

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

MODEL FUZZY LINEAR REGRESSION MENGGUNAKAN TRIANGULAR FUZZY NUMBER SIMETRIS BERDASARKAN ATURAN STURGES

(Studi Kasus: Prediksi Pasokan Energi Primer di Indonesia)

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains Pada
Program Studi Matematika

oleh:

FAJRI ZIKRI
11654101541



UIN SUSKA RIAU

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
PEKANBARU
2020

LEMBAR PERSETUJUAN

MODEL FUZZY LINEAR REGRESSION MENGGUNAKAN TRIAGULAR FUZZY NUMBER SIMETRIS BERDASARKAN ATURAN STURGES

(Studi Kasus: Prediksi Pasokan Energi Primer di Indonesia)

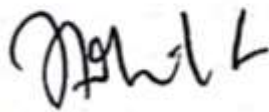
TUGAS AKHIR

Oleh:

FAJRI ZIKRI
11654101541

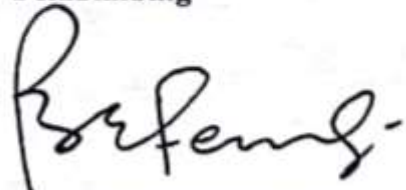
Telah diperiksa dan disetujui sebagai Laporan Tugas Akhir
di Pekanbaru, pada tanggal 28 Juli 2020

Ketua Program Studi



Ari Pani Desvina, M.Sc.
NIP. 19811225 200604 2 003

Pembimbing



Dr. Riswan Efendi, M.Sc.
NIP. 19781025 200604 1 001

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PENGESAHAN

MODEL FUZZY LINEAR REGRESSION MENGGUNAKAN TRIANGULAR FUZZY NUMBER SIMETRIS BERDASARKAN ATURAN STURGES

(Studi Kasus: Prediksi Pasokan Energi Primer di Indonesia)

TUGAS AKHIR

Oleh:

FAJRI ZIKRI
11654101541

Telah dipertahankan di depan sidang dewan penguji
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
di Pekanbaru, pada tanggal 28 Juli 2020


Pekanbaru, 28 Juli 2020
Mengesahkan,

Dekan



Dr. Drs. Ahmad Darmawi, M.Ag.
NIP. 19660604 199203 1 004

Ketua Program Studi



Ari Pani Desvina, M.Sc.
NIP. 19811225 200604 2 003

DEWAN PENGUJI

Ketua : Corry Corazon Marzuki, M.Si.

Sekretaris : Dr. Riswan Efendi, M.Sc.

Anggota I : Dr. Rado Yendra, M.Sc.

Anggota II : Ari pani Desvina, M.Sc.



- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

Tugas akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau adalah terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta pada penulis. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebut sumbernya.

Penggandaan atau penerbitan sebagian atau seluruh tugas akhir ini harus memperoleh izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan yang meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman dan tanggal pinjam.

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan di dalam daftar pustaka.

Pekanbaru, 28 Juli 2020

Yang membuat pernyataan,

FAJRI ZIKRI
11654101541

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbil'alamiin.

Tiada tempat yang pantas mengadu kecuali pada-Mu.

Tiada tempat yang layak untuk meminta kecuali pada-Mu.

Kini kubersyukur ya Allah atas kelulusan yang kau berikan padaku.

Untuk Rasulullah Shallallahu 'alaihi wasallam terima kasih atas tauladan mu.

Ku persembahkan sebuah karya kecil ini untuk Ayahanda dan Ibundaku tercinta, yang tiada hentinya memberiku semangat, doa, nasehat dan kasih sayang sehingga aku selalu kuat menjalani setiap rintangan yang ada.

Apa yang ananda dapatkan saat ini tidak akan mampu membayar semua ketulusan, kebaikan, keringat dan juga air mata ayahanda dan ibunda. Terimalah karya ini sebagai tanda keseriusanku untuk membalas semua pengorbananmu dan sebagai wujud rasa terimakasih atas pengorbanan dan jerih payah ayahanda dan ibunda hingga saat ini.

Ya Allah terimakasih telah menempatkan aku diantara kedua malaikatmu yang selalu menjagaku dan mendidikku dengan baik, berikanlah balasan syurga firdaus untuk mereka dan jauhkanlah mereka dari panasnya api nerakamu...

Untukmu Papaku (John Oktavianus) dan Mamaku (Yetty Susanti).

Kepada saudara-saudaraku bang Yusuf, bang Irvan, bang Pipul, kak Lira, dan Rajif. Terimakasih telah member dukungan dan senantiasa menjadi saidara yang baik dan tolong menolong kepada sesamanya. Tetap saling menjaga dan menyayangi. Semoga kita semua bisa membanggakan sebagai upaya untuk membalas jasa-jasa papa dan mama. Semoga Allah jadikan kita keluarga yang harmonis serta dijauhkan dari perpecahan dan dari marabahaya yang tidak diinginkan. Semoga selalu sehat dan selalu dalam lindungan Allah SWT.

Aamiin.

Terimakasih untuk semua pihak yang telah memberikan dukungan, nasehat dan arahan kepada penulis, penulis mohon maaf tidak dapat menyebutkan satu persatu. Sekali lagi terimakasih semoga kita semua selalu diridhoi oleh Allah SWT dan selalu diberi kemudahan dalam meraih apa yang kita inginkan.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

MODEL *FUZZY LINEAR REGRESSION* MENGGUNAKAN *TRIANGULAR FUZZY NUMBER* SIMETRIS BERDASARKAN ATURAN STURGES

(Studi Kasus: Prediksi Pasokan Energi Primer di Indonesia)

FAJRI ZIKRI
11654101541

Tanggal Sidang : 28 Juli 2020
Tanggal Wisuda :

Program Studi Matematika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. HR. Soebrantas No. 155 Pekanbaru

ABSTRAK

Salah satu model peramalan kuantitatif yang sering digunakan dalam berbagai bidang kajian yaitu regresi linier. Namun model tersebut memiliki keterbatasan pada data non numerik atau linguistik sehingga kurang sesuai untuk diaplikasikan. Oleh karena itu, para peneliti mengembangkan model regresi dengan teori *fuzzy* untuk mengatasi data dalam bentuk linguistik. Pada penelitian ini diimplementasikan *triangular fuzzy number* (TFN) simetris berdasarkan aturan Sturges sebagai input data dalam membentuk model *fuzzy linear regression* (FLR). Kemudian dilakukan implementasi model pada data pasokan energi primer di Indonesia tahun 2000-2018. Selanjutnya dilakukan evaluasi dengan model regresi linier berganda (RLB) konvensional, diperoleh nilai MAPE untuk model RLB sebesar 7,45% dan untuk model FLR sebesar 5,51%. Karena nilai MAPE model FLR lebih kecil, maka secara keseluruhan dari hasil yang diperoleh model FLR TFN simetris lebih baik dibandingkan model regresi linier berganda (RLB) konvensional pada periode tersebut. Keuntungan dari model peramalan ini yaitu diperoleh batas atas peramalan dan batas bawah peramalan sehingga dapat digunakan dalam pengambilan keputusan terbaik ataupun terburuk.

Kata kunci: Aturan Sturges, *fuzzy linear regression*, regresi linier, TFN simetris.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

FUZZY LINEAR REGRESSION MODEL USING SYMMETRICAL TRIANGULAR FUZZY NUMBER BASED ON STURGES RULE

(Case Study: Primary Energy Supply Prediction in Indonesia)

FAJRI ZIKRI
11654101541

Date of Final Exam : 28th July 2020

Date of Graduation :

*Mathematics Department
Faculty of Science and Technology
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
HR. Soebrantas Street No. 155 Pekanbaru*

ABSTRACT

Linear regression is one of the quantitative forecasting models that frequently used in various fields of study. However, the model has limitations on non-numerical or linguistic data so it is not suitable to be applied. Therefore, the researchers developed a regression model with fuzzy theory to resolve linguistics data. In this study a symmetrical triangular fuzzy number (TFN) was implemented based on the Sturges rule as data input to build a fuzzy linear regression (FLR) model. It is then implementation on primary energy supply data in Indonesia in 2000-2018. Then evaluated to the conventional multiple linear regression model, the MAPE value of the RLB model is 7.45% and for the FLR model is 5.51%. Because the MAPE value of the FLR model is smaller, overall the results obtained from the FLR symmetrical TFN model are better than the conventional multiple linear regression model on that period. The advantage of this forecasting model is that the upper limit of forecasting and the lower limit of forecasting can be obtained so that it can be used in making the best or worst decisions.

Keywords: *Fuzzy linear regression, linear regression, Sturges rule, symmetrical TFN.*

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillahirabbil'alamiin. Puji syukur kepada Allah SWT karena atas rahmat, nikmat, kesempatan kesehatan serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Shalawat beserta salam juga selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, semoga kita semua mendapat syafaat-nya. Penulisan tugas akhir ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar sarjana sains pada program studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

Dalam penyelesaian tugas akhir ini penulis banyak sekali mendapatkan bimbingan, bantuan, arahan, dan masukan dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan terima kasih khususnya kepada kedua orang tua tercinta Ayahanda Iptu John Oktavianus dan Ibunda Yetty Susanti yang selalu mendo'akan dan melimpahkan kasih sayang, pengertian, pelajaran hidup, juga materi yang mungkin tak bisa terbalaskan kepada penulis. Selain itu, dengan kerendahan hati, penulis juga ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. K.H. Akhmad Mujahidin, M.A., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
2. Bapak Dr. Drs. H. Mas'ud Zein, M.Pd., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
3. Ibu Ari Pani Desvina, M.Sc., selaku Ketua Program Studi Matematika.
4. Ibu Fitri Aryani, M.Sc., selaku Sekretaris Program Studi Matematika.
5. Bapak Nilwan Andiraja, S.Pd, M.Sc., selaku Pembimbing Akademik yang telah memberi arahan serta nasehat kepada penulis dari awal perkuliahan.
6. Bapak Dr. Riswan Efendi, M.Sc., selaku Pembimbing Tugas Akhir yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, arahan, dan ilmu kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Bapak Dr. Rado Yendra, M.Sc., dan Ibu Ari Pani Desvina, M.Sc., selaku Penguji yang telah sudi kiranya memberikan kritikan serta saran sehingga penulisan Tugas akhir ini dapat diselesaikan oleh penulis.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Bapak dan Ibu dosen di lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi khususnya di Program Studi Matematika.

Seluruh keluarga besar tercinta, yang telah memberikan motivasi, dukungan, do'a dan materi yang tak henti-hentinya serta kasih sayang yang tulus kepada penulis.

10. Teman-teman penulis CovidBacot (Ishaq, dan Uci) yang telah berjuang bersama dalam proses mewujudkan mimpi dan memberi semangat kepada penulis.
11. Teman-teman dan sahabat penulis (BMT'16, Aqilah, Esty, Ewi, Ela, Tuti, Yuni, Irma Fetria, Nysa, Falma, Endriko) yang telah memberi masukan, dukungan, serta semangat kepada penulis hingga saat ini.
12. Rekan TA (Almun, Hengki, Rian) yang telah berjuang bersama dari awal penulisan Tugas Akhir ini hingga selesai.
13. Teman-teman seperjuangan khususnya angkatan 2016 serta kakak-kakak dan adik-adik di Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi yang telah banyak memberikan masukan serta dukungan kepada penulis.
14. Semua pihak yang telah memberi bantuan, dukungan, motivasi, dan pelajaran hidup dari awal penyusunan tugas akhir hingga selesai, yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini belum sempurna, dan masih terdapat kesalahan dan kekurangan. Namun, penulis sudah berusaha untuk mencapai hasil yang maksimal. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak demi kesempurnaan tugas akhir ini. Akhir kata penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua. *Aamiin ya Rabbal'alamiin.*

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Pekanbaru, 28 Juli 2020

Fajri Zikri

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL.....	iv
LEMBAR PERNYATAAN	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR SINGKATAN.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	I-1
1.2 Rumusan Masalah.....	I-3
1.3 Tujuan Penelitian.....	I-3
1.4 Batasan Masalah.....	I-3
1.5 Manfaat Penelitian.....	I-4
1.6 Sistematika Penulisan.....	I-4
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1 Model Regresi.....	II-1
2.2 Definisi <i>Triangular Fuzzy Number</i> Simetris.....	II-3
2.3 Model <i>Fuzzy Linear Regression</i>	II-5
2.4 Penelitian Terkait.....	II-7

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Tahap Persiapan Data	III-1
3.2	Pemodelan PE Menggunakan Model Regresi	III-1
3.3	Pemodelan PE Menggunakan Model FLR.....	III-3

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1	Deskriptif Pasokan Energi Primer	IV-1
4.2	Pemodelan PE Menggunakan Regresi Linier Berganda (RLB)	IV-3
4.3	Pembentukan TFN Simetris Berdasarkan Aturan Sturges..	IV-6
4.4	Pembentukan Model FLR Menggunakan TFN Simetris	IV-9
4.5	Impelemntasi Model FLR Pada Pasokan Energi Primer	IV-11
4.6	Evaluasi Model RLB dan Model FLR TFN Simetris	IV-27

BAB V PENUTUP

5.1	Kesimpulan.....	V-1
5.2	Saran	V-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Bentuk <i>Triangular Fuzzy Number</i> Simetris.....	II-4
3.1 <i>Flowchart</i> Pemodelan Regresi Linier dan FLR.....	III-4
4.1 Plot Data Tiap Variabel.....	IV-1
4.2 Plot Data <i>Training</i> RLB.....	IV-4
4.3 Plot Data <i>Testing</i> RLB.....	IV-5
4.4 Plot Interval RLB Terhadap Data Aktual.....	IV-6
4.5 Plot Data Aktual <i>Single Point</i>	IV-15
4.6 Plot Transformasi Data ke Bentuk TFN Simetris.....	IV-16
4.7 Plot Batas Atas dan Batas Bawah FLR <i>Left</i>	IV-23
4.8 Plot Batas Atas dan Batas Bawah FLR <i>Right</i>	IV-24
4.9 Plot Interval Data <i>Training</i> FLR.....	IV-26
4.10 Plot Interval Data <i>Testing</i> FLR.....	IV-27
4.11 Plot Perbandingan Interval FLR dan RLB Terhadap Data Aktual.....	IV-28

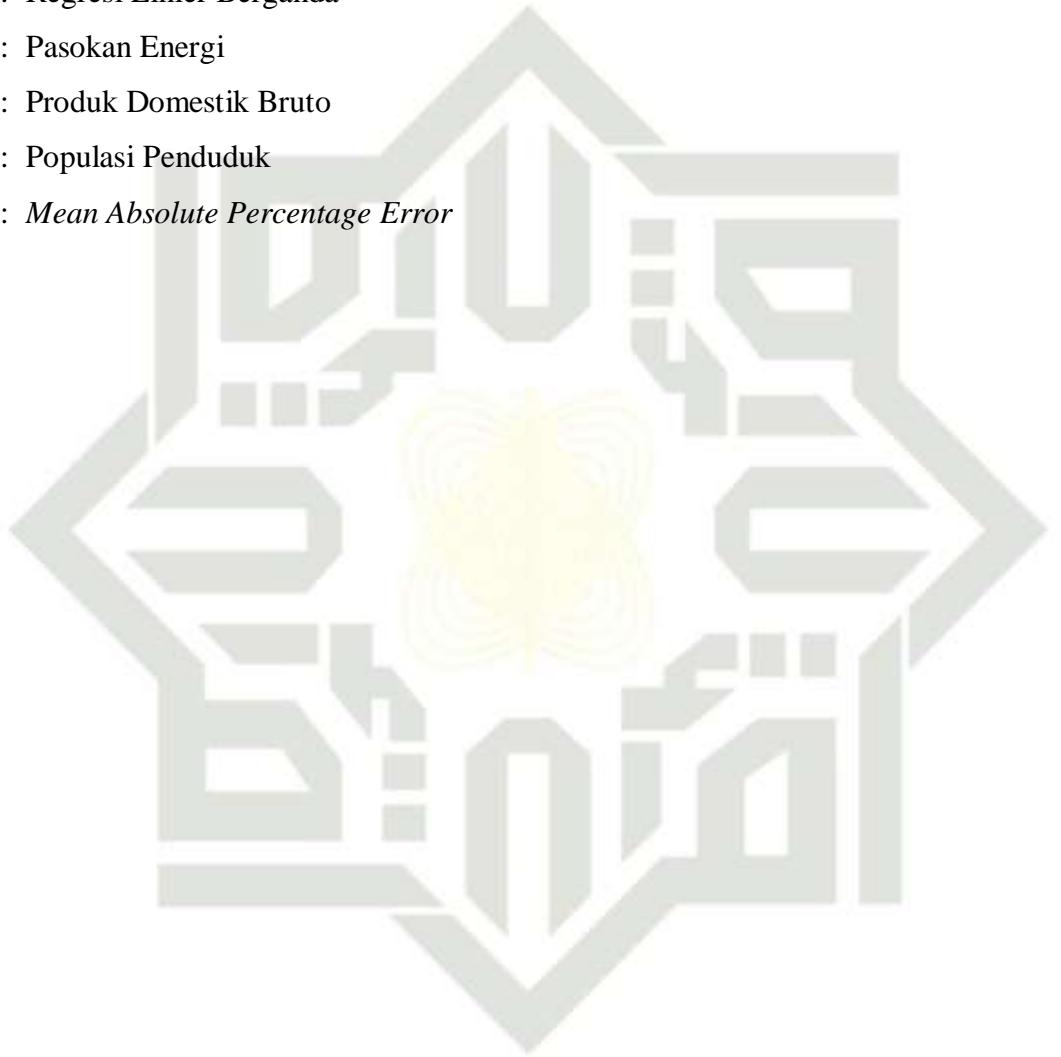
DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Penelitian-Penelitian Terkait	II-7
4.1 Statistika Deskriptif Setiap Variabel.....	IV-1
4.2 Interpretasi <i>Output</i> Asumsi Klasik	IV-3
4.3 Interpretasi <i>Output</i> Uji Hipotesis.....	IV-3
4.4 Hasil Peramalan Data <i>Training</i> RLB.....	IV-4
4.5 Hasil Peramalan Data <i>Testing</i> RLB	IV-5
4.6 Hasil Peramalan Interval RLB 95%	IV-5
4.7 Pembentukan Batas Atas dan Batas Bawah Kelas	IV-7
4.8 Bentuk Data <i>Single Point</i>	IV-8
4.9 Transformasi Data Ke Dalam Bentuk TFN Simetris.....	IV-8
4.10 Batas Atas dan Batas Bawah Kelas Untuk Pasokan Energi.....	IV-13
4.11 Batas Atas dan Batas Bawah Kelas Untuk PDB	IV-13
4.12 Batas Atas dan Batas Bawah Kelas Untuk Populasi Penduduk	IV-13
4.13 Transformasi Data Pasokan Energi Menggunakan TFN	IV-14
4.14 Transformasi Data PDB Menggunakan TFN.....	IV-14
4.15 Transformasi Data Populasi Penduduk Menggunakan TFN.....	IV-14
4.16 Solusi Pemograman Linier untuk Parameter Masing-masing h	IV-18
4.17 Nilai Fungsi Objektif Untuk Setiap Nilai h	IV-19
4.18 Model FLR <i>Left</i>	IV-20
4.19 Model FLR <i>Right</i>	IV-20
4.20 Batas-batas Peramalan Model FLR <i>Left</i>	IV-20
4.21 Batas-batas Peramalan Model FLR <i>Right</i>	IV-21
4.22 MAPE Data <i>Training</i>	IV-24
4.23 Model Terbaik FLR TFN Simetris	IV-25
4.24 Hasil Peramalan Data <i>Training</i> FLR TFN Simetris	IV-26
4.25 Hasil Peramalan Data <i>Testing</i> FLR TFN Simetris	IV-27
4.26 Perbandingan MAPE dan Nilai <i>Width</i> Model RLB dan FLR	IV-28
4.27 Perbedaan Model RLB dengan Model FLR TFN Simetris.....	IV-29



DAFTAR SINGKATAN

FLR	: <i>Fuzzy Linear Regression</i>
TFN	: <i>Triangular Fuzzy Number</i>
RLB	: Regresi Linier Berganda
PE	: Pasokan Energi
PDB	: Produk Domestik Bruto
PP	: Populasi Penduduk
MAPE	: <i>Mean Absolute Percentage Error</i>



UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran		Halaman
A.	Data Tahunan Pasokan Energi Primer (Minyak Mentah), Produk Domestik Bruto, dan Populasi Penduduk Periode Tahun 2000 Sampai Dengan 2018	A-1
B.	Transformasi Data Aktual ke Dalam Bentuk TFN Simetris Aturan Sturges	B-1
C.	<i>Output software</i> SPSS Pengolahan Estimasi Parameter Model Regresi Linier	C-1
D.	<i>Input dan Output Linear Programming</i> Menggunakan Lingo	D-1

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB I PENDAHULUAN

Pada BAB I ini, sebab-sebab pemilihan model *fuzzy linear regression* (FLR), dan keterbatasan yang dijumpai pada kajian terdahulu secara detail dibahas pada bagian latar belakang, selanjutnya diikuti dengan rumusan masalah, tujuan, manfaat, serta sistematika penulisan tugas akhir.

1.1 Latar Belakang

Model regresi merupakan sebuah pendekatan statistika yang sering digunakan pada berbagai bidang kajian yang mengaplikasikan data dengan input data *single point* (titik tunggal) (Kurniawan, 2008). Seperti pada penelitian Wahyuni dkk., (2019) dan Rosita dkk., (2019). Jika diamati, semua faktor pada penelitian tersebut merupakan data numerik, sehingga model regresi sangat sesuai diimplementasikan. Namun model regresi memiliki keterbatasan seperti kurang cocok diaplikasikan pada data set yang terlalu kecil (sedikit), dan asumsi regresi klasik harus terpenuhi seluruhnya (Purwareta dkk., 2012). Selain itu, tidak semua faktor atau variabel tersedia dalam bentuk *single point*, sebagian data tersedia dalam bentuk linguistik, akibatnya model regresi biasa kurang sesuai untuk diaplikasikan pada data linguistik tersebut.

Pada tahun 1982 Tanaka mengusulkan model peramalan bobot baru dimana model regresi linier berganda diterapkan pada teori *fuzzy*, sehingga model ini dapat mengatasi data yang tersedia dalam bentuk linguistik dan mengatasi keterbatasan pada model regresi (Kahraman dkk., 2006). Selanjutnya penggabungan kedua model tersebut dikenal sebagai *fuzzy linear regression* (FLR) yang memiliki perbedaan dengan model regresi linier berganda (RLB) konvensional, model FLR memiliki beberapa kelebihan seperti jumlah data yang digunakan tidak harus dalam jumlah besar, asumsi regresi klasik tidak harus terpenuhi, sehingga banyak peneliti beralih pada model FLR dan mengembangkannya seperti penelitian Purwareta dkk., (2012), Pérez dkk., (2014), Aji dkk., (2019).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Dalam penelitian Purwareta dkk., (2012) digunakan model FLR untuk peramalan pasokan energi primer. Kelebihan dari penelitian ini dihasilkan peramalan yang lebih baik dari model yang diusulkan oleh tanaka dalam hal meminimalisasikan penyebaran output *fuzzy*. Selanjutnya penelitian Pérez dkk., (2014) digunakan model FLR pada bidang kesehatan, didapat model dengan aplikasi nyata untuk memprediksi faktor resiko hipertensi di kota Santa Clara. Pada penelitian Aji dkk., (2019) digunakan model FLR untuk meramalkan beban listrik di Kalimantan Barat didapat model dengan akurasi yang cukup baik. Namun pada penelitian terkait diatas, tahap persiapan data menggunakan *triangular fuzzy number* (TFN) simetris yang ditetapkan tidak mudah untuk mengikuti prosedurnya dan memerlukan alternatif lain untuk memudahkan penelitian selanjutnya.

Pada penelitian Sumartini dkk., (2017) digunakan aturan Sturges untuk transformasi data ke dalam bentuk *fuzzy* pada model *fuzzy time series* Cheng. Penggunaan TFN simetris ini juga sudah diaplikasikan pada model *fuzzy autoregressive* seperti pada penelitian Efendi dkk., (2017) dijelaskan bahwa TFN simetris dengan menggunakan prosedur *maximum-minimum* untuk membangun model yang akan dibentuk. Selanjutnya sebuah TFN simetris baru berdasarkan prosedur *low-high* diperkenalkan untuk membangun model *autoregressive*, namun penelitian ini tidak dapat diaplikasikan ke semua jenis data karena tidak semua tersedia dalam format *low-high* ataupun *maximum-minimum* (Efendi dkk., 2018b). Selanjutnya pada penelitian Efendi dan Yeni, (2019) sebuah TFN simetris dibentuk berdasarkan standar deviasi data pada model *autoregressive* (AR), dimana prosedur yang diusulkan oleh penulis dalam hal persiapan data TFN simetris lebih mudah untuk diikuti dan dipahami.

Berdasarkan uraian diatas, maka penulis tertarik untuk membentuk TFN simetris berdasarkan aturan Sturges pada model FLR. Selanjutnya model yang dibentuk akan diimplementasikan pada pasokan energi primer Indonesia dari tahun 2000-2018 dengan beberapa variabel *independent* seperti produk domestik bruto (PDB) dan populasi penduduk.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka rumusan masalah pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana implementasi model regresi linier berganda (RLB) pada data pasokan energi primer di Indonesia?
- b. Bagaimana membentuk TFN simetris berdasarkan aturan Sturges?
- c. Bagaimana implementasi TFN pada bagian (b) untuk membentuk model FLR?
- d. Bagaimana implementasi model pada bagian (c) terhadap data pasokan energi primer di Indonesia?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah maka tujuan penelitian pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- a. Mengimplementasikan model RLB pada data pasokan energi primer di Indonesia.
- b. Membentuk TFN simetris berdasarkan aturan Sturges.
- c. Mengimplementasikan TFN simetris berdasarkan aturan sturges untuk membentuk model FLR.
- d. Mengimplementasikan model FLR terhadap data pasokan energi primer di Indonesia.
- e. Evaluasi model RLB dan model FLR pada data pasokan energi primer di Indonesia.

1.4 Batasan Masalah

Agar pembahasan dalam masalah ini sesuai dengan tujuan penelitian pada tugas akhir ini, maka diperlukan adanya pembatasan masalah, diantaranya :

- a. Menggunakan 2 variabel *independent*
- b. TFN simetris dibentuk dengan menggunakan aturan Sturges.
- c. TFN simetris yang diperoleh diimplementasikan untuk membentuk model FLR.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Data yang digunakan yaitu data konsumsi energi primer Indonesia dan dimplementasikan pada model RLB dan model FLR yang telah dibentuk.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah :

Menambah dan memperkaya pengetahuan bagi penulis dan mahasiswa/I pada umumnya tentang model FLR dan sebagai tambahan referensi untuk penelitian selanjutnya mengenai FLR.

Sebagai sumber informasi pemerintah dalam menentukan kebijakan terkait dengan pasokan energi primer kedepannya.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada tugas akhir ini terdiri dari 5 Bab yaitu :

BAB I Pendahuluan

Bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.

BAB II Landasan Teori

Bab ini berisi tentang kajian terkait dengan penelitian yang akan dilakukan.

BAB III Metodologi Penelitian

Bab ini berisi tahapan-tahapan yang dilakukan penulis untuk mencapai tujuan penelitian.

BAB IV Analisis Dan Pembahasan

Bab ini membahas hasil yang diperoleh dalam pembentukan model regresi dan FLR TFN simetris serta implementasinya pada pemodelan pasokan energi dan dilakukan evaluasi antara kedua model tersebut.

BAB V Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisikan kesimpulan dari hasil dan pembahasan yang telah dilakukan pada bab IV disertai saran.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB II

LANDASAN TEORI

Pada Bab II ini, dibahas teori-teori yang berhubungan dengan pengerjaan tugas akhir ini seperti model regresi, definisi TFN simetris, model FLR, dan beberapa penelitian terkait. Selengkapnya akan di jelaskan pada Sub-Bab 2.1- 2.4.

2.1 Model Regresi

Model regresi dalam matematika adalah salah satu bentuk cara untuk menentukan hubungan sebab-akibat antara satu variabel dengan variabel-variabel yang lain. Model regresi menyangkut studi tentang hubungan antara satu variabel yang disebut variabel *dependent* atau variabel yang dijelaskan dan satu atau lebih variabel lain yang disebut variabel *independent* atau variabel penjelas (Gujarati, 2006). Regresi memiliki bentuk bermacam-macam diantaranya adalah regresi linier sederhana dan regresi linier berganda.

2.1.1 Bentuk persamaan Regresi Linier Berganda

Regresi linier adalah model regresi berganda jika variabel terikatnya berskala data *single point* dan variabel bebas pada umumnya juga berskala data *single point*. Namun ada juga regresi linier dengan variabel bebas menggunakan skala data nominal atau ordinal, yang lebih lazim disebut dengan istilah data dummy. Maka regresi linier yang seperti itu disebut dengan istilah regresi linier dengan variabel dummy. Disebut berganda karena pengaruh beberapa variabel *independent* akan dikenakan terhadap variabel *dependent*. Analisis regresi linier berganda merupakan hubungan secara linier antara dua atau lebih variabel *independent* ($x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$) dengan variabel *dependent* (y), disebut berganda karena banyaknya faktor (variabel *independent*) yang mungkin mempengaruhi variabel *dependent* (Gujarati, 2006). Persamaan untuk regresi linier berganda adalah:

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 x_{1t} + \beta_2 x_{2t} + \dots + \beta_k x_{kt} + \varepsilon_t ; t = 1, 2, \dots, n \quad (2.1)$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Pada persamaan (2.1), n merupakan banyaknya data, y_t merupakan variabel *dependent*, $x_{1t}, x_{2t}, \dots, x_{kt}$ merupakan variabel *independent*, β_0 adalah nilai konstanta, $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ adalah koefisien regresi variabel $x_{1t}, x_{2t}, \dots, x_{kt}$ dan ε adalah galat/error.

2.1.2 Asumsi Regresi Klasik

Model regresi yang diperoleh dari metode kuadrat terkecil biasanya merupakan model regresi yang menghasilkan estimator linier tidak bias yang terbaik. Kondisi ini akan dipenuhi jika terpenuhi beberapa asumsi (Al-Ghifari, 2000). Uji asumsi klasik dalam analisis regresi linier, antara lain:

- a. Asumsi normalitas, secara ekstrem menjadi penting untuk tujuan pengujian hipotesis dan prediksi. Dengan demikian asumsi normalitas harus terpenuhi dalam suatu model regresi linier klasik.
- b. Uji linieritas digunakan untuk melihat apakah garis regresi yang ditetapkan benar-benar sesuai dengan keadaannya atau tidak. Pengujian ini perlu dilakukan sehingga hasil analisis yang diperoleh dapat dipertanggungjawabkan dalam pengambilan beberapa kesimpulan.
- c. Uji autokorelasi digunakan untuk menguji apakah dalam model regresi linier terdapat korelasi antara kesalahan pengganggu pada periode t dengan kesalahan pengganggu pada periode $t-1$ (sebelumnya). Model regresi yang baik adalah regresi yang bebas dari autokorelasi.
- d. Uji heteroskedastisitas berarti adanya variasi residual yang tidak sama untuk semua pengamatan atau terdapatnya variasi residual yang semakin besar pada jumlah pengamatan yang semakin besar.
- e. Uji multikolinearitas bertujuan untuk mengetahui model regresi nantinya berkorelasi antara variabel-variabel *independentnya*, adanya multikolinearitas yang serius menyebabkan koefisien menjadi tidak signifikan.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.1.3 Pengujian Hipotesis

Pengujian hipotesis dilakukan untuk menguji kelayakan model analisis regresi berganda yang telah diperoleh. Pengujian hipotesis terbagi dalam 2 bentuk yaitu:

a. Pengujian hipotesis keseluruhan koefisien regresi secara bersama-sama dilakukan untuk mengetahui apakah semua variabel *independent* secara bersama-sama memengaruhi model regresi atau tidak. Proses pengujian dapat dilakukan dengan pendekatan analisis variansi, yaitu dengan menggunakan uji-*F*.

b. Uji hipotesis parsial untuk tiap koefisien regresi dapat dilakukan dengan menggunakan uji-*t*. Uji-*t* merupakan uji signifikansi yang digunakan untuk mengukur keberartian koefisien regresi variabel *independent* satu per satu.

2.2 Definisi *Triangular Fuzzy Number* (TFN) Simetris

TFN merupakan singkatan dari *triangular fuzzy number* yang dilambangkan dengan $M = (m, \alpha, \beta)$ yang memiliki fungsi keanggotaan (Efendi, 2018).

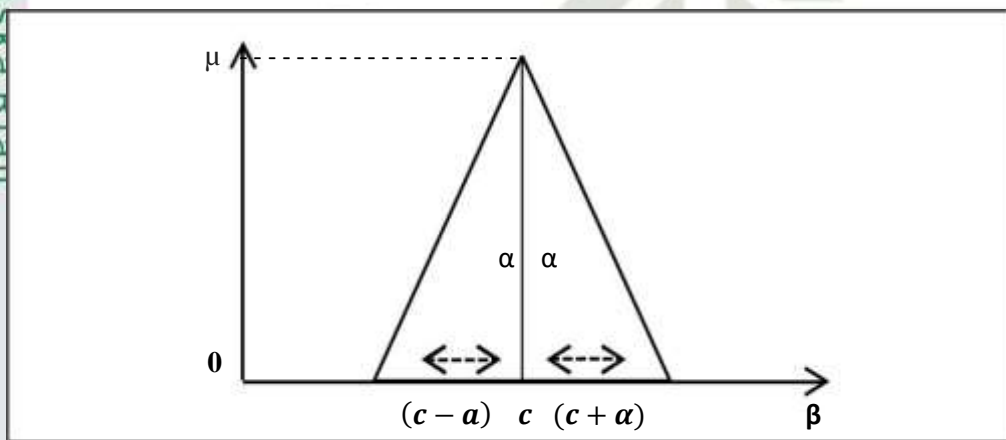
$$\mu_M(X) = \begin{cases} 0, & \text{untuk } x < m - \alpha \\ 1 - \frac{m-x}{\alpha} & \text{untuk } m - \alpha < x < m \\ 1, & \text{untuk } x = m \\ 1 - \frac{m-x}{\beta} & \text{untuk } m < x < m + \beta \\ 0, & \text{untuk } x > m + \beta \end{cases} \quad (2.2)$$

Titik m , dengan nilai keanggotaan 1 disebut nilai rata-rata dan α, β adalah sisi kiri dan sisi kanan sebarang masing-masing m . Sebuah TFN dikatakan simetris jika kedua sebarannya sama, yaitu $\alpha = \beta$ dan terkadang dilambangkan dengan $M = m, \alpha$. Berdasarkan definisi diatas dapat dijelaskan dengan ilustrasi yaitu ada kemungkinan terjadi bahwa beberapa data atau angka tidak dapat ditentukan secara tepat atau akurat karna kesalahan dari teknik pengukuran atau instrumen dan lain-lan. Misalnya, jika berat badan seseorang tercatat 65 kg, hal ini tidak dapat dijadikan acuan mengukur berat badan seseorang secara akurat.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Kenyataannya, berat badan sebenarnya sekitar 65 kg dan mungkin α sedikit lebih atau kurang dari 65 kg. Dengan demikian berat badan dapat ditulis lebih tepat sebagai angka *fuzzy* segitiga $(65 - \alpha, 65, 65 + \alpha)$ dimana α adalah sebaran kiri dan kanan. Secara umum, simetri TFN " c " dapat ditulis sebagai $(c - \alpha, c, c + \alpha)$, dimana α adalah sebaran kiri dan kanan masing-masing. Atau $(c - \alpha, c, c + \alpha)$ dapat ditulis sebagai (c, α) Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Bentuk *Triangular Fuzzy Number* Simetris

Pada penelitian ini, penulis menggunakan aturan Sturges untuk menentukan sebaran sisi *left-right* pada segitiga TFN simetrisnya. Sturges menganggap jumlah data dalam sebuah interval adalah dari koefisien binomial, dan Sturges mengasumsikan bahwa satu kumpulan data terdistribusi baik didekati dengan distribusi binomial memberikan distribusi yang simetris (Sari dkk., 2018). Tahapan dalam tabel distribusi aturan Sturges dijelaskan Sumartini dkk., (2017) untuk mendapatkan lebar interval data yang akan membentuk sebaran sisi *left-right* TFN simetris, dengan tahapannya yaitu :

a. Menentukan rentang (*range*) dengan rumus sebagai berikut :

$$R = d_{max} - d_{min} \quad (2.3)$$

Dengan R merupakan selisih antara data dengan nilai yang terbesar (d_{max}) dan data dengan nilai terkecil (d_{min}).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$\hat{y}_t = (p_0; c_0) + (p_1; c_1)x_{1t} + \dots + (p_N; c_N)x_{Nt} \quad (2.7)$$

atau

$$\hat{y}_t = (p_0 + p_1x_{1t} + \dots + p_Nx_{Nt}; c_0 + c_1x_{1t} + \dots + c_Nx_{Nt}) \quad (2.8)$$

Pada tahun 1982 Tanaka menetapkan bahwa hasil penyelesaian model FLR diperoleh dengan permasalahan *linier programming*. Untuk data *nonfuzzy* fungsi objektif didapatkan untuk menentukan parameter \tilde{A} . Karena model Tanaka masih memiliki kekurangan dalam meminimalisasi sebaran, maka Chang dan Ayyub membuat model persamaan yang merupakan perluasan dari model Tanaka (Purwareta dkk., 2012). Fungsi objektif ditunjukkan oleh persamaan berikut:

$$\text{Minimum } Z = (\sum_{t=1}^n \sum_{j=0}^m c_j x_{jt}) \quad (2.9)$$

Dimana nilai $x_{0t} = 1$, untuk setiap $t = 1, \dots, n$ (Aji dkk., 2019) Kemudian fungsi objektif dari persamaan (2.9) diminimalisasi terhadap dua batasan yang ditunjukkan oleh persamaan berikut.

$$\begin{aligned} y_t &\leq \sum_{j=0}^m p_j x_{jt} + (1-h)(\sum_{j=0}^m c_j x_{jt}) \\ y_t &\geq \sum_{j=0}^m p_j x_{jt} - (1-h)(\sum_{j=0}^m c_j x_{jt}) \end{aligned} \quad (2.10)$$

Setelah mendapatkan nilai c_j dan p_j dari proses optimasi program linier, kemudian nilai tersebut disubstitusikan pada persamaan (2.7) atau (2.8). Keuntungan dari model ini dihasilkan batas bawah, nilai tengah, dan batas atas pada hasil ramalan, sehingga dapat digunakan dalam mengambil kemungkinan terbaik maupun kemungkinan terburuk. Untuk memperoleh model $\tilde{y}_t = (\hat{y}_t^L, \hat{y}_t^h, \hat{y}_t^U)$, $t = 1, 2, \dots, n$ ditunjukkan oleh persamaan persamaan berikut

$$\hat{y}_t^L = \sum_{j=0}^m (p_j - c_j)x_{jt} \quad (2.11)$$

$$\hat{y}_t^h = \sum_{j=0}^m p_j x_{jt} \quad (2.12)$$

$$\hat{y}_t^U = \sum_{j=0}^m (p_j + c_j)x_{jt} \quad (2.13)$$

Kriteria untuk menentukan model terbaik dalam model FLR adalah model yang memiliki nilai proporsi *error* terkecil, dalam hal ini data yang terletak di luar daerah batas atas dan batas bawah model dikategorikan sebagai *error* model. Untuk menghitung seberapa besar ukuran kesalahan model peramalan yang didapatkan digunakan *mean absolute percentage error* (MAPE). MAPE merupakan rata-rata dari keseluruhan percentage kesalahan (selisih)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

antara data aktual dengan data hasil peramalan. Suatu model dikatakan layak jika nilai MAPE berada di bawah 10%, dan cukup layak jika berada di antara 10% dan 20% (Purwareta dkk., 2012).

Persamaan MAPE ditunjukkan oleh persamaan di bawah ini.

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{y_t - F_t}{y_t} \times 100\% \right|}{n} \quad (2.14)$$

Pada persamaan (2.14), MAPE merupakan ukuran kesalahan model yang digunakan pada penelitian, y_t merupakan data aktual dari periode ke-t, F_t merupakan data hasil ramalan periode ke-t, n merupakan banyak data yang diramalkan.

2.4 Penelitian Terkait

Terdapat beberapa penelitian terkait pengembangan model FLR untuk peramalan dan penggunaan input data *fuzzy* menggunakan TFN simetris pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Penelitian-penelitian terkait

No.	Artikel terkait	Kelebihan	Keterbatasan
1.	Kahraman dkk., (2006). "Fuzzy regression approaches and applications"	<ul style="list-style-type: none"> • Mengembangkan model <i>fuzzy</i> regresi Tanaka dan mengaplikasikannya pada model regresi dengan input <i>nonfuzzy</i> dan input <i>fuzzy</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak dijelaskan aturan dan prosedur pembentukan TFN simetrisnya.
2.	Purwareta dkk., (2012). "Model peramalan pasokan energi primer dengan pendekatan <i>fuzzy linear regression</i> "	<ul style="list-style-type: none"> • Menggunakan model Chang-Ayyub dalam tahap optimasi dan meminimalisasikan sebaran output <i>fuzzy</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pembentukan TFN simetris tidak dijelaskan sehingga tidak mudah untuk diikuti.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

3.	Efendi dkk., (2017). <i>“Maximum-Minimum Temperature Prediction Using Fuzzy Random Auto-Regression Time Series Model”</i>	<ul style="list-style-type: none"> Tahap persiapan data lebih jelas untuk membentuk TFN simetris. 	<ul style="list-style-type: none"> Tidak semua data tersedia dalam format <i>maximum-minimum</i>.
4.	Sumartini dkk., (2017) <i>“Peramalan Menggunakan Metode Fuzzy Time Series Cheng.”</i>	<ul style="list-style-type: none"> Digunakan Aturan Sturges untuk transformasi data <i>single point</i> kedalam bentuk nilai Linguistik sebagai input data <i>fuzzy</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> Penentuan interval data <i>fuzzy</i> tidak berdasarkan TFN simetris, melainkan dengan menggunakan <i>fuzzy logic</i>.
5.	Aji dkk., (2019). Model <i>“Peramalanbebanlistrik di Kalimantan barat dengan metode Fuzzy Linear Regression”</i>	<ul style="list-style-type: none"> Membandingkan nilai peramalan, kesalahan di hitung dalam MAPE yang ditampilkan dalam bentuk grafik perbandingan. 	<ul style="list-style-type: none"> Persiapan data dalam menentukan nilai sebaran tidak dijelaskan hanya dijelaskan mengikuti segitiga TFN simetris sehingga pembaca bingung untuk mengikuti tahap persiapan TFN simetrisnya.
6.	Efendi dkk., (2019) <i>“Model Autoregressive Menggunakan Triangular Fuzzy Number Simetris Berdasarkan Standar Deviasi Data”</i>	<ul style="list-style-type: none"> Tahap persiapan TFN simetris lebih mudah diikuti, sehingga menjadi acuan pada persiapan TFN simetris dengan model peramalan yang berbeda. 	<ul style="list-style-type: none"> Masih digunakan dalam membangun model <i>Autoregressive</i>

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada BAB III ini akan dijelaskan bagaimana detail prosedur yang dilakukan penulis untuk mencapai tujuan penelitian pada bagian (1.3). Tahap-tahap tersebut selengkapnya akan dijelaskan pada Sub-Bab 3.1-3.3.

3.1 Tahap Persiapan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder dalam bentuk *single point*, yaitu data tahunan Produk Domestik Bruto (PDB), populasi penduduk (PP), dan pasokan energi primer (PE) tahun 2000-2018 yang bersumber dari *Handbook of Energy & Economic Statistic of Indonesia 2000-2018*. Selanjutnya data akan ditransformasikan dalam bentuk TFN simetris berdasarkan aturan Sturges sebagai input untuk mendapat sebaran koefisien *fuzzy* yang akan digunakan untuk membentuk model FLR.

3.2 Pemodelan PE Menggunakan Model Regresi

Adapun tahapan pembentukan model peramalan dengan menggunakan model regresi linier berganda dilakukan dengan tiga tahap, yaitu:

Tahap 1. Uji Asumsi Klasik Data

Sebelum tahapan pembentukan model regresi linier berganda, maka data dalam bentuk *single point* yang digunakan haruslah memenuhi asumsi regresi klasik terlebih dahulu agar menghasilkan estimator linier yang terbaik. Adapun uji yang harus terpenuhi adalah sebagai berikut:

a. Uji Normalitas dilakukan menggunakan *software*, dengan melakukan uji *nonparametric* yaitu uji Kolmogorov-smirnov. Selain itu dengan melihat histogram residual, jika histogram residual menyerupai grafik distribusi normal, maka dikatakan model berdistribusi normal (Widarjono, 2005).

b. Uji Linieritas dilakukan dengan melihat plot pada grafik output *software*, apabila plot-plot pada residual masing-masing variabel bebas terhadap

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

variabel terikat mendekati garis linier, maka uji linieritas terpenuhi dalam hal tersebut.

Uji Autokolerasi dengan menggunakan uji *nonparametric* yaitu *Runs test*. Pada output *software* nilai *Asymp. Sig. (2-tailed)* haruslah besar dari selang kepercayaan (α) yang digunakan, sehingga gejala Autokorelasi tidak terjadi pada model.

Uji Heteroskedastisitas dideteksi menggunakan uji Glejser, dengan melakukan regresi nilai *absolute* residual dengan variabel *independent* (Widarjono, 2005).

Uji Multikolinieritas digunakan untuk mendeteksi korelasi pada model, bisa digunakan uji korelasi parsial antar variabel *independent*, jika koefisien korelasi rendah, maka kita duga model tidak mengandung unsur multikolinieritas (Widarjono, 2005). Selain itu, untuk mendeteksi adanya multikolinieritas dengan melihat pada output *software* nilai *variance inflation factor* (VIF) tidak lebih dari 10, maka dipastikan model terbebas dari masalah multikolinieritas.

Tahap 2. Uji Hipotesis

Pengujian hipotesis terbagi dalam 2 bentuk yaitu:

a. Pengujian hipotesis keseluruhan koefisien regresi secara bersama-sama dilakukan dengan melihat nilai F_{hitung} kemudian membandingkannya dengan nilai F_{tabel} . Jika dalam perbandingan $F_{hitung} > F_{tabel}$ artinya terdapat pengaruh semua variabel bebas terhadap variabel terikat secara bersama-sama.

b. Uji hipotesis parsial untuk tiap koefisien regresi dapat dilakukan dengan menggunakan uji t . Penarikan kesimpulan pada uji ini dengan melihat nilai t_{hitung} berpengaruh jika berada diluar rentang $(-t_{tabel}; t_{tabel})$.

Tahap 3. Model Regresi Linier Berganda

Setelah terpenuhi tahap 1 dan tahap 2, maka didapat model peramalan regresi linier berganda. Pada tahap ini penulis menggunakan 80% data yang tersedia sebagai data training untuk mendapat model peramalannya selanjutnya dilakukan tahap peramalan pada 20% data tersisa sebagai data testing.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

3.3 Pemodelan PE Menggunakan Model FLR

Adapun tahapan untuk pemodelan pasokan energi primer menggunakan model FLR adalah sebagai berikut:

Tahap 1. Pembentukan Model FLR Menggunakan TFN Simetris

Pada bagian ini input data *single point* ditransformasikan ke bentuk TFN simetris berdasarkan aturan Sturges dengan tabel distribusi frekuensi aturan Sturges berdasarkan persamaan (2.3), (2.4), dan (2.5), kemudian dibentuk batas bawah dan batas atas kelas interval sebagai sisi *left-right* TFN simetris.

Tahap 2. Menentukan Fungsi Objektif dan Fungsi Batasan

Pembentukan fungsi objektif dan fungsi batasan untuk TFN simetris ada dua komponen yaitu sisi kiri dan sisi kanan, tahapan awal dengan input data *left-right* TFN simetris variabel dependen berdasarkan fungsi objektif pada persamaan (2.9) kemudian diminimalisasi terhadap dua batasan dengan input data TFN simetris yang telah diperoleh ke dalam persamaan (2.10) dan akan diselesaikan dengan *linier programming* berdasarkan nilai h yang telah ditentukan.

Tahap 3. Mendapat Parameter Bilangan Fuzzy

Solusi program linier dalam bentuk nilai (p_j, c_j) sebagai koefisien *fuzzy* didapatkan dengan menggunakan bantuan *software* Lingo. Setelahnya didapat parameter optimal untuk p_j dan c_j dan dapat dibentuk model peramalan, interval batas atas, dan batas bawah FLR untuk setiap h yang ditentukan.

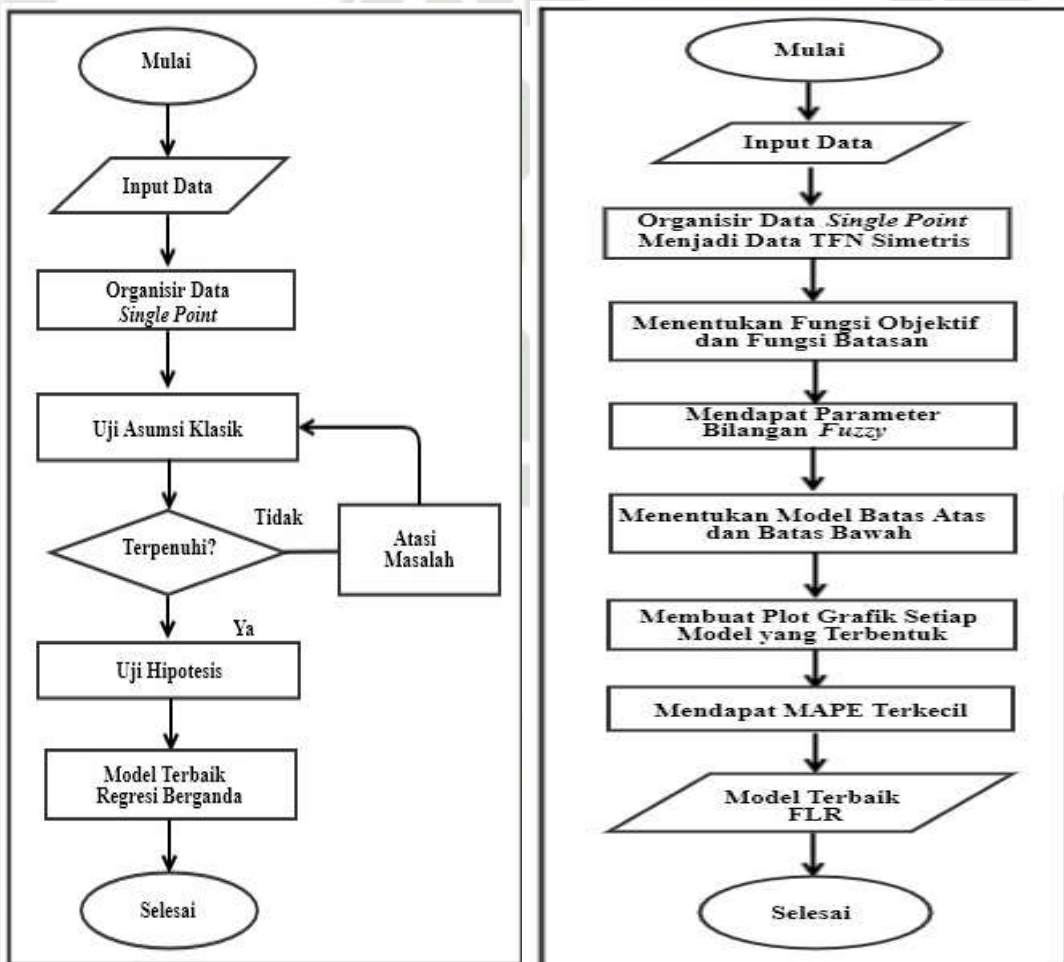
Tahap 4. Menentukan Model Batas Bawah, Nilai Tengah, dan Batas Atas

Setelah mendapatkan parameter bilangan *fuzzy* kemudian dibentuk nilai peramalan dari pasokan energi primer dengan mensubstitusikan nilai p_j dan c_j ke dalam persamaan (2.7) atau (2.8), sedangkan untuk interval batas bawah dengan mensubstitusi nilai p_j dan c_j ke persamaan (2.11) nilai tengah

Tahap 5. Menentukan Model FLR Terbaik

Pada tahap ini penulis menggunakan 80% data sebagai data training, setelah dibentuk dan diperoleh model peramalan FLR kemudian dilakukan tahap peramalan pada 20% data testing. Selanjutnya untuk menentukan model terbaik, ada dua unsur dasar penilaian yang digunakan, yaitu dengan membandingkan grafik dan nilai MAPE pada data *training* dan data *testing* model hasil peramalan.

Langkah-langkah pemodelan regresi linier dan FLR TFN simetris diilustrasikan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Flowchart pemodelan Regresi Linier Berganda dan FLR

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan pada Bab IV, model yang diaplikasikan dalam penulisan tugas akhir ini adalah regresi linier berganda (RLB) dan *fuzzy linear regression* (FLR). Model RLB menggunakan input data dalam bentuk *single point*, sedangkan model FLR menggunakan input dalam format *triangular fuzzy number* (TFN) simetris *left-right* yang dibentuk berdasarkan aturan Sturges. Secara teori pembentukan model FLR ini berbeda dengan model RLB. Dalam pembentukan model FLR terdapat beberapa tahapan, dengan tahapan awalnya yaitu mentransformasikan data *single point* ke dalam data TFN simetris yang mana pembentukan interval TFN berdasarkan pada aturan sturges. Kemudian menentukan fungsi objektif dan fungsi batasan model, mengestimasi parameter model yang diperoleh dengan permasalahan *linier programming*, membentuk model batas atas, nilai tengah, dan batas bawah, serta peramalan.

Pada tahapan proses estimasi parameter model FLR mengaplikasikan metode *fuzzy* optimasi sedangkan model RLB dengan metode kuadrat terkecil, dimana perbedaan kedua model ini mulai dari input, proses, hingga output yang telah dirangkum pada Tabel 4.27. Dari tahap implementasi model FLR ke data sekunder pasokan energi primer tahun 2000 sampai dengan tahun 2018, diperoleh model estimasi terbaiknya sebagai berikut:

$$\widehat{PE}_t = (0; 35.037.270) + (4.183,842; 0)PDB_t + (2.123,636; 0)PP_t$$

Dari model diatas diketahui bahwa, jika nilai produk domestik bruto (PDB) dan nilai populasi penduduk (PP) tetap maka nilai pasokan energi primer (PE) berada pada rentang $0 \pm 35.037.270$ setiap satu satuan parameter konstan,

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

apabila PP dan parameter konstan bernilai tetap maka PE akan berubah sebesar 4183,842 setiap satuan PDB, serta apabila parameter konstan dan PDB bernilai tetap maka PE akan berubah sebesar 2.123,636 setiap satuan PP.

Setelah di implementasikan ke data empiris, diperoleh bahwa model FLR menggunakan TFN simetris ini dapat meningkatkan akurasi peramalan, terlihat pada perbandingan dari kedua model yang diketahui berdasarkan Tabel 4.26 dengan menghasilkan nilai *mean absolut percentage error* (MAPE) dan rata-rata nilai *width* yang relatif lebih kecil dibandingkan dengan nilai yang didapat pada model RLB konvensional. Oleh karena itu, disimpulkan bahwa model FLR menggunakan TFN simetris berdasarkan aturan Sturges dimana menggunakan metode *fuzzy* optimasi untuk mengestimasi parameter terbukti lebih baik dibandingkan dengan model RLB konvensional untuk diaplikasikan pada prediksi pasokan energi primer pada periode tahun 2000 sampai dengan tahun 2018.

5.2 Saran

Dalam Tugas Akhir ini, penulis hanya membahas modifikasi input data TFN simetris berdasarkan aturan Sturges ke model FLR dengan menggunakan 2 variabel *independent*. Bagi pembaca yang tertarik dengan topik ini dapat melanjutkan pembahasan menggunakan TFN simetris berdasarkan aturan Sturges untuk model FLR dengan menambahkan jumlah variabel *independent* yang digunakan namun tetap sesuai dengan faktor yang berkaitan pada data yang akan diprediksi. Pembaca juga dapat memodifikasi dalam hal pembentukan TFN simetris yang berbeda seperti menggunakan metode Scott, dan lain sebagainya pada model FLR. Selain itu pembaca juga dapat menggunakan TFN simetris berdasarkan aturan Sturges pada model yang berbeda misalnya pada model *autoregressive* (AR) dan lain sebagainya.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR PUSTAKA

- Aji, V.A.N., Martha, S., dan Imro'ah, N. "Model Peramalan Beban Listrik Di Kalimantan Barat Dengan Metode *Fuzzy Linear Regression*". *Buletin Ilmiah Math. Stat. dan Terapannya (Bimaster)*. Vol. 08, No. 1, Hal. 91-96. 2019.
- Al-Ghifari. "*Analisis Regresi Teori, Kasus, dan Solusi*". Edisi 2. Yogyakarta: BPFE Yogyakarta. 2002
- Efendi, R., dan Yeni, S. "Model Autoregressive Menggunakan Triangular Fuzzy Number Simetris Berdasarkan Standar Deviasi Data" . *Jurnal Sains Matematika dan Statistika*. Vol.5, No.1. ISSN: 2615-8663. 2019.
- Efendi, R., Noor, A.S, Arbaiy, N., dan Mustafa, M.D. "Maximum-Minimum Temperature Prediction Using Fuzzy Random Auto-Regression Time Series Model". *Preceeding of International Symposium on Computational and Business Intelligence*. ISBN: 978-1-5386-1772-4. 2017.
- Efendi, R., S. Yeni., Desvina, A.P., dan Rahmadeni. "Prosedur Triangular Fuzzy Number Simetris Berdasarkan Standar Deviasi Data Pada Model Autoregressive". *Jurnal Seminar Nasional Teknologi Informasi, Komunikasi dan Industri (SNTIKI-10)*. ISSN: 2579-5406. 2018b
- Gujarati, D.N. "*Dasar-Dasar Ekonometrika*." Jakarta: Erlangga. 2006.
- Kahraman, C., Beúkese, A., dan Bozbura, F.T. "Fuzzy Regression Approaches and Applications". *StudFuzz* Vol. 201, Hal. 589–615. 2006.
- Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral. "*Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia (2011;2018)*". Available: <http://esdm.go.id> . Diakses tanggal 2 April 2020.
- Kurniawan, D. "Regresi Linier." *R Development Core Team*. ISBN: 3-900051-07-0. 2008.
- Lah, M.S.C., Arbaiy, N., dan Efendi, R. "Stock Market Forecasting Model Based on AR (1) With Adjusted Trianglar Fuzzy Number Using Standard Deviation Approach for Asean Countries". *Inteligent and Interactive Computing*. Eds. 103-114. 2019.
- Nabila, L. "*Model Fuzzy Arima Menggunakan Triangular Fuzzy Number Simetris Berdasarkan Standar Deviasi Data (Studi Kasus: Prediksi Nilai Tukar Rupiah terhadap Dolar Amerika)*". Pekanbaru: Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. 2019.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Pérez, L.D., Cardoso, G.C., Martínez, J.L.M., Corvea, L.R., dan Rodríguez, E.G. "Fuzzy Linear Regression Models: A Medical Application." *Applications of Computer Science Methods*. 2014.

Purwareta, H.P., Usadha, I.G.R., dan Wahyuningsih, N. "Model Peramalan Pasokan Energi Primer Dengan Pendekatan Metode Fuzzy Linear Regression (FLR)". *Jurnal Sains Dan Seni ITS*. Vol. 1, No. 1. ISSN: 2301-928X. 2012.

Rosita, I.Y., Ichdayati, L.I., dan Sari, R.A.P. "Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Volume Ekspor Biji Kakao Indonesia Ke Malaysia". *Jurnal Agribisnis*. Vol. 13, No. 4, Hal. 37- 58. ISSN: 1979-0058. 2019.

Sari, W.M., Darnius, O., dan Sembiring, P. "Perbandingan Keakuratan Model Tabel Distribusi Frekuensi Berkelompok Antara Metode Sturges dan Metode Scott". *TALENTA Conference Series: Science & Technology (ST)*. Vol. 01, Hal. 001-009. ISSN 2654-7094. 2019.

Sembiring, R.K. "Analisis regresi." Penerbit ITB, Bandung. 1995.

Sumartini., Hayati, M.N., dan Wahyuningsih, S. "Peramalan Menggunakan Metode Fuzzy Time Series Cheng". *Jurnal EKSPONENSIAL*. Vol. 8, No. 1. ISSN 2085-7829. 2017.

Wahyuni, I., Nafi'iyah, N., dan Masruroh. "Sistem Peramalan Penjualan Perumahan Di Kabupaten Lamongan Dengan Menggunakan Metode Regresi Linier Berganda". *Seminar Nasional Sistem Informasi (SENASIF)*. Vol. 3, No. 1. 2019.

Widarjono, A. "Ekonometrika: Teori dan Aplikasi untuk ekonomi dan bisnis." Penerbit Ekonisia Fakultas Ekonomi UII, Yogyakarta. 2005.

LAMPIRAN A

DATA TAHUNAN PASOKAN ENERGI PRIMER (MINYAK MENTAH), PRODUK DOMESTIK BRUTO, DAN POPULASI PENDUDUK PERIODE TAHUN 2000 SAMPAI DENGAN 2018

Tahun	PDB (Trilyun Rupiah)	Populasi Penduduk (Jiwa)	Pasokan Energi (BOE)
2000	1.390	205.843	433.360.099
2001	1.684	208.647	441.731.352
2002	1.863	212.003	452.817.870
2003	2.014	215.276	456.647.707
2004	2.296	217.854	498.117.696
2005	2.774	218.869	493.636.985
2006	3.339	222.192	461.349.420
2007	3.951	225.642	474.032.509
2008	4.951	228.523	480.900.640
2009	5.604	231.370	489.850.056
2010	6.423	237.641	550.457.089
2011	7.832	241.991	563.378.573
2012	8.616	248.818	589.342.626
2013	9.546	245.425	587.652.963
2014	10.570	252.165	584.459.891
2015	11.526	255.462	607.791.169
2016	7.832	258.705	534.207.126
2017	8.616	261.891	567.528.788
2018	9.546	265.015	569.024.765

Sumber : *Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia (2011;2018)*

Keterangan : Satuan dari pasokan energi primer adalah *Barrel of Oil Equivalent (BOE)*, satuan dari produk domestik bruto (PDB) adalah trilyun Rupiah, dan satuan dari populasi penduduk adalah Jiwa.

LAMPIRAN B

TRANSFORMASI DATA AKTUAL KE DALAM BENTUK TFN SIMETRIS ATURAN STURGES

a. Data Aktual Pasokan Energi dan TFN Simetris dengan Aturan Sturges

Tahun	$Left (y_t^l)$	Pasokan Energi (y_t)	$Right (y_t^r)$
2000	433.360.098,5	433.360.099	464.556.603,9
2001	433.360.098,5	441.731.352	464.556.603,9
2002	433.360.098,5	452.817.870	464.556.603,9
2003	433.360.098,5	456.647.707	464.556.603,9
2004	495.753.109,3	498.117.696	526.949.614,7
2005	464.556.603,9	493.636.985	495.753.109,3
2006	433.360.098,5	461.349.420	464.556.603,9
2007	464.556.603,9	474.032.509	495.753.109,3
2008	464.556.603,9	480.900.640	495.753.109,3
2009	464.556.603,9	489.850.056	495.753.109,3
2010	526.949.614,7	550.457.089	558.146.120,1
2011	558.146.120,1	563.378.573	589.342.626,5
2012	558.146.120,1	589.342.626	589.342.626,5
2013	558.146.120,1	587.652.963	589.342.626,5
2014	558.146.120,1	584.459.891	589.342.626,5

b. Data Aktual Produk Domestik Bruto dan TFN Simetris dengan Aturan Sturges

Tahun	$Left (x_{1t}^l)$	PDB (x_{1t})	$Right (x_{1t}^r)$
2000	1.389,5	1.390	3.225,5
2001	1.389,5	1.684	3.225,5
2002	1.389,5	1.863	3.225,5
2003	1.389,5	2.014	3.225,5
2004	1.389,5	2.296	3.225,5
2005	1.389,5	2.774	3.225,5
2006	3.225,5	3.339	5.061,5
2007	3.225,5	3.951	5.061,5
2008	3.225,5	4.951	5.061,5
2009	5.061,5	5.604	6.897,5
2010	5.061,5	6.423	6.897,5

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2011	6.897,5	7.832	8.733,5
2012	6.897,5	8.616	8.733,5
2013	8.733,5	9.546	10.570,5
2014	8.733,5	10.570	10.570,5

c. Data Aktual Populasi Penduduk dan TFN Simetris dengan Aturan Sturges

Tahun	$Left (x_{2t}^l)$	Populasi penduduk (x_{2t})	$Right (x_{2t}^r)$
2000	205.842,5	205.843	215.106,9
2001	205.842,5	208.647	215.106,9
2002	205.842,5	212.003	215.106,9
2003	215.106,9	215.276	224.371,3
2004	215.106,9	217.854	224.371,3
2005	215.106,9	218.869	224.371,3
2006	215.106,9	222.192	224.371,3
2007	224.371,3	225.642	233.635,7
2008	224.371,3	228.523	233.635,7
2009	224.371,3	231.370	233.635,7
2010	233.635,7	237.641	242.900,1
2011	233.635,7	241.991	242.900,1
2012	242.900,1	248.818	252.165,5
2013	242.900,1	245.425	252.165,5
2014	242.900,1	252.165	252.165,5

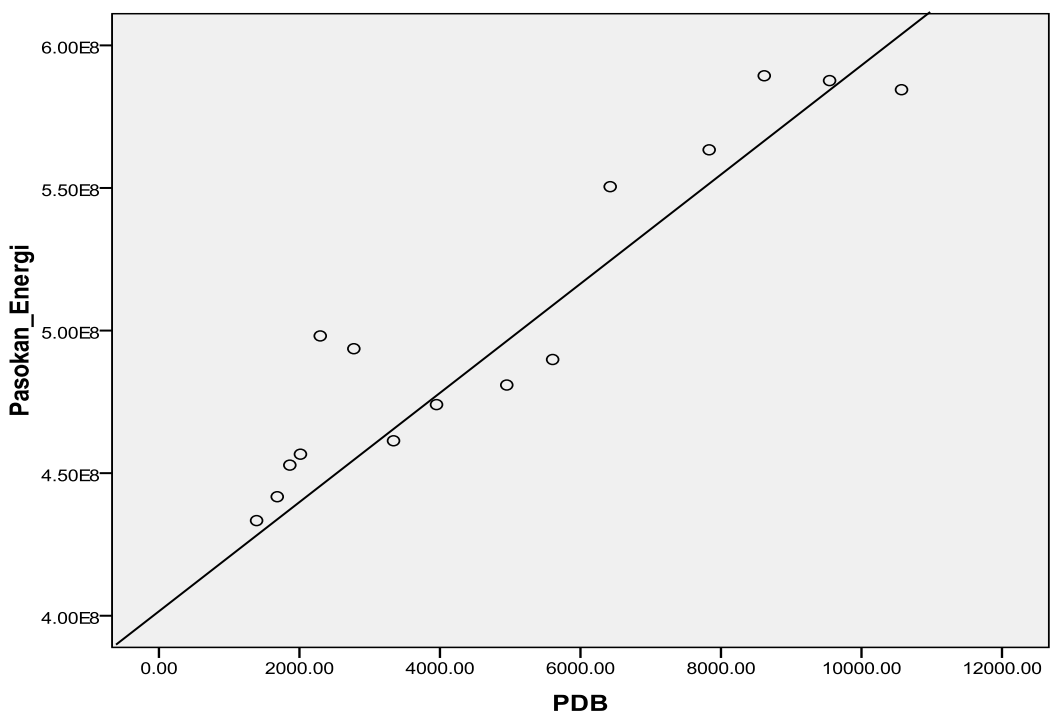
LAMPIRAN C

OUTPUT SOFTWARE SPSS PENGOLAHAN ESTIMASI PARAMETER MODEL REGRESI LINIER

a. Uji Normalitas

<i>One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test</i>	
<i>Value</i>	<i>Unstandardized Residual</i>
<i>N</i>	15
<i>Asymp. Sig. (2-tailed)</i>	0,911

b. Uji Linieritas PDB terhadap Pasokan Energi



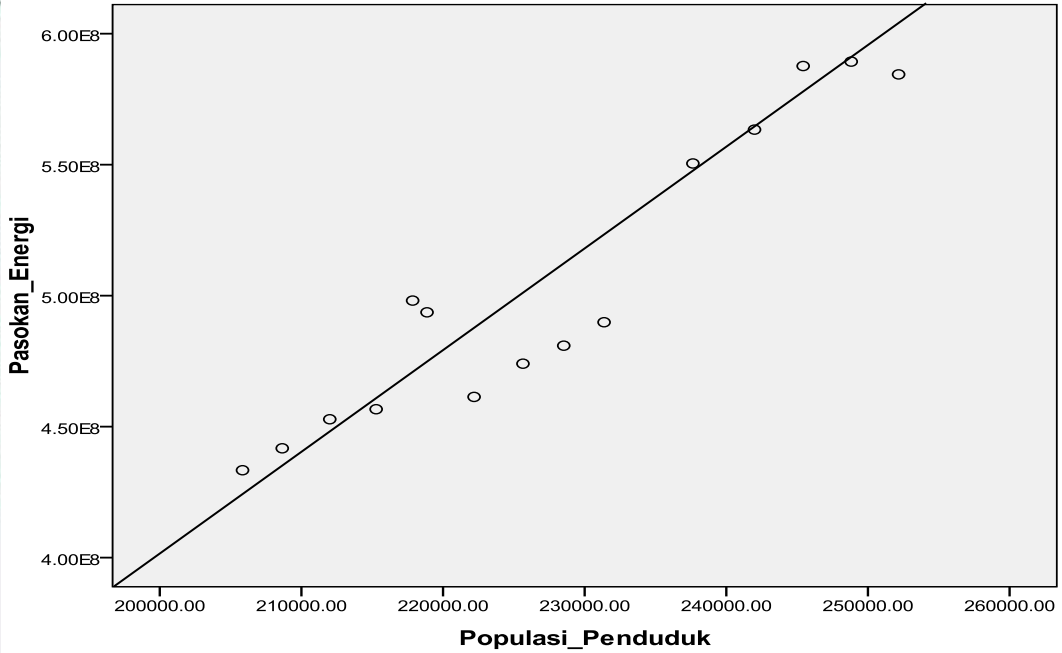
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Uji Linieritas Populasi Penduduk terhadap Pasokan Energi



d. Uji Autokorelasi

<i>Runs Test</i>	
	<i>Unstandardized Residual</i>
<i>Total Cases</i>	15
<i>Number of Runs</i>	8
<i>Z</i>	0,00
<i>Asymp. Sig. (2-tailed)</i>	1,00

e. Uji Heteroskedastisitas

<i>Coefficients^a</i>				
<i>Model</i>		<i>Standardized Coefficients</i>		<i>Sig (p-value)</i>
		<i>Beta</i>		
1	<i>(Constant)</i>			0,071
	PDB		-2,606	0,075
	PP		2,743	0,063

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Uji Multikolinieritas

Coefficients ^a			
Model		Collinearity Statistics	
		Tolerance	VIF
1	(Constant)		
	PDB	0,034	29,245
	PP	0,034	29,245

Uji Hipotesis Keseluruhan (Uji F)

ANOVA ^b						
Model		Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	3,922E16	2	1,961E16	51,787	0,00 ^a
	Residual	4,544E15	12	3,786E14		
	Total	4,376E16	14			

h. Uji Hipotesis Parsial (Uji t)

Coefficients ^a				
Model		Standardized Coefficients	t	Sig (p-value)
		Beta		
1	(Constant)		-0,3198	0,755
	PBD	0,238	0,472	0,645
	Populasi Penduduk	0,712	1,416	0,182

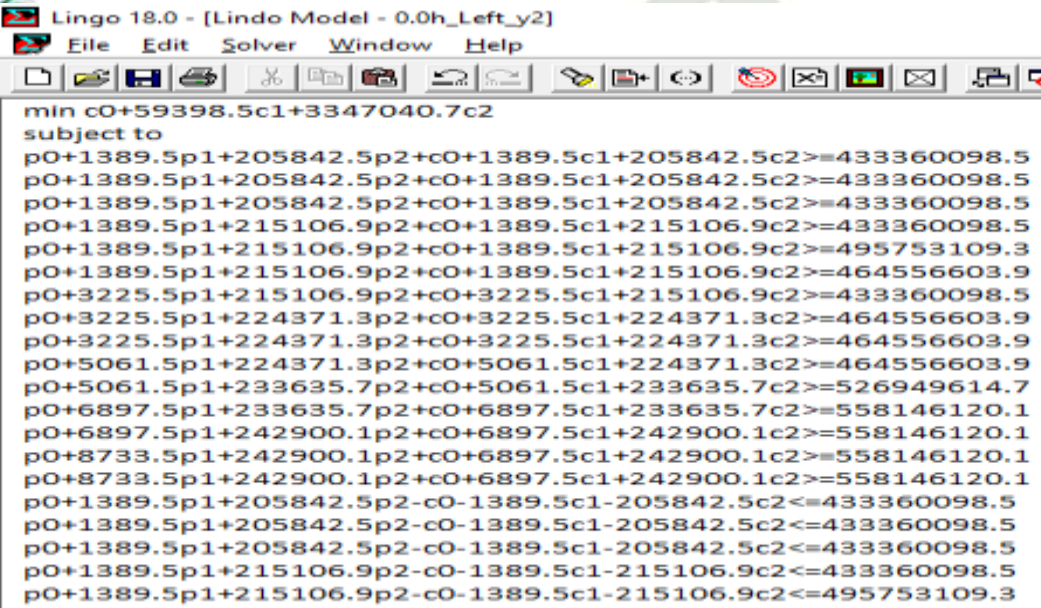
Estimasi Parameter Regresi Linier Berganda

Coefficients ^a				
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients
		B	Std. Error	Beta
1	(Constant)	-123.093.207,71	384832372,65	
	PBD	4.298,189	9.097,892	0,238
	Populasi Penduduk	2.664,217	1.882,058	0,712

LAMPIRAN D

INPUT DAN OUTPUT LINEAR PROGRAMMING MENGGUNAKAN LINGO

a. Input Linear Programming (Left)

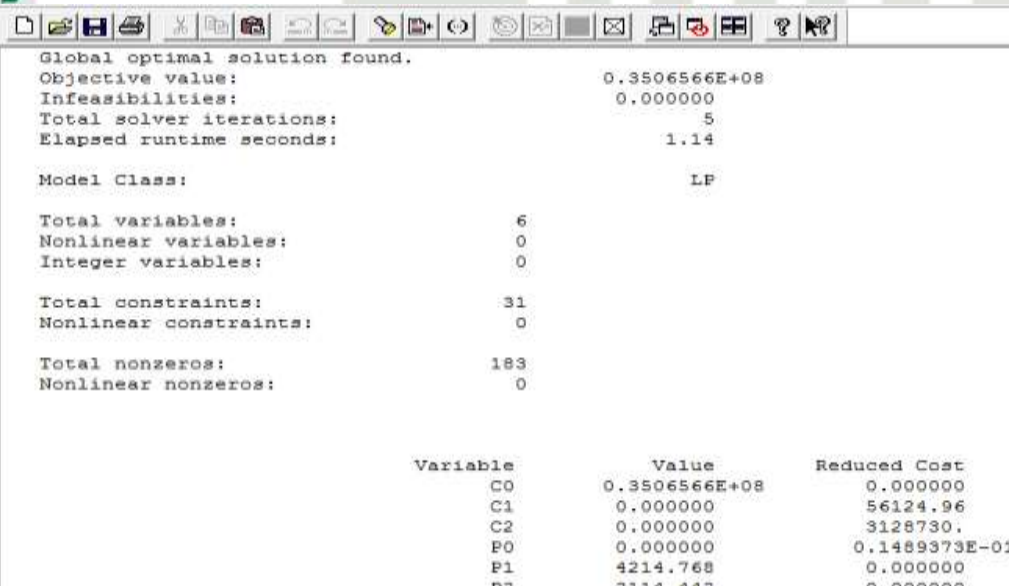


```

min c0+59398.5c1+3347040.7c2
subject to
p0+1389.5p1+205842.5p2+c0+1389.5c1+205842.5c2>=433360098.5
p0+1389.5p1+205842.5p2+c0+1389.5c1+205842.5c2>=433360098.5
p0+1389.5p1+205842.5p2+c0+1389.5c1+205842.5c2>=433360098.5
p0+1389.5p1+215106.9p2+c0+1389.5c1+215106.9c2>=433360098.5
p0+1389.5p1+215106.9p2+c0+1389.5c1+215106.9c2>=495753109.3
p0+1389.5p1+215106.9p2+c0+1389.5c1+215106.9c2>=464556603.9
p0+3225.5p1+215106.9p2+c0+3225.5c1+215106.9c2>=433360098.5
p0+3225.5p1+224371.3p2+c0+3225.5c1+224371.3c2>=464556603.9
p0+3225.5p1+224371.3p2+c0+3225.5c1+224371.3c2>=464556603.9
p0+5061.5p1+224371.3p2+c0+5061.5c1+224371.3c2>=464556603.9
p0+5061.5p1+233635.7p2+c0+5061.5c1+233635.7c2>=526949614.7
p0+6897.5p1+233635.7p2+c0+6897.5c1+233635.7c2>=558146120.1
p0+6897.5p1+242900.1p2+c0+6897.5c1+242900.1c2>=558146120.1
p0+8733.5p1+242900.1p2+c0+6897.5c1+242900.1c2>=558146120.1
p0+8733.5p1+242900.1p2+c0+6897.5c1+242900.1c2>=558146120.1
p0+1389.5p1+205842.5p2-c0-1389.5c1-205842.5c2<=433360098.5
p0+1389.5p1+205842.5p2-c0-1389.5c1-205842.5c2<=433360098.5
p0+1389.5p1+205842.5p2-c0-1389.5c1-205842.5c2<=433360098.5
p0+1389.5p1+215106.9p2-c0-1389.5c1-215106.9c2<=433360098.5
p0+1389.5p1+215106.9p2-c0-1389.5c1-215106.9c2<=495753109.3
p0+1389.5p1+215106.9p2-c0-1389.5c1-215106.9c2<=464556603.9

```

b. Output Linear Programming (Left)



```

Global optimal solution found.
Objective value:                0.3506566E+08
Infeasibilities:                0.000000
Total solver iterations:        5
Elapsed runtime seconds:        1.14

Model Class:                    LP

Total variables:                 6
Nonlinear variables:             0
Integer variables:               0

Total constraints:               31
Nonlinear constraints:           0

Total nonzeros:                 183
Nonlinear nonzeros:             0

Variable      Value      Reduced Cost
C0            0.3506566E+08  0.000000
C1            0.000000     56124.96
C2            0.000000     3128730.
P0            0.000000     0.1489373E-01
P1            4214.768     0.000000
P2            2114.442     0.000000

```

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Input Linear Programming (Right)

```
Lingo 18.0 - [Lingo Model - 0.0h_Right_Y2]
File Edit Solver Window Help

min c0+86940.5c1+3486009.7c2
subject to
p0+3225.5p1+215106.9p2+c0+3225.5c1+215106.9c2>=464556603.9
p0+3225.5p1+215106.9p2+c0+3225.5c1+215106.9c2>=464556603.9
p0+3225.5p1+215106.9p2+c0+3225.5c1+215106.9c2>=464556603.9
p0+3225.5p1+224371.3p2+c0+3225.5c1+224371.3c2>=464556603.9
p0+3225.5p1+224371.3p2+c0+3225.5c1+224371.3c2>=526949614.7
p0+3225.5p1+224371.3p2+c0+3225.5c1+224371.3c2>=495753109.3
p0+5061.5p1+224371.3p2+c0+5061.5c1+224371.3c2>=464556603.9
p0+5061.5p1+233635.7p2+c0+5061.5c1+233635.7c2>=495753109.3
p0+5061.5p1+233635.7p2+c0+5061.5c1+233635.7c2>=495753109.3
p0+6897.5p1+233635.7p2+c0+6897.5c1+233635.7c2>=495753109.3
p0+6897.5p1+242900.1p2+c0+6897.5c1+242900.1c2>=558146120.1
p0+8733.5p1+242900.1p2+c0+8733.5c1+242900.1c2>=589342626.5
p0+8733.5p1+252165.5p2+c0+8733.5c1+252165.5c2>=589342626.5
p0+10570.5p1+252165.5p2+c0+10570.5c1+252165.5c2>=589342626.5
p0+10570.5p1+252165.5p2+c0+10570.5c1+252165.5c2>=589342626.5
p0+3225.5p1+215106.9p2-c0-3225.5c1-215106.9c2<=464556603.9
p0+3225.5p1+215106.9p2-c0-3225.5c1-215106.9c2<=464556603.9
p0+3225.5p1+215106.9p2-c0-3225.5c1-215106.9c2<=464556603.9
p0+3225.5p1+224371.3p2-c0-3225.5c1-224371.3c2<=464556603.9
p0+3225.5p1+224371.3p2-c0-3225.5c1-224371.3c2<=526949614.7
p0+3225.5p1+224371.3p2-c0-3225.5c1-224371.3c2<=495753109.3
p0+5061.5p1+224371.3p2-c0-5061.5c1-224371.3c2<=464556603.9
p0+5061.5p1+233635.7p2-c0-5061.5c1-233635.7c2<=495753109.3
p0+5061.5p1+233635.7p2-c0-5061.5c1-233635.7c2<=495753109.3
p0+6897.5p1+233635.7p2-c0-6897.5c1-233635.7c2<=495753109.3
p0+6897.5p1+242900.1p2-c0-6897.5c1-242900.1c2<=558146120.1
p0+8733.5p1+242900.1p2-c0-8733.5c1-242900.1c2<=589342626.5
p0+8733.5p1+252165.5p2-c0-8733.5c1-252165.5c2<=589342626.5
p0+10570.5p1+252165.5p2-c0-10570.5c1-252165.5c2<=589342626.5
p0+10570.5p1+252165.5p2-c0-10570.5c1-252165.5c2<=589342626.5
```

d. *Output Linear Programming (Right)*

```
Lingo 18.0 - [Solution Report - 0.0h_Right_Y2]
File Edit Solver Window Help

Global optimal solution found.
Objective value:                0.3500888E+08
Infeasibilities:                0.000000
Total solver iterations:        4
Elapsed runtime seconds:        1.37

Model Class:                    LP

Total variables:                6
Nonlinear variables:            0
Integer variables:              0

Total constraints:              31
Nonlinear constraints:          0

Total nonzeros:                183
Nonlinear nonzeros:            0

Variable      Value      Reduced Cost
C0            0.3500888E+08  0.000000
C1            0.000000      81804.72
C2            0.000000      3258346.
P0            0.000000      0.1467516E-01
P1            4152.916      0.000000
P2            2132.829      0.000000
```

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kota Pekanbaru, pada tanggal 28 Agustus 1998, sebagai anak kelima dari enam bersaudara pasangan Bapak IPTU John Oktavianus dan Ibu Yetty Susanti. Penulis menyelesaikan pendidikan formal di TK Hidayatullah pada tahun 2004, Sekolah Dasar di SDN 007 Tampan, Pekanbaru pada tahun 2010. Kemudian pada tahun 2013 penulis menyelesaikan Pendidikan Lanjutan Tingkat Pertama di SMP Negeri 5 Pekanbaru dan menyelesaikan Pendidikan Menengah Atas di SMA Negeri 6 Pekanbaru tahun 2016 dengan jurusan Ilmu Pengetahuan Alam (IPA). Setelah menyelesaikan studi di tingkat SMA, pada tahun 2016 penulis melanjutkan pendidikan ke Perguruan Tinggi di Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau di Fakultas Sains dan Teknologi dengan Program Studi Matematika.

Pada bulan Februari 2019 tepatnya pada semester VI penulis melaksanakan Kerja Praktek (KP) di Dinas Tanaman Pangan Hortikultura dan Perkebunan Provinsi Riau dengan judul **“Analisis Pengaruh Perkebunan Kelapa Sawit Terhadap Perekonomian Masyarakat di Provinsi Riau Tahun 2011 – 2016”** yang dibimbing oleh Ibu Dr. Yuslenita Muda, M.Sc., dari tanggal 22 Januari sampai 22 Februari 2019 dan diseminarkan pada tanggal 04 Juli 2019. Selanjutnya di awal bulan Juli-Agustus tahun 2019, penulis mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Kelurahan Pergam, Kecamatan Rupert, Kabupaten Bengkalis Provinsi Riau. Pada tanggal 28 Juli 2020, penulis dinyatakan lulus dalam ujian sarjana dengan judul Tugas Akhir **“Model Fuzzy Linear Regression Menggunakan Triangular Fuzzy Number Simetris Berdasarkan Aturan Sturges. (Studi Kasus: Prediksi Pasokan Energi Primer di Indonesia)”** dengan Dosen pembimbing Tugas Akhir Bapak Dr. Riswan Efendi, M.Sc.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.