PERBANDINGAN METODE ARIMA DAN *FUZZY TIME SERIES* SAXENA EASO TERHADAP PERAMALAN EMISI KARBON DI INDONESIA

SKRIPSI

Disusun Oleh
AYI SALSA BELLA
H92219042

PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
SURABAYA

2023

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama	:	AYI SALSA BELLA
NIM	:	H92219042
Program Studi	:	Matematika
Angkatan	:	2019

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul "PERBANDINGAN METODE ARIMA DAN *FUZZY TIME SERIES* SAXENA EASO TERHADAP PERAMALAN EMISI KARBON DI INDONESIA". Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 13 Juli 2023

Yang menyatakan,

AYI SALSA BELLA

NIM. H92219042

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi oleh

Nama	:	AYI SALSA BELLA
NIM	:	H92219042
Judul Skripsi	:	PERBANDINGAN METODE ARIMA DAN *FUZZY TIME SERIES* SAXENA EASO TERHADAP PERAMALAN EMISI KARBON DI INDONESIA

telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Pembimbing I	Pembimbing II
Dr. Moh. Hafiyusholeh, M.Si., M.PMat.	Putroue Keumala Intan, M.Si.
NIP. 198002042014031001	NIP. 198805282018012001

Mengetahui,
Ketua Program Studi Matematika
UIN Sunan Ampel Surabaya

Yuniar Farida, M.T
NIP. 197905272014032002

PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI

Skripsi oleh

Nama	:	AYI SALSA BELLA
NIM	:	H92219042
Judul Skripsi	:	PERBANDINGAN METODE ARIMA DAN *FUZZY TIME SERIES* SAXENA EASO TERHADAP PERAMALAN EMISI KARBON DI INDONESIA

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji
pada tanggal 12 Juli 2023

Mengesahkan,
Tim Penguji

Penguji I

Ahmad Hanif Asyhar, M.Si.
NIP. 198601232014031001

Penguji II

Dr. Lutfi Hakim, M.Ag.
NIP. 197312252006041001

Penguji III

Dr. Moh. Hafiyusholeh, M.Si., M.PMat.
NIP. 198002042014031001

Penguji IV

Putroue Keumala Intan, M.Si.
NIP. 198805282018012001

Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Ampel Surabaya

Dr. H. Ad. Saepul Hamdani, M.Pd.
NIP. 196507312000031002

KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN
Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : AYI SALSA BELLA
NIM : H92219042
Fakultas/Jurusan : SAINTEK/MATEMATIKA MURNI
E-mail address : h92219042@student.uinsby.ac.id

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :
☑ Skripsi ☐ Tesis ☐ Disertasi ☐ Lain-lain (……)
yang berjudul :
PERBANDINGAN METODE ARIMA DAN *FUZZY TIME SERIES* SAXENA EASO TERHADAP PERAMALAN EMISI KARBON DI INDONESIA

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Ekslusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara ***fulltext*** untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya,

Penulis

(AYI SALSA BELLA)
nama terang dan tanda tangan

ABSTRAK

PERBANDINGAN METODE ARIMA DAN *FUZZY TIME SERIES* SAXENA EASO TERHADAP PERAMALAN EMISI KARBON DI INDONESIA

Pemanasan global dan efek rumah kaca yang menjadi permasalahan selama beberapa tahun terakhir di Indonesia merupakan akibat dari emisi karbon yang sangat tinggi. Emisi karbon sendiri adalah sumber polusi udara dari beberapa gas berbahaya yang nantinya akan terikat atmosfer bumi. Tujuan penelitian ini adalah untuk memantau perkembangan kondisi gas rumah kaca dengan melihat hasil peramalan kadar emisi karbon beberapa tahun ke depan sehingga dapat menjadi bahan pertimbangan dalam pengambilan keputusan mengenai permasalahan pemanasan global, serta untuk mengetahui hasil perbandingan antara metode ARIMA dan FTS Saxena Easo terhadap data emisi karbon di Indonesia. Data penelitian terdiri dari data deret waktu kadar emisi karbon pada tahun 1949 hingga 2021 di Indonesia. Data tersebut kemudian akan diolah menggunakan perbandingan dua metode peramalan yaitu metode ARIMA dan Fuzzy Time Series Saxena Easo dengan pertimbangan bahwa kedua metode tersebut dianggap memberikan hasil yang baik. Berdasarkan penelitian ini didapatkan hasil peramalan emisi karbon di Indonesia untuk 1 periode ke depan menggunakan metode ARIMA adalah sebesar 633.4987 juta ton CO_2 sedangkan menggunakan metode FTS Saxena Easo adalah sebesar 632.5502 juta ton CO_2. Berdasarkan nilai Mape dimana pada metode ARIMA memiliki nilai MAPE sebesar 0.124996% sedangkan pada metode FTS Saxena Easo memiliki nilai MAPE sebesar 0.021441% maka dapat disimpulkan bahwa metode FTS Saxena Easo lebih baik daripada metode ARIMA

***Kata kunci**: Emisi Karbon, ARIMA, Fuzzy Time Series Saxena-Easo, Peramalan*

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

ABSTRACT

COMPARISON OF ARIMA AND FUZZY TIME SERIES SAXENA EASO METHOD ON FORECASTING CARBON EMISSIONS IN INDONESIA

Global warming and the greenhouse effect, which has become a problem over the past few years in Indonesia, are the result of very high carbon emissions. Carbon emission itself is a source of air pollution from several harmful gases that will be bound to the earth's atmosphere. The purpose of this research is to monitor the development of greenhouse gas conditions by looking at the results of forecasting carbon emission levels for the next few years so that it can be taken into consideration in making decisions about global warming problems, also to find out the results of the comparison between the ARIMA and FTS Saxena Easo methods on carbon emission data in Indonesia. The research data consists of time series data of carbon emission levels from 1949 to 2021 in Indonesia. The data will then be processed using a comparison of two forecasting methods, namely the ARIMA and Fuzzy Time Series Saxena Easo methods with the consideration that both methods are considered to provide good results. Based on this research, the results of carbon emission forecasting in Indonesia for the next 1 period using the ARIMA method is 633.4987 million tons CO_2 while using the Saxena Easo Fuzzy Time Series method is 632.5502 million tons CO_2. Based on the Mape value where the ARIMA method has a MAPE value of 0.124996% while the FTS Saxena Easo method has a MAPE value of 0.021441%, it can be concluded that the FTS Saxena Easo method is better than the ARIMA method.

***Keyword**: Carbon Emissions, ARIMA, Fuzzy Time Series Saxena-Easo, Forecasting*

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL . . . . . **i**

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING . . . . . **ii**

PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI . . . . . **iii**

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN . . . . . **iv**

MOTTO . . . . . **v**

HALAMAN PERSEMBAHAN . . . . . **vi**

KATA PENGANTAR . . . . . **vii**

DAFTAR ISI . . . . . **ix**

DAFTAR TABEL . . . . . **xii**

DAFTAR GAMBAR . . . . . **xiii**

ABSTRAK . . . . . **xiv**

ABSTRACT . . . . . **xv**

I PENDAHULUAN **1**

1.1. Latar Belakang Masalah 1

1.2. Rumusan Masalah 7

1.3. Tujuan Penelitian 7

1.4. Manfaat Penelitian 7

1.5. Batasan Masalah 8

1.6. Sistematika Penulisan 8

II TINJAUAN PUSTAKA **10**

2.1. Emisi Karbon di Indonesia 10

2.2. Peramalan (*Forecasting*) 12

2.3. *Time Series* (Data Deret Waktu) 14

2.4. *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) 16

2.4.1. Kestasioneran Data 18

2.4.2. Identifikasi Model Sementara 21

2.4.3. Estimasi Parameter Model 22

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

2.4.4. Uji Signifikasi Parameter 27
2.4.5. Pemeriksaan Diagnostik 28
2.5. Konsep Dasar *Fuzzy Time Series* 30
2.5.1. Logika *Fuzzy* 30
2.5.2. Himpunan *Fuzzy* 31
2.6. *Fuzzy Time Series* Saxena Easo 32
2.6.1. Presentase Perubahan Data Historis 32
2.6.2. Penentuan Interval dan Sub Interval Kelas 32
2.6.3. *Fuzzyfikasi* 33
2.6.4. *Defuzzyfikasi* 34
2.7. Nilai Peramalan Data 35
2.8. Nilai Ketepatan Metode Peramalan 35
2.9. Integrasi Keislaman 36
III METODE PENELITIAN 40
3.1. Jenis Penelitian 40
3.2. Sumber Data 40
3.3. Tahapan Penelitian 41
IV HASIL DAN PEMBAHASAN 45
4.1. Identifikasi Plot Data *Time Series* 45
4.2. Peramalan dengan Metode ARIMA 46
4.2.1. Uji Stationeritas 46
4.2.2. Identifikasi Model 49
4.2.3. Uji Diagnostik Model 57
4.2.4. Hasil Peramalan 58
4.3. Peramalan dengan Metode FTS Saxena Easo 59
4.3.1. Penentuan Persentase Perubahan Data 60
4.3.2. Pembentukan Interval dan Subinterval 60
4.3.3. *Fuzzyfikasi* 63
4.3.4. *Defuzzyfikasi* 64
4.3.5. Hasil Peramalan 66

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

4.3.6. Perbandingan Hasil Peramalan Metode ARIMA dan FTS Saxena Easo 67
4.4. Pembahasan 70
V PENUTUP 73
5.1. Kesimpulan 73
5.2. Saran 73
DAFTAR PUSTAKA 73

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

DAFTAR TABEL

2.1 Ketentuan transformasi Box-Cox 21
2.2 Ketentuan penentu komponan AR dan MA 22
2.3 Kriteria MAPE 36

3.1 Data Emisi Karbon di Indonesia 41

4.1 Hasil Uji ADF 48
4.2 Hasil Uji ADF Setelah *Differencing* 48
4.3 Estimasi Parameter Model 51
4.4 Uji Signifikansi Parameter 54
4.5 Uji Diagnostik Model 58
4.6 Hasil Peramalan ARIMA 59
4.7 Tebel Presentase Perubahan 60
4.8 Sebaran Interval 62
4.9 Interval Baru (Subinterval) 63
4.10 Titik Tengah Tiap Himpunan *Fuzzy* 64
4.11 *Fuzzy Set* Data Emisi Karbon 66
4.12 Hasil Peramalan FTS Saxena Easo 67
4.13 Perbandingan ARIMA dan FTS Saxena Easo 68
4.14 Hasil Perhitungan MAPE 69

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

2.1 Plot pola data *Time Series* 15

3.1 *Flowchart* 44

4.1 *Plot* Data Emisi Karbon di Indonesia 45

4.2 *Plot* Box-Cox Data Emisi Karbon 46

4.3 *Plot* Box-Cox Hasil Transformasi Data Emisi Karbon 47

4.4 *Plot* ACF & PACF 49

4.5 *Plot* ACF & PACF setelah *Differencing* 50

4.6 *Perbandingan Hasil Prediksi* 69

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Kualitas udara saat ini cukup memprihatinkan, sedangkan udara sangatlah penting bagi keberlangsungan hidup manusia. Udara termasuk salah satu dari elemen terpenting bagi kehidupan yaitu sebagai sumber pernapasan yang seharusnya didapat dari udara bersih (Suwandi et al., 2022). Menurut WHO (2018), terdapat sekitar 90% makhluk hidup di dunia bernafas dengan udara yang mengandung polutan beracun yang sangat membahayakan nyawa. Kondisi tersebut diakibatkan oleh rendahnya kualitas udara yang nantinya dapat memberikan konsekuensi yang berjangka panjang seperti pemanasan global atau efek gas rumah kaca antropogenik (Yusuf et al., 2022). Salah satu penyebab efek gas rumah kaca dan penyumbang utama pemanasan global tersebut berasal dari emisi karbon dimana presentasenya mencapai 56% (Han et al., 2021).

Emisi karbon merupakan gas hasil dari aktivitas pembakaran senyawa antara lain yaitu CO_2, CH_4, CFC, O_3 dan N_2O (Pratama and Kunci, 2019). Apabila gas-gas pembentuk emisi karbon tersebut meningkat secara berlebihan, maka panas matahari yang seharusnya dipantulkan oleh bumi dan diteruskan ke luar angkasa akan kembali diserap oleh bumi dikarenakan adanya gas rumah kaca yang berada di atmosfer bumi (Latuconsina, 2020). Sehingga, jika semakin banyak gas rumah kaca pada atmosfer bumi, maka akan bertambah banyak pula panas akibat cahaya matahari yang akan terjebak di bumi dan dapat meningkatkan suhu

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

dari permukaan bumi (Pratama and Kunci, 2019). Apabila kestabilan atmosfer terganggu, hal tersebut dapat sangat berbahaya bagi kehidupan manusia karena dapat menimbulkan ketidakharmonisan alam.

Sejauh ini, Indonesia telah mengalami perubahan yang dramatis dalam masalah kualitas udaranya. Sebelumnya, negara Indonesia termasuk dari salah satu negara terbersih di dunia, namun kini menjadi salah satu dari pemeringkatan 20 negara yang paling tercemar, karena konsentrasi emisi karbon yang meningkat (Greenstone and Fan, 2019). Sedangkan penghasil emisi karbon tertinggi di Indonesia berasal dari gas CO_2 yang selama ini telah mencapai angka tertinggi 659.44 juta ton CO_2 (Ritchie et al., 2020). Peningkatan konsentrasi CO_2 di Indonesia saat ini memiliki kontribusi sudah lebih dari 40% di atmosfer bumi (Latuconsina, 2020). Peningkatan konsentrasi tersebut dapat menyebabkan suhu bumi menjadi semakin panas karena menyerap lebih banyak emisi.

Sebelum revolusi Industri, kondisi emisi karbon di Indonesia masih sangatlah rendah. Pertumbuhan emisi masih relatif lambat hingga tahun 1989, lalu secara drastis naik selama 8 tahun berturut-turut hingga mencapai lebih dari 200 juta ton dan terus mengalami kenaikan yang signifikan kemudian menurun pesat setara dengan angka empat tahun sebelumnya. Namun hingga saat ini emisi masih terus meningkat setiap tahun meskipun beberapa kali sempat mengalami penurunan pada tahun 2006, 2008, 2013, 2014 dan terakhir 2020 (Ritchie et al., 2020).

Menurut *Living Air Quality Index* (AQLI) tingkat polusi saat ini dapat memengaruhi rata-rata penduduk di Indonesia dimana hal tersebut dapat menyebabkan hilangnya harapan hidup sebesar 1.2 tahun akibat kualitas udara yang tidak memenuhi pedoman Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) (Greenstone

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

and Fan, 2019). Indonesia masih belum memiliki standar nasional terhadap pencemaran udara. Permasalahan udara tersebut dapat diatasi salah satunya yaitu dengan cara pengurangan konsentrasi emisi karbon. Oleh karena itu perlu adanya pemantauan terhadap perkembangan kondisi gas rumah kaca secara terus menerus yang dapat dilihat dengan melakukan peramalan kadar emisi karbon agar dapat mengetahui bagaimana kontribusinya terhadap tingkat pemanasan global di masa yang akan datang sehingga hal tersebut dapat menjadi salah satu aspek yang yang dapat dipertimbangkan dalam pengambilan keputusan yang bijak.

Allah telah menciptakan akan sesuatu di Bumi dengan tujuan agar manusia mengerti dan belajar darinya agar terus mengagungkan ciptaan-Nya. Maka jika banyak manusia yang berbuat kerusakan sungguh mereka termasuk orang-orang yang mempersekutukan Allah. Allah berfirman dalam QS Ar-Rum :41-42 yang berbunyi:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا
لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ ﴿٤١﴾ قُلْ سِيرُوا فِي الْأَرْضِ فَانْظُرُوا كَيْفَ كَانَ عَاقِبَةُ الَّذِينَ مِنْ قَبْلُ
كَانَ أَكْثَرُهُمْ مُشْرِكِينَ ﴿٤٢﴾

Artinya: "Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar), Katakanlah: "Adakanlah perjalanan di muka bumi dan perhatikanlah bagaimana kesudahan orang-orang yang terdahulu. Kebanyakan dari mereka itu adalah orang-orang yang mempersekutukan (Allah)". (QS. Ar Rum: 41-42)

Allah menciptakan Jin dan Manusia untuk beribadah kepada-NYA juga

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

memberikan manusia kedudukan sebagai khalifah di bumi. Sebagai khalifah, manusia memiliki tugas memanfaatkan, mengelola dan memelihara. Tetapi seringkali manusia lalai dengan kedudukannya sebagai khalifah di bumi. Pemanfaatan yang mereka lakukan terhadap alam seringkali tidak diiringi dengan usaha pelestarian. Keserakahan dan perlakuan buruk sebagian manusia terhadap alam justru mengakibatkan kerusakan dan kesengsaraan kepada manusia itu sendiri, salah satu contohnya yaitu banyak didirikannya pabrik-pabrik tanpa memperhatikan amdal seperti kadar emisi yang dihasilkan, namun hanya memikirkan keuntungannya sendiri. Maka sesungguhnya Allah dapat memberikan akibat yang besar yang tidak diduga duga seperti menipisnya lapisan ozon di langit, sinar matahari yang lebih tajam, kerusakan hutan dan bencana bencana alam lainnya.

Peramalan tentang emisi karbon penting dilakukan karena dapat digunakan untuk melihat kondisi kedepan dan dapat menjadi gambaran akan perubahan kenaikan ataupun penurunan sehingga dapat dilakukan upaya untuk menangani terjadinya pemanasan global. Penelitian sebelumnya yang membahas mengenai peramalan emisi karbon yaitu penelitian oleh Suwandi et al. (2022) yang menggunakan perbandingan metode SARIMA dan LSTM yang memiliki hasil terbaik dengan nilai MAPE sebesar 0.540% pada metode LSTM dimana berarti bahwa metode LSTM lebih baik dibandingkan dengan metode ARIMA. Selain itu penelitian oleh Ramadian et al. (2022) membahas mengenai peramalan emisi CO_2 menggunakan metode ARIMA dengan nilai MAPE sebesar 1.708%. Ada pula penelitian oleh Gao et al. (2021) membahas mengenai peramalan emisi karbon menggunakan *Fractional Grey Riccati Model* (FGRM) dengan nilai MAPE sebesar 2.17%.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

Data emisi karbon yang berhasil dikumpulkan diketahui memiliki jenis data *time series* yang terdiri atas kumpulan data berdasarkan interval waktu tahunan yang konsisten. Data dengan jenis data *time series* biasa digunakan dalam peramalan. Sehingga akan dilakukan peramalan terhadap perkembangan kadar emisi karbon di Indonesia. Peramalan akan dilakukan dengan membandingkan dua metode yaitu ARIMA dan FTS Saxena Easo untuk mendapatkan hasil peramalan terbaik. Kedua metode tersebut perlu dibandingkan mengingat karakteristik keduanya yang hampir bertolak belakang dalam meramalkan data *time series*, dimana dengan adanya perbedaan karakteristik tersebut dapat menjadi sebuah celah dalam melihat keefektifan antara metode konvensional dan *soft computing* terhadap peramalan data *time series*.

Beberapa penelitian tentang perbandingan metode ARIMA dan *Fuzzy Time Series* yang telah dilakukan antara lain yaitu penelitian oleh Tauryawati and Irawan (2014) tentang prediksi pergerakan IHSG menggunakan perbandingan metode *Fuzzy Time Series* Cheng dengan metode Box Jenkins diperoleh hasil terbaik yaitu menggunakan metode *Fuzzy Time Series* Cheng dengan nilai MAPE sebesar 1.0022%. Selain itu penelitian oleh Qalbi et al. (2021) tentang peramalan data inflasi di Indonesia menggunakan perbandingan metode *Fuzzy Time Series* dan ARIMA diperoleh hasil terbaik yaitu menggunakan metode ARIMA dengan nilai MAPE sebesar 64.98%.

Metode ARIMA merupakan metode peramalan yang memperhatikan kaidah-kaidah pada pola data deret waktu dan metode tersebut dianggap cukup baik dalam meramalkan data deret waktu jangka pendek yang tergantung pada dimensi waktu diketahui dengan menggunakan data non stasioner pada saat linier (Wiyanti and Pulungan, 2022). ARIMA memiliki kelebihan paling banyak

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

dibandingkan dengan metode *time series* konvensional lainnya seperti metode Jaringan Saraf Tiruan (JST) yang proses pelatihannya cenderung lambat dan metode *Exponential Smoothing* yang hanya dapat digunakan pada model data tertentu. Sehingga ARIMA dianggap lebih populer dalam melakukan peramalan *time series* konvensional karena dianggap fleksibel dan dapat mewakili lebih banyak variasi data pada deret waktu tertentu (Adhikari and Agrawal, 2018).

Sedangkan metode *Fuzzy Time Series* berfokus pada peramalan di bawah ketidakpastian, dimana metode tersebut tidak memperhatikan kaidah-kaidah data deret waktu (Fernando et al., 2022). Metode FTS Saxena Easo adalah metode yang dikembangkan untuk memecahkan masalah peramalan dengan menggunakan data deret waktu berdasarkan hasil dari modifikasi penentuan interval *fuzzy* menjadi beberapa subinterval berdasarkan jumlah frekuensi pada setiap interval awal (Stevenson and Porter, 2009). Peramalan menggunakan *Fuzzy Time Series* memiliki kelebihan yaitu prosesnya yang tidak rumit seperti beberapa *learning system* diantaranya *genetic algorithm* dan *artificial neural network* (Nababan and Alexander, 2020). Sehingga penelitian menggunakan metode *Fuzzy Time Series* ini semakin sering digunakan.

Berdasarkan perbedaan kedua metode tersebut, akan dilihat metode manakah yang lebih cocok dengan data penelitian yang digunakan sehingga dapat memberikan hasil ramalan yang akurat dan dapat dianggap efektif untuk mengetahui kenaikan dan atau penurunan emisi karbon di Indonesia pada masa mendatang dan seberapa besar selisih antara hasil ramalan dan data aktualnya. Sehingga judul pada penelitian ini yaitu "Perbandingan Metode ARIMA dan *Fuzzy Time Series* Saxena Easo Terhadap Peramalan Emisi Karbon di Indonesia" yang diharapkan hasil dari penelitian ini dapat dijadikan acuan bagi Indonesia

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

kedepannya agar dapat dilakukan tindakan yang tepat dalam menangani masalah emisi karbon di masa yang akan datang.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka rumusan masalah yang akan dibahas yaitu:

1. Bagaimana hasil peramalan emisi karbon di Indonesia 1 periode ke depan menggunakan ARIMA dan FTS Saxena Easo?
2. Bagaimana perbandingan hasil evaluasi model peramalan emisi karbon dengan metode ARIMA dan FTS Saxena Easo?

1.3. Tujuan Penelitian

Dilihat dari rumusan masalah yang telah didapatkan, tujuan dari peneliti dalam melakukan penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui hasil peramalan emisi karbon di Indonesia 1 periode ke depan menggunakan ARIMA dan FTS Saxena Easo
2. Untuk mengetahui hasil perbandingan peramalan emisi karbon dengan metode ARIMA dan FTS Saxena Easo.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian dalam melakukan penelitian ini yaitu:

1. Secara Teoritis

   Diharapkan agar dapat menjadi bahan referensi dalam melakukan penelitian serta dapat menambah wawasan seputar metode ARIMA dan *Fuzzy Time*

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

Series

2. Secara Praktis

   Diharapkan agar dapat membantu pemerintah dalam melakukan penyusunan kebijakan terkait perkembangan kadar emisi karbon yang ada di Indonesia

1.5. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini yaitu variabel yang diteliti adalah data kadar emisi karbon (CO_2) di Indonesai dari tahun 1949 sampai dengan tahun 2021.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada penelitian ini yaitu terdapat lima bagian, dimana bagian-bagian tersebut adalah diawali dengan pendahuluan, tinjauan pustaka, dan metode penelitian. Bagian-bagian tersebut akan dijabarkan sebagaimana berikut ini:

1. BAB I PENDAHULUAN

   Bab ini berisikan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan. Mulai dari gambaran umum mengenai emisi karbon hingga alasan menggunakan FTS Saxena Easo dalam peramalan emisi karbon di Jawa Timur.

2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

   Bab ini menjelaskan secara rinci, dimulai dari penjelasan tentang Perubahan Iklim, Gas Rumah Kaca, Emisi Karbon, Metode ARIMA, Metode FTS dan Integrasi Keislaman.

3. BAB III METODE PENELITIAN

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

Bab ini berfokus jenis penelitian dan sumber data apa yang digunakan, alur penelitiannya, dan flowchart metode penelitian.

4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

   Bab ini membahas mengenai hasil dari peramalan emisi karbon di Indonesia menggunakan perbandingan metode ARIMA dan FTS Saxena Easo serta menjawab poin-poin dalam rumusan masalah.

5. BAB V PENUTUP Bab ini berisi kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian dan terdapat saran perbaikan agar membantu penelitian- penelitian selanjutnya

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Emisi Karbon di Indonesia

Emisi erat kaitannya dengan perpindahan suatu benda atau materi (Wirana et al., 2019). Menurut Kamus *Cambridge*, emisi mengacu pada banyaknya gas, panas, cahaya dan lainnya yang dilepaskan ke udara (Huang et al., 2018). Emisi karbon sendiri adalah pelepasan senyawa-senyawa karbon ke atmosfer bumi akibat fenomena dan kejadian yang terjadi secara alami maupun akibat aktivitas manusia, seperti deforestasi, pembakaran bahan bakar fosil dan penggunaan lahan yang tidak berkelanjutan (Maulidiavitasari and Yanthi, 2021). Emisi karbon dapat berupa gas seperti karbon dioksida (CO_2), metana (CH_4), *Chloro Fluoro Carbon* (CFC), ozon (O_3) dan oksida nitrat (N_2O) (Ritonga et al., 2021).

Emisi karbon yang berlebihan akan dapat menimbulkan dampak negatif bagi kesehatan manusia dan lingkungan (Kurnia and Sudarti, 2021). Hal tersebut dapat terjadi karena pada dasarnya radiasi energi matahari sebagian besar akan diserap oleh bumi untuk menghangatkan bumi dan sebagiannya lagi akan diradiasikan kembali ke angkasa. Akan tetapi karena adanya emisi karbon yang berlebihan dan terperangkap di atmosfer bumi maka lapisan gas rumah kaca menebal sehingga sebagian energi matahari akan terperangkap dalam atmosfer dan meningkatkan suhu atmosfer bumi (Wirana et al., 2019). Akan ada banyak dampak yang terjadi apabila emisi karbon terus meningkat antara lain yaitu perubahan iklim, kenaikan suhu global, peningkatan intensitas cuaca ekstrem, dan penurunan

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A
http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

kualitas udara (Susilawati, 2021).

Menurut laporan dari LIPI (Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia), emisi karbon Indonesia meningkat sebesar 18 persen dari tahun 2012 hingga 2017 (Sambodo, 2019). Pada tahun 2018, Indonesia berhasil menurunkan emisi karbon sebesar 8,7% dari target yang diinginkan yaitu sebesar 834 Juta Ton CO_2 (Sutrisno, 2022). Tidak hanya itu, pandemi Covid-19 juga turut membantu mengurangi emisi karbon di Indonesia hingga 59 juta ton CO_2 di sepanjang tahun 2020 (Mongabay, 2019). Namun, Global *Carbon Project* mengatakan bahwa di tahun 2020 Indonesia masuk pada 10 peringkat daftar negara penyumbang emisi karbon tertinggi di dunia bersama China, Amerika Serikat, Uni Eropa, India, Rusia, Jepang, Iran, Jerman dan Arab Saudi (Ciais et al., 2021). Terakhir, emisi karbon yang dihasilkan Indonesia pada tahun 2021 memiliki total 0,62 miliar ton per tahun dimana persentase peningkatannya 1,8 persen, kenaikan tersebut sebagian besar berasal dari berbagai sektor, seperti transportasi, industri, dan pembangkit listrik (Sambodo, 2019).

Tantangan Indonesia untuk mencapai *Net Zero Emission* melalui pembangunan rendah karbon membutuhkan biaya investasi yang sangat besar (Limanseto, 2022). Indonesia dalam *Nationally Determined Contribution* (NDC) saat ini tengah berencana untuk mengurangi emisi dengan bantuan internasional sebesar 41% dan diikuti dengan upaya sendiri sebesar 29% (Sambodo, 2019). Sebenarnya kebijakan dalam pembangunan program rendah karbon telah tertulis dalam keputusan Presiden No. 61 Tahun 2011 yang berdampak pada rencana penurunan emisi gas rumah kaca (Anwar et al., 2020). Saat ini Indonesia menempati urutan ke-8 dalam penyumbang emisi karbon terbesar di dunia (BPKM, 2020). Hal ini menunjukkan bahwa upaya pemerintah untuk mengurangi

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

emisi karbon masih belum optimal. Masih diperlukan upaya yang lebih besar dan terintegrasi dari pemerintah, masyarakat, dan sektor swasta untuk mengurangi emisi karbon dan mencapai target netral karbon.

Besaran emisi dapat dilihat dengan melakukan pengukuran jejak karbon (Hendra, 2016). Jejak karbon sendiri adalah jumlah karbon atau gas emisi yang dihasilkan dari berbagai kegiatan manusia pada kurun waktu tertentu, antara lain yaitu jumlah emisi gas rumah kaca yang dihasilkan oleh suatu substansi, dimana substansi tersebut terdapat suatu pola, peristiwa, produk dari individu (Ismail, 2020). Sehingga dapat dikatakan bahwa emisi karbon timbul dari kegiatan konsumsi dan produksi sehari-hari (Khumaidi et al., 2020). Oleh karena itu, upaya untuk mengurangi emisi karbon sangat penting dilakukan untuk menjaga keberlangsungan hidup di bumi seperti menanam pohon, mengganti penggunaan energi terbarukan, memakai transportasi umum, memaksimalkan efisiensi energi di rumah, mendukung peternakan berkelanjutan, meminimalisir limbah makanan dan lain-lain (Tosiani, 2018). Selain itu, pemerintah juga dapat mengambil tindakan untuk menurunkan emisi karbon, seperti mengesahkan peraturan tentang nilai ekonomi karbon dan menetapkan target pengurangan emisi karbon

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

2.2. Peramalan (*Forecasting*)

Peramalan merupakan kegiatan untuk memperkirakan atau memprediksi sebuah peristiwa di masa mendatang didasarkan data di masa sebelumnya (Arumsari and Dani, 2021). Peramalan sendiri dapat dijadikan dasar dalam perencanaan suatu hal dalam jangka pendek, menengah maupun panjang. Peramalan menjadi alat penting dalam merencanakan kondisi ke depan dengan efektif dan efisien (Sinaga and Irawati, 2018). Tujuan dari peramalan yaitu mengurangi ketidakpastian dan memberikan tolok ukur untuk memantau kinerja

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

yang sebenarnya (Yuma, 2018).

Terdapat beberapa metode dalam teknik peramalan yang dapat digunakan untuk meramalkan berbagai pola data yang berbeda-beda. Menurut sifatnya, teknik peramalan dibagi menjadi dua kategori utama, yaitu (Ginantra and Anandita, 2019):

1. Metode peramalan kualitatif atau teknologis

   Peramalan dengan menggunakan metode kualitatif ini didasarkan pada data kualitatif historis. Hasil peramalan dari metode ini sangat bergantung pada penulis karena hasil peramalan didorong oleh pemikiran, pendapat, dan pengetahuan intuitif penulis. Metode kualitatif atau teknologis ini terbagi atas metode penelitian dan metode normatif.

2. Metode peramalan kuantitatif

   Peramalan dengan menggunakan metode kuantitatif ini didasarkan pada data kuantitatif sebelumnya. Hasil ramalan sangat tergantung metode peramalan. Jika metode yang digunakan berbeda maka akan diperoleh hasil peramalan yang berbeda pula. Bagus atau tidaknya suatu metode tergantung dari seberapa besar selisih atau *varians* antara hasil peramalan dengan fakta di lapangan. Semakin kecil perbedaan antara hasil ramalan dan fakta yang ada, berarti metode yang digunakan semakin baik. Peramalan menggunakan metode kuantitatif dapat digunakan ketika memenuhi syarat-syarat berikut.

   (a) Memiliki informasi di masa lampau

   (b) Informasi yang dimiliki dapat dikuantifikasi menjadi data

   (c) Informasi yang dimiliki dapat diasumsikan jika aspek-aspek dari pola masa lampau tersebut akan dapat terus berlanjut ke masa depan

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

2.3. *Time Series* (Data Deret Waktu)

Time series (data deret waktu) merupakan susunan data berdasarkan periode waktu, yang mana data tersebut dikumpulkan dari waktu ke waktu (Nababan and Alexander, 2020). Pada analisis deret waktu, dimensi waktu merupakan aspek yang penting. Dimensi waktu tersebut antara lain yaitu mingguan, bulanan atau tahunan. Oleh karena itu, informasi data statistik dikumpulkan dan diperiksa secara berkala pada interval tertentu (Tanto and Riswanto, 2022).

Data di masa lalu sangat penting dalam memprediksi kondisi masa depan, berdasarkan penelitian sebelumnya pun telah menunjukkan bahwa mereka tidak menunjukkan pola pergerakan yang benar-benar acak. Pergerakan data masa lalu memiliki karakteristik tertentu yang biasanya digunakan sebagai dasar analisis prediktif. Dari waktu ke waktu, data masa lalu tampaknya menunjukkan pola tertentu sampai batas tertentu (Hernadewita et al., 2020). Terdapat empat pola data yang biasa ditemui dalam analisis deret waktu, yaitu (Deviana et al., 2021):

1. Horizontal

   Pola data horizontal merupakan data dari hasil pengamatan yang berfluktuasi di sekitar rata-rata yang bergerak secaera konstan. Misalnya, penjualan bulanan suatu produk yang gagal mengalami peningkatan atau malah mengalami penurunan dari waktu ke waktu secara berkelanjutan. Bentuk pola data horizontal dapat dilihat pada gambar 2.1 (a).

2. Musiman

   Pola data musiman merupakan data dari hasil pengamatan yang dipengaruhi pada musim, beberapa tanda dapat diperhatikan seperti perubahan secara berulang untuk setiap tahun, bulan, atau hari tertentu dalam satu minggu.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

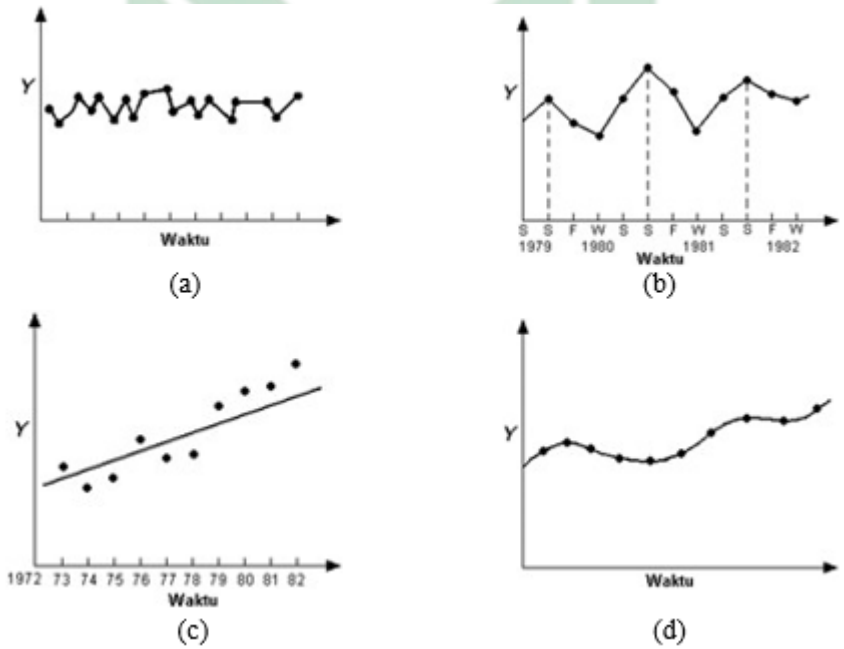
Misalnya pada pola data pembelian minuman bersoda. Bentuk pola data musiman dapat dilihat pada gambar 2.1 (b).

3. Pola Trend

Pola data trend merupakan data pengamatan dimana data tersebut memiliki pola naik atau turun pada jangka dan jarak waktu yang berjalan lama. Misalnya data penjualan beberapa perusahaan, GDP dan indikator ekonomi atau bisnis lainnya. Bentuk pola data trend dapat dilihat pada gambar 2.1 (c).

4. Siklis

Pola data siklis adalah data pengamatan yang mengalami kejadian fluktuasi seperti gelombang pada sekitar pola dari garis tren dalam jarak waktu yang lama. Misalnya pada data penjualan mobil. Bentuk pola data siklis dapat dilihat pada gambar 2.1 (d).



Gambar 2.1 Plot pola data *Time Series*

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

2.4. *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA)

Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) merupakan salah satu metode Box dan Jenkins karena metode ARIMA ini digunakan dan dikembangkan oleh George Box dan Gwilym Jenkins. ARIMA dapat digunakan pada analisis, peramalan dan pemantauan dari data deret waktu. ARIMA juga memiliki model yang dimana ARIMA adalah model yang mengabaikan secara penuh variabel independen saat memperoleh hasil prediksi. Nilai-nilai pada ARIMA yang digunakan untuk peramalan merupakan nilai historis dan variabel dependen merupakan nilai saat ini untuk membuat prakiraan jangka waktu yang pendek namun akurat (Tasna Yunita, 2020).

Model ARIMA untuk data yang tidak mengandung pola musiman dinotasikan dengan derajat (p,d,q), dimana secara berurutan memiliki makna yaitu nilai p adalah derajat dari *Autoregressive* (AR), d adalah derajat dari *differencing* dan q adalah derajat dari *Moving Average* (MA). Model-model dalam metode ARIMA akan dijelaskan sebagai berikut (Salwa et al., 2018).

1. Model *Autoregressive* (AR)

   Model *Autoregressive* (AR) diperkenalkan oleh Yule (1926) yang kemudian dikembangkan oleh Walker (1931). Model AR adalah jenis regresi yang menghubungkan nilai yang diamati saat ini dengan nilai yang diamati sebelumnya pada interval waktu tertentu (Ramadian et al., 2022). Notasi AR (p) dalam model *Autoregressive* orde p menunjukkan jumlah nilai *historis* yang digunakan dalam model. Bentuk umum dari model *Autoregressive* dapat dituliskan sebagai berikut (Munarsih, 2017).

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + ... + \phi_p Z_{t-p} + e_t \tag{2.1}$$

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

Dimana,

Z_t : nilai pengamatan waktu ke-t

ϕ_p : parameter komponen AR orde p

e_t : nilai error pada waktu ke-t

2. Model *Moving Average* (MA)

Moving Average (MA) digunakan untuk menjelaskan fenomena ketika pengamatan pada waktu t dinyatakan sebagai kombinasi linier dari beberapa kesalahan acak. Model *Moving Average* (MA) diperkenalkan oleh Slutzky pada tahun 1973 dan dikembangkan oleh Wadsworth pada tahun 1989 (Munarsih, 2017). Notasi MA (q) dalam model *Moving Average* orde q menunjukkan jumlah nilai data *time series* pada waktu t dipengaruhi oleh faktor kesalahan pada periode saat ini dan faktor kesalahan di masa lalu (Deviana et al., 2021). Bentuk umum dari model *Moving Average* dapat dituliskan sebagai berikut (Munarsih, 2017):

$$Z_t = (1 - \theta_1 B - \cdots - \theta_q B^q)\, e_t \tag{2.2}$$

Dimana,

θ_q : parameter komponen MA orde q

B : operator backshift

3. Model *Autoregressive-Moving Average* (ARMA)

Model ARMA adalah kombinasi model AR dan MA, dimana model ARMA memiliki asumsi bahwa data pada periode saat ini dipengaruhi oleh data pada periode sebelumnya dan nilai residual periode sebelumnya. (Ramadian et al., 2022). Bentuk umum dari model ordo p (AR(p)) dan ordo q (MA(q)) dapat

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

dituliskan sebagai berikut (Munarsih, 2017):

$$\phi_p(B)Z_t = \theta_q(B)e_t \tag{2.3}$$

4. Model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA)

   Model ARIMA terdiri dari tiga fase dasar, yaitu fase identifikasi, fase evaluasi dan pengujian, serta studi diagnostik. Selain itu, model ARIMA dapat digunakan untuk peramalan jika model yang diperoleh mencukupi (Ramadian et al., 2022). Model AR, MA, dan ARMA menggunakan asumsi bahwa data *time series* yang dianalisis stasioner. *Mean* dan *varians* dari data deret waktu adalah konstan dan tidak mempengaruhi kovarian. Pada kenyataannya, data deret waktu cenderung bersifat sementara, yaitu. terintegrasi Untuk membuatnya stasioner, dilakukan diferensiasi-d sehingga proses stasionernya dinyatakan sebagai ARIMA (p,d,q), yang dapat dinyatakan dengan persamaan berikut (Munarsih, 2017).

$$\phi_p(B)(1-B)^d Z_t = \theta_0 + \theta_q(B)e_t \tag{2.4}$$

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

Dimana,

$(1-B)^d$: pembedaan orde d

2.4.1. Kestasioneran Data

Kestasioneran data memiliki arti bahwa ketidakstabilan data berkisar di antara rata-rata dan *varians* per periode yang konstan. Stasioneritas data sangatlah penting karena syarat dari ARIMA merupakan data stasioner yang dapat digunakan (Lestari and Wahyuningsih, 2019).

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

Pendekatan untuk mengontrol persistensi suatu data bisa bersifat informal dan formal. Dimana untuk pendekatan yang bersifat informal dapat dilakukan dengan melihat plot data, yang secara sederhana dapat diuraikan sebagai berikut (Citra Ramadhani et al., 2019).

1. Jika saat data diplot dan tidak terdapat tanda-tanda perubahan nilai *mean* dari waktu ke waktu, maka dapat dianggap data tersebut telah stasioner terhadap *mean*.
2. Jika plot data tidak menunjukkan nilai *varians* yang signifikan terhadap waktu, maka dapat dianggap bahwa data telah memiliki *varians* yang stasioner.
3. Jika plot data menunjukkan nilai *mean* yang menyimpang sementara, dapat dianggap bahwa data tidak stasioner terhadap *mean*.
4. Jika data memiliki nilai *mean* yang menyimpang (berubah dari waktu ke waktu) dan *varians*nya tidak konsisten dari waktu ke waktu, maka dapat dianggap bahwa data tidak stasioner terhadap *mean* dan *varians*.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

Secara formal, dalam memeriksa data yang stasioner terhadap *mean* dapat menggunakan uji root test, yaitu Augmented Dickey-Fuller (ADF), yang ditunjukkan melalui persamaan berikut

$$\Delta Y_t = \beta_0 + \beta_1 Y_{t-1} + e_t \tag{2.5}$$

Dimana,

ΔY_t : pembedaan pertama dari Y saat t dengan Y saat t-1

β_0, β_1 : parameter, dimana

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

Terdapat hipotesis pada nilai β_1 yaitu:

$H_0 : \beta_1 = 1$ (Tidak stasioner)

$H_1 : \beta_1 < 1$ (Stasioner)

dengan statistik uji:

$$\tau_{hitung} = \frac{\rho}{SE(\rho)} \tag{2.6}$$

Dimana,

ρ : nilai koefisien parameter

$SE(\rho)$: standar eror parameter

Berdasarkan keterangan di atas H_0 akan ditolak ketika nilai τ_{hitung} lebih kecil daripada τ_{tabel} atau *p-value* $< \alpha$ dengan nilai $\alpha = 0.05$ (Citra Ramadhani et al., 2019).

Selain itu, apabila data tidak stasioner terhadap *mean*, maka perlu dilakukan *differencing* yaitu proses mengubah data menjadi statisioner yang bisa didapat dengan mencari satu periode data ke periode berikutnya menggunakan persamaan berikut (Ainiyah and Bansori, 2021)

$$w_t = Y_t - Y_{t-1} \tag{2.7}$$

Dimana,

w_t : nilai differencing

Y_t : nilai data saat t

Y_{t-1} : nilai data saat t-1

Kemudian, dalam memeriksa data yang stasioner terhadap *varians* dapat dilihat dengan menggunakan analisis transformasi Box Cox, terdapat penggunaan

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

transformasi dengan parameter tunggal, yang dinotasikan sebagai λ, yang digunakan untuk memperoleh transformasi variabel respon Y menjadi Y^{λ}. Persamaan Box-Cox transformation dapat dituliskan sebagai berikut (Tasna Yunita, 2020):

$$T(Z_t) = \frac{Z_t^{\lambda} - 1}{\lambda}, \lambda \neq 0 \tag{2.8}$$

$$\lim_{\lambda \to 0} T(Z_t) = \lim_{\lambda \to 0} \frac{Z_t^{\lambda} - 1}{\lambda} = \ln(Z_t), \lambda = 0 \tag{2.9}$$

Dimana,

λ = nilai estimasi dari parameter transformasi

Z_t = variabel Z pada waktu ke-t

Bentuk transformasi Box-Cox yang sesuai ditunjukkan dengan aturan seperti pada tabel berikut (Woodward et al., 2020).

Tabel 2.1 Ketentuan transformasi Box-Cox

Rounded Value (λ)	Transformasi
-1.0	$\frac{1}{Z_t}$
-0.5	$\frac{1}{\sqrt{Z_t}}$
0.0	lnZ_t
0.5	$\sqrt{lnZ_t}$
1.0	Z_t (tanpa transformasi)

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

2.4.2. Identifikasi Model Sementara

Untuk menentukan model ARIMA sementara dapat diidentifikasi dengan melihat plot Autocorrelation (ACF) dan Partial Autocorrelation (PACF) dari data yang stasioner. Nilai komponen AR dan MA dapat ditentukan dengan aturan berikut.

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

Tabel 2.2 Ketentuan penentu komponan AR dan MA

Model	ACF	PACF
AR (p)	Menurun secara eksponensial (*dies down*)	Signifikan hingga lag ke-p kemudian mengalami *cuts off*
MA (q)	Signifikan hingga lag ke-q kemudian mengalami *cuts off*	Menurun secara eksponensial (*dies down*)
ARMA (p,q)	Menurun cepat secara eksponensial (*dies down*)	Menurun cepat secara eksponensial (*dies down*)
AR (p) atau MA (q)	Sigifikan hingga lag ke-q kemudian mengalami *cuts off*	Signifikan hingga lag ke-p kemudian mengalami *cuts off*
Tidak ada order AR atau MA (White Noise atau Random Process)	Tidak ada lag yang signifikan	Tidak ada lag yang signifikan

Sumber: (Putri, 2019)

2.4.3. Estimasi Parameter Model

Dalam pendugaan parameter, nilai parameter populasi ditaksir atau diperkirakan berdasarkan data atau sampel dari populasi (Unaijah and Darwis, 2022). Estimasi parameter dari masing-masing model ARIMA ditentukan setelah mendapatkan model ARIMA sementara guna menentukan tingkat signifikansi dari masing-masing parameter (Ramadhani et al., 2018). Estimasi parameter tersebut meliputi parameter komponen AR (ϕ) dan parameter komponen MA (θ). Dalam mencari estimasi parameter terdapat beberapa metode yang dapat digunakan diantaranya yautu metode moment, kuadrat terkecil (*least square*) dan *maksimum likelihood*. Pada penelitian ini metode estimasi kuadrat terkecil (*least square*) dipilih untuk memperkirakan nilai parameter dengan meminimalkan jumlah galat kuadrat (*sum of squared*).

Model regresi prediktor dan respon akan dimisalkan dengan persamaan

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

(2.10) untuk model AR(1) sebagai berikut.

$$Z_t - \mu = \phi(Z_{t-1} - \mu) + e_t \tag{2.10}$$

Dimana Z_{t-1} sebagai prediktor dan Z_t sebagai respon, sehingga jumlah galat kuadratnya dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} S_*(\phi, \mu) &= \sum_{t=2}^{n} e_t^2 \\ S_*(\phi, \mu) &= \sum_{t=2}^{n} [(Z_t - \mu) - \phi(Z_{t-1} - \mu)]^2 \end{aligned} \tag{2.11}$$

Untuk menaksir ϕ dan μ dapat diperoleh dengan meminimumkan persamaan (2.9) dan menjadikan turunan pertamanya sama dengan 0.

$$\begin{aligned} \frac{\partial S_*(\phi, \mu)}{\partial \mu} &= 0 \\ \frac{\partial S_*(\phi, \mu)}{\partial \mu} &= 2 \sum_{t=2}^{n} [(Z_t - \mu) - \phi Z_{t-1} - \mu)](-1 - \phi(-1)) = 0 \\ \frac{\partial S_*(\phi, \mu)}{\partial \mu} &= 2(\phi - 1) \sum_{t=2}^{n} [(Z_t - \mu) - \phi(Z_{t-1} - \mu)] = 0 \end{aligned} \tag{2.12}$$

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

Dari persamaan (2.10) akan didapatkan penyelesaian dari μ seperti berikut

$$\begin{aligned}
\sum_{t=2}^{n}[(Z_t-\mu)-\phi(Z_{t-1}-\mu)] &= 0 \\
\left(\sum_{t=2}^{n}Z_t-\sum_{t=2}^{n}\mu-\phi\left(\sum_{t=2}^{n}Z_{t-1}-\sum_{t=2}^{n}\mu\right)\right) &= 0 \\
\sum_{t=2}^{n}Z_t-\sum_{t=2-1}^{n-1}\mu-\phi\sum_{t=2}^{n}Z_{t-1}+\phi\sum_{t=2-1}^{n-1}\mu &= 0 \\
\sum_{t=2}^{n}Z_t-\mu(n-1)-\phi\sum_{t=2}^{n}Z_{t-1}+\phi\mu(n-1) &= 0 \\
\sum_{t=2}^{n}Z_t-\phi\sum_{t=2}^{n}Z_{t-1} &= \mu(n-1)(1-\phi) \\
\mu &= \frac{[\sum_{t=2}^{n}Z_t-\phi\sum_{t=2}^{n}Z_{t-1}]}{(n-1)(1-\phi)}
\end{aligned} \tag{2.13}$$

Sedangkan penyederhanaan bentuk persamaan (2.13) dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
&= \frac{\sum_{t=2}^{n}Z_t}{(n-1)(1-\phi)}-\frac{\phi\sum_{t=2}^{n}Z_{t-1}}{(n-1)(1-\phi)} \\
&= \left(\frac{\sum_{t=2}^{n}Z_t}{(n-1)}\right)\left(\frac{1}{(1-\phi)}\right)-\left(\frac{\phi\sum_{t=2}^{n}Z_{t-1}}{(n-1)}\right)\left(\frac{1}{(1-\phi)}\right) \\
&= \frac{1}{(n-1)}\sum_{t=2}^{n}Z_t \approx \frac{1}{(n-1)}\sum_{t=2}^{n}Z_{t-1} \approx \bar{Z}
\end{aligned} \tag{2.14}$$

Sehingga penyelesaian dari $\hat{\mu}$ dapat dituliskan:

$$\hat{\mu} \approx \frac{(\bar{Z}-\phi\bar{Z})}{(1-\phi)} = \frac{\bar{Z}(1-\phi)}{(1-\phi)} = \bar{Z} \tag{2.15}$$

Selanjutnya, dalam penyelesaian dari ϕ dapat dilakukan menggunakan cara yang

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

sama seperti pada penurunan di atas, yaitu.

$$\begin{aligned}
\frac{\partial S_*(\phi,\hat{\mu})}{\partial \phi} &= 0 \\
\frac{\partial S_*(\phi,\hat{\mu})}{\partial \phi} &= 2\sum_{t=2}^{n}[(Z_t-\bar{Z})-\phi(Z_{t-1}-\bar{Z})](-(Z_{t-1}-\bar{Z}))=0 \\
\frac{\partial S_*(\phi,\hat{\mu})}{\partial \phi} &= -2\sum_{t=2}^{n}[(Z_t-\bar{Z})-\phi(Z_{t-1}-\bar{Z})](Z_{t-1}-\bar{Z})=0
\end{aligned} \tag{2.16}$$

Sehingga penyelesaian dari $\hat{\phi}$ dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
\sum_{t=2}^{n}[(Z_t-\bar{Z})-\phi(Z_{t-1}-\bar{Z})](Z_{t-1}-\bar{Z}) &= 0 \\
\sum_{t=2}^{n}[(Z_t-\bar{Z})(Z_{t-1}-\bar{Z})-\phi(Z_{t-1}-\bar{Z})^2] &= 0 \\
\sum_{t=2}^{n}(Z_t-\bar{Z})(Z_{t-1}-\bar{Z})-\sum_{t=2}^{n}\phi(Z_{t-1}-\bar{Z})^2 &= 0 \\
\sum_{t=2}^{n}(Z_t-\bar{Z})(Z_{t-1}-\bar{Z}) &= \phi\sum_{t=2}^{n}(Z_{t-1}-\bar{Z})^2 \\
\hat{\phi} &= \frac{\sum_{t=2}^{n}(Z_t-\bar{Z})(Z_{t-1}-\bar{Z})}{\sum_{t=2}^{n}(Z_{t-1}-\bar{Z})^2}
\end{aligned} \tag{2.17}$$

Berdasarkan perhitungan yang telah didapatkan, nilai-nilai dari $\hat{\mu}$ dan $\hat{\phi}$ adalah taksiran parameter dari μ dan ϕ.

Selanjutnya untuk mencari estimasi kuadrat terkecil dari θ akan dimisalkan dengan persamaan (2.18) untuk model MA(1) sebagai berikut.

$$Z_t = e_t - \theta e_{t-1} \tag{2.18}$$

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

Selanjutnya diasumsikan bahwa:

$$e_0 = 0 \tag{2.19}$$

$$Z_0 = e_0 = 0 \tag{2.20}$$

Maka,

$$\begin{aligned} Z_1 &= e_1 - \theta e_0 \\ Z_2 &= e_2 - \theta e_1 \\ Z_3 &= e_3 - \theta e_2 \\ &\vdots \\ Z_n &= e_n - \theta e_{n-1} \end{aligned} \tag{2.21}$$

Sehingga jumlah galat kuadratnya dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} S_*(\theta) &= \sum (e_t)^2 \\ S_*(\theta) &= (Z_1)^2 + (Z_2 + \theta e_1)^2 + (Z_3 + \theta e_2)^2 + \cdots \\ S_*(\theta) &= (Z_1)^2 + (Z_2 + \theta Z_1)^2 + (Z_3 + \theta(Z_2 + \theta Z_1))^2 + \cdots \end{aligned} \tag{2.22}$$

Atau juga dapat dituliskan sebagai berikut

$$S_*(\theta) = \sum [Z_t + \theta Z_{n-1} + \theta^2 Z_{n-2} + \theta^3 Z_{n-3} + \cdots]^2 \tag{2.23}$$

Untuk menaksir parameter θ tidak dapat dilakukan dengan mengambil turunannya karena fungsi terhadap θ merupakan polinom pangkat tinggi, sehingga harus dilakukan perhitungan numerik menggunakan *grid search* dengan mendiskritisasi θ di (-1,1) untuk mencari nilai θ terbaik/optimal. Akan dituliskan kembali

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

persamaan 2.18 sebagai:

$$e_t = Z_t + \theta e_{t-1} \tag{2.24}$$

Dengan menggunakan persamaan (2.24), maka nilai $e_1, e_2, \cdots, e_n$ dapat dihitung secara rekursif, dengan demikian pencarian nilai θ optimal dapat dilakukan dengan perulangan percobaan nilai θ (-1,1) hingga mendapatkan nilai $S_*(\theta) = \sum(e_t)^2$ paling minimal

Untuk mencari estimasi parameter gabungan dapat dimisalkan dengan persamaan (2.25) untuk model ARMA(1,1) sebagai berikut.

$$Z_t = \phi Z_{t-1} + e_t - \theta e_{t-1} \tag{2.25}$$

Sehingga jumlah galat kuadratnya dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} S_*(\phi, \theta) &= \sum(e_t)^2 \\ S_*(\phi, \theta) &= \sum[Z_t - \phi Z_{t-1} + \theta e_{t-1}]^2 \end{aligned} \tag{2.26}$$

(Cryer and Kung-Sik Chan, 2008)

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

2.4.4. Uji Signifikasi Parameter

Dalam menguji signifikasi parameter terdapat dua hipotesis penentu yaitu sebagai berikut.

$H_0 : \varphi = 0$ (Parameter tidak signifikan)

$H_1 : \varphi \neq 0$ (Parameter telah signifikan)

Dengan statistik uji yaitu:

$$|t_{hitung}| = \frac{\hat{\varphi}}{S_{\hat{\varphi}}} \tag{2.27}$$

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

Apabila $|t_{hitung}| > t_{\alpha_{/2;db}}$ atau p-value $< \alpha$ maka H_0 akan ditolak, atau dapat dikatakan bahwa estimasi parameter model memiliki pengaruh yang signifikan.

Dimana,

φ : Parameter dari (θ dan ϕ)

$\hat{\varphi}$: Estimasi parameter dari $\hat{\varphi}$

$S_{\hat{\varphi}}$: Standar eror dari $\hat{\varphi}$

α : Signifikansi kesalahan sebesar 0.05

db : Tingkat kepercayaan diperoleh dari operasi pengurangan kumpulan data dengan estimasi jumlah parameter

(RS Faustina, A Agoestanto, 2017)

2.4.5. Pemeriksaan Diagnostik

Woodward et al. (2020) mengatakan bahwa pemeriksaan diagnostik perlu dilakukan guna mencari tahu apakah suatu model telah layak digunakan, pemeriksaan tersebut berdasarkan pada asumsi residual, dimana asumsi yang harus terpenuhi yaitu normalitas dan *white noise*.

1. Uji Normalitas

   Uji normalitas dapat dilihat menggunakan uji Jarque-Bera (JB) untuk mengetahui apakah residu telah berdistribusi normal atau tidak. Pengujian dapat dilakukan dengan menggunakan hipotesis sebagai berikut.

   H_0 : Residual berdistribusi normal

   H_1 : Residual tidak berdistribusi normal

   Dengan statistik uji yaitu:

$$JB = n\left[\frac{S^2}{6} + \frac{(K-3)^2}{24}\right] \tag{2.28}$$

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

Apabila $JB \geq X^2_{()\alpha);2}$ atau p-value $< \alpha$ maka H_0 ditolak, atau dapat dikatakan bahwa residual tidak berdistribusi normal.

Dimana,

JB : Hasil uji Jarque-Bera

n : Jumlah pengamatan

S : Koefisien *skewness* residu

K : Koefisien kurtoris residu

α : Signifikansi kesalahan = 0.05

db : Tingkat kepercayaan diperoleh dari operasi pengurangan kumpulan data dengan estimasi jumlah parameter

2. Uji *White Noise*

Uji *white noise* dapat dilihat menggunakan uji statistik Ljung-Box untuk melihat apakah residu telah mengikuti sifat independen identik atau tidak. Pengujian dapat dilakukan dengan menggunakan hipotesis sebagai berikut.

$H_0 : \rho_1 = \rho_2 = \cdots = \rho_k = 0$ (residual *white noise*)

H_1 : minimal terdapat satu $\rho_i \neq 0, i = 1, 2, \cdots, K$) (residual tidak *white noise*)

Dengan statistik uji yaitu:

$$Q = n(n+2) \sum_{i=n}^{L} \frac{\widehat{\rho_i}^2}{n-l} \tag{2.29}$$

Apabila $Q > X^2_{1-\alpha;db}$ atau p-value $< \alpha$ maka H_0 ditolak, atau dapat dikatakan bahwa residual tidak *white noise*.

Dimana,

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

Q : Hasil uji Ljung-Box

L : Lag maksimal

$\widehat{\rho}_i$: Autokorelasi resudual dengan lag ke-i

l : Nilai lag

2.5. Konsep Dasar *Fuzzy Time Series*

2.5.1. Logika *Fuzzy*

Logika *fuzzy* adalah logika yang memiliki nilai samar antara benar atau salah. *Fuzzy time series* merupakan salah satu metode yang menggunakan teknik *soft computing* dalam peramalan data deret waktu. Konsep dasar *fuzzy time series* yaitu logika *fuzzy* yang diperkenalkan pertama kali pada tahun 1965 oleh Lotfi A. Zadeh dalam karya ilmiahnya "*Fuzzy Sets*" (Pusadan, 2014). Menurut (Rusli, 2017), logika *fuzzy* adalah kuantifikasi kemampuan berpikir (beberapa) manusia. Jenis pemikiran ini sering disebut sebagai pemikiran tidak tepat, yang merupakan perkiraan dari pemikiran manusia. Dalam logika klasik, penalaran hanya mengarah pada keputusan yang benar atau salah. Pengambilan keputusan klasik juga disebut sebagai pengambilan keputusan hitam dan putih. Namun jenis logika *fuzzy* ini berbeda, keputusan yang dibuat oleh pikiran manusia bisa setengah benar, seperempat benar, atau bahkan sepenuhnya benar atau dapat dikatakan bahwa logika ini merupakan fungsi yang bernilai banyak. Tujuan utama logika *fuzzy* adalah untuk memberikan dasar metode penalaran (perkiraan inferensi) berdasarkan teori himpunan *fuzzy*.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

2.5.2. Himpunan *Fuzzy*

(Handoyo, 2018) mengatakan bahwa Himpunan *fuzzy* adalah generalisasi dari himpunan klasik yang tingkat keanggotaannya dapat bervariasi dari 0 hingga 1, yang memiliki fungsi keanggotaan yaitu $(\mu(\pi))$ yang merupakan fungsi kontinu dalam himpunan *fuzzy* dengan nilai yang berada pada interval [0,1]. Himpunan *fuzzy* A dalam semesta percakapan U dapat dinyatakan sebagai himpunan pasangan terurut antara u dan tingkat keanggotaan $\mu_A(u)$, yaitu.

$$A = \{(u, \mu_A(u))|u \in U\} \tag{2.30}$$

Fungsi keanggotaan logika *fuzzy* digunakan untuk menggabungkan angka numerik menjadi nilai linguistik. Fungsi keanggotaan disajikan dalam bentuk kurva kontinu. Ada beberapa jenis kurva yang merepresentasikan himpunan *fuzzy*, salah satunya adalah fungsi keanggotaan segitiga. Fungsi keanggotaan segitiga adalah fungsi keanggotaan yang diwakili oleh kurva segitiga yang dapat dirumuskan sebagai berikut.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

$$\begin{aligned}
\mu_{A_1}(u_i) &= 1/u_1 + 0.5/u_2 + 0/u_3 + \cdots + 0/u_n \\
\mu_{A_2}(u_i) &= 0.5/u_1 + 1/u_2 + 0.5/u_3 + \cdots + 0/u_n \\
\mu_{A_3}(u_i) &= 0/u_1 + 0.5/u_2 + 1/u_3 + \cdots + 0/u_n \\
&\vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \cdots \quad \vdots \\
\mu_{A_n}(u_i) &= 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + \cdots + 1/u_n
\end{aligned} \tag{2.31}$$

Dimana nilai u_i dengan $i = 1, 2, \cdots, n$ merupakan elemen dari himpunan semesta (U) dan untuk penentuan fungsi keanggotaan masing-masing $\mu_{A_i}(u_i)$/ terhadap A_i dengan $i = 1, 2, \cdots, n$ yang bernilai $0; 0.5;$ dan 1

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

2.6. *Fuzzy Time Series* Saxena Easo

Saxena dan Easo menyempurnakan metode FTS yang sebelumnya diperkenalkan oleh Stevenson dan Porter. Saxena dan Easo melakukan modifikasi pada pembentukan subinterval kelas himpunan *fuzzy*. Sebelum membentuk subinterval kelas, Saxena dan Easo terlebih dahulu menghitung jumlah frekuensi pada interval kelas himpunan semesta pembicaraan (U) yang telah dipartisi. Selain itu, saat membentuk interval kelas, pembagiannya akan didasarkan pada banyak anggota dalam interval kelas tersebut (Ardella et al., 2021). Model dari FTS Saxena Easo didapatkan dari beberapa langkah berikut.

2.6.1. Presentase Perubahan Data Historis

Persentase perubahan data historis menjadi langkah pertama dalam metode FTS Stevenson dan Porter (2009) sebelum menentukan semesta pembicaraan (U), yang dadap dituliskan ke dalam persamaan sebagai berikut (Stevenson and Porter, 2009).

$$percChange = \left(\frac{x_t - x_{t-1}}{x_{t-1}} \right) \times 100 \tag{2.32}$$

Dimana,

x_t : data aktual (t) dengan $t = 1, 2, \cdots, n$

x_{t-1} : data aktual (t-1) dengan $t = 1, 2, \cdots, n$

2.6.2. Penentuan Interval dan Sub Interval Kelas

Sebelum menentukan interval terlebih dahulu akan dilakukan pendefinisian semesta pembicaraan (U) dari presentase perubahan data (perChange) yang dapat

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

dirumuskan pada persamaan berikut.

$$U = [x_{min} - d_1, x_{max} + d_2] \tag{2.33}$$

Dimana x_{min} merupakan data yang mempunyai nilai terkecil, x_{max} merupakan data yang mempunyai nilai terbesar, $d1$ dan $d2$ merupakan nilai konstanta positif yang kecil dan tepat. Tujuan $d1$ dan $d2$ adalah membuat batas bawah dan batas atas U menjadi kelipatan ratusan, ribuan, dst.

Setelah didapatkan nilai daripada U maka dapat dilanjutkan dengan membuat partisi himpunan semesta pembicaraan (U) ke dalam beberapa interval dengan panjang yang sama, dimana penentuan panjang interval kelas pada metode Saxena Easo ini mengikuti metode sebelumnya yang diperkenalkan oleh Song dan Chissom yaitu menjadi $u_1, u_2, \cdots, u_n$.

Selanjutnya, melakukan partisi pada setiap interval himpunan semesta pembicaraan (U) menjadi beberapa subinterval kelas berdasarkan banyaknya anggota yang diperoleh dari partisi himpunan semesta sebelumnya. Untuk interval himpunan yang tidak memiliki anggota maka akan digunakan konsep partisi pada FTS Chen dan Hsu yai tu dianggap tetap (Ardella et al., 2021).

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

2.6.3. *Fuzzyfikasi*

Pada tahap fuzzifikasi ini akan ditentukan nilai keanggotaan dari masing-masing himpunan *fuzzy* yang didapat dari data historis, yang memiliki nilai keanggotaan yang telah diperoleh dari fungsi keanggotaan yang telah dibuat sebelumnya yaitu antara 0 sampai dengan 1. Kemudian akan dilanjutkan dengan melakukan pencarian nilai tengah yang nantinya akan digunakan pada tahap *defuzzyfikasi* yang dapat dituliskan pada persamaan berikut (Nababan and

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

Alexander, 2020).

$$a_t = \frac{LL_i + UL(i)}{2} \tag{2.34}$$

Dimana,

LL_i : batas bawah interval ke-i

UL_i : batas atas interval ke-i

2.6.4. *Defuzzyfikasi*

Defuzzifikasi merupakan cara untuk mendapatkan besaran tertentu dari himpunan *fuzzy*, proses dari defuzzyfikasi yaitu seperti berikut.

1. Apabila hasil dari nilai outputnya adalah 0, maka z = 0
2. Apabila hasil dari nilai anggota output maximum adalah 1, maka titik tengah periode waktu yang tercapai adalah z.
3. Apabila hasil dari nilai anggota outputnya memiliki lebih dari 2 nilai maksimum yang berurutan, maka titik tengah interval yang dicapai adalah z.
4. Apabila hasil dari nilai output berbeda dari yang di atas, maka akan digunakan metode dekompresi centroid.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

Berdasarkan uraian diatas maka perumusan *Defuzzyfikasi* dapat dituliskan pada persamaan berikut (Zhang and Zhu, 2012):

$$t_j = \begin{cases} \frac{1+0.5}{\frac{1}{a_1}+\frac{0.5}{a_2}} & \text{,jika } j = 1 \\ \frac{0.5+1+0.5}{\frac{0.5}{a_{j-1}}+\frac{1}{a_j}+\frac{0.5}{a_{j+1}}} & \text{,jika } 2 \leq j \leq n-1 \\ \frac{0.5+1}{\frac{0.5}{a_{n-1}}+\frac{1}{a_n}} & \text{, jika } j = n \end{cases} \tag{2.35}$$

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

Dimana,

t_j : hasil prediksi presentase perubahan pada waktu ke t

a_{j-1}, a_j, a_{j+1} :nilai tengah sub interval

2.7. Nilai Peramalan Data

Nilai peramalan data merupakan nilai yang didapat dari persentase perubahan hasil prediksi yang dirumuskan sebagai berikut (Ramadhani et al., 2018).

$$F(t) = \left(\frac{t_j}{100} \times x_{t-1}\right) + x_{t-1} \tag{2.36}$$

Dimana,

$F(t)$: hasil peramalan

x_{t-1} : data aktual (t-1) dengan $t = 1, 2, \cdots, n$

t_j :hasil prediksi presentase waktu (t) dengan $t = 1, 2, \cdots, n$

2.8. Nilai Ketepatan Metode Peramalan

Mengukur nilai akurasi dari metode peramalan dapat dilakukan dengan hasil perhitungan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*), dimana MAPE digunakan untuk menghitung selisih data aktual dengan data sebenarnya. Selisih tersebut akan dimutlakkan dan kemudian dihitung sebagai persentase dari data aktual. Persamaan untuk menghitung MAPE adalah (Udin and Jatipaningrum, 2020):

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^{n} \left| \frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t} \times 100\% \right|}{n} \tag{2.37}$$

Dimana,

n : jumlah data hasil peramalan

$\hat{Y}_t$: data hasil peramalan waktu ke t

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

Y_t : data aktual waktu ke t.

Dalam mengukur nilai akurasi menggunakan MAPE terdapat empat kriteria yang dapat dijadikan acuan ketepatan metode peramalan yang dipaparkan pada tabel berikut (Rais et al., 2020).

Tabel 2.3 Kriteria MAPE

Nilai MAPE	Deskripsi
$<10\%$	Baik Sekali
10%-20%	Baik
20%-50%	Cukup
$>50\%$	Buruk

2.9. Integrasi Keislaman

Sejarah telah memperlihatkan bahwa manusia memiliki kedudukan dan peran yang berubah, jika sebelumnya manusia bagian dari alam semesta maka sekarang manusia telah menjadi penguasa alam semesta. Kerusakan alam secara tidak sadar terjadi sebagai akibat dari perilaku tersebut, salah satu contohnya yaitu pemanasan global atau efek rumah kaca antropogenik yang disebabkan oleh emisi karbon. Dimana dampak dari permasalahan ini yaitu menyangkut kesehatan dan keselamatan kita sendiri sebagai manusia.

Allah SWT menciptakan manusia dan menjadikannya Khalifah sebagaimana yang tertulis dalam Al-Quran Surat Al-Baqarah ayat 30 disebutkan bahwa Allah SWT menjadikan Adam Khalifah. Kekhalifahan dalam surat Al-Baqarah ayat 30 mengandung tiga unsur utama yang disebutkan dalam ayat tersebut yang berkaitan dengan pengangkatan seorang laki-laki (Adam) sebagai Khalifah.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

وَاِذْ قَالَ رَبُّكَ لِلْمَلٰۤىِٕكَةِ اِنِّيْ جَاعِلٌ فِى الْاَرْضِ خَلِيْفَةً ۗ قَالُوْٓا اَتَجْعَلُ فِيْهَا مَنْ يُّفْسِدُ فِيْهَا وَيَسْفِكُ الدِّمَاۤءَ ۚ وَنَحْنُ نُسَبِّحُ بِحَمْدِكَ وَنُقَدِّسُ لَكَ ۗ قَالَ اِنِّيْٓ اَعْلَمُ مَا لَا تَعْلَمُوْنَ

Artinya: (Ingatlah) ketika Tuhanmu berfirman kepada para malaikat, "Aku hendak menjadikan khalifah di bumi." Mereka berkata, "Apakah Engkau hendak menjadikan orang yang merusak dan menumpahkan darah di sana, sedangkan kami bertasbih memuji-Mu dan menyucikan nama-Mu?" Dia berfirman, "Sesungguhnya Aku mengetahui apa yang tidak kamu ketahui." (QS. Al-Baqarah: 30)

Khilafah membutuhkan bimbingan dan perlindungan dari semua makhluk hidup untuk mencapai tujuan penciptaan. Kekhalifahan akan tercapai manakala rakyat dapat menjaga bumi. Maka dari itu, menjaga dan memelihara lingkungan merupakan kewajiban setiap muslim. Sehingga kita berkewajiban untuk memperbaiki masalah pencemaran udara yang tengah dihadapi oleh bangsa kita ini terutama terhadap masalah pemanasan global yang diakibatkan oleh emisi karbon, sebab Allah melarang manusia agar tidak membuat kerusakan di muka bumi sebagaimana firmannya dalam QS Al-A'raf :56

وَلَا تُفْسِدُوْا فِى الْاَرْضِ بَعْدَ اِصْلَاحِهَا وَادْعُوْهُ خَوْفًا وَّطَمَعًا ۗ اِنَّ رَحْمَتَ اللّٰهِ قَرِيْبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِيْنَ

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

Artinya: “Janganlah kamu berbuat kerusakan di bumi setelah diatur dengan baik. Berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut dan penuh harap. Sesungguhnya rahmat Allah sangat dekat dengan orang-orang yang berbuat baik.” (QS. Al-A’raf: 56)

Dalam ayat ini, larangan merusak mencakup semua bidang. Allah telah menciptakan bumi ini dengan segala keistimewaannya seperti gunung, lembah, sungai, lautan, daratan, hutan dan lain-lain, yang semuanya dirancang untuk memenuhi kebutuhan manusia dan digunakan untuk kesejahteraan.

Oleh karena itu, manusia tidak boleh menimbulkan kerusakan apa pun di permukaan bumi. Selain itu, Allah juga menurunkan agama dan mengutus para rasul untuk membimbing manusia agar manusia dapat hidup bahagia, aman dan damai. Alam semesta dan segala isinya saling berhubungan, seperti satu tubuh. Pada kehidupan bermasyarakat akan selalu terdapat hal-hal yang saling mempengaruhi, baik positif maupun negatif. Upaya dalam pelestarian lingkungan menjadi salah satu yang mendapatkan perhatian langsung dari Nabi. Beberapa hadits menjelaskan upaya pelestarian lingkungan, antara lain (Istianah, 2015):

1. Hadits tentang anjuran menanam pohon (reboisasi)

مَا مِنْ مُسْلِمٍ يَغْرِسُ غَرْسًا, أَوْ يَزْرَعُ زَرْعًا فَيَأْكُلَ مِنْهُ طَيْرٌ أَوْ إِنْسَانٌ أَوْ بَهِيْمَةٌ إِلاَّ كَانَ لَهُ بِهِ صَدَقَةٌ

Hadits dari Anas r.a. dia berkata: Rosulullah S.a.w. bersabda : "Seseorang muslim tidaklah menanam sebatang pohon atau menabur benih ke tanah, lalu datang burung atau manusia atau binatang memakan sebagian dari padanya, melainkan apa yang dimakan itu merupakan sedekahnya“. (HR. Imam Bukhori)

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

2. Hadits yang menganjurkan untuk menghidupkan kembali lahan mati

حَدِيْثُ جَابِرِ ابْنِ عَبْدِ اللهِ رضى الله عنهما, قَالَ : كَانَتْ لِرِجَالٍ مِنَّا فُضُوْلُ اَرَضِيْنَ, فَقَالُوْا نُوَا جِرُهَا بِالثُّلُثِ وَالرُّبُعِ وَالنِّصْفِ, فَقَالَ النَّبِيُّ ص.م. : مَنْ كَا نَتْ لَهُ اَرْضٌ فَلْيَزْرَعْهَا اَوْ لِيَمْنَحْهَا اَخَاهُ فَإِنْ أَبَى فَلْيُمْسِكْ أَرْضَ

Hadist Jabir bin Abdullah r.a. dia berkata : "Ada beberapa orang dari kami mempunyai simpanan tanah. Lalu mereka berkata: Kami akan sewakan tanah itu (untuk mengelolahnya) dengan sepertiga hasilnya, seperempat dan seperdua. Rasulullah S.a.w. bersabda: Barangsiapa yang memiliki tanah, maka hendaklah ia tanami atau serahkan kepada saudaranya (untuk dimanfaatkan), maka jika ia enggan, hendaklah ia memperhatikan sendiri memelihara tanah itu.“ (HR. Imam Bukhori dalam kitab Al-Hibbah).

Berdasarkan uraian di atas, sangat jelas bahwa Islam merupakan agama yang mengajarkan perlindungan lingkungan. Alam dan segala isinya harus dijaga dan dilestarikan sebagaimana perintah nabi S.A.W, yang menyadarkan umatnya bahwa mereka harus selalu menjaga lingkungan. Apabila umat manusia di bumi ini dapat mempraktekkan dan mengamalkan konsep yang diajarkan oleh nabi di atas, maka sejatinya mereka tidak akan pernah mendengar tentang ancaman pemanasan global atau emisi gas rumah kaca.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian kuantitatif karena dalam prosesnya, penelitian ini mengambil data yang bersifat numerik (angka) kemudian dianalisis menggunakan pendekatan dengan metode tertentu. Berdasarkan manfaatnya, penelitian ini termasuk ke dalam golongan penelitian terapan yang bertujuan untuk memberikan solusi terhadap suatu permasalahan secara praktis. Diharapkan dari adanya penelitian ini akan dapat dimanfaatkan oleh masyarakat luas baik individu maupun kelompok.

3.2. Sumber Data

Data pada penelitian ini menggunakan data sekunder emisi karbon di Indonesia pada tahun 1949 hingga 2021 yang didapat dari situs penyedia akses data iklim tingkat global yaitu *Our World in Data*. Berikut merupakan *dataset* emisi karbon dimana data tersebut termasuk kedalam tipe data *time series* yang ditunjukkan pada tabel berikut.

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

Tabel 3.1 Data Emisi Karbon di Indonesia

Tahun	Kadar CO_2
1949	21.9
1950	9.83
1951	9.39
1952	12.72
⋮	⋮
2021	619.28

3.3. Tahapan Penelitian

Pada penelitian ini akan dibuat perbandingan antara metode ARIMA dan FTS Saxena Easo dengan tahapan penelitian sebagai berikut.

1. Penerapan metode ARIMA

   Langkah-langkah dalam penerapan model ARIMA dapat dituliskan sebagai berikut.

   (a) Memeriksa kestasioneran data menurut varians dengan transformasi Box-Cox melalui ketentuan seperti petunjuk dari tabel 2.1. Kemudian dilanjutkan dengan memeriksa stasioneritas data yang terkait dengan nilai rata-rata atau mean. mengunakan uji ADF dengan contoh perhitungan melalui persamaan (2.5). Data yang telah stasioner dapat lanjut ke tahap selanjutnya, sementara itu pada data yang tidak memiliki stasioneritas perlu mengalami proses differencing dengan perhitungan sesuai dengan persamaan berikut (2.7).

   (b) Melakukan identifikasi awal model dengan memeriksa pola ACF dan

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

PACF dengan ketentuan komponen dari model ARIMA (p,d,q) seperti yang ditunjukkan tabel 2.2

(c) Estimasi parameter ARIMA (p,d,q) diperoleh melalui proses penaksiran menggunakan metode kuadrat terkecil atau maksimum likelihood berdasarkan hasil identifikasi model sementara.. Kemudian akan dilakukan uji statistik untuk melihat kelayakan dari masing-masing parameter menggunakan uji t menggunakan persamaan (2.27).

(d) Dilakukan evaluasi potensi perbaikan model dengan melakukan pemeriksaan diagnostik berdasarkan uji asumsi *white noise*, seperti yang ditunjukkan dalam persamaan (2.29). Model akan dapat dianggap layak apabila telah memenuhi asumsi dan dapat dilanjutkan ke langkah selanjutnya.

(e) Memilih model ARIMA (p,d,q) yang sesuai .

2. Penerapan FTS Saxena Easo Langkah-langkah dalam penerapan model FTS Saxena Easo dapat dituliskan sebagai berikut.

(a) Mengubah data aktual kadar emisi karbon di Indonesia pada data historis yang telah diubah menjadi bentuk persentase perubahan menggunakan persamaan (2.32).

(b) Melakukan pendefinisian himpunan semesta U dalam U = (D_{min}, D_{max}). D_{min} dihasilkan dengan mengambil nilai terkecil yang paling mendekati persentase perubahan terkecil, sedangkan D_{max} didapatkan dengan mengambil nilai tebesar yang paling mendekati persentase perubahan terbesar.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

(c) Mengelompokkan himpunan semesta U menjadi sekumpulan interval dengan panjang yang sama sebagai interval awal. Selanjutnya, menentukan frekuensi dari setiap interval.

(d) Mengelompokkan interval awal ke dalam sekelompok subinterval dengan panjang yang sama yang ditentukan oleh jumlah frekuensinya. Kemudian dapat dilanjutkan untuk pendefinisian setiap himpunan fuzzy yang dinyatakan dalam bentuk linguistik dapat dicari dari subinterval yang telah terbentuk.

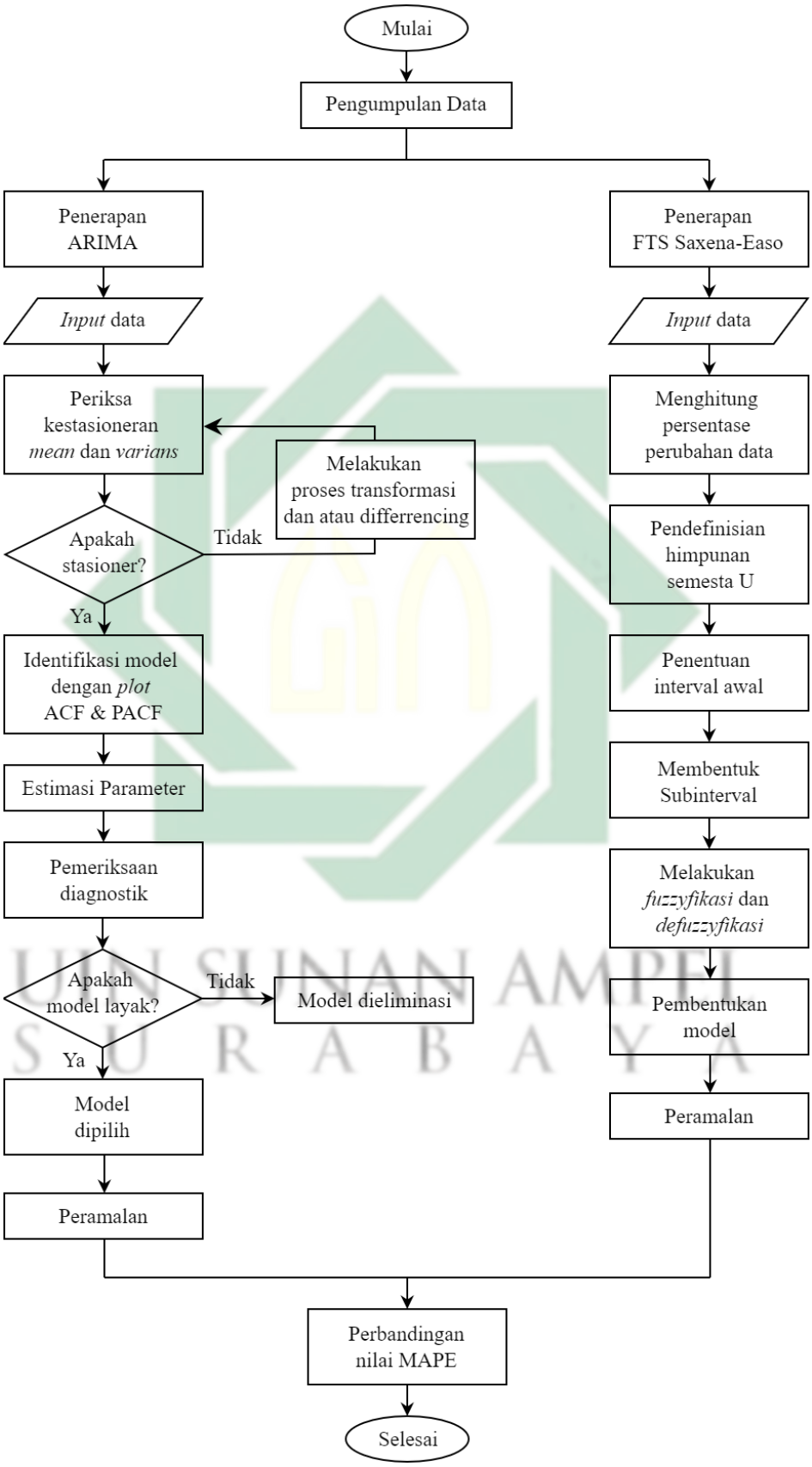
(e) Melakukan *fuzzyfikasi* menggunakan persamaan (2.34) dan *defuzzyfikasi* menggunakan persamaan (2.35).

(f) Menghitung nilai hasil peramalan dengan persamaan (2.36).

3. Menentukan estimasi dari besarnya penyimpangan antara peramalan menggunakan metode ARIMA dan FTS Saxena Easo terhadap data aktual menggunakan perbandingan nilai MAPE hasil ramalan kedua metode tersebut.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/



Gambar 3.1 ***Flowchart***

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

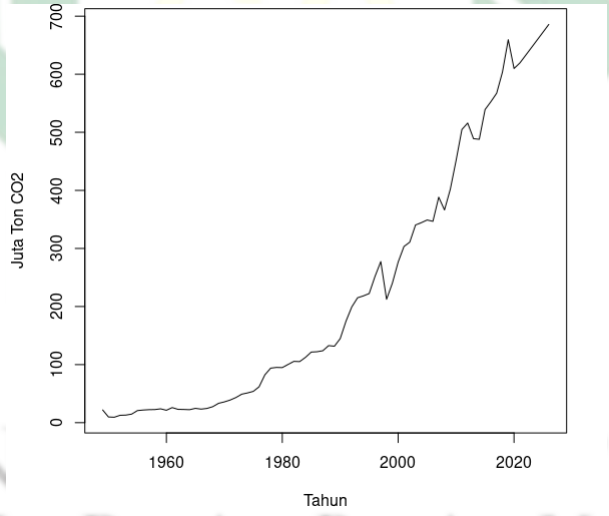
http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Identifikasi Plot Data *Time Series*

Sebelum melakukan perbandingan antara dua metode peramalan pada data deret waktu, langkah awal yang perlu dilakukan adalah membuat *plot* data. Hal ini digunakan untuk mengetahui pola data. Adapun *plot* yang terbentuk dari data emisi karbon di Indonesia adalah sebagai berikut.



Gambar 4.1 *Plot* Data Emisi Karbon di Indonesia

Berdasarkan gambar 4.1 terlihat bahwa plot data pada kadar emisi karbon di Indonesia pada tahun 1949 hingga 2021 mengalami peningkatan setiap tahunnya, data tertinggi yaitu sebesar 619.28 juta ton CO_2 yang ada pada tahun 2021, sedangkan data terendah yaitu sebesar 9.39 juta ton CO_2 yang ada pada tahun 1951. Pada plot tersebut terlihat bahwa kadar emisi karbon di Indonesia terus mengalami kenaikan meskipun juga terjadi penurunan pada tahun-tahun

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

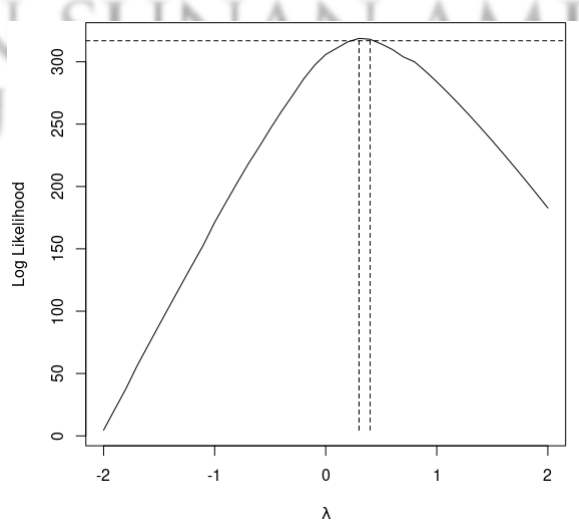
tertentu seperti pada tahun 2006, 2008, 2013, 2014 dan 2020. Sehingga pola plot data emisi karbon di Indonesia termasuk ke dalam pola data *trend* dimana data cenderung mengalami kenaikan.

4.2. Peramalan dengan Metode ARIMA

Metode Arima digunakan pada data yang memiliki hubungan linier dimana membutuhkan tahapan dalam pemodelannya. Tahapan pemodelan tersebut antara lain yaitu uji stasioneritas, identifikasi model, estimasi parameter dan uji diagnostik model.

4.2.1. Uji Stationeritas

Dalam pemodelan ARIMA, data runtun waktu harus memenuhi asumsi stasioner terhadar mean dan varians agar kesalahan ramalan dapat diminimumkan. Analisis transformasi Box-Cox dapat dilakukan dalam mengidentifikasi kestasioneran data terhadap varians. Data dikatakan normal untuk varians jika nilai rounded value atau (λ) sebesar 1 melalui hasil dari plot Box-Cox. Hasil plot Box-Cox data emisi karbon dapat dilihat pada Gambar 4.2 sebagai berikut.



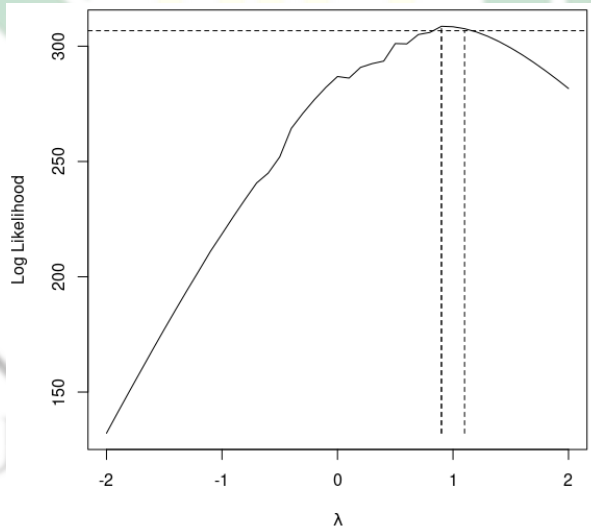
Gambar 4.2 *Plot* Box-Cox Data Emisi Karbon

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

Berdasarkan Gambar 4.2 hasil output analisis transformasi Box-Cox didapatkan nilai *rounded value* atau λ sebesar 0.4427425 Hal tersebut menunjukkan bahwa data emisi karbon tidak stasioner terhadap varians, sehingga perlu dilakukan transformasi menggunakan rumus pada persamaan 2.8 yaitu sebagai berikut.

$$T(Z_t) = \frac{Z_t^{0.4427425} - 1}{0.4427425}$$

Setelah dilakukan proses transformasi terhadap data, maka akan dilihat kembali nilai rounded value atau (λ) terhadap data yang telah dilakukan transformasi. Hasil plot transformasi Box-Cox data emisi karboon dapat dilihat pada Gambar 4.3 sebagai berikut.



Gambar 4.3 *Plot* Box-Cox Hasil Transformasi Data Emisi Karbon

Berdasarkan Gambar 4.2 telah didapatkan nilai *rounded value* atau (λ) terhadap data yang telah dilakukan transformasi adalah 1, sehingga dapat dikatakan bahwa data telah stasioner terhadap *varians*.

Selanjutnya untuk mengidentifikasi kestasioneran terhadap *mean* dapat

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

dilakukan dengan melihat hasil uji ADF (*(Augmented Dickey-Fuller*) berdasarkan hipotesis sebagai berikut.

H_0 : Data mengandung akar unit (Tidak stasioner)

H_1 : Data tidak mengandung akar unit (Stasioner)

Pengambilan keputusan dalam menentukan kestasioneran data terhadap *mean* dapat dilihat dengan menguji hipotesis dimana H_0 akan ditolak yang berarti data tidak mengandung akar unit (stasioner) jika nilai *P-value* $< \alpha$ dengan nilai α adalah 0.05. Hasil uji ADF dari data yang telah ditransformasi dapat dilihat pada Tabel 4.1 seperti berikut.

Tabel 4.1 Hasil Uji ADF

Dickey-Fuller	-2.2721
Lag Order	4
P-value	0.4644

Berdasarkan Tabel 4.1, karena nilai *P-value* $> \alpha$ dimana $(0.4644) > 0.05$ maka didapatkan kesimpulan bahwa gagal tolak H_0 atau data mengandung akar unit sehingga data tidak stasioner terhadap mean, maka akan dilakukan proses *differencing* untuk menstasionerkan data. Hasil dari uji ADF data setelah dilakukan *differencing* menggunakan rumus pada persamaan 2.7 dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

Tabel 4.2 Hasil Uji ADF Setelah *Differencing*

Dickey-Fuller	-4.9486
Lag Order	4
P-value	0.01

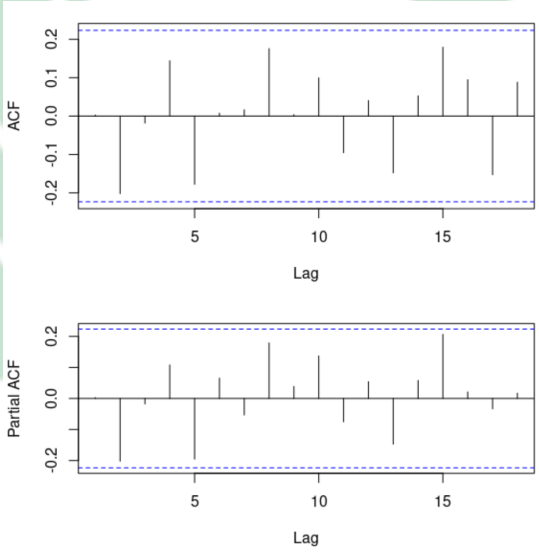
UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

Berdasarkan Tabel 4.2 karena nilai *P-value* $< \alpha$ diman $(0.01) < 0.05$ maka didapatkan kesimpulan bahwa tolak H_0 atau data tidak mengandung akar unit sehingga data telah stasioner terhadap *mean* sehingga dapat dilakukan estimasi model.

4.2.2. Identifikasi Model

Untuk mengidentifikasi model ARIMA dapat digunakan plot ACF dan PACF sesuai ketentuan pada Tabel 2.2. Plot ACF dan PACF data emisi karbon setelah pembedaan orde satu disajikan pada Gambar 4.4 sebagai berikut.

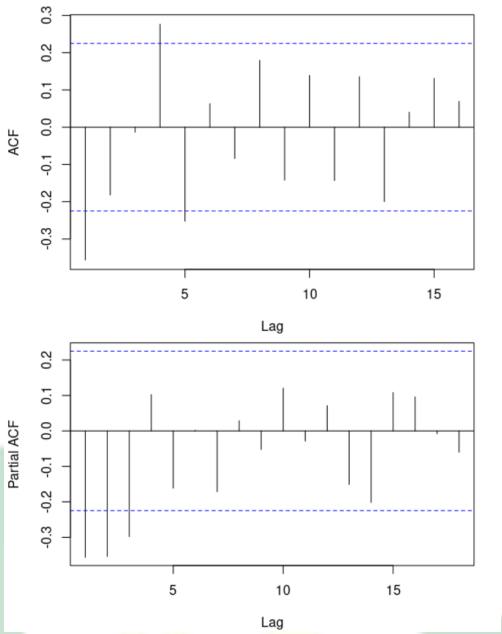


Gambar 4.4 *Plot* ACF & PACF

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

Berdasarkan plot ACF dan PACF pada Gambar 4.4 terhadap data setelah pembedaan orde satu, menunjukkan bahwa tidak ada satu pun lag yang keluar sehingga tidak bisa untuk menduga model, sehingga perlu dilakukan proses *differencing* kedua. Hasil plot ACF dan PACF setelah pembedaan orde dua dapat dilihat pada Gambar 4.5 berikut.

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/



Gambar 4.5 *Plot* ACF & PACF setelah *Differencing*

Pendugaan model berdasarkan hasil plot ACF dan PACF pada Gambar 4.5 setelah dilakukan *differencing* dua kali menunjukkan bahwa telah terdapat beberapa lag yang keluar, antara lain yaitu pada plot ACF terputus setelah lag 1, lag 4 dan lag 5 sedangkan pada plot PACF terputus setelah lag 3. Untuk mengetahui model terbaik maka akan dilakukan *overfitting* model. Adapun beberapa model yang dapat digunakan adalah ARIMA (1,2,1) ARIMA (1,2,4) ARIMA (1,2,5) ARIMA (1,2,0) ARIMA (2,2,1) ARIMA (2,2,4) ARIMA (2,2,5) ARIMA (2,2,0) ARIMA (3,2,1) ARIMA (3,2,4) ARIMA (3,2,5) ARIMA (3,2,0) ARIMA (0,2,1) ARIMA (0,2,4) ARIMA (0,2,5)

Berdasarkan beberapa dugaan model yang telah ditentukan, maka akan dilanjutkan untuk melakukan pendugaan parameter dengan mencari nilai estimasi dan standar eror model menggunakan metode *least square* yang dilanjutkan untuk pengujian signifikansi model. Hasil estimasi parameter dan standar eror setiap model akan disajikan pada Tabel 4.11 sebagai berikut.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

Tabel 4.3 Estimasi Parameter Model

Model	Estimasi Parameter	Nilai Estimasi	Standar Eror
ARIMA (1,2,1)	ϕ_1	-0.049710	0.118070
	θ_1	-0.934924	0.031422
ARIMA (1,2,4))	ϕ_1	0.000004	0.057014
	θ_1	-1.2293	0.14816
	θ_2	-0.25083	0.20106
	θ_3	0.17453	0.17907
	θ_4	0.36507	0.13717
ARIMA (1,2,5))	ϕ_1	-0.0033909	0.0569376
	θ_1	-1.2184277	0.1297267
	θ_2	-0.3015626	0.1927540
	θ_3	0.1623752	0.1837171
	θ_4	0.5071107	0.2007839
	θ_5	-0.0928322	0.1136855
ARIMA (1,2,0)	ϕ_1	-0.40633	0.10465
ARIMA (2,2,1)	ϕ_1	-0.103699	0.113498
	ϕ_2	-0.277048	0.112247
	θ_1	-0.912886	0.037976
ARIMA (2,2,4)	ϕ_1	-0.31997	0.21802
	ϕ_2	-0.35012	0.24737
	θ_1	-0.89956	0.22135
	θ_2	-0.36007	0.32091
	θ_3	-0.27044	0.28155
	θ_4	0.63939	0.18417

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

Model	Estimasi Parameter	Nilai Estimasi	Standar Eror
ARIMA (2,2,5)	ϕ_1	-0.593251	0.036301
	ϕ_2	-0.211139	0.419283
	θ_1	-0.741795	0.332182
	θ_2	-0.826891	0.128826
	θ_3	-0.254918	0.137628
	θ_4	0.671721	0.115161
	θ_5	0.248513	0.040824
ARIMA (2,2,0)	ϕ_1	-0.57661	0.10431
	ϕ_2	-0.41361	0.10418
ARIMA (3,2,1)	ϕ_1	-0.168287	0.119550
	ϕ_2	-0.316461	0.112863
	ϕ_3	-0.161159	0.118043
	θ_1	-0.891621	0.045765
ARIMA (3,2,4)	ϕ_1	-0.1512365	0.0119412
	ϕ_2	-0.5738511	0.0057028
	ϕ_3	0.4590838	0.0040535
	θ_1	-0.7587968	0.0458951
	θ_2	0.1744400	0.0154606
	θ_3	-1.3966756	0.0183253
	θ_4	1.1184576	0.0572213

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

Model	Estimasi Parameter	Nilai Estimasi	Standar Eror
ARIMA (3,2,5)	ϕ_1	-0.2732883	0.0096153
	ϕ_2	-0.6243661	0.0039622
	ϕ_3	0.3838096	0.0035932
	θ_1	-0.6876229	0.0634519
	θ_2	0.1327413	0.0902201
	θ_3	-1.3938613	0.0191649
	θ_4	1.0074698	0.0888540
	θ_5	0.0937328	0.1109919
ARIMA (3,2,0)	ϕ_1	-0.76153	0.10273
	ϕ_2	-0.67058	0.11062
	ϕ_3	-0.44345	0.10252
ARIMA (0,2,1)	θ_1	-0.908888	0.033589
ARIMA (0,2,4)	θ_1	-0.97985	0.13598
	θ_2	-0.26462	0.18146
	θ_3	0.09194	0.17294
	θ_4	0.26269	0.16000
ARIMA (0,2,5)	θ_1	-0.99239	0.11459
	θ_2	-0.27537	0.16309
	θ_3	0.12049	0.18341
	θ_4	0.42987	0.17615
	θ_5	-0.17673	0.12009

Setelah diperoleh nilai estimasi dan standar eror dari setiap parameter, selanjutnya akan dilakukan uji signifikansi parameter dengan hipotesis sebagai

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

berikut.

H_0: Parameter tidak signifikan

H_1: Parameter telah signifikan

Pengambilan keputusan dalam uji signifikasi parameter yaitu H_0 akan ditolak, atau dapat dikatakan bahwa estimasi parameter model memiliki pengaruh yang signifikan apabila $|t_{hitung}| > t_{tabel}$ dimana nilai dari t_{hitung} diperoleh berdasarkan pada persamaan 2.27 sedangkan nilai dari t_{tabel} diperoleh dari perhitungan $t_{0.05_{/2;(73-1)}} = t_{0.025;72}$ yaitu 1.993. Seluruh hasil uji signifikansi setiap parameter akan disajikan pada Tabel 4.4 sebagai berikut.

Tabel 4.4 Uji Signifikansi Parameter

Model	Estimasi Parameter	$\|t_{hitung}\|$	t_{tabel}	Keterangan
ARIMA (1,2,1)	ϕ_1	0.42102	1.993	Tidak Signifikan
	θ_1	29.7538	1.993	Signifikan
ARIMA (1,2,4))	ϕ_1	0.000000001	1.993	Tidak Signifikan
	θ_1	8.29711	1.993	Signifikan
	θ_2	1.24754	1.993	Tidak Signifikan
	θ_3	0.974647	1.993	Tidak Signifikan
	θ_4	2.661442	1.993	Signifikan
ARIMA (1,2,5))	ϕ_1	0.059555	1.993	Tidak Signifikan
	θ_1	9.392266	1.993	Signifikan
	θ_2	1.564495	1.993	Tidak Signifikan
	θ_3	0.883833	1.993	Tidak Signifikan
	θ_4	2.525654	1.993	Signifikan
	θ_5	0.81657	1.993	Tidak Signifikan
ARIMA (1,2,0)	ϕ_1	3.88275	1.993	Signifikan

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

Model	Estimasi Parameter	$\|t_{hitung}\|$	t_{tabel}	Keterangan
ARIMA (2,2,1)	ϕ_1	0.91366	1.993	Tidak Signifikan
	ϕ_2	2.4682	1.993	Signifikan
	θ_1	24.0385	1.993	Signifikan
ARIMA (2,2,4)	ϕ_1	1.467618	1.993	Tidak Signifikan
	ϕ_2	1.41537	1.993	Tidak Signifikan
	θ_1	4.063971	1.993	Signifikan
	θ_2	1.122028	1.993	Tidak Signifikan
	θ_3	0.96054	1.993	Tidak Signifikan
	θ_4	3.471738	1.993	Signifikan
ARIMA (2,2,5)	ϕ_1	16.34255	1.993	Signifikan
	ϕ_2	0.503572	1.993	Tidak Signifikan
	θ_1	2.233098	1.993	Signifikan
	θ_2	6.418665	1.993	Signifikan
	θ_3	1.852225	1.993	Tidak Signifikan
	θ_4	5.832886	1.993	Signifikan
	θ_5	6.087424	1.993	Signifikan
ARIMA (2,2,0)	ϕ_1	5.52785	1.993	Signifikan
	ϕ_2	3.97015	1.993	Signifikan
ARIMA (3,2,1)	ϕ_1	1.40767	1.993	Tidak Signifikan
	ϕ_2	2.80394	1.993	Signifikan
	ϕ_3	1.36526	1.993	Tidak Signifikan
	θ_1	19.4826	1.993	Signifikan

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

Model	Estimasi Parameter	$\|t_{hitung}\|$	t_{tabel}	Keterangan
ARIMA (3,2,4)	ϕ_1	100.6262	1.993	Signifikan
	ϕ_2	113.2561	1.993	Signifikan
	ϕ_3	16.53329	1.993	Signifikan
	θ_1	11.28287	1.993	Signifikan
	θ_2	76.2157	1.993	Signifikan
	θ_3	19.54618	1.993	Signifikan
	θ_4	28.42223	1.993	Signifikan
ARIMA (3,2,5)	ϕ_1	157.5807	1.993	Signifikan
	ϕ_2	106.8155	1.993	Signifikan
	ϕ_3	10.83692	1.993	Signifikan
	θ_1	1.471305	1.993	Tidak Signifikan
	θ_2	72.7299	1.993	Signifikan
	θ_3	11.33849	1.993	Signifikan
	θ_4	0.844501	1.993	Tidak Signifikan
	θ_5	7.412927	1.993	Signifikan
ARIMA (3,2,0)	ϕ_1	7.41293	1.993	Signifikan
	ϕ_2	6.06201	1.993	Signifikan
	ϕ_3	4.3255	1.993	Signifikan
ARIMA (0,2,1)	θ_1	27.0591	1.993	Signifikan
ARIMA (0,2,4)	θ_1	7.205839	1.993	Signifikan
	θ_2	1.458283	1.993	Tidak Signifikan
	θ_3	0.531629	1.993	Tidak Signifikan
	θ_4	1.641813	1.993	Tidak Signifikan

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

Model	Estimasi Parameter	$\|t_{hitung}\|$	t_{tabel}	Keterangan
ARIMA (0,2,5)	θ_1	8.660354	1.993	Signifikan
	θ_2	1.688454	1.993	Tidak Signifikan
	θ_3	0.656943	1.993	Tidak Signifikan
	θ_4	2.440363	1.993	Signifikan
	θ_5	1.471646	1.993	Tidak Signifikan

Berdasarkan Tabel 4.4 diketahui bahwa diperoleh model ARIMA (1,2,0), ARIMA (2,2,0), ARIMA (3,2,4), ARIMA (3,2,0) dan ARIMA (0,2,1) yang seluruh parameternya signifikan terhadap model.

4.2.3. Uji Diagnostik Model

Model yang seluruh parameternya signifikan, selanjutnya akan dilakukan pengujian terhadap residual. Model yang layak harus memenuhi asumsi residual berdistribusi normal dan *white noise*. Residual dikatakan berdistribusi normal apabila nilai $JB \geq X^2_{()\alpha);2}$ atau p-value $< \alpha = 0.05$, sedangkan residual dikatakan *white noise* apabila $Q > X^2_{1-\alpha;db}$ atau p-value $< \alpha = 0.05$. Seluruh hasil uji diagnostik model akan disajikan pada Tabel 4.5 sebagai berikut.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

Tabel 4.5 Uji Diagnostik Model

Model	*White Noise*	Normalitas
ARIMA (1,2,0)	Memenuhi	Tidak Memenuhi
ARIMA (2,2,0)	Tidak Memenuhi	Tidak Memenuhi
ARIMA (3,2,4)	Tidak Memenuhi	Memenuhi
ARIMA (3,2,0)	Memenuhi	Tidak Memenuhi
ARIMA (0,2,1)	Memenuhi	Memenuhi

Berdasarkan uji diagnostik pada Tebal 4.5 diperoleh satu model yang layak untuk digunakan dalam meramalkan emisi karbon di Indonesia, yaitu ARIMA (0,2,1) dengan persamaan umum sebagai berikut.

$$Z_t = (1 + 0.908888B)e_t$$

4.2.4. Hasil Peramalan

Setelah tahap uji stasioneritas, identifikasi model, estimasi parameter dan uji diagnostik model, sehingga diperoleh model yang sesuai, tahap selanjutnya yaitu melakukan peramalan untuk periode selanjutnya berdasarkan model yang telah dicari. Sehingga hasil peramalan menggunakan metode ARIMA (0,2,1) akan disajikan pada Tabel berikut.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

Tabel 4.6 Hasil Peramalan ARIMA

Tahun	Data Aktual	Hasil Prediksi	Nilai Eror
1949	21.9	-	-
1950	9.83	9.8863711	0.0563711
1951	9.39	0.8974561	8.4925439
1952	12.72	4.6547364	8.0652636
1953	13.08	10.0544674	3.0255326
1954	14.75	11.2128084	3.5371916
1955	20.84	13.8182856	7.0217144
1956	21.81	20.8048587	1.0051413
1957	22.41	21.9042249	0.5057751
1958	22.58	22.5556546	0.0243454
1959	23.86	22.7572402	1.1027598
⋮	⋮	⋮	⋮
2021	619.28	623.8045515	4.5245515
2022	-	633.4987	-

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

4.3. Peramalan dengan Metode FTS Saxena Easo

Fuzzy Time Series Saxena Easo memiliki langkah-langkah yang akan digunakan untuk prakiraan hampir sama dengan metode *Fuzzy Time Series* klasik akan tetapi dalam *Fuzzy Time Series Saxena Easo* ini terdapat pembagian interval menjadi beberapa subinterval dan menyempurnakan metode *Fuzzy Time Series* yang sebelumnya diperkenalkan oleh Stevenson dan Porter.

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

4.3.1. Penentuan Persentase Perubahan Data

Langkah awal adalah mencari persentase perubahan data yang nantinya akan dijadikan sebagai pembentuk dari himpunan semesta. Maka digunakan persamaan 2.32 untuk mencari persentase perubahan data tersebut. Contoh untuk mencari persentase perubahan data pada tahun 1950 adalah sebagai berikut.

$$percChange_2 = \left(\frac{x_2 - x_{2-1}}{x_{2-1}}\right) \times 100$$
$$percChange_2 = \left(\frac{9.83 - 21.9}{21.9}\right) \times 100$$
$$percChange_2 = -55.114\%$$

Semua data dihitung dengan persamaan (2.1) sehingga didapatkan hasil seperti berikut

Tabel 4.7 Tebel Presentase Perubahan

Tahun	Kadar CO_2	*PerChange*
1949	21.9	-
1950	9.83	-55.1141553
1951	9.39	-4.4760936
1952	12.72	35.4632588
⋮	⋮	⋮
2021	619.28	1.9898936

4.3.2. Pembentukan Interval dan Subinterval

Dari hasil persentase perubahan data waktu yang telah didapatkan, maka diketahui nilai terbesar $x_{min} = -55.11$ dan nilai terkecil $x_{max} = 41.28$, kemudian

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

akan ditentukan nilai d_1 dan d_2 yang diperoleh dari konstanta positif. Maka definisi himpunan semesta U akan dihitung seperti pada persamaan 2.33 sebagai berikut.

$$U = [x_{min} - d_1, x_{max} + d_2]$$
$$U = [-55.11 - 0.89, 41.28 + 0.72]$$
$$U = [-56, 42]$$

Untuk membagi himpunan semesta menjadi beberapa interval dapat dilakukan dengan cara menghitung banyak kelas interval serta panjang/lebar kelas tersebut. Untuk menghitung banyak kelas interval dapat digunakan aturan *sturgess*. Maka diperoleh banyak kelas yaitu:

$$B = 1 + 3.322 \times log(n)$$
$$B = 1 + 3.3 \times log(77)$$
$$B = 7.266$$

Hasil tersebut kita bulatkan menjadi 7. Sehingga terdapat 7 kelas interval. Kemudian akan dilakukan perhitungan untuk menghitung panjang kelas yaitu seperti berikut:

$$P = \frac{batasatas - batasbawah}{B}$$
$$P = \frac{42 + 56}{7}$$
$$P = 14$$

Berdasarkan perhitungan di atas, didapatkan interval dengan jumlah sebanyak 7 kelas dan panjang masing-masing yaitu sebesar 14. Selanjutnya akan

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

dilakukan pengelompokan data perubahan ke dalam interval yang sesuai. Sehingga didapatkan nilai frekuensi hubungan data perubahan pada masing-masing interval. Pengelompokan data historis ke dalam interval yang sesuai dan jumlah frekuensi hubungan antar *fuzzy* dapat ditunjukkan pada Tebel 4.8 sebagai berikut.

Tabel 4.8 Sebaran Interval

$\mathbf{u}_i$	Interval	Frekuensi	Peringkat	Rentang
u_1	[-56,-42]	1	2	7.00
u_2	[-42,-28]	0	1	14.00
u_3	[-28,-14]	1	3	4.66
u_4	[-14,0]	14	6	2.33
u_5	[0,14]	46	7	2.00
u_6	[14,28]	6	5	2.80
u_7	[28,42]	3	4	3.50

Peringkat pada Tabel 4.8 berfungsi sebagai pembagi dari panjang interval, sehingga didapatkan nilai rentang dari masing-masing interval, dimana rentang tersebut akan digunakan untuk membentuk subinterval. Sehingga didapatkan subinterval seperti pada Tabel 4.9 berikut

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

Tabel 4.9 Interval Baru (Subinterval)

$\mathbf{u}_i$	**Interval**
u_1	[-42.00, -28.00]
u_2	[-56.00, -49.00]
u_3	[-49.00, -42.00]
u_4	[-28.00, -23.33]
⋮	⋮
u_{26}	[8.00, 10.00]
u_{27}	[10.00, 12.00]
u_{28}	[12.00, 14.00]

Berdasarkan Tabel 4.5 didapatkan 28 interval baru (subinterval) dari pemecahan interval sebelumnya, dimana subinterval tersebut akan digunakan sebagai interval dalam peramalan.

4.3.3. *Fuzzyfikasi*

Akan dilakukan *fuzzzyfikasi* untuk mengelompokan data perubahan ke dalam interval baru (subinterval) yang sesuai. Kemudian akan dicari nilai titik tengah dari masing-masing subinterval tersebut seperti pada persamaan 2.34. Contoh untuk mencari nilai titik tengah dari himpunan fuzzy A_1, dimana fuzzy u_1 memiliki interval yaitu [-42.00,-28.00], sehingga untuk mencari nilai a_1 akan

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

diuraikan seperti berikut.

$$a_1 = \frac{LL_1 + UL_1}{2}$$
$$a_1 = \frac{-42.00 + (-28.00)}{2}$$
$$a_1 = -35$$

Seluruh nilai titik tengah dari himpunan fuzzy akan dihitung menggunakan persamaan 2.34 sehingga didapatkan hasil seperti pada Tabel 4.10 berikut.

Tabel 4.10 Titik Tengah Tiap Himpunan *Fuzzy*

Himpunan *Fuzzy*	Interval	Titik Tengah
A_1	{[}-42.00, -28.00{]}	-35
A_2	{[}-56.00, -49.00{]}	-52.5
A_3	{[}-49.00, -42.00{]}	-45.5
⋮	⋮	⋮
A_{20}	{[}-7.00, -4.66{]}	-5.83
A_{21}	{[} -4.66, -2.33{]}	-3.49
A_{22}	{[}-2.33, 2.66{]}	0.16
⋮	⋮	⋮
A_{26}	{[}8.00, 10.00{]}	9
A_{27}	{[}10.00, 12.00{]}	11
A_{28}	{[}12.00, 14.00{]}	13

4.3.4. *Defuzzyfikasi*

Akan dilakukan defuzzikasi dengan menggunakan fungsi keanggotaan triangular seperti pada persamaan 2.35. Contoh dalam mencari nilai prediksi

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

persentase perubahan data dari fuzzy A_1, maka perhitungannya adalah seperti berikut:

$$t_1 = \frac{1 + 0.5}{\frac{1}{a_1} + \frac{0.5}{a_2}}$$
$$t_1 = \frac{1 + 0.5}{\frac{1}{-35} + \frac{0.5}{-52.5}}$$
$$t_1 = -39.375$$

Kemudian untuk mencari nilai prediksi persentase perubahan dari fuzzy A_2, maka perhitungannya adalah seperti berikut:

$$t_2 = \frac{0.5 + 1 + 0.5}{\frac{0.5}{a_{2-1}} + \frac{1}{a_2} + \frac{0.5}{a_{2+1}}}$$
$$t_2 = \frac{0.5 + 1 + 0.5}{\frac{0.5}{-35} + \frac{1}{-52.5} + \frac{0.5}{-45.5}}$$
$$t_2 = -45.123$$

Sedangkan untuk mencari nilai prediksi persentase perubahan dari fuzzy terakhir yaitu A_{28}, maka perhitungannya adalah seperti berikut:

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

$$t_{28} = \frac{0.5 + 1}{\frac{0.5}{a_{28-1}} + \frac{1}{a_{28}}}$$
$$t_{28} = \frac{0.5 + 1}{\frac{0.5}{11} + \frac{1}{13}}$$
$$t_{28} = 12.257$$

Setelah didapatkan semua nilai prediksi dari masing-masing himpunan *fuzzy*, akan dibentuk sebuah *fuzzy set* dengan mencocokkan antara data perubahan dengan himpunan fuzzy untuk melihat nilai prediksi persentase data. Bentuk dari *fuzzy set*

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

data emisi karbon dapat dilihat pada Tabel 4.11 sebagai berikut.

Tabel 4.11 *Fuzzy Set* Data Emisi Karbon

Tahun	Kadar CO_2	*PercChange*	Himpunan *Fuzzy*	*Predict Percentage*
1949	21.9	-55.114	A_2	-45.123
1950	9.83	-4.476	A_{20}	-2.5
1951	9.39	35.463	A_9	36.582
1952	12.72	2.830	A_{23}	2.142
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
2019	659.44	2.058	A_{23}	2.142
2020	609.79	2.023	A_{23}	2.142
2021	619.28	1.989	A_{22}	2.709

4.3.5. Hasil Peramalan

Setelah semua hasil diperoleh, maka dapat ditentukan hasil peramalan ke-t dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.36. Sehingga hasil peramalan menggunakan metode Fuzzy Time Series Saxena Easo akan disajikan pada Tabel 4.12 sebagai berikut.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

Tabel 4.12 Hasil Peramalan FTS Saxena Easo

Tahun	Data Aktual	Hasil Prediksi	Nilai Eror
1949	21.9	-	-
1950	9.83	12.01785	2.18785
1951	9.39	9.58425	0.19425
1952	12.72	12.8251	0.1051
1953	13.08	12.99257	0.08743
1954	14.75	14.68323	0.06677
1955	20.84	18.90975	1.93025
1956	21.81	21.79139	0.01861
1957	22.41	22.27736	0.13264
⋮	⋮	⋮	⋮
2021	619.28	626.31334	7.03334
2022	-	632.5502	-

4.3.6. Perbandingan Hasil Peramalan Metode ARIMA dan FTS Saxena Easo

Setelah dilakukan peramalan kadar emisi karbon di Indonesia dengan metode ARIMA dan FTS Saxena Easo, maka perbandingan hasil kedua metode ditunjukkan pada Tabel 4.13 sebagai berikut.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

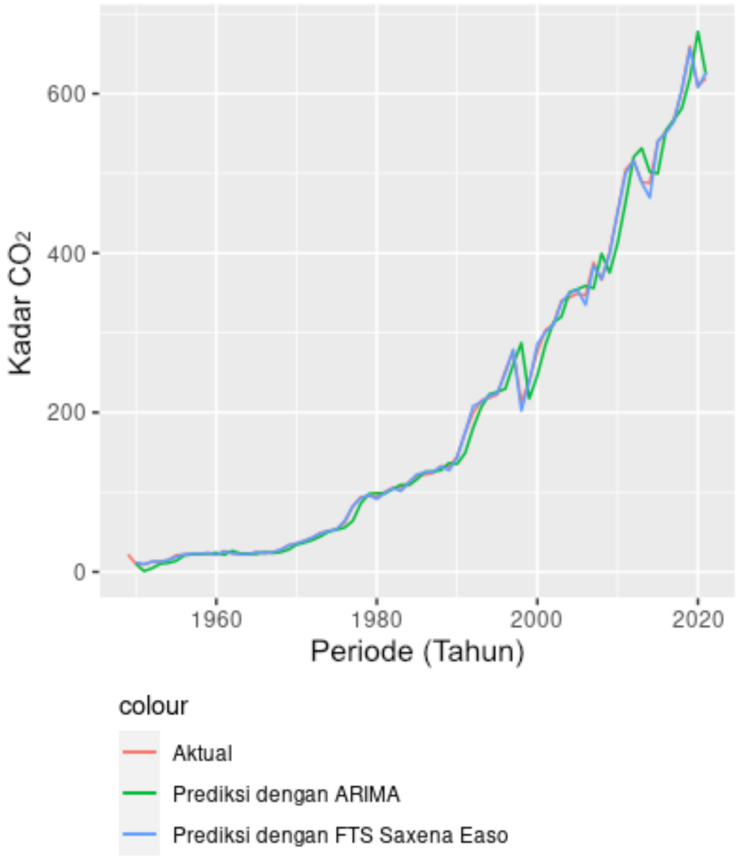
Tabel 4.13 Perbandingan ARIMA dan FTS Saxena Easo

Tahun	Data Aktual	Hasil Ramalan		Nilai Error	
		ARIMA	FTS Saxena Easo	ARIMA	FTS Saxena Easo
1949	21.9	-	-	-	-
1950	9.83	9.886	12.018	2.131	2.188
1951	9.39	0.897	9.584	8.687	0.194
1952	12.72	4.655	12.825	8.170	0.105
1953	13.08	10.054	12.993	2.938	0.087
1954	14.75	11.213	14.683	3.470	0.067
1955	20.84	13.818	18.910	5.091	1.930
1956	21.81	20.805	21.791	0.987	0.019
1957	22.41	21.904	22.277	0.373	0.133
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
2021	619.28	623.805	626.313	4.525	7.033

Adapun plot perbandingan hasil peramalan dengan data aktual metode ARIMA dan FTS Saxena Easo akan ditunjukkan pada Gambar sebagai berikut.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/



Gambar 4.6 ***Perbandingan Hasil Prediksi***

Untuk mengetahui metode terbaik dalam peramalan data emisi karbon di Indonesia maka akan dilakukan perhitungan nilai MAPE seperti pada persamaan 2.37. Adapun hasil nilai MAPE metode ARIMA dan FTS Saxena Easo akan ditunjukkan pada Tabel 4.14 berikut.

Tabel 4.14 Hasil Perhitungan MAPE

Metode	Nilai MAPE
ARIMA	0.124996
FTS Saxena Easo	0.021441

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

Berdasarkan Tabel 4.14 dapat diambil kesimpulan bahwa metode *Fuzzy Time Series* Saxena Easo lebih baik dibandingkan dengan metode ARIMA . Sehingga prediksi pada tahun 2022 diambil berdasarkan hasil peramalan dari metode *Fuzzy Time Series* Saxena Easo yaitu sebesar 632.5502 juta ton CO_2.

4.4. Pembahasan

Peramalan dalam matematika adalah memperkirakan apa yang terjadi di masa yang akan datang. Kemajuan ilmu pengetahuan telah meningkatkan pengertian mengenai berbagai aspek lingkungan dan akibatnya banyak peristiwa yang dapat diramalkan. Kemampuan menduga berbagai peristiwa kini tampaknya akan sama lazimnya dengan kecermatan peramalan emisi karbon dalam berbagai periode. Kecenderungan untuk dapat meramalkan peristiwa secara lebih tepat, akan memberikan dasar yang lebih baik bagi perencanaan.

Berdasarkan hasil peramalan yang telah didapatkan dari perbandingan metode ARIMA dan *Fuzzy Time series* Saxena Easo diperoleh hasil peramalan terbaik yaitu menggunakan metode Fuzzy Time Series Saxena Easo dengan hasil peramalan pada tahun 2022 yaitu sebesar 632.5502 juta ton CO_2 dimana berarti tingkat emisi karbon di Indonesia terus mengalami kenaikan, hal tersebut dapat menjadi pertimbangan bagi pemerintah untuk mempertegas upaya-upaya untuk mencapai *Net Zero Emission*. Bukan hanya pemerintah, namun kita juga sebagai masing-masing individu harus memulai kesadaran untuk lebih memperhatikan untuk menjaga lingkungan.

Jika dibandingkan dengan beberapa penelitian terdahulu yang melakukan penelitian mengenai peramalan emisi karbon dengan pola data yang hampir sama seperti penelitian oleh Suwandi et al. (2022) yang menggunakan perbandingan

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

metode SARIMA dan LSTM dengan hasil terbaik yaitu pada metode LSTM dengan nilai MAPE sebesar 0.540%, penelitian oleh Ramadian et al. (2022) menggunakan metode ARIMA dengan nilai MAPE sebesar 1.708% dan penelitian oleh Gao et al. (2021) menggunakan *Fractional Grey Riccati Model* (FGRM) dengan nilai MAPE sebesar 2.17%. Sedangkan pada penelitian ini didapatkan hasil terbaik menggunakan metode FTS Saxena Easo dengan nilai MAPE sebesar 0.021%. Sehingga berdasarkan beberapa metode yang digunakan dalam peramalan mengenai emisi karbon, metode FTS Saxena Easo lebih baik dibandingkan dengan metode lain.

Islam telah memberikan pedoman terhadap semua sisi kehidupan, termasuk lingkungan. Lingkungan sendiri merupakan bagian dari ciptaan Allah SWT dan setiap manusia ciptaan-Nya berkewajiban untuk menjaganya. Allah SWT berfirman dalam QS. Al-Baqarah ayat 205 bahwa merusak lingkungan menjadi salah satu dari sifat orang munafik.

وَاِذَا تَوَلّٰى سَعٰى فِى الْاَرْضِ لِيُفْسِدَ فِيْهَا وَيُهْلِكَ الْحَرْثَ وَالنَّسْلَۗ وَاللّٰهُ لَا يُحِبُّ الْفَسَادَ

Artinya: "Apabila berpaling (dari engkau atau berkuasa), dia berusaha untuk berbuat kerusakan di bumi serta merusak tanam-tanaman dan ternak. Allah tidak menyukai kerusakan." (QS. Al-Baqarah: 205)

Kemunafikkan disini memiliki makna yaitu ada banyak sekali dari kita yang merasa ingin merawat dan melestarikan bumi, akan tetapi pada kenyataannya malah melakukan kerusakan di bumi. Maka sesungguhnya Allah sangat tidak menyukai orang-orang yang munafik. Sehingga dari hal tersebut dapat diambil hikmah bahwa kita berkewajiban untuk senantiasa berusaha seminimal mungkin

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

untuk tidak menimbulkan kerusakan di bumi, sebagaimana dari Abu Hurairah Radhiyallahu ‘anhu bahwa Nabi Muhammad Shallallahu ‘alaihi wasallam bersabda:

عَنْ أَبِي هُرَيْرَةَ رضي الله عنه أَنَّ رَسُولَ اللهِ صلى الله عليه وسلم قَالَ: "اتَّقُوا اللَّعَّانَيْنِ" قَالُوا: وَمَا اللَّعَّانَانِ يَا رَسُولَ اللهِ قَالَ: "الَّذِي يَتَخَلَّى فِي طَرِيقِ النَّاسِ أَوْ فِي ظِلِّهِمْ". رواه مسلم

Abu Hurairah Radhiyallahu‘anhu mengatakan bahwa Nabi Muhammad Shallallahu ‘alaihi wassallam bersabda: "Jauhilah dua perbuatan yang mendatangkan laknat!" Sahabat-sahabat bertanya, "Apakah dua perbuatan yang mendatangkan laknat itu?" Nabi menjawab, "Orang yang buang air besar di jalan umum atau di tempat berteduh manusia." (HR Muslim)

Allah telah memberi kita begitu banyak kenikmatan, baik dari langit maupun bumi. Semua ini adalah tanda kebesaran Tuhan. Apakah pantas jika kita menghancurkan apa yang Tuhan telah berikan? Sesungguhnya, merusak lingkungan adalah perbuatan yang memalukan dan dilarang keras dalam Islam.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Hasil peramalan emisi karbon di Indonesia 1 periode ke depan menggunakan metode ARIMA yaitu sebesar 633.4987 juta ton CO_2 sedangkan pada metode FTS Saxena Easo yaitu sebesar 632.5502 juta ton CO_2.
2. Perbandingan hasil evaluasi model menggunakan nilai MAPE menunjukkan bahwa pada metode ARIMA didapatkan nilai MAPE sebesar 0.124996 sedangkan pada metode FTS Saxena Easo didapatkan nilai MAPE sebesar 0.021441. Sehingga metode FTS Saxena Easo lebih akurat dalam meramalkan data emisi karbon di Indonesia karena memiliki nilai MAPE yang lebih kecil atau lebih mendekati 0.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

5.2. Saran

Pada penelitian lebih lanjut mengenai peramalan emisi karbon alangkah lebih baik apabila data t*time series* yang digunakan dalam penelitian adalah dalam skala harian, mingguan atau bulanan agar hasil yang didapatkan lebih spesifik untuk pemantauan lebih lanjut mengenai upaya menangani pemanasan global.

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

DAFTAR PUSTAKA

Adhikari, R. and Agrawal, R. (2018). An Introductory Study on Time Series Modeling and Forecasting Ratnadip Adhikari R. K. Agrawal. *arXiv preprint arXiv:1302.6613*, 1302.6613:1–68.

Ainiyah, L. and Bansori, M. (2021). Prediksi Jumlah Kasus COVID-19 Menggunakan Metode Autoregressive Integrated Moving Average. *Jurnal Sains Dasar*, 10(2):62–68.

Anwar, S., Asaad, I., Budiharto, Ratnasari, Wibowo, H., Gunawan, W., Novitri, F., Rosehan, A., Masri, A. Y., Oktavia, E. R., Carolyn, R. D., Precylia, V., Lathif, S., Asmani, R., Purnomo, H., Utomo, P., Utama, K., and Ratnasari, L. (2020). *Laporan Inventarisasi GRK 2020 dan Monitoring, Pelaporan, Verifikasi (MPV)*.

Ardella, S., Purnamasari, I., and Amijaya, F. D. T. (2021). Penerapann Metode Fuzzy Time Series Saxena Easo pada Data Runtun Waktu (Studi Kasus : Nilai Impor Nonmigas di Provinsi Kalimantan Timur).

Arumsari, M. and Dani, A. (2021). Peramalan Data Runtun Waktu menggunakan Model Hybrid Time Series Regression – Autoregressive Integrated Moving Average. *Jurnal Siger Matematika*, 2(1):1–12.

BPKM (2020). Badan Koordinasi Penanaman Modal — BKPM. *Badan Koordinasi Penanaman Modal*, (23):1–11.

Ciais, P., Yao, Y., Gasser, T., Baccini, A., Wang, Y., Lauerwald, R., Peng, S., Bastos, A., Li, W., Raymond, P. A., Canadell, J. G., Peters, G. P., Andres, R. J., Chang,

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

J., Yue, C., Dolman, A. J., Haverd, V., Hartmann, J., Laruelle, G., Konings, A. G., King, A. W., Liu, Y., Luyssaert, S., Maignan, F., Patra, P. K., Peregon, A., Regnier, P., Pongratz, J., Poulter, B., Shvidenko, A., Valentini, R., Wang, R., Broquet, G., Yin, Y., Zscheischler, J., Guenet, B., Goll, D. S., Ballantyne, A. P., Yang, H., Qiu, C., and Zhu, D. (2021). Empirical estimates of regional carbon budgets imply reduced global soil heterotrophic respiration. *National Science Review*, 8(2).

Citra Ramadhani, L., Anggraeni, D., Kamsyakawuni Jurusan Matematika, A., and Universitas Jember, F. (2019). Fuzzy Time Series Saxena-Easo Pada Peramalan Laju Inflasi Indonesia Saxena-Easo Fuzzy Time Series on Indonesia's Inflation Rate Forecasting. 20(1):53–60.

Cryer, J. D. and Kung-Sik Chan (2008). *With Applications in R*. CC2008.

Deviana, S., Nusyirwan, N., Azis, D., and Ferdias, P. (2021). Analisis model autoregressive integrated moving average data deret waktu dengan metode momen sebagai estimasi parameter. *Jurnal Siger Matematika*, 2(2):57–67.

Fernando, A., Lubis, R. S., Cipta, H., and Fernando, A. (2022). Gold Price Prediction Using the Fuzzy Time Series Saxena-Easo Method. 1(1).

Gao, M., Yang, H., Xiao, Q., and Goh, M. (2021). A novel fractional grey Riccati model for carbon emission prediction. *Journal of Cleaner Production*, 282:124471.

Ginantra, N. L. W. S. R. and Anandita, I. B. G. (2019). Penerapan Metode Single Exponential Smoothing Dalam Peramalan Penjualan Barang. *Sains Komputer dan Informatika*, 3(September):433–441.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

Greenstone, M. and Fan, Q. C. (2019). Kualitas udara Indonesia yang memburuk dan dampaknya terhadap harapan hidup. *Air Quality Life Index*, pages 1–10.

Han, X., Yu, J., Xia, Y., and Wang, J. (2021). Spatiotemporal characteristics of carbon emissions in energy-enriched areas and the evolution of regional types. *Energy Reports*, 7:7224–7237.

Handoyo, S. (2018). *Applied Fuzzy System with R Software (Sistem Fuzzy Terapan dengan Software R)*. Number January 2018. UB Press.

Hendra, F. H. (2016). Pembangunan Perumahan Rendah Emisi Karbon Di Surabaya Timur. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan IV*, 0(0):15–24.

Hernadewita, Hadi, Y. K., Syaputra, M. J., and Setiawan, D. (2020). Peramalan Penjualan Obat Generik Melalui Time Series Forecasting Model Pada Perusahaan Farmasi di Tangerang: Studi Kasus. *Journal Industrial Engineering & Management Research (Jiemar)*, 1(2):35–49.

Huang, L., Krigsvoll, G., Johansen, F., Liu, Y., and Zhang, X. (2018). Carbon emission of global construction sector. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81(June):1906–1916.

Ismail, A. (2020). Potensi Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (Grk) Dalam Kegiatan Belajar Di Rumah Secara on-Line: Analisis Jejak Karbon (Carbon Footprint Analysis) Greenhouse Gas Emission Reduction Potential in on-Line Learning Activities in Home: Carbon Footprint Analysis. *Jukung Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(2):195–203.

Istianah (2015). Upaya Pelestarian Lingkungan Hidup dalam Perspektif Hadis. 1(2):249–270.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

Khumaidi, A., Raafi'udin, R., and Solihin, I. P. (2020). Pengujian Algoritma Long Short Term Memory untuk Prediksi Kualitas Udara dan Suhu Kota Bandung. *Jurnal Telematika*, 15(1):13–18.

Kurnia, A. and Sudarti (2021). Efek Rumah Kaca oleh Kendaraan Bermotor. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Sains*, 4(2):1–9.

Latuconsina, H. (2020). Dampak pemanasan global terhadap ekosistem pesisir dan lautan. *Agrikan: Jurnal Agribisnis Perikanan*, 3(1):30–37.

Lestari, N. and Wahyuningsih, N. (2019). Peramalan Kunjungan Wisata dengan Pendekatan Model Sarima (Studi Kasus : Kusuma Agrowisata). Jurnal Sains dan Seni, 1(1) : 29-33. *Jurnal Sains dan Seni*, 1(1).

Limanseto, H. (2022). Ekonomi Hijau dan Pembangunan Rendah Karbon Mendorong Pertumbuhan Ekonomi dan Meningkatkan Kesejahteraan Sosial - Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian Republik Indonesia. *Perekonomian, Kementerian Koordinator Bidang Indonesia, Republik*, (71).

Maulidiavitasari and Yanthi (2021). Pengaruh Kinerja Lingkungan terhadap Carbon Emission Disclosure dengan Dewan Komisaris sebagai Variabel Moderasi. *Akuntabilitas*, 15(1):1–18.

Mongabay (2019). Emisi Karbon Karhutla Indonesia Lebih Parah Dibanding Amazon.

Munarsih, E. (2017). Peramalan Jumlah Pengangguran di Provinsi Sumatera Selatan dengan Metode Autoregressive Integreted Moving Average (ARIMA). 19:1–5.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

Nababan, D. and Alexander, E. (2020). Implementasi Metode Fuzzy Time Series Dengan Model Algoritma Chen Untuk Memprediksi Harga Emas. *Jurnal Teknik Informatika*, 13(1):71–78.

Pratama, R. and Kunci, K.-K. (2019). Efek Rumah Kaca Terhadap Bumi. *Cetak) Buletin Utama Teknik*, 14(2):1410–4520.

Pusadan, M. Y. (2014). *Pemrograman Matlab pada Sistem Pakar Fuzzy*. Deepublish.

Putri, A. Q. (2019). ARIMA.

Qalbi, A., Nurfadilah, K., and Alwi, W. (2021). Comparison of Fuzzy Time Series Methods and Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) for Inflation Data. *Eigen Mathematics Journal*, 4(2):40–50.

Rais, A. N., Rousyati, R., Thira, I. J., Kholifah, D. N., Purwati, N., Kristania, Y. M., and Kristania, Y. M. (2020). Evaluasi Metode Forecasting pada Data Kunjungan Wisatawan Mancanegara ke Indonesia. *EVOLUSI : Jurnal Sains dan Manajemen*, 8(2):104–115.

Ramadhani, L. C., Anggraeni, D., Kamsyakawuni, A., and Hadi, A. F. (2018). An Algorithm of Saxena-Easo on Fuzzy Time Series Forecasting. *Journal of Physics: Conference Series*, 1008(1).

Ramadian, C. D., Alfarizi, U. R., Nurhasanah, Y., and Pontoh, R. S. (2022). Peramalan Data Deret Waktu Kenaikan Konsentrasi Atmosfer CO2 Dunia Menggunakan Model ARIMA. 2.

Ritchie, H., Roser, M., and Rosado, P. (2020). CO2 and Greenhouse Gas Emissions.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

Ritonga, A. M., Masrukhi, M., and Mafrukhi, A. (2021). Peningkatan Kualitas Biogas Melalui Proses Pemurnian Dengan Purifier Bertingkat Seri Menggunakan Adsorben Arang Aktif Dan Zeolit. *Rona Teknik Pertanian*, 14(1):1–14.

RS Faustina, A Agoestanto, P. H. (2017). Model Hybrid ARIMA-GARCH Untuk Estimasi Volatilitas harga Emas. *UNNES Jurnal of Mathematics*, 6(1):11–24.

Rusli, M. (2017). *Dasar Perancangan Kendali Logika Fuzzy*. UB Press, Malang.

Salwa, N., Tatsara, N., Amalia, R., and Zohra, A. F. (2018). Peramalan Harga Bitcoin Menggunakan Metode ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average). 1(1):21–31.

Sambodo, M. T. (2019). Tantangan Pembangunan Rendah Karbon di Indonesia.

Sinaga, H. D. E. and Irawati, N. (2018). Perbandingan Double Moving Average dengan Double Exponential Smoothing pada Peramalan Bahan. *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi*, IV(2):197–204.

Stevenson, M. and Porter, J. E. (2009). Fuzzy Time Series Forecasting Using Percentage Change as the Universe of Discourse. *World Academy of Science, Engineering, and Technology*, 3(7):464–467.

Susilawati, S. (2021). Dampak Perubahan Iklim Terhadap Kesehatan. *Electronic Journal Scientific of Environmental Health And Disease*, 2(1):25–31.

Sutrisno, E. (2022). Serius Memangkas Emisi Karbon.

Suwandi, S. I. N., Raras Tyasnurita, and Hanifan Muhayat (2022). Peramalan Emisi Karbon Menggunakan Metode SARIMA dan LSTM. *Journal of Computer Science and Informatics Engineering (J-Cosine)*, 6(1):73–80.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

Tanto, T. A. and Riswanto (2022). Kajian Suhu Permukaan Laut (SPL) Menggunakan Analisis Deret Waktu di Perairan Laut Banda. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 15(3):270–279.

Tasna Yunita (2020). Peramalan Jumlah Penggunaan Kuota Internet Menggunakan Metode Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA). *Journal of Mathematics : Theory and Application*, 1(2):16–22.

Tauryawati, M. L. and Irawan, M. I. (2014). Perbandingan metode fuzzy time series cheng dan metode box-jenkins untuk memprediksi IHSG. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 3(2):34–39.

Tosiani, A. (2018). Buku kegiatan serapan dan emisi karbon. *Serapan Dan Emisi Karbon*, pages 1–41.

Udin, A. C. and Jatipaningrum, M. T. (2020). Peramalan Inflasi di Indonesia Menggunakan Metode Fuzzy Time Series Based Average dan Fuzzy Time Series Saxena-Easo. 05(2):1–10.

Unaijah, U. and Darwis, S. (2022). Prediksi Sisa Umur Bearing Menggunakan Distribusi Weibull. *Jurnal Riset Statistika*, pages 73–81.

Wirana, I., Gobel, J., and Sela, R. L. E. (2019). Sebaran Spasial Emisi Gas Karbon Dioksida (CO2) Pada Kawasan Permukiman Di Kecamatan Singkil Kota Manado. 6(3):628–636.

Wiyanti, D. T. and Pulungan, R. (2022). RBF and ARIMA Combined for Time Series Forecasting. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI)*, pages N22–N27.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/

Woodward, W. A., Gray, H. L., and Elliott, A. (2020). Nonstationary Time Series Models.

Yuma, F. M. (2018). Sistem Peramalan Harga Emas Menggunakan Metode Single Exponential Smoothing. *Seminar Nasional Royal (SENAR)*, 1(1):299–302.

Yusuf, A., Kusrini, K., and Muhammad, A. H. (2022). Perbandingan Additive dan Multiplicative Exponential Smoothing Terhadap Prakiraan Kualitas Udara di Banjarmasin. *Jurnal ELTIKOM*, 6(1):40–55.

Zhang, Z. and Zhu, Q. (2012). Fuzzy Time Series Forecasting Based On K-Means Clustering. pages 100–103.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/