122469
1995	8550	87890	2.982	144599	159216
1996	9682	96404	4.719	154112	169740
1997	13753	100164	5.233	155742	170185
1998	7314	85708	8.92	125382	143642
1999	16578	86283	10.092	138362	152882
2000	15515	95834	2.019	169520	181299
2001	17007	89286	8.072	150242	164715
2002	6157	91941	6.678	154756	170984
2003	17051	97001	7.136	172337	199023
2004	24390	114188	1.007	217028	247128
2005	18090	127418	3.007	250275	288253
2006	36924	147797	3.532	296016	340091
2007	47733	179981	-0.502	331133	386534
2008	12201	192226	6.976	404461	444415
2009	23821	192408	1.796	324716	369747
2010	55076	236422	5.428	410658	472247
2011	49156	275560	4.096	485897	560262
2012	56237	289162	5.002	502485	570191
2013	64685	302511	5.632	519717	587366
2014	73987	308143	5.783	520355	596047
2015	70580	296841	2.742	451233	528176
2016	61597	296976	6.883	434389	511239

Lampiran 1c Data FDI, PDB, Suku Bunga, Ekspor dan Impor Negara Filipina

Tahun	FDI (y₃)	PDB (x₃₁)	Suku Bunga (x₃₂)	Impor (x₃₃)	Ekspor (x₃₄)
1987	307	33196	5.432	8704	8844
1988	936	37885	5.722	10206	10757
1989	563	42575	9.388	12887	11969
1990	530	44311	9.866	14748	12193
1991	544	45417	5.618	14801	13442
1992	228	52976	10.69	18027	15432
1993	1238	54368	7.348	21642	17050
1994	1591	64084	4.605	25720	21677
1995	1478	74120	6.63	32747	26948
1996	1517	82848	6.667	40838	33559
1997	1222	82344	9.462	48825	40313
1998	2287	72207	-4.579	38918	32323
1999	1247	82995	4.87	41016	37754
2000	1487	81026	4.916	43236	41623
2001	760	76262	6.491	40329	35101
2002	1769	81357	4.777	45306	38032
2003	492	83908	6.075	45891	39569
2004	592	91371	43.236	49404	44381
2005	1664	103071	4.116	53331	47554
2006	2707	122211	4.601	59104	56923
2007	2919	149360	5.433	64760	64614
2008	1340	174195	1.117	68581	64299
2009	2065	168335	5.636	56153	54258
2010	1070	199591	3.31	73082	69464
2011	2007	224143	2.539	79945	71795
2012	3215	250092	3.639	85232	77076
2013	3737	271836	3.646	87606	76162
2014	5740	284585	2.295	92658	82281
2015	5639	292774	6.201	100405	83135
2016	7980	304905	3.918	112613	85267

Lampiran 2a Hasil Standarisasi Data Indonesia

y1	x11	x12	x13	x14
-0.68289	-0.98174	-0.14311	-1.06578	-1.07613
-0.65979	-0.95265	0.9975	-1.04429	-1.04126
-0.64696	-0.91738	0.6928	-0.99632	-0.99097
-0.59724	-0.87677	0.63911	-0.91187	-0.93002
-0.55018	-0.84035	1.26024	-0.85655	-0.87559
-0.51449	-0.80072	1.28582	-0.81055	-0.79241
-0.48703	-0.69656	-0.63315	-0.76851	-0.72467
-0.47432	-0.63094	0.44059	-0.66271	-0.65727
-0.20369	-0.54324	0.29403	-0.50341	-0.56556
0.01988	-0.45555	0.49868	-0.44214	-0.48488
-0.16365	-0.49593	0.30082	-0.43371	-0.46463
-0.75863	-0.91393	-4.07111	-0.71507	-0.60389
-0.95522	-0.75912	0.7822	-0.75627	-0.61609
-1.27993	-0.67219	-1.01393	-0.58466	-0.35504
-1.08962	-0.68808	-0.29793	-0.59783	-0.42788
-0.71193	-0.56573	0.84815	-0.5648	-0.40847
-0.80157	-0.42983	0.6523	-0.52595	-0.2977
-0.50009	-0.35317	-0.10954	-0.2884	-0.1345
0.27901	-0.25229	-0.82633	-0.07447	0.07903
-0.13498	0.02116	-0.57266	0.0395	0.3088
0.10868	0.2562	-0.48179	0.27591	0.51417
0.39782	0.52726	-1.30678	0.81045	0.87676
-0.13945	0.62924	-0.02773	0.35491	0.55984
1.12055	1.21856	-0.17882	1.13523	-1.07358
1.75847	1.66849	-0.18148	1.7694	2.0872

Lampiran 2b Hasil Standarisasi Data Singapura

Y2	X21	X22	X23	X24
-0.93009	-1.23536	0.4601	-1.24648	-1.23822
-0.89507	-1.18847	-1.52114	-1.17995	-1.17125
-0.92791	-1.13472	-0.90368	-1.13771	-1.12988
-0.8424	-1.07421	-0.67237	-1.08113	-1.07963
-0.81298	-0.97573	-0.50743	-1.01791	-1.01251
-0.8424	-0.90514	0.22686	-0.97242	-0.97157
-0.95711	-0.81547	-0.93239	-0.88583	-0.89873
-0.85099	-0.67671	-0.85245	-0.77089	-0.76805
-0.68579	-0.52763	-0.52062	-0.56023	-0.57208
-0.63739	-0.43768	0.15351	-0.50137	-0.51595
-0.46333	-0.39796	0.35299	-0.49129	-0.51358
-0.73863	-0.55068	1.78391	-0.67913	-0.65514
-0.34255	-0.5446	2.23876	-0.59882	-0.60586
-0.388	-0.4437	-0.89436	-0.40604	-0.45431
-0.32421	-0.51288	1.4548	-0.52532	-0.54275
-0.7881	-0.48483	0.91379	-0.49739	-0.50932
-0.32233	-0.43137	1.09154	-0.38861	-0.35979
-0.00855	-0.2498	-1.28712	-0.1121	-0.10324
-0.27791	-0.11003	-0.51092	0.09361	0.11608
0.52733	0.10526	-0.30717	0.37662	0.39254
0.98947	0.44526	-1.87276	0.5939	0.64022
-0.52969	0.57463	1.02945	1.0476	0.9489
-0.03288	0.57655	-0.98091	0.5542	0.55069
1.30342	1.04153	0.42867	1.08595	1.09733
1.05031	1.45501	-0.08828	1.55147	1.56672

Lampiran 2c Hasil Standarisasi Data Filipina

y3	X31	X32	X33	X34
-0.92785	-0.33751	0.09472	-1.43869	-1.42466
-0.57529	-0.32884	0.19521	-1.38579	-1.34668
-0.78436	-0.32017	1.46547	-1.29138	-1.29727
-0.80286	-0.31696	1.63109	-1.22584	-1.28814
-0.79501	-0.31492	0.15917	-1.22398	-1.23723
-0.97213	-0.30094	1.91903	-1.11037	-1.15611
-0.40601	-0.29837	0.75861	-0.98306	-1.09015
-0.20815	-0.28041	-0.19183	-0.83945	-0.90154
-0.27149	-0.26185	0.50983	-0.59199	-0.68667
-0.24963	-0.24571	0.52265	-0.30706	-0.41718
-0.41498	-0.24665	1.49111	-0.02578	-0.14186
0.18196	-0.26539	-3.37407	-0.37467	-0.46757
-0.40097	-0.24544	-0.10001	-0.30079	-0.24618
-0.26645	-0.24908	-0.08407	-0.22261	-0.08846
-0.67394	-0.25789	0.46166	-0.32498	-0.35433
-0.10838	-0.24847	-0.13224	-0.14971	-0.23485
-0.82415	-0.24376	0.31752	-0.12911	-0.17219
-0.7681	-0.22996	-0.28955	-0.00539	0.02396
-0.16724	-0.20833	-0.36127	0.1329	0.15331
0.41737	-0.17294	-0.19322	0.3362	0.53522
0.5362	-0.12274	0.09507	0.53538	0.84874
-0.34884	-0.07683	-1.40042	0.66995	0.8359
0.05753	-0.08766	0.16541	0.23228	0.42659
-0.50018	-0.02988	-0.64055	0.82845	1.04644
0.02502	0.01552	-0.9077	1.07014	1.14146

Lampiran 3 Sintaks Analisis Data

```
data=read.delim("clipboard")
attach(data)

library(car)
library(tseries)
library(lmtest)

#Defining Variables
Y1=y1
Y2=y2
Y3=y3
X1=cbind(x11,x12,x13,x14)
X2=cbind(x21,x22,x23,x24)
X3=cbind(x31,x32,x33,x34)
eq1=Y1~X1
eq2=Y2~X2
eq3=Y3~X3

#Descriptive Statistics
summary(Y1)
summary(Y2)
summary(Y3)
summary(X1)
summary(X2)
summary(X3)

#OLS Regression
olsreg1=lm(Y1~X1)
summary(olsreg1)

#Uji Normalitas
residual<-resid(olsreg1)
qq.plot(residual, dist="norm", main="Normal QQ Plot")
jarque.bera.test(residual)

olsreg2=lm(Y2~X2)
summary(olsreg2)

#Uji Normalitas
residual<-resid(olsreg2)
qq.plot(residual, dist="norm", main="Normal QQ Plot")
jarque.bera.test(residual)

olsreg3=lm(Y3~X3)
summary(olsreg3)
```

```
#Uji Normalitas
residual<-resid(olsreg3)
qq.plot(residual, dist="norm", main="Normal QQ Plot")
jarque.bera.test(residual)

#SUR
library(systemfit)
system=list(eq1=eq1,eq2=eq2,eq3=eq3)
sur=systemfit(system,method="SUR",data=data)
summary(sur)
```

Lampiran 4 Hasil Analisis Deskriptif

```

> #Descriptive Statistics
> summary(Y1)
      Min.   1st Qu.   Median     Mean   3rd Qu.     Max.
-1.2799300 -0.6565825 -0.3513450 -0.0000003  0.2364275  2.3096500
> summary(Y2)
      Min.   1st Qu.   Median     Mean   3rd Qu.     Max.
-0.9571110 -0.8067600 -0.3652750 -0.0000001  0.8739350  2.1119500
> summary(Y3)
      Min. 1st Qu.  Median     Mean 3rd Qu.     Max.
-0.9721 -0.6493 -0.2690  0.0000  0.1509  3.3729
> summary(X1)
      x11           x12           x13           x14
Min.   :-0.981740  Min.   :-4.0711   Min.   :-1.0657800  Min.   :-1.0761300
1st Qu.: -0.743480  1st Qu.: -0.2688   1st Qu.: -0.7459700  1st Qu.: -0.7078200
Median : -0.475740  Median :  0.1752   Median : -0.4727750  Median : -0.4181750
Mean   : -0.000001  Mean   :  0.0000   Mean   : -0.0000003  Mean   : -0.0000007
3rd Qu.:  0.603745  3rd Qu.:  0.6040   3rd Qu.:  0.6965650  3rd Qu.:  0.5484225
Max.   :  1.796710  Max.   :  1.2858   Max.   :  2.0061300  Max.   :  2.0872000
> summary(X2)
      x21           x22           x23           x24
Min.   :-1.2353600  Min.   :-1.8727600  Min.   :-1.2464800  Min.   :-1.2382200
1st Qu.: -0.6452025  1st Qu.: -0.8074300  1st Qu.: -0.7479500  1st Qu.: -0.7398225
Median : -0.4345250  Median :  0.0326150  Median : -0.4486650  Median : -0.4818150
Mean   :  0.0000003  Mean   : -0.0000007  Mean   : -0.0000003  Mean   : -0.0000007
3rd Qu.:  0.5760700  3rd Qu.:  0.5517900  3rd Qu.:  0.9341750  3rd Qu.:  0.8717300
Max.   :  1.7992300  Max.   :  2.2387600  Max.   :  1.7646700  Max.   :  1.7575600
> summary(X3)
      x31           x32           x33           x34
Min.   :-0.337510  Min.   :-3.374070  Min.   :-1.4386900  Min.   :-1.4246600
1st Qu.: -0.276655  1st Qu.: -0.412728  1st Qu.: -0.7775850  1st Qu.: -0.8478225
Median : -0.245575  Median :  0.005325  Median : -0.1394100  Median : -0.1570250
Mean   :  0.000001  Mean   :  0.000000  Mean   : -0.0000003  Mean   :  0.0000007
3rd Qu.: -0.079538  3rd Qu.:  0.436540  3rd Qu.:  0.6363075  3rd Qu.:  0.8455300
Max.   :  5.238340  Max.   :  1.919030  Max.   :  2.2205800  Max.   :  1.6906300

```

Lampiran 5 Hasil Analisis OLS

```
> #OLS Regression Indonesia
> olsreg1=lm(Y1~X1)
> summary(olsreg1)
```

Call:

```
lm(formula = Y1 ~ X1)
```

Residuals:

	Min	1Q	Median	3Q	Max
	-0.66590	-0.27417	0.06153	0.22590	0.83168

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-8.531e-07	6.797e-02	0.000	1.0000
X1x11	-1.122e+00	4.125e-01	-2.720	0.0117 *
X1x12	1.451e-01	7.446e-02	1.949	0.0626 .
X1x13	2.212e+00	4.474e-01	4.944	4.31e-05 ***
X1x14	-2.022e-01	1.641e-01	-1.232	0.2293

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.3723 on 25 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.8805, Adjusted R-squared: 0.8614

F-statistic: 46.05 on 4 and 25 DF, p-value: 3.517e-11

```
> #OLS Regression Singapura
> olsreg2=lm(Y2~X2)
> summary(olsreg2)
```

Call:

```
lm(formula = Y2 ~ X2)
```

Residuals:

	Min	1Q	Median	3Q	Max
	-0.58648	-0.21566	0.05282	0.23558	0.48716

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	5.132e-07	5.436e-02	0.000	0.99999
X2x21	8.860e-01	4.173e-01	2.123	0.04383 *
X2x22	-3.461e-02	5.873e-02	-0.589	0.56097
X2x23	-5.394e+00	1.885e+00	-2.861	0.00841 **
X2x24	5.444e+00	2.087e+00	2.609	0.01513 *

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.2977 on 25 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.9236, Adjusted R-squared: 0.9114

F-statistic: 75.54 on 4 and 25 DF, p-value: 1.374e-13

```
> #OLS Regression Filipina
> olsreg3=lm(Y3~X3)
> summary(olsreg3)
```

```
Call:
lm(formula = Y3 ~ X3)
```

```
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.79276 -0.18063  0.05735  0.21104  1.10629
```

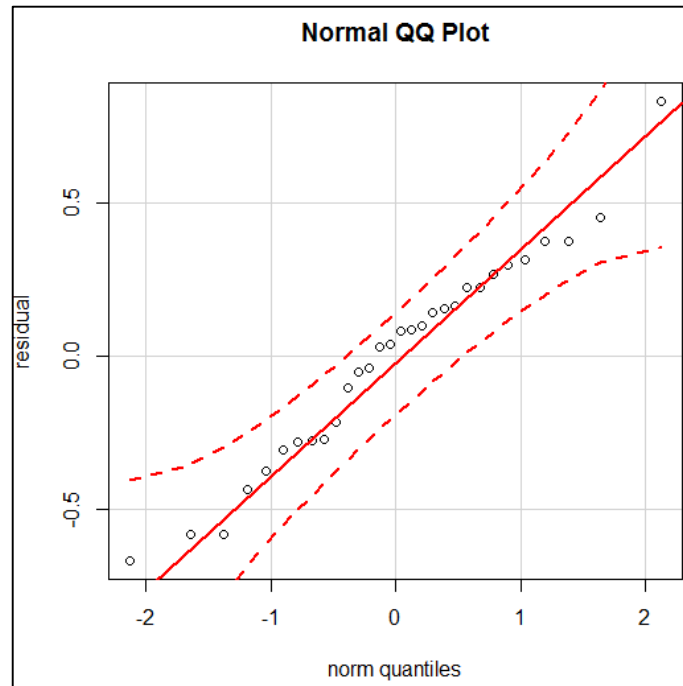
```
Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  1.669e-06  8.647e-02   0.000  1.0000
X3x31        2.422e-01  1.435e-01   1.688  0.1038
X3x32       -4.777e-02  9.876e-02  -0.484  0.6328
X3x33        1.919e+00  8.424e-01   2.278  0.0315 *
X3x34       -1.262e+00  7.973e-01  -1.583  0.1260
```

```
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

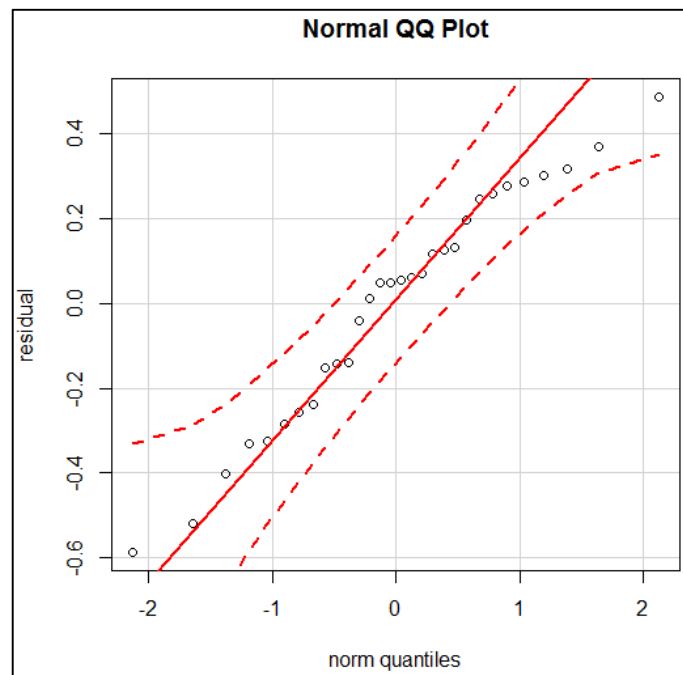
```
Residual standard error: 0.4736 on 25 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.8066,    Adjusted R-squared:  0.7757
F-statistic: 26.07 on 4 and 25 DF,  p-value: 1.331e-08
```

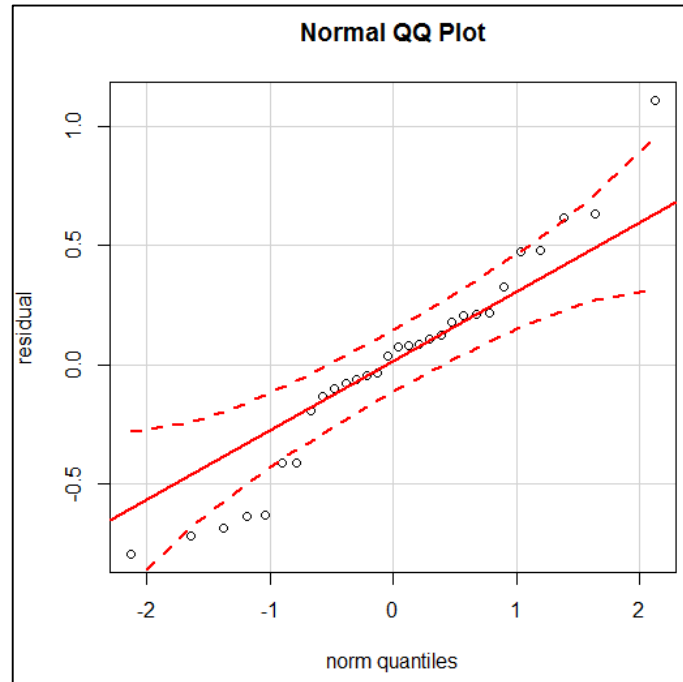
Lampiran 6 Hasil Uji QQ-Plot

QQ-Plot Indonesia



QQ-Plot Singapura



QQ-Plot Filipina

Lampiran 7 Hasil Uji Jarque Berra

Uji Jarque Berra Indonesia

```
> #Uji Normalitas  
> residual<-resid(olsreg1)  
> jarque.bera.test(residual)
```

Jarque Bera Test

```
data: residual  
X-squared = 0.086786, df = 2, p-value = 0.9575
```

Uji Jarque Berra Singapura

```
> #Uji Normalitas  
> residual<-resid(olsreg2)  
> jarque.bera.test(residual)
```

Jarque Bera Test

```
data: residual  
X-squared = 1.3311, df = 2, p-value = 0.514
```

Uji Jarque Berra Filipina

```
> #Uji Normalitas  
> residual<-resid(olsreg3)  
> jarque.bera.test(residual)
```

Jarque Bera Test

```
data: residual  
X-squared = 0.066657, df = 2, p-value = 0.9672
```

Lampiran 8 Hasil Analisis SUR

```

> #SUR
> library(systemfit)
> system=list(eq1=eq1,eq2=eq2,eq3=eq3)
> sur=systemfit(system,method="SUR",data=data)
> summary(sur)

systemfit results
method: SUR

              N DF      SSR  detRCov   OLS-R2 McElroy-R2
system  90  75  11.9239  0.001371  0.862943   0.907307

              N DF      SSR      MSE      RMSE      R2   Adj R2
eq1  30  25  3.59044  0.143617  0.378969  0.876192  0.856382
eq2  30  25  2.24794  0.089918  0.299863  0.922485  0.910082
eq3  30  25  6.08556  0.243423  0.493379  0.790153  0.756577

The covariance matrix of the residuals used for estimation
              eq1              eq2              eq3
eq1  0.13861182  0.00158494  0.0876252
eq2  0.00158494  0.08864009  0.0392894
eq3  0.08762524  0.03928940  0.2243008

The covariance matrix of the residuals
              eq1              eq2              eq3
eq1  0.143617435 -0.000159006  0.1229494
eq2 -0.000159006  0.089917771  0.0535281
eq3  0.122949402  0.053528074  0.2434226

The correlations of the residuals
              eq1              eq2              eq3
eq1  1.00000000 -0.00139922  0.657571
eq2 -0.00139922  1.00000000  0.361808
eq3  0.65757060  0.36180820  1.000000

SUR estimates for 'eq1' (equation 1)
Model Formula: Y1 ~ X1

              Estimate   Std. Error  t value   Pr(>|t|)
(Intercept) -9.74427e-07  6.79735e-02 -0.00001  0.9999887
X1x11        -1.22392e+00  3.81954e-01 -3.20437  0.0036763 **
X1x12         1.45766e-01  6.82475e-02  2.13584  0.0426705 *
X1x13         2.45627e+00  4.11758e-01  5.96533  3.1489e-06 ***
X1x14        -3.53891e-01  1.41829e-01 -2.49519  0.0195531 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.378969 on 25 degrees of freedom
Number of observations: 30 Degrees of Freedom: 25
SSR: 3.590436 MSE: 0.143617 Root MSE: 0.378969
Multiple R-Squared: 0.876192 Adjusted R-Squared: 0.856382

```

|SUR estimates for 'eq2' (equation 2)

Model Formula: Y2 ~ X2

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	8.64853e-07	5.43569e-02	0.00002	0.9999874
X2x21	6.80899e-01	4.05155e-01	1.68059	0.1052971
X2x22	-7.54284e-03	5.63545e-02	-0.13385	0.8945958
X2x23	-5.78706e+00	1.80045e+00	-3.21424	0.0035885 **
X2x24	6.03880e+00	1.99235e+00	3.03100	0.0056041 **

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.299863 on 25 degrees of freedom

Number of observations: 30 Degrees of Freedom: 25

SSR: 2.247944 MSE: 0.089918 Root MSE: 0.299863

Multiple R-Squared: 0.922485 Adjusted R-Squared: 0.910082

SUR estimates for 'eq3' (equation 3)

Model Formula: Y3 ~ X3

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	7.66960e-07	8.64679e-02	0.00001	0.9999930
X3x31	4.29906e-01	1.23075e-01	3.49303	0.0017966 **
X3x32	-9.76387e-02	8.83080e-02	-1.10566	0.2794003
X3x33	1.06970e+00	7.09401e-01	1.50789	0.1441181
X3x34	-4.96679e-01	6.72827e-01	-0.73820	0.4672683

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.493379 on 25 degrees of freedom

Number of observations: 30 Degrees of Freedom: 25

SSR: 6.085565 MSE: 0.243423 Root MSE: 0.493379

Multiple R-Squared: 0.790153 Adjusted R-Squared: 0.756577

Lampiran 9 Tabel *Chi-Square*

α	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
db					
1	2.70554	3.84146	5.02390	6.63489	7.87940
2	4.60518	5.99148	7.37778	9.21035	10.59653
3	6.25139	7.81472	9.34840	11.34488	12.83807
4	7.77943	9.48773	11.14326	13.27670	14.86017
5	9.23635	11.07048	12.83249	15.08632	16.74965
6	10.64464	12.59158	14.44935	16.81187	18.54751
7	12.01703	14.06713	16.01277	18.47532	20.27774
8	13.36156	15.50731	17.53454	20.09016	21.95486
9	14.68366	16.91896	19.02278	21.66605	23.58927
10	15.98717	18.30703	20.48320	23.20929	25.18805
11	17.27501	19.67515	21.92002	24.72502	26.75686
12	18.54934	21.02606	23.33666	26.21696	28.29966
13	19.81193	22.36203	24.73558	27.68818	29.81932
14	21.06414	23.68478	26.11893	29.14116	31.31943
15	22.30712	24.99580	27.48836	30.57795	32.80149
16	23.54182	26.29622	28.84532	31.99986	34.26705
17	24.76903	27.58710	30.19098	33.40872	35.71838
18	25.98942	28.86932	31.52641	34.80524	37.15639
19	27.20356	30.14351	32.85234	36.19077	38.58212
20	28.41197	31.41042	34.16958	37.56627	39.99686
21	29.61509	32.67056	35.47886	38.93223	41.40094
22	30.81329	33.92446	36.78068	40.28945	42.79566
23	32.00689	35.17246	38.07561	41.63833	44.18139
24	33.19624	36.41503	39.36406	42.97978	45.55836
25	34.38158	37.65249	40.64650	44.31401	46.92797
26	35.56316	38.88513	41.92314	45.64164	48.28978
27	36.74123	40.11327	43.19452	46.96284	49.64504
28	37.91591	41.33715	44.46079	48.27817	50.99356
29	39.08748	42.55695	45.72228	49.58783	52.33550
30	40.25602	43.77295	46.97922	50.89218	53.67187

Lampiran 10 Tabel F ($\alpha = 5\%$)

df untuk penyebut (N2)	df untuk pembilang (N1)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
61	4.00	3.15	2.76	2.52	2.37	2.25	2.16	2.09	2.04	1.99	1.95	1.91	1.88	1.86	1.83
62	4.00	3.15	2.75	2.52	2.36	2.25	2.16	2.09	2.03	1.99	1.95	1.91	1.88	1.85	1.83
63	3.99	3.14	2.75	2.52	2.36	2.25	2.16	2.09	2.03	1.98	1.94	1.91	1.88	1.85	1.83
64	3.99	3.14	2.75	2.52	2.36	2.24	2.16	2.09	2.03	1.98	1.94	1.91	1.88	1.85	1.83
65	3.99	3.14	2.75	2.51	2.36	2.24	2.15	2.08	2.03	1.98	1.94	1.90	1.87	1.85	1.82
66	3.99	3.14	2.74	2.51	2.35	2.24	2.15	2.08	2.03	1.98	1.94	1.90	1.87	1.84	1.82
67	3.98	3.13	2.74	2.51	2.35	2.24	2.15	2.08	2.02	1.98	1.93	1.90	1.87	1.84	1.82
68	3.98	3.13	2.74	2.51	2.35	2.24	2.15	2.08	2.02	1.97	1.93	1.90	1.87	1.84	1.82
69	3.98	3.13	2.74	2.50	2.35	2.23	2.15	2.08	2.02	1.97	1.93	1.90	1.86	1.84	1.81
70	3.98	3.13	2.74	2.50	2.35	2.23	2.14	2.07	2.02	1.97	1.93	1.89	1.86	1.84	1.81
71	3.98	3.13	2.73	2.50	2.34	2.23	2.14	2.07	2.01	1.97	1.93	1.89	1.86	1.83	1.81
72	3.97	3.12	2.73	2.50	2.34	2.23	2.14	2.07	2.01	1.96	1.92	1.89	1.86	1.83	1.81
73	3.97	3.12	2.73	2.50	2.34	2.23	2.14	2.07	2.01	1.96	1.92	1.89	1.86	1.83	1.81
74	3.97	3.12	2.73	2.50	2.34	2.22	2.14	2.07	2.01	1.96	1.92	1.89	1.85	1.83	1.80
75	3.97	3.12	2.73	2.49	2.34	2.22	2.13	2.06	2.01	1.96	1.92	1.88	1.85	1.83	1.80
76	3.97	3.12	2.72	2.49	2.33	2.22	2.13	2.06	2.01	1.96	1.92	1.88	1.85	1.82	1.80
77	3.97	3.12	2.72	2.49	2.33	2.22	2.13	2.06	2.00	1.96	1.92	1.88	1.85	1.82	1.80
78	3.96	3.11	2.72	2.49	2.33	2.22	2.13	2.06	2.00	1.95	1.91	1.88	1.85	1.82	1.80
79	3.96	3.11	2.72	2.49	2.33	2.22	2.13	2.06	2.00	1.95	1.91	1.88	1.85	1.82	1.79
80	3.96	3.11	2.72	2.49	2.33	2.21	2.13	2.06	2.00	1.95	1.91	1.88	1.84	1.82	1.79
81	3.96	3.11	2.72	2.48	2.33	2.21	2.12	2.05	2.00	1.95	1.91	1.87	1.84	1.82	1.79
82	3.96	3.11	2.72	2.48	2.33	2.21	2.12	2.05	2.00	1.95	1.91	1.87	1.84	1.81	1.79
83	3.96	3.11	2.71	2.48	2.32	2.21	2.12	2.05	1.99	1.95	1.91	1.87	1.84	1.81	1.79
84	3.95	3.11	2.71	2.48	2.32	2.21	2.12	2.05	1.99	1.95	1.90	1.87	1.84	1.81	1.79
85	3.95	3.10	2.71	2.48	2.32	2.21	2.12	2.05	1.99	1.94	1.90	1.87	1.84	1.81	1.79
86	3.95	3.10	2.71	2.48	2.32	2.21	2.12	2.05	1.99	1.94	1.90	1.87	1.84	1.81	1.78
87	3.95	3.10	2.71	2.48	2.32	2.20	2.12	2.05	1.99	1.94	1.90	1.87	1.83	1.81	1.78
88	3.95	3.10	2.71	2.48	2.32	2.20	2.12	2.05	1.99	1.94	1.90	1.86	1.83	1.81	1.78
89	3.95	3.10	2.71	2.47	2.32	2.20	2.11	2.04	1.99	1.94	1.90	1.86	1.83	1.80	1.78
90	3.95	3.10	2.71	2.47	2.32	2.20	2.11	2.04	1.99	1.94	1.90	1.86	1.83	1.80	1.78