PEMODELAN DINAMIS *DISTRIBUTED LAG* DENGAN MENGGUNAKAN METODE KOYCK DAN METODE ALMON

(Skripsi)

Oleh

Dora Panny Nurcahaya Sitorus

JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023

ABSTRACT

DYNAMIC MODELLING OF DISTRIBUTED LAG USING KOYCK METHOD AND ALMON METHOD

By

DORA PANNY NURCAHAYA SITORUS

The distributed lag Model is a dynamic model due to the effect of a one-unit change in the value of the distributed independent variable (X) over a period of time. Distributed lag Model there are 2 types, namely: infinite lag model and finite lag model. Infinite lag modeling using koyck method and finite lag modeling using Almon method. This distributed lag Model is used to visualize the impact caused by the independent variable on the dependent variable. This study aims to apply a dynamic model of distributed lag by using the koyck transformation method and Almon transformation method to assess the effect of the rupiah exchange rate on the value of garment exports PT. Shinwon went abroad and determined the best model in Dynamic Modeling of distributed lag using the koyck transformation method and the Almon transformation method. The results showed that dynamic modeling of distributed lag with Almon transformation method is better than koyck transformation.

Keywords: Distributed lag model, Koyck method, Almon method, Indonesian exchange rate, export.

ABSTRAK

PEMODELAN DINAMIS *DISTRIBUTED LAG* DENGAN MENGGUNAKAN METODE KOYCK DAN METODE ALMON

Oleh

DORA PANNY NURCAHAYA SITORUS

Distributed lag model atau model lag terdistribusi termasuk model dinamis sebab pengaruh perubahan satu unit dalam nilai variabel bebas (X) terdistribusi selama periode waktu. Model lag terdistribusi ada 2 jenis, yaitu: model *infinite lag* dan model *finite lag*. Pemodelan *infinite lag* memakai metode Koyck dan pemodelan *finite lag* menggunakan metode Almon. Model lag terdistribusi digunakan untuk memvisualkan dampak yang dilakukan oleh variabel bebas terhadap variabel tak bebas. Penelitian ini bertujuan mengaplikasikan model dinamis *distributed lag* melalui pemakaian metode transformasi Koyck dan metode transformasi Almon untuk mengkaji pengaruh kurs rupiah Indonesia terhadap nilai ekspor garmen PT. Shinwon ke mancanegara dan menentukan model terbaik dalam pemodelan dinamis *distributed lag* dengan memakau metode transformasi Koyck dan metode transformasi Almon. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemodelan dinamis *distributed lag* dengan memakai metode transformasi Almon lebih baik disbanding transformasi Koyck.

Kata Kunci: Model lag terdistribusi, Metode Koyck, Metode Almon, Kurs Indonesia, Ekspor

PEMODELAN DINAMIS *DISTRIBUTED LAG* DENGAN MENGGUNAKAN METODE KOYCK DAN METODE ALMON

Oleh

Dora Panny Nurcahaya Sitorus

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA MATEMATIKA

Pada

Jurusan Matematika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023

Judul Skripsi : **PEMODELAN DINAMIS *DISTRIBUTED LAG* DENGAN MENGGUNAKAN METODE KOYCK DAN METODE ALMON**

Nama Mahasiswa : *Dora Panny Nurcahaya Sitorus*

Nomor Pokok Mahasiswa : **1817031047**

Program Studi : **Matematika**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Widiarti, S.Si., M.Si.
NIP 198005022005012003

Agus Sutrisno, S.Si., M.Si.
NIP 197008311999031002

2. Ketua Jurusan Matematika

Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si.
NIP 197403162005011001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua	: **Widiarti, S.Si., M.Si.**	....
Sekretaris	: **Agus Sutrisno, S.Si., M.Si.**	....
Penguji Bukan Pembimbing	: **Prof. Mustofa Usman, M.A., Ph.D.**	....

2. Plt. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **06 April 2023**

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa	: Dora Panny Nurcahaya Sitorus
Nomor Pokok Mahasiswa	: 1817031047
Jurusan	: Matematika
Judul Skripsi	: **Pemodelan Dinamis *Distributed Lag* Dengan Menggunakan Metode Koyck Dan Metode Almon**

Dengan ini menyatakan bahwa penelitian ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri. Apabila kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 06 April 2023
Yang menyatakan,

Dora Panny Nurcahaya Sitorus
NPM. 1817031047

RIWAYAT HIDUP

Penulis atas nama Dora Panny Nurcahaya Sitorus lahir pada 26 Januari 2001 di Balige, sebagai anak keempat dari empat bersaudara dari pasangan Bapak Marudut Pardamean Sitorus dan Ibu Tirenny Simanjuntak.

Pendidikan penulis dimulai dari pendidikan taman kanak-kanak di PG Paud Hosana pada tahun 2005-2006. Penulis melanjutkan pendidikan sekolah dasar di SD Negeri 1734461 Onan Ganjang pada tahun 2006-2012. Pada tahun 2012-2015, penulis melanjutkan pendidikan sekolah menengah pertama di SMP Negeri 1 Onan Ganjang dan melanjutkan pendidikan sekolah menengah atas di SMA Negeri 2 Lintong Nihuta pada tahun 2015-2018.

Penulis melanjutkan pendidikan Strata Satu (S1) di Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung pada tahun 2018 melalui jalur SBMPTN. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) pada tahun 2021 di Karang Maritim, Panjang. Selain itu, penulis melaksanakan Kerja Praktik (KP) di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Bandar Lampung.

KATA INSPIRASI

Marilah kita teguh berpegang pada pengakuan tentang pengharapan kita, sebab Ia, yang menjanjikannya, setia.

(Ibrani 10:23)

Hai pemalas, berapa lama lagi engkau berbaring? Bilakah engkau akan bangun dari tidurmu?. "Tidur sebentar lagi, mengantuk sebentar lagi, melipat tangan sebentar lagi untuk tinggal berbaring" maka datanglah kemiskinan kepadamu seperti seorang penyerbu, dan kekurangan seperti orang yang bersenjata.

(**Amsal 6: 9-11**)

PERSEMBAHAN

Terima kasih Tuhan Yesus atas berkat-Mu sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

Skripsi ini saya persembahkan untuk kedua orang tua saya tercinta yang selalu menjadi paling terdepan menyemangati saya, Kak Holong, Abang Pangeran, Kak Natalya, Abang Martin dan oppung Holong. Terima kasih atas doa, cinta kasih, perhatian dan nasihat yang diberikan kepada saya selama ini.

Skripsi ini juga saya persembahkan kepada Ibu Widiarti, Bapak Agus, dan Bapak Mustofa. Terima kasih atas bimbingan dan arahan yang diberikan. Terima kasih sudah meluangkan waktu, membantu, memberikan motivasi, dan ilmu yang sangat berharga. Sehat selalu Pak Bu.

SANWACANA

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pemodelan Dinamis *Distributed Lag* dengan Menggunakan Metode Koyck dan Metode Almon”.

Dalam menyelesaikan skripsi ini, banyak pihak yang telah membantu penulis dalam memberikan bimbingan, dorongan, dan saran-saran. Sehingga dengan segala ketulusan dan kerendahan hari pada kesempatan ini Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua ku yang selalu memberikan kasih sayang, nasihat, dukungan dan doa kepada penulis.
2. Ibu Widiarti, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing I yang selalu sabar dalam meluangkan waktu, memberikan arahan, bantuan, dukungan, dan saran kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Agus Sutrisno S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu, memberikan kritik, dan saran selama proses penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Prof. Mustofa Usman, M.A., Ph.D. selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan kritik, saran, dan masukan yang membangun kepada penulis dalam proses penyelesaian skripsi ini.
5. Bapak Dr. Aang Nuryaman S.Si., M.Si. selaku Ketua Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
6. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, M.Si. selaku Plt Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
7. Ibu Dr. Notiragayu, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bantuan dan arahan selama penyusunan skripsi maupun selama masa perkuliahan

8. Seluruh dosen, staf, dan karyawan Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung yang telah banyak membantu selama perkuliahan.
9. Oppung Holong, Kak Holong, Abang Pangeran, Kak Natalya, Abang Martin dan seluruh keluarga yang selalu memberikan kasih sayang, semangat, dukungan, dan doa kepada penulis.
10. Skolastika Ria, Meryam Lumbantobing, Ester Lumban Gaol, Grace Sirait, April Sembiring, Ninid Lubis dan Iin Sibagariang yang selalu menemani hari-hari penulis, selalu siap mendengarkan keluh kesah penulis, memberikan semangat dan bantuan, dan selalu memberikan saran-saran untuk penulis.
11. Ramona, Aniisah, Dewi Uta, Ahya, Febi, dan Hilda yang sudah memberikan bantuan dan banyak pengalaman selama masa perkuliahan dan penyusunan skripsi
12. Teman-teman seperbimbingan Ibu Widiarti
13. Teman-teman Jurusan Matematika Angkatan 2018 yang telah membersamai di masa perkuliahan.
14. Semua pihak terkait yang membantu dalam menyelesaikan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa banyak terdapat kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak

Bandar Lampung, 06 April 2023
Penulis

Dora Panny Nurcahaya Sitorus

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Dan Masalah

Ekonometrika ialah pengukuran ekonomi yang menerapkan ilmu matematika dan metode statistika dalam mengkaji teori ekonomi pada data (Das, 2019). Ekonometrika mempunyai metodologi yang berfokus pada bagaimana mendapatkan penduga yang efisien dan konsisten. Model regresi linier dapat dipakai untuk mewakili model ekonometrika yang mengukur keterkaitan antar variabel. Model ekonometrika yang salah satunya memiliki hubungan satu arah variabel satu dengan variabel lainnya ialah model regresi linier, ini berarti bahwa variabel bebas (X) mempengaruhi variabel tidak bebas (Y) (Widarjono, 2018).

Keberhasilan dari analisis regresi linear sangat bergantung pada ketersediaan data, salah satu data yang sering dianalisis adalah data deret waktu. Pengaruh perubahan variabel bebas (X) terhadap variabel tidak bebas (Y) selama periode pengamatan yang sama & periode pengamatan sebelumnya digunakan oleh model regresi deret waktu. Lag / beda kala ialah jumlah waktu yang dibutuhkan oleh variabel bebas (X) untuk memengaruhi variabel tidak bebas (Y). (Sarwoko, 2005). *Distributed Lag model* atau model lag terdistribusi adalah model regresi linear deret waktu dinamis sebab pengaruh perubahan satu unit dalam nilai variabel bebas (X) tersebar pada selama periode waktu (Gujarati, 2004).

Penentuan *distributed lag model* dapat dilakukan melalui metode Koyck & metode Almon yang mana gampang diaplikasikan guna memperkirakan *distributed lag model*. Dalam melakukan penentuan perkiraan model dinamis terdistribusi lag yang panjang lag-nya (waktu) tak diketahui, maka dipakailah Metode Koyck ini. Lalu, saat melakukan penentuan estimasi model terdistribusi lag yang panjang lag (waktu) diketahui, maka dipakailah Metode Almon

(Gujarati, 2004). Metode Almon juga disebut alternatif untuk model regresi lag karena metode ini tidak melanggar asumsi dasar *ordinary least square* yang berkaitan dengan faktor gangguan.

Sejumlah studi sudah dilakukan terkait model dinamis *distributed lag*. Pratami, dkk. (2016), melakukan penelitian untuk menentukan model dinamis produksi padi di Jawa Tengah memakai metode Almon & metode Koyck. Hasil penelitian Pratami, dkk. (2016), menunjukkan bahwa metode Almon merupakan model terbaik *distributed lag*. Lihawa, dkk. (2022), meneliti *distributed lag* model pengaruh jumlah uang beredar terhadap nilai tukar rupiah memakau metode Almon & metode Koyck serta menentukan model terbaik dari kedua metode tersebut dengan membandingkan nilai *Schwarz's Information Criterion* (SIC) terkecil. Hasil penelitian Lihawa, dkk. (2022) menunjukkan bahwa metode Koyck merupakan model terbaik *distributed lag*.

Berdasar pada latar belakang, peneliti tertarik dalam melakukan penelitian mengenai pemodelan dinamis *distributed lag* pada kasus pengaruh kurs rupiah Indonesia terhadap nilai ekspor garmen PT. Shinwon ke mancanegara dengan memakai metode Almon & metode Koyck serta menentukan model terbaik dari kedua metode menggunakan nilai MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) dan MASE (*Mean Absolute Scaled Error*).

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini yaitu:

1. Mengaplikasikan model dinamis *distributed lag* dengan menggunakan metode transformasi Koyck dan metode transformasi Almon pada data kasus pengaruh kurs rupiah Indonesia terhadap nilai ekspor garmen PT. Shinwon ke mancanegara.
2. Menentukan model terbaik dalam pemodelan dinamis *distributed lag* dengan menggunakan metode transformasi Koyck dan metode transformasi Almon.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini yaitu:

1. Memberi informasi tentang pemodelan terbaik dari hasil metode Koyck dan metode Almon.
2. Bisa dijadikan bahan pertimbangan referensi bagi peneliti selanjutnya yang berkaitan dengan model dinamis *distributed lag*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisis Regresi

Analisis regresi ialah metode statistika yang mengkaji ketergantungan satu variabel tak bebas (Y) terhadap satu / lebih variabel bebas (X) (Supranto, 2009). Melalui pembentukan model keterkaitan yang bersifat numerik, fenomena data bisa dideskripsikan dengan analisis regresi. Melalui pemakaian model regresi yang telah didapatkan, analisis regresi bisa mengendalikan fenomena yang diamati (Gujarati, 2004). Regresi linier terbagi menjadi dua yaitu:

1. Regresi Linier Sederhana

   Regresi Linier sederhana adalah regresi linier yang hanya menggunakan dua variabel yaitu satu variabel tak bebas (Y) dan satu variabel bebas (X) (Gujarati, 2004). Secara matematis, model regresi linier sederhana dapat ditulis sebagai berikut:

$$Y_i = \alpha + \beta X_i + \varepsilon_i \tag{2.1}$$

   dengan:
   $Y_i =$ variabel tak bebas pada objek ke-i
   $X_i =$ variabel bebas
   $\alpha =$ konstanta atau intersep
   $\beta =$ koefisien regresi atau slope
   ε_i = galat / error objek ke-i, dengan $\varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$

2. Regresi Linier Berganda

Regresi Linier berganda ialah regresi linier yang satu variabel tak bebas dikaitkan dengan lebih dari satu variabel bebas (X) (Gujarati, 2004). Secara matematis, model regresi linier berganda dapat ditulis sebagai berikut:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \cdots + \beta_k X_{ik} + \varepsilon_i \tag{2.2}$$

dengan:

Y_i = variabel tak bebas untuk pengamatan ke-i

β_0 = intersep

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ = koefisien regresi

$X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{ik}$ = variabel bebas untuk pengamatan ke-i

ε_i = galat / error objek ke-i, dengan $\varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$

i = pengamatan ke-I ($i = 1,2,3, \dots, n$)

k = ukuran sampel

2.2 Pendugaan Parameter Metode Kuadrat Terkecil Biasa (*Ordinary Least Square Method*)

Metode kuadrat terkecil atau *Ordinary Least Square* digunakan dalam penghitungan a & b pada persamaan regresi sebagai penduga α dan β , sedemikian rupa yang membuat total kuadrat galat ($\sum e_i{}^2$) memiliki nilai terkecil (Gujarati, 1978). Estimasi $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ diperoleh melalui metode kuadrat terkecil melalui rumus:

$$\widehat{\boldsymbol{\beta}} = (\boldsymbol{X}^{\boldsymbol{T}}\boldsymbol{X})^{-\boldsymbol{1}}\boldsymbol{X}^{\boldsymbol{T}}\boldsymbol{Y}$$

Menurut Sumodiningrat (1995), untuk menguji sifat-sifat penduga parameter dipakai asumsi berikut:

1. E($\boldsymbol{\varepsilon}$) = 0
2. E [$\boldsymbol{\varepsilon\varepsilon}^T$] = $\sigma^2 I$

Saat asumsi telah terpenuhi maka estimasi yang didapatkan melalui metode kuadrat terkecil bakal bersifat varian minimumnya bersifat *Unibased Estimator (BLUE), Linear, Best*, tidak bias, & linear. Karakteritik penduga dalam metode kuadrat terkecil ialah:

1. Linear

$$\begin{aligned}\widehat{\boldsymbol{\beta}} &= (\boldsymbol{X^TX})^{-1}\boldsymbol{X^TY}\\ &= (\boldsymbol{X^TX})^{-1}\boldsymbol{X^T}(\boldsymbol{X\beta}+\boldsymbol{\varepsilon})\\ &= (\boldsymbol{X^TX})^{-1}\boldsymbol{X^TX\beta}+(\boldsymbol{X^TX})^{-1}\boldsymbol{X^T\varepsilon}\\ &= \boldsymbol{I\beta}+(\boldsymbol{X^TX})^{-1}\boldsymbol{X^T\varepsilon}\\ &= \boldsymbol{\beta}+(\boldsymbol{X^TX})^{-1}\boldsymbol{X^T\varepsilon}\end{aligned}$$

Jadi, $\widehat{\boldsymbol{\beta}}$ merupakan fungsi linear dari β dan ε.

2. Tak Bias

Sifat tak bias berarti nilai harapan dari penduga yaitu $E[\widehat{\boldsymbol{\beta}}] = \boldsymbol{\beta}$.

$$\begin{aligned}E[\widehat{\boldsymbol{\beta}}] &= E[\boldsymbol{\beta}+(\boldsymbol{X^TX})^{-1}\boldsymbol{X^T\varepsilon}]\\ &= E[\boldsymbol{\beta}]+\boldsymbol{E}[(\boldsymbol{X^TX})^{-1}\boldsymbol{X^T\varepsilon}]\\ &= \boldsymbol{\beta}+(\boldsymbol{X^TX})^{-1}\boldsymbol{X^T}E[\boldsymbol{\varepsilon}]\end{aligned}$$

Karena $E[\boldsymbol{\varepsilon}] = 0$, maka

$E[\widehat{\boldsymbol{\beta}}] = \boldsymbol{\beta}$.

Jadi, $\widehat{\boldsymbol{\beta}}$ merupakan penduga tak bias.

3. Variasi Minimum

Penduga variansi minimum adalah penduga dengan variansi terkecil diantara semua penduga untuk koefisien yang sama. Jika β memiliki dua penduga yaitu $\widehat{\boldsymbol{\beta}}_{\boldsymbol{1}}$ dan $\widehat{\boldsymbol{\beta}}_{\boldsymbol{2}}$ dengan $Var(\widehat{\boldsymbol{\beta}}_{\boldsymbol{1}}) < Var(\widehat{\boldsymbol{\beta}}_{\boldsymbol{2}})$ maka $\widehat{\boldsymbol{\beta}}_{\boldsymbol{1}}$ merupakan penduga bervariansi minimum, $Var(\widehat{\boldsymbol{\beta}}_{\boldsymbol{1}})$ dapat dicari sebagai berikut:

$$\begin{aligned}Var(\widehat{\boldsymbol{\beta}}_{\boldsymbol{1}}) &= E[(\boldsymbol{\beta_1}-\boldsymbol{\beta})^2]\\ &= E[(\boldsymbol{\beta_1}-\boldsymbol{\beta})(\boldsymbol{\beta_1}-\boldsymbol{\beta})^{\boldsymbol{T}}]\end{aligned}$$

$$= E[\{(\boldsymbol{X^T X})^{-1}\boldsymbol{X^T \varepsilon}\}\{(\boldsymbol{X^T X})^{-\mathbf{1}}\boldsymbol{X^T \varepsilon}\}^{\boldsymbol{T}}]$$
$$= (\boldsymbol{X^T X})^{-1}\boldsymbol{X^T} E[\boldsymbol{\varepsilon\varepsilon'}]\boldsymbol{X}(\boldsymbol{X^T X})^{-1}$$
$$= (\boldsymbol{X^T X})^{-1}\boldsymbol{X^T}\boldsymbol{\sigma_3}^{\mathbf{2}}\boldsymbol{IX}(\boldsymbol{X^T X})^{-1}$$
$$= \boldsymbol{\sigma_3}^{\mathbf{2}}(\boldsymbol{X^T X})^{-1}\boldsymbol{X^T X}(\boldsymbol{X^T X})^{-1}$$
$$= \boldsymbol{\sigma_3}^{\mathbf{2}}(\boldsymbol{X^T X})^{-1}$$

Akan ditunjukkan bahwa $Var(\widehat{\boldsymbol{\beta}}_{\mathbf{1}}) \leq Var(\widehat{\boldsymbol{\beta}}_{\mathbf{2}})$

Misalkan $\widehat{\boldsymbol{\beta}}_{\mathbf{2}} = [(\boldsymbol{X^T X})^{-1}\boldsymbol{B}]\boldsymbol{Y}$

Dengan

$\widehat{\boldsymbol{\beta}}_{\mathbf{2}}$: penduga alternatif yang linear dan tak bias bagi β

$\boldsymbol{B}$: matriks konstanta yang diketahui

$$\widehat{\boldsymbol{\beta}}_{\mathbf{2}} = [(\boldsymbol{X^T X})^{-\mathbf{1}}\boldsymbol{B}]\boldsymbol{Y}$$
$$= [(\boldsymbol{X^T X})^{-\mathbf{1}}\boldsymbol{X^T} + \boldsymbol{B}](\boldsymbol{X\beta} + \boldsymbol{\varepsilon})$$
$$= (\boldsymbol{X^T X})^{-\mathbf{1}}\boldsymbol{X^T}(\boldsymbol{X\beta} + \boldsymbol{\varepsilon}) + \boldsymbol{B}(\boldsymbol{X\beta} + \boldsymbol{\varepsilon})$$
$$E[\widehat{\boldsymbol{\beta}}_2] = E[(\boldsymbol{X^T X})^{-\mathbf{1}}\boldsymbol{X^T}(\boldsymbol{X\beta} + \boldsymbol{\varepsilon}) + \boldsymbol{B}(\boldsymbol{X\beta} + \boldsymbol{\varepsilon})]$$
$$= E[(\boldsymbol{X^T X})^{-1}\boldsymbol{X^T X\beta} + (\boldsymbol{X^T X})^{-\mathbf{1}}\boldsymbol{X^T\varepsilon} + \boldsymbol{BX\beta} + \boldsymbol{B\varepsilon}] \qquad \text{karena } E[\varepsilon] = 0$$
$$= \boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{BXB}$$

Diasumsikan $\widehat{\boldsymbol{\beta}}_2$ ialah penduga tak bias untuk β maka $E[\widehat{\boldsymbol{\beta}}_2] = \boldsymbol{\beta}$ atau dapat disebut juga **BXB** ialah matriks **0**. Variansi dari penduga alternatif tersebut bisa didapatkan dengan:

$$Var(\widehat{\boldsymbol{\beta}}_2) = \boldsymbol{E}\left[(\widehat{\boldsymbol{\beta}}_{\mathbf{2}} - \boldsymbol{\beta})^{\mathbf{2}}\right]$$
$$= E\left[(\widehat{\boldsymbol{\beta}}_2 - \boldsymbol{\beta})(\widehat{\boldsymbol{\beta}}_2 - \boldsymbol{\beta})^T\right]$$
$$= E[\{[(\boldsymbol{X^T X})^{-\mathbf{1}}\boldsymbol{X^T} + \boldsymbol{B}]\boldsymbol{Y} - \boldsymbol{\beta}\}\{[(\boldsymbol{X^T X})^{-\mathbf{1}}\boldsymbol{X^T} + \boldsymbol{B}]\boldsymbol{Y} - \boldsymbol{\beta}\}^{\boldsymbol{T}}]$$
$$= E[\{[(\boldsymbol{X^T X})^{-\mathbf{1}}\boldsymbol{X^T} + \boldsymbol{B}](\boldsymbol{X\beta} + \boldsymbol{\varepsilon}) - \boldsymbol{\beta}\}\{[(\boldsymbol{X^T X})^{-\mathbf{1}}\boldsymbol{X^T} + \boldsymbol{B}](\boldsymbol{X\beta} + \boldsymbol{\varepsilon}) - \boldsymbol{\beta}\}^{\boldsymbol{T}}]$$
$$= E[\{(\boldsymbol{X^T X})^{-\mathbf{1}}\boldsymbol{X^T X\beta} + (\boldsymbol{X^T X})^{-\mathbf{1}}\boldsymbol{X^T\varepsilon} + \boldsymbol{BX\beta} + \boldsymbol{B\varepsilon} - \boldsymbol{\beta}\}]$$
$$\{(\boldsymbol{X^T X})^{-\mathbf{1}}\boldsymbol{X^T X\beta} + (\boldsymbol{X^T X})^{-\mathbf{1}}\boldsymbol{X^T\varepsilon} + \boldsymbol{BX\beta} + \boldsymbol{B\varepsilon} - \boldsymbol{\beta}\}^{\boldsymbol{T}}$$
$$= E[\{(\boldsymbol{X^T X})^{-\mathbf{1}}\boldsymbol{X^T\varepsilon} + \boldsymbol{B\varepsilon}\}\{(\boldsymbol{X^T X})^{-\mathbf{1}}\boldsymbol{X^T\varepsilon} + \boldsymbol{B\varepsilon}\}^{\boldsymbol{T}}] \qquad \text{karena } \mathbf{BX=0}$$

$$= E[\{(\boldsymbol{X^T X})^{-1}\boldsymbol{X^T \varepsilon} + \boldsymbol{B\varepsilon}\}\{\boldsymbol{\varepsilon^T}(\boldsymbol{X^T X})^{-1}\boldsymbol{X} + \boldsymbol{\varepsilon^T B^T}\}^{\boldsymbol{T}}]$$
$$= E[\{(\boldsymbol{X^T X})^{-1}\boldsymbol{X^T} + \boldsymbol{B}\}\ \boldsymbol{\varepsilon\varepsilon^T}\ \{(\boldsymbol{X^T X})^{-1}\boldsymbol{X} + \boldsymbol{B^T}\}]$$
$$= \{(\boldsymbol{X^T X})^{-1}\boldsymbol{X^T} + \boldsymbol{B}\}\ \boldsymbol{E}[\ \boldsymbol{\varepsilon\varepsilon^T}]\{(\boldsymbol{X^T X})^{-1}\boldsymbol{X} + \boldsymbol{B^T}\}$$
$$= \boldsymbol{\sigma_\varepsilon}^{\boldsymbol{2}}\boldsymbol{I}\left\{\{(\boldsymbol{X^T X})^{-1}\boldsymbol{X^T} + \boldsymbol{B}\}\{(\boldsymbol{X^T X})^{-1}\boldsymbol{X} + \boldsymbol{B^T}\}\right\}$$
$$= \boldsymbol{\sigma_\varepsilon}^{\boldsymbol{2}}\{(\boldsymbol{X^T X})^{-1}\boldsymbol{X^T X}(\boldsymbol{X^T X})^{-1} + \boldsymbol{BX}(\boldsymbol{X^T X})^{-1} + (\boldsymbol{X^T X})^{-1}\boldsymbol{X^T B^T} + \boldsymbol{BB^T}\} \qquad \text{karena } \mathbf{BX} = \mathbf{0}$$
$$= \boldsymbol{\sigma_\varepsilon}^{\boldsymbol{2}}\{(\boldsymbol{X^T X})^{-1} + \boldsymbol{BB^T}\}$$
$$Var\left(\widehat{\boldsymbol{\beta}}_2\right) = \quad \boldsymbol{\sigma_\varepsilon}^{\boldsymbol{2}}(\boldsymbol{X^T X})^{-1} + \boldsymbol{\sigma_\varepsilon}^{\boldsymbol{2}}\boldsymbol{BB^T}$$

Jadi, $Var\left(\widehat{\boldsymbol{\beta}}_1\right) \leq Var\left(\widehat{\boldsymbol{\beta}}_2\right)$ sehingga terbukti bahwa memiliki variansi minimum.

2.3 Asumsi Klasik

Model regresi yang diperoleh dari metode kuadrat terkecil ialah model regresi yang menghasilkan Best Linear Unbiased Estimator (BLUE). Jika sejumlah asumsi terpenuhi, maka kondisi BLUE ini bakal terjadi seperti beritkut:

1. Nilai rerata kesalahan *error* populasi ialah 0 atau $E(\varepsilon_i) = 0$ untuk $i =$ 1,2,…,n.
2. Distribusi *error* ialah $\varepsilon_i \sim N(0; \sigma^2)$ / kesalahan pengganggu mengikuti distribusi normal dengan rata-rata 0 & varians σ^2.
3. Non-Autokorelasi

   Non-autokorelasi ialah model tak terpengaruh oleh waktu yang berarti $Cov(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = 0, i \neq j$. Nilai variabel pada model regresi tidak memiliki hubungan antara residual pada periode t dengan residual pada periode sebelumnya (t-1).
4. Homoskedasitas

   Homoskedasitas berarti $Var(\varepsilon_i) = E(\varepsilon_j) = \sigma^2$.
5. Variabel bebas (X) ialah non-stokastik yang berarti tetap dari sampel ke sampel / tak berhubungan dengan kesalahan *error* ε_t.

2.4 Kesesuaian Model Regresi

Berdasarkan asumsi yang dipaparkan bahwa tidak ada kesalahan dalam memperinci model persamaan regresi atau dapat disebut model persamaan regresi telah terperinci dengan benar. Menurut Widarjono (2018), pengujian asumsi dilakukan dengan pengujian kesesuaian suatu model regresi, yaitu melakukan uji simultan (F), uji parsial (t).

2.4.1 Uji Simultan

Uji F / uji simultan ialah uji yang berfungsi guna melakukan pengujian signifikansi terhadap kepengaruhan beberapa variabel bebas (X) secara bersamaan terhadap variabel tidak bebas (Y) pada model regresi. Uji F bisa dilakukan melalui pembandingan nilai F hitung terhadap F tabel (Widarjono, 2018). Statistik uji yang dipakai pada pengujian simultan ialah uji F melalui rumus:

$$F = \frac{R^2/k}{(1-R^2)(n-k-1)} \tag{2.7}$$

dengan:
R^2 = koefisien determinasi
k = jumlah variabel bebas
n = jumlah sampel
Dengan hipotesis pengujian sebagai berikut:

Hipotesis:
H_0 : $\beta_1 = \beta_2 = \cdots = \beta_k = 0$ (variabel bebas secara bersamaan tak berpengaruh signifikan terhadap variabel tak bebas).
H_1 : Paling tidak terdapat satu variabel bebas secara bersamaan tak berpengaruh signifikan terhadap variabel tak bebas.
Tingkat signifikansi: $\alpha = 0,1$.
Aturan keputusan: Tolak H_0 jika nilai F-*statistic* > F_{tabel}.

2.4.2 Uji Parsial

Uji t atau uji parsial ialah uji yang berfungsi guna mencari tahu seberapa besar dampak koefisien bebas (X) secara parsial atau individu terhadap variabel tak bebas (Y) dalam suatu model regresi (Widarjono, 2018). Statistik uji yang digunakan pada pengujian variabel bebas (X) secara parsial adalah uji t dengan rumus:

$$t = \frac{\beta_k - 0}{S\beta_k} \tag{2.8}$$

dengan:
t = fungsi t dengan derajat kebebasan (df)
β_k = koefisien regresi masing-masing variabel
$S\beta_k$ = standar *error* masing-masing variabel

Dengan hipotesis pengujian sebagai berikut:
Hipotesis:
H_0 : $\beta_k = 0$ (Variabel bebas tak berpengaruh signifikan terhadap variabel tak bebas)
H_1 : $\beta_k \neq 0$ (Variabel bebas mempunyai pengaruh signifikan terhadap variabel tak bebas)
Tingkat signifikansi: $\alpha = 0{,}05$.
Aturan keputusan: Tolak H_0 jika nilai $p - value < \alpha$.

2.5 Model Dinamis

Model dinamis merupakan model yang mendeskripsikan bagaimana nilai dari masa lalu mempengaruhi variabel tak bebas (Y). Model dinamis memiliki keunikan yaitu membuat teori statis menjadi dinamis dengan memperhitungkan peranan waktu secara eksplisit. Dalam mempengaruhi variabel tak bebas (Y), variabel bebas (X) melibatkan peranan waktu (lag) (Supranto, 1995). Ada dua macam model regresi linear yang melibatkan peranan waktu, yaitu:

1. Model Lag Terdistribusi (*Distributed Lag Model*)

   Distributed lag model atau model lag terdistribusi adalah model dinamis sebab pengaruh perubahan satu unit dalam nilai variabel bebas (X) terdistribusi pada selama periode waktu (Gujarati, 2004). Model lag terdistribusi ada 2 jenis, yaitu:

   a. Model *Infinite Lag*

      Secara matematis, model *infinite lag* dapat ditulis sebagai berikut:

      $$Y_t=\alpha+\beta_0X_t+\beta_1X_{t\text{-}1}+\beta_2X_{t\text{-}2}+\ldots+\varepsilon_t \qquad (2.9)$$

      Pada model *infinite lag* rentang dari selang waktu atau panjang beda kala tidak diketahui.

   b. Model *Finite Lag*

      Secara matematis, model *finite lag* dapat ditulis sebagai berikut:

      $$Y_t = \alpha + \beta_0X_t + \beta_1X_{t-1} + \beta_2X_{t-2} + \cdots + \beta_kX_{t-k} + \varepsilon_t \qquad (2.10)$$

      Pada model *finite lag* rentang dari selang waktu atau panjang beda kala diketahui yaitu, sebanyak *k*.

2. Autoregresif (*Autoregressive*)

Autoregressive model atau model autoregresif adalah model regresi yang mengasumsikan bahwa variabel tak bebas (Y) terpengaruh dari variabel bebas (X) saat waktu t dan terpengaruh oleh variabel tak bebas (Y) itu sendiri saat waktu t-1 (Gujarati, 2004). Secara matematis, model autoregresif dapat ditulis sebagai berikut:

$$Y_t = \alpha + \beta_0X_t + \beta_1X_{t-1} + \cdots + \varepsilon_t$$

dengan:
Y_t = variabel tak bebas

α = konstanta

β = koefisien bebas

X_t = variabel bebas

ε_t = *error term*

t = periode atau waktu (t= 1,2,…,t)

2.6 Pendekatan Pada Model Lag Terdistribusi

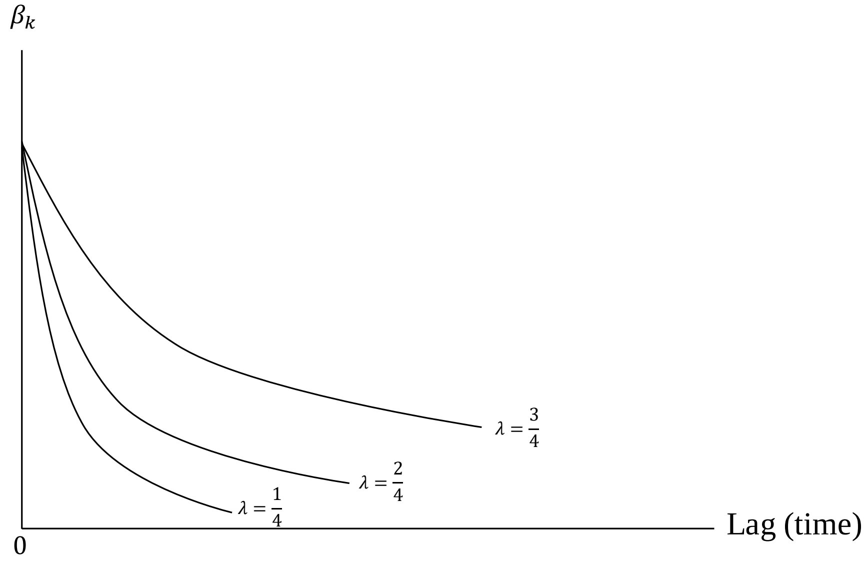
Dalam analisis ekonomi kuantitatif, model lag terdistribusi sangat vital peranannya. Metode Koyck & Almon bisa dipakai dalam memperkirakan model distribusi lag.

2.6.1 Pendekatan Metode Koyck Pada Model Lag Terdistribusi

Koyck sudah memberikan usulan jika metode yang dipakai untuk perkiraan model distribusi *lag*. Diasumsikan tanda yang sama dimiliki oleh seluruh koefisien β. Koefisien itu dianggap oleh Koyck menurun secara geometris melalui model *infinite lag*:

$$\beta_k = \beta_0 \lambda^k \text{ ; } k = 0, 1, 2, \ldots \tag{2.11}$$

Dengan $0 < \lambda < 1$, yang dikenal sebagai *rate of decline of decay* / rerata tingkat penurunan dari distribusi beda kala, & dengan $(1 - \lambda)$ kecepatan penyesuaian / *speed of adjustment*. Persamaan pada model *infinite* berarti jika nilai tiap koefisien $\beta_{k-1} < \beta_k$ karena $0 < \lambda < 1$. Secara geometris, bagan atau skema Koyck dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Skema Koyck

Dengan memandang nilai λ non negatif, Koyck menjadikan nilai λ tak pernah berubah tanda &m dengan asumsi $\lambda < 1$, koefisien regresinya akan semakin kecil.

Berdasarkan persamaan (2.11), maka persamaan (2.9) dapat ditulis menjadi seperti berikut:

$$Y_t = \alpha + \beta_0 X_t + \beta_1 \lambda X_{t-1} + \beta_2 \lambda^2 X_{t-2} + \cdots + \varepsilon_t \qquad (2.12)$$

Model itu masih susah untuk dipakai dalam praktik, utamanya dalam memperkirakan koefisien-koefisien yang sangat banyak dan juga parameter λ masuk ke dalam model dalam bentuk yang tak linier. Metode regresi linear dalam parameter tak bisa diaplikasikan untuk model tersebut.

Akhirnya, Koyck menemukan pemecahan masalah ini dan disebut dengan transformasi Koyck melalui tahapan berikut:

1. Buat $lag - 1$ untuk persamaan (2.12)

$$Y_{t-1} = \alpha + \beta_0 X_{t-1} + \beta_1 \lambda X_{t-2} + \beta_2 \lambda^2 X_{t-3} + \cdots + \varepsilon_{t-1} \qquad (2.13)$$

2. Lalu, kalikan persamaan (2.13) dengan λ sehingga menjadi:

$$\lambda Y_{t-1} = \lambda\alpha + \lambda\beta_0 X_{t-1} + \beta_1 \lambda^2 X_{t-2} + \beta_2 \lambda^3 X_{t-3} + \cdots + \lambda\varepsilon_{t-1} \qquad (2.14)$$

3. Kurangi persamaan (2.14) dengan persamaan (2.13).

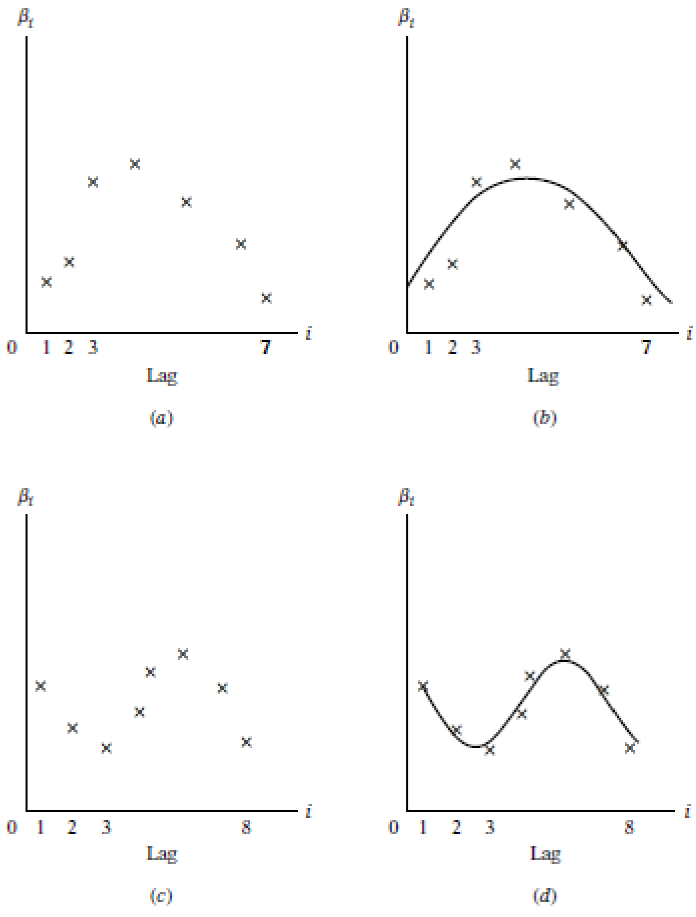
$$Y_t - \lambda Y_{t-1} = (\lambda - 1)\alpha + \beta_0 X_t + (\varepsilon_t - \lambda\varepsilon_{t-1}) \tag{2.15}$$

4. Selanjutnya, modelnya menjadi:

$$Y_t = (\lambda - 1)\alpha + \beta_0 X_t + \lambda X_{t-1} + (\varepsilon_t - \lambda\varepsilon_{t-1}) \tag{2.16}$$

2.6.2 Pendekatan Metode Almon Pada Model Lag Terdistribusi

Guna menetapkan perkiraan model dinamis terdistribusi lag yang panjang lag (waktu) diketahui, maka Metode Almon akan dipakai. Almon merupakan alternatif pada model regresi lag yang menghindari masalah permasalahan estimasi *ordinary least square* yang berkaitan dengan model autoregresif. Metode Almon memberi metode yang lebih fleksibel yaitu koefisien β bisa turun & naik (Gujarati, 1978).



Gambar 2.2 Skema *Lag*-Polinomial Almon

Pada gambar 2.2.a membuat asumsi bahwa β meningkat pada awalnya dan kemudian menurun. Pada gambar 2.2.c β dianggap mengikuti pola silikal (bergelombang). Dari Gambar 2.2.a dan 2.2.c, dapat disimpulkan bahwa β_1 adalah fungsi dari I, panjang lag (waktu), dan cocok dengan kurva yang sesuai untuk mencerminkan sifat hubungan fungsional (hubungan) antara keduanya seperti yang terlihat pada Gambar 2.2.b dan 2.2.d.

Model yang dipakai dalam Metode Almon ialah model *finite lag* (2.10) sebagai berikut:

$$Y_t = \alpha + \beta_0 X_t + \beta_1 X_{t-1} + \beta_2 X_{t-2} + \cdots + \beta_k X_{t-k} + \varepsilon_t$$

Atau

$$Y_t = \alpha + \sum_{i=0}^{k} \beta_i X_{t-i} + \varepsilon_t \qquad (2.17)$$

Berdasarkan *Weir-Strass's Theorem*, Almon mengasumsikan jika β_i bisa didekati melalui suatu polinomial dalam i yang mempunyai derajat, dengan i ialah panjangnya beda kala (*lag*). Polinomial itu apat berderajat 0, 1, 2, … dst. Contohnya, apabila β mengikuti polinomial derajat kedua model bisa dituliskan dengan:

$$\beta_i = a_0 + a_1 i + a_2 i^2 \qquad (2.18)$$

Atau jika β mengikuti polinomial derajat ketiga model bisa dituliskan dengan:

$$\beta_i = a_0 + a_1 i + a_2 i^2 + a_3 i^3 \qquad (2.19)$$

Secara umum, polinomial β dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\beta_i = a_0 + a_1 i + a_2 i^2 + \cdots + a_m i^m \qquad (2.20)$$

Persamaan (2.20) ialah sebuah polinomial derajat ke-m dari i, yang diansumsi dengan jika m (derajat dari polinomial) lebih kecil dari k (besar maksimum dari *lag*). Misal, jika β mengikuti polinomial derajat kedua, maka melalui mensubstitusikan persamaan (2.18) ke persamaan (2.17), didapatkan persamaan:

$$Y_t = \alpha + \sum_{i=0}^{k}(a_0 + a_1 i + a_2 i^2)X_{t-i} + \varepsilon_t \tag{2.21}$$
$$= \alpha + a_0 \sum_{i=0}^{k} X_{t-i} + a_1 \sum_{i=0}^{k} iX_{t-1} + a_2 \sum_{i=0}^{k} i^2 X_{t-1} + \varepsilon_t$$

dengan,

$$Z_{0t} = \sum_{i=0}^{k} X_{t-i}$$
$$Z_{1t} = \sum_{i=0}^{k} iX_{t-i} \tag{2.22}$$
$$Z_{2t} = \sum_{i=0}^{k} i^2 X_{t-i}$$

diperoleh,

$$Y_t = \alpha + a_0 Z_{0t} + a_1 Z_{1t} + a_2 Z_{2t} + \varepsilon_t \tag{2.23}$$

Persamaan (2.23) bisa dikirakan koefisiennya melalui metode kuadrat terkecil. Bila dituliskan ke persamaan regresi dugaan, ditulis seperti persamaan berikut.

$$\widehat{Y_t} = \hat{\alpha} + \hat{a}_0 Z_{0t} + \hat{a}_1 Z_{1t} + \hat{a}_2 Z_{2t} \tag{2.24}$$

Penduga $\hat{\alpha}$ dan $\hat{\alpha}_i$ yang didapatkan bakal memiliki karakteristik yang dimau asalkan *error* $\varepsilon_i$memenuhi asumsi dari model linier yang klasik.

Dari persamaan (2.23), koefisien $\hat{\beta}_i$ bia dihitung berdasarkan persamaan (2.18) sebagai berikut:

$$\hat{\beta}_0 = \hat{a}_0$$
$$\hat{\beta}_1 = \hat{a}_0 + \hat{a}_1 + \hat{a}_2$$
$$\hat{\beta}_2 = \hat{a}_0 + 2\hat{a}_1 + 4\hat{a}_2$$
$$\hat{\beta}_3 = \hat{a}_0 + 3\hat{a}_1 + 9\hat{a}_2$$
$$\vdots$$
$$\hat{\beta}_k = \hat{a}_0 + k\hat{a}_1 + k^2\hat{a}_2 \tag{2.25}$$

2.7 Pemodelan Terbaik

Menentukan model terbaik dari model transformasi Koyck dan model transformasi Almon dapat menggunakan dua uji MAPE dan uji MASE, sebagai berikut:

1. MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*).

   MAPE ialah barometer determinasi relatif yang dipakai guna mencari tahu persentase penyimpangan temuan pendugaan, dengan persamaan: (Sungkawa & Megasari, 2011):

$$MAPE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|\left(\frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t}\right) \times 100\%\right|$$

   dengan,

   Y_t = nilai hasil aktual

   $\hat{Y}_t$.= nilai hasil peramalan

   n = jumlah data

   Menurut Lewis (1982) nilai MAPE bisa ditafsirkan dengan <10% = sangat akurat, 10-20% = baik, 20-50% = wajar dan >50%=buruk.

2. MASE (*Mean Absolute Scaled Error*)

   Ukuran ketepatan yang digunakan untuk mengurangi kerugian dalam penganalisisan, dengan persamaan sebagai berikut (Hyndman & Koehler, 2006):

$$MASE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|\frac{Y_t - \hat{Y}_t}{\frac{1}{n-1}\sum_{i=2}^{n}|Y_t - Y_{t-1}|}\right|$$

dengan,

Y_t = nilai hasil aktual

$\hat{Y}_t$.= nilai hasil peramalan

n = jumlah data

Menurut Hyndman & Koehler (2006), nilai MASE< 1pendugaanya lebih akurat.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Studi ini dilaksanakan pada semester ganjil tahun ajaran 2022/2023 berlokasi di Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

3.2 Data Penelitian

Data data sekunder ialah data yang dipakai & diperoleh dari laman resmi Bank Indonesia yakni *https://www.bi.go.id/id/statistik/informasi-kurs/transaksi-bi/default.*aspx dan dari rekam PT. Shinwon Indonesia. Penelitian ini menggunakan data deret waktu yaitu data laju pertumbuhan nilai ekspor PT. Shinwon Indonesia ke mancanegara sebagai variabel tak bebas (Y) dan laju pertumbuhan nilai kurs rupiah terhadap US dolar sebagai variabel bebas (X).

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan melalui kajian secara komputasi. Adapun tahapan yang dilakukan dalam menentukan model lag terdistribusi menggunakan *software* RStudio melalui tahapan:

1. Melakukan uji statistik deskriptif guna mengetahui gambaran umum tentang data penelitian.
2. Menentukan model lag terdistribusi dengan menggunakan transformasi Koyck, sebagai berikut:

a. Mencari persamaan dugaan transformasi Koyck, melalui penggunaan regresi linier dinamis dengan mengasumsikan data normal dan apabila dituliskan dalam transformasi Koyck menjadi :
$\widehat{Y_t} = (1-\lambda)\alpha + \beta_0 X_t + \lambda X_{t-1} + (\varepsilon_t - \lambda\varepsilon_{t-1})$.
b. Pengujian asumsi klasik pada model transformasi Koyck yaitu, uji normalitas dengan uji *Jarque-Berra* (JB), uji non-autokorelasi dengan uji *Breusch-Godfrey*, uji homoskedasitas dengan uji *Breusch-Pagan*.
c. Melakukan uji kesesuaian model berdasarkan transformasi Koyck, secara simultan dan parsial menggunakan statistik uji F dan statistic uji t.
d. Menentukan model dinamis terdisribusi-*lag* Koyck.

3. Menentukan model lag terdistribusi dengan menggunakan transformasi Almon, sebagai berikut:
a. Menentukan panjang lag maksimum (k), derajat polynomial (m) dan nilai Z_{mt}.
b. Menentukan persamaan dugaan transformasi Almon, dengan menggunakan regresi linear, sehingga memperoleh persamaan regresi linear dinamis.
c. Pengujian asumsi klasik pada model transformasi Almon yaitu, uji normalitas dengan uji *Jarque Berra* (JB), uji non-autokorelasi dengan uji *Breusch-Godfrey*, uji homoskedasitas dengan uji *Breusch-Pagan.*
d. Melakukan uji kesesuaian model berdasarkan transformasi Almon, secara simultan dan parsial menggunakan statistik uji F dan statistik uji t.
e. Menentukan model dinamis terdisribusi-*lag* Almon.

4. Menentukan model lag terdistribusi terbaik dengan memilih nilai MAPE (*Mean Absolute Percentage Error* dan MASE (*Mean Absolute Scaled Error*) yang paling rendah di antara model transformasi Koyck dan model transformasi Almon, maka model tersebut model yang lebih baik.
5. Interpretasi model.

V. KESIMPULAN

Berdasar pada hasil analisis *distributed* lag terhadap data bulanan nilai kurs rupiah dan data nilai ekspor PT Shinwon Indonesia dengan memakai metode Koyck & Almon, dapat disimpulkan bahwa:

1. Model dinamis *distributed* lag data bulanan nilai kurs rupiah dan data nilai ekspor PT Shinwon Indonesia dengan memakai metode Koyck & Almon ialah:

   a. Model dinamis *distributed* lag transformasi koyck:

   $$\widehat{Y_t} = 1.9290 - 1.226X_t - 0.2861X_{t-1} - 0.0673X_{t-2} \\ -0.0157X_{t-3} - 0.0038X_{t-4} + \cdots \qquad (5.1)$$

   b. Model dinamis *distributed* lag transformasi Almon

   $$\widehat{Y_t} = 14667711.7 \ - 574.7Z_t - 569.1Z_{t-1} \\ +436.3Z_{t-2} + 5038{,}1Z_{t-3}+e \qquad (5.2)$$

2. Berdasarkan nilai MAPE dan nilai MASE terendah didapat metode Almon dengan intepretasi nilai MAPE yang $\leq 50\%$ dengan kategori cukup baik sedangkan metode Koyck dengan intepretasi nilai mape yang $> 50\%$ dengan kategori buruk. Intepretasi nilai MASE kedua model < 1 dengan kategori baik, tetapi nilai MASE model transformasi Almon lebih kecil dari nilai MASE model transformasi Koyck. Dinilai dari kriteria pemilihan model terbaik bisa ditetapkan jika metode Almon yang terbaik.

DAFTAR PUSTAKA

Das, P. 2019. *Econometrics in Theory and Patrice*. Springer. India.

Gujarati, D. 1978. *Ekonometri Dasar*. Erlangga. Jakarta.

Gujarati, D., N. 2004. *Basic Econometrics*. 4th Edition. McGraw-Hill Co. Singapore.

Hyndman, R. J., & Koehler, A. B. 2006. Another Look Measures of forecast Accuracy. *International Journal of Forecasting* . **22**: 679-688.

Lihawa, S. H., Resmawan, Isa, D. R., & Nashar, L. O. 2022. Distributed Lag Model Pengaruh Jumlah Uang Beredar Terhadap Nilai Tukar Rupiah Menggunakan Metode Koyck dan Almon. *Jambura Journal Of Probability and Statistics*. **3**(1).

Pratami, F. R., Sudarmo, & Ispriyanti, D. 2016. Peramalan Dinamis Produksi Padi Di Jawa Tengah Menggunakan Metode Koyck Dan Almon. *Jurnal Gaussian*. **5**(1): 91-97.

Sarwoko. 2005. *Dasar-Dasar Ekonometrika*. Andi. Yogyakarta.

Sungkawa, I., & Megasari, R., T. 2011. Penerapan Ukuran Ketetapan Nilai Peramalan Data Deret Waktu Dalam Seleksi Model Peramalan Volume Penjualan PT Satria Mandiri Citra Mulia. *COMTECH*. **2**(2): 636-645.

Sumodiningrat, G. 1995. *Ekonometrika*. Edisi ke-1. BPFE-Yogyakarta. Yogyakarta.war.

Supranto. 1995. *Ekonometrik Buku Dua*. Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia. Jakarta.

Supranto. 2009. *Statistik Teori & Aplikasi*. Edisi ke-8. Erlangga. Jakarta.

Widarjono, A. 2018. *Ekonometrika Pengantar dan Aplikasinya Disertai Panduan Eviews*. Edisi ke-5. UPP STIM YKPN. Yogyakarta.