

**PREDIKSI JUMLAH PRODUKSI PADI DI JAWA TIMUR
MENGUNAKAN METODE SARIMA WITH EXOGENEUS INPUT
(SARIMAX)**

SKRIPSI



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

Disusun Oleh
NAILUL MUTAMMIMAH
H02218008

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

2022

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : NAILUL MUTAMMIMAH

NIM : H02218008

Program Studi : Matematika

Angkatan : 2018

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul "PREDIKSI JUMLAH PRODUKSI PADI DI JAWA TIMUR MENGGUNAKAN METODE SARIMA WITH EXOGENEUS INPUT (SARIMAX)". 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, 15 Agustus 2022

Yang menyatakan,



NAILUL MUTAMMIMAH

NIM. H02218008

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi oleh

Nama : NAILUL MUTAMMIMAH
NIM : H02218008
Judul Skripsi : PREDIKSI JUMLAH PRODUKSI PADI DI JAWA
TIMUR MENGGUNAKAN METODE SARIMA WITH
EXOGENEUS INPUT (SARIMAX)

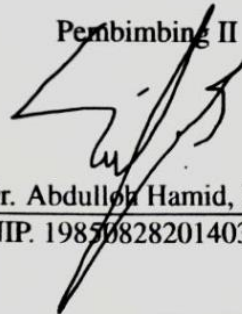
telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Pembimbing I



Wika Dianita Utami, M.Sc
NIP. 199206102018012003

Pembimbing II



Dr. Abdullah Hamid, M. Pd
NIP. 198708282014031003

Mengetahui,
Ketua Program Studi Matematika
UIN Sunan Ampel Surabaya



Yuniar Farida, MT.
NIP. 197905272014032002

PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI

Skripsi oleh

Nama : NAILUL MUTAMMIMAH
NIM : H02218008
Judul Skripsi : PREDIKSI JUMLAH PRODUKSI PADI DI JAWA
TIMUR MENGGUNAKAN METODE SARIMA WITH
EXOGENEUS INPUT (SARIMAX)

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji
pada tanggal 11 Agustus 2022

Mengesahkan,
Tim Penguji

Penguji I



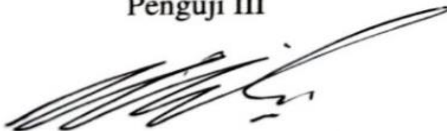
Ahmad Hanif Ashykar, M.Si
NIP. 198601232014031001

Penguji II



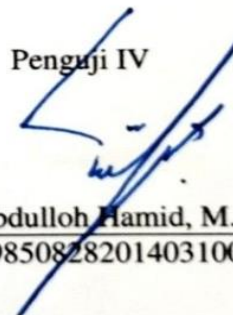
Nurissadah Ulanuha, M.Kom
NIP. 199011022014032004

Penguji III



Wika Dianita Utami, M.Sc
NIP. 199206102018012003

Penguji IV



Dr. Abdulloh Hamid, M. Pd
NIP. 198508282014031003

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Ampel Surabaya



Dr. H. A. 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 : NAILUL MUTAMMIMAH
NIM : H02218008
Fakultas/Jurusan : SAINS DAN TEKNOLOGI / MATEMATIKA
E-mail address : mimanailul@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :

☒ Sekripsi ☐ Tesis ☐ Desertasi ☐ Lain-lain (.....)
yang berjudul :

PREDIKSI JUMLAH PRODUKSI PADI DI JAWA TIMUR
MENGUNAKAN METODE SARIMA WITH EXOGENEUS
INPUT (SARIMAX)

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif 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, 23 Agustus 2022

Penulis

(NAILUL MUTAMMIMAH)
nama terang dan tanda tangan

ABSTRAK

PREDIKSI JUMLAH PRODUKSI PADI DI JAWA TIMUR MENGUNAKAN METODE SARIMA WITH EXOGENEUS INPUT (SARIMAX)

Indonesia merupakan salah satu negara agraris terbesar di Asia Tenggara yang mempunyai luas wilayah dan kondisi alam yang subur sehingga mayoritas penduduknya bekerja dalam sektor pertanian. Tanaman padi merupakan tanaman dengan komoditas yang sangat penting dalam pengembangan sektor pertanian di Indonesia. Pada tahun 2018, Jawa Timur merupakan provinsi yang memperoleh hasil produksi padi terbesar di Indonesia. Perkembangan Populasi dan kemajuan yang pesat di Indonesia juga berdampak pada ketidak stabilan produksi padi, diantaranya menyebabkan penyempitan luas lahan disetiap tahunnya. Salah satu langkah pertama dalam menangani produksi padi di Jawa Timur yaitu melakukan peramalan produksi di tahun yang akan datang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui model SARIMAX dalam meramalkan jumlah produksi padi di Jawa Timur. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average With Eksogeneus input* (SARIMAX). Dalam penelitian ini akan menggunakan variabel endogen adalah produksi padi dengan variabel eksogen yaitu luas lahan. Hasil penelitian diperoleh bahwa model SARIMAX terbaik untuk memprediksi jumlah produksi padi di Provinsi Jawa Timur pada tahun 2022 dan 2023 adalah SARIMAX $(0, 0, 0)(1, 1, 0)_{12}$ dengan nilai MAPE sebesar 24% yang artinya model SARIMAX ini cukup layak digunakan pada jumlah produksi padi di Provinsi Jawa Timur.

Kata kunci: Prediksi, Produksi Padi, Luas Lahan, SARIMAX.

ABSTRACT

PREDICTION OF THE AMOUNT OF RICE PRODUCTION IN EAST JAVA USING SARIMA WITH EXOGENEUS INPUT METHOD (SARIMAX)

Indonesia is one of the largest agricultural countries in southeast Asia that have an extensive territory and rich natural conditions, making the majority of the population work in the agricultural sector. Rice is a crucial commodity in Indonesia's agricultural sector development. In 2018, east Java was the province that produced the largest rice production in Indonesia. Indonesia's rapid population and development are also capable of destabilizing rice production, among other things, causing extensive land expansion each year. One of the first steps in handling rice production in East Java is to forecast production in the coming year. According to the plan, there will be an increase in the production of rice in East Java. This study aims to determine the SARIMAX model in predicting the amount of rice production in East Java. The method used in this study is *Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average with Exogeneous input* (SARIMAX). In this research that will use endogenous variables is a rice production with an exogeneous variable that is a land area. Research has shown that the best SARIMAX model to predict the amount of rice produced in east Java provinces by 2022 and 2023 is a SARIMAX $(0, 0, 0)(1, 1, 0)_{12}$ with a MAPE of 24% which means this SARIMAX model is adequate for use in the amount of rice produced in East Java Province.

Keywords: Forecasting, Rice Production, Land Area, SARIMAX.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	1
DAFTAR TABEL	4
DAFTAR GAMBAR	5
I PENDAHULUAN	7
1.1. Latar Belakang Masalah	7
1.2. Rumusan Masalah	13
1.3. Tujuan	14
1.4. Manfaat	14
1.5. Batasan Masalah	14
1.6. Sistematika Penulisan	15
II TINJAUAN PUSTAKA	17
2.1. Produksi Padi	17
2.1.1. Padi	18
2.1.2. Luas Lahan	19
2.2. Peramalan	19
2.3. Deret Waktu (<i>Time Series</i>)	20
2.4. Stasioneritas	23
2.5. ACF dan PACF	26
2.5.1. ACF (<i>Autocorrelation Function</i>)	26
2.5.2. PACF (<i>Partial Autocorrelation Function</i>)	29
2.6. <i>White Noise</i>	31

2.7. ARIMA (<i>Autoregressive Integrated Moving Average</i>)	32
2.7.1. Model AR (<i>Model Autoregressive</i>)	33
2.7.2. Model MA (<i>Moving Average</i>)	34
2.7.3. Model ARMA (<i>Autoregressive Moving Average</i>)	34
2.7.4. Model ARIMA (<i>Autoregressive Integrated Moving Average</i>)	35
2.8. SARIMA	35
2.9. SARIMAX	37
2.10. Model Fungsi Transfer	39
2.10.1. Bentuk Model Fungsi Transfer	40
2.11. Kriteria Pemilihan Model Terbaik	43
2.11.1. MSE (<i>Mean Square Error</i>)	43
2.11.2. MAPE (<i>Mean Absolute Percentage Error</i>)	43
2.12. Integrasi Keilmuan	44
2.12.1. Perspektif Islam Tentang Peran Tumbuhan	44
III METODE PENELITIAN	48
3.1. Jenis Penelitian	48
3.2. Jenis dan Sumber Data	48
3.3. Variabel Penelitian	49
3.3.1. Variabel Dependen/Endogen	49
3.3.2. Variabel Independen/Eksogen	49
3.4. Teknis Analisis Data	50
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	54
4.1. Identifikasi Plot Data <i>Time Series</i>	54
4.1.1. Identifikasi Model SARIMA dari Variabel Produksi Padi	56
4.1.2. Identifikasi Model SARIMA dari Variabel Luas Lahan	64
4.2. Membuat Model SARIMAX	72
4.2.1. <i>Prewhitening</i> pada variabel Endogen dan Eksogen	72
4.2.2. Korelasi silang (CCF) dan autokorelasi pada variabel eksogen dan endogen yang telah <i>diprewhitening</i>	75
4.2.3. Identifikasi Fungsi Transfer pada Model SARIMAX	78

4.2.4. Identifikasi Model Deret <i>Noise</i>	79
4.2.5. Penetapan (p_n, q_n) pada Model SARIMA $(p_n, 0, q_n)$ dari Deret <i>Noise</i>	80
4.2.6. Pendugaan Akhir Model SARIMAX (Fungsi Transfer) . . .	84
4.2.7. Akurasi Peramalan	85
4.2.8. Peramalan Jumlah Produksi Padi	86
4.3. Integrasi Keilmuan	88
V PENUTUP	91
5.1. Simpulan	91
5.2. Saran	91
DAFTAR PUSTAKA	92
DAFTAR PUSTAKA	92

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR TABEL

2.1 Transformasi Box-Cox	26
2.2 Kriteria MAPE	44
3.1 Sampel Data	49
4.1 Hasil Estimasi Parameter dan Pengujian Signifikan Model Produksi Padi	61
4.2 Hasil Uji <i>Diagnostic Checking Model</i> Produksi Padi	62
4.3 Hasil Estimasi Parameter dan Pengujian Signifikan Model Luas Lahan	69
4.4 Hasil Uji <i>Diagnostic Checking Model Luas Lahan</i>	70
4.5 Hasil <i>prewhitening</i> variabel eksogen luas lahan	73
4.6 Hasil <i>Prewhitening</i> β_t	75
4.7 Hasil Nilai Korelasi Silang	78
4.8 <i>Conditional least square error</i>	79
4.9 Nilai dari deret <i>noise</i>	80
4.10 Hasil Estimasi dan Pengujian Signifikan Model Deret <i>noise</i>	83
4.11 Hasil Uji <i>Diagnostic Checking Model</i> deret <i>noise</i>	83
4.12 Hasil Estimasi dan Pengujian Signifikan Model Fungsi Transfer	85
4.13 Prediksi Jumlah Produksi Padi di Provinsi Jawa Timur	87

DAFTAR GAMBAR

2.1 Pola Data Horizontal	21
2.2 Pola Data Trend	21
2.3 Pola Data Musiman	22
2.4 ACF belum stasioner dalam mean	24
2.5 Koefisien ACF Signifikan	29
2.6 Plot PACF	30
3.1 Diagram Alir Tahapan Penelitian	50
3.2 Diagram Alir Tahapan SARIMAX	51
4.1 Plot Data Asli Produksi Padi dan Luas Lahan di provinsi Jawa Timur	55
4.2 Plot ACF Produksi Padi	56
4.3 Plot PACF Produksi Padi	56
4.4 Plot ACF <i>Differencing</i> non musiman Produksi Padi	57
4.5 Plot PACF <i>Differencing</i> non musiman Produksi Padi	58
4.6 Plot ACF <i>differencing</i> musiman Produksi Padi	58
4.7 Plot PACF <i>differencing</i> musiman Produksi Padi	59
4.8 Transformasi Box Cox Produksi Padi	59
4.9 Transformasi 2 Box Cox Produksi Padi	60
4.10 Uji Normalitas Residual Produksi Padi	63
4.11 Plot ACF Luas Lahan	64
4.12 Plot PACF Luas Lahan	64
4.13 Plot ACF <i>Differencing</i> non musiman Luas Lahan	65
4.14 Plot PACF <i>Differencing</i> non musiman Luas Lahan	65
4.15 Plot ACF <i>differencing</i> musiman Luas Lahan	66
4.16 Plot PACF <i>differencing</i> musiman Luas Lahan	66
4.17 Transformasi Box-Cox Luas Lahan	67
4.18 Transformasi 1 Box-Cox Luas Lahan	68

4.19 Uji Normalitas Residual Luas Lahan	71
4.20 Plot ACF α_t	76
4.21 Plot Korelasi Silang Variabel α_t dan β_t	77
4.22 Plot ACF deret <i>noise</i>	81
4.23 Plot PACF deret <i>noise</i>	81
4.24 Plot ACF <i>Differencing</i> musiman deret <i>noise</i>	82
4.25 Plot PACF <i>Differencing</i> musiman deret <i>noise</i>	82
4.26 Uji Normalitas Residual Deret <i>noise</i>	84
4.27 Hasil Ramalan SARIMAX(0, 0, 0)(1, 1, 0) ₁₂	86
4.28 Hasil Prediksi Produksi Padi di Jawa Timur	88

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Indonesia sebagai salah satu negara agraris terbesar di Asia Tenggara yang mempunyai luas wilayah dan kondisi alam yang subur dan memiliki kekayaan alam yang lumayan besar sehingga mayoritas penduduknya bekerja dalam sektor pertanian. Pertanian merupakan sektor penopang terbesar ketiga bagi perekonomian Jawa Timur. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), dalam kurun waktu empat tahun terakhir, peranan kategori pertanian mengalami penurunan. Besarnya peranan kategori pertanian di tahun 2016 adalah 13,44 persen, kemudian di tahun 2017 turun menjadi 12,84 persen, berangsur-angsur menurun di tahun 2018 dan 2019 menjadi 11, 85 persen dan 11,35 persen hingga pada tahun 2020 mengalami peningkatan di kala lapangan usaha lain mengalami kontraksi menjadi 11,90 persen (BPS, 2020). Selain itu peranan penting dari sektor pertanian bagi kemajuan perekonomian nasional juga dapat ditunjukkan dari banyaknya jumlah penduduk yang bekerja pada bidang tersebut, yang artinya sektor pertanian dapat membantu dalam upaya pengendalian tenaga kerja juga dapat membantu dalam menghasilkan bahan pangan dan mendorong terciptanya lapangan usaha dan industri lain, dan juga di sektor ini akan menghasilkan devisa yang besar (Nurwahdania and Sulistijanti, 2017).

Menurut Kementerian Pertanian, data produksi padi Indonesia pada tahun 2020 mencapai angka 54,65 juta ton gabah kering giling (GKG), mengalami

kenaikan sebanyak 45,17 ribu ton atau 0,08 persen dibandingkan pada tahun 2019 sebesar 54,60 juta ton GKG (Kementerian Pertanian, 2020). Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa tanaman padi merupakan tanaman dengan komoditas yang sangat penting dalam pengembangan sektor pertanian dan juga salah satu faktor yang sangat berpengaruh dalam memajukan perekonomian pangan di Indonesia, seperti firman Allah Swt pada Al-Qur'an Surah Qaf ayat 9 tentang kebun dan tanaman padi yang dapat dipanen.

وَنَزَّلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً مُّبْرَكًا فَأَنْبَتْنَا بِهِ جَنَّاتٍ وَحَبَّ الْحَصِيدِ ۝٩

Artinya : Kami turunkan dari langit air yang diberkahi, lalu Kami tumbuhkan dengannya kebun-kebun dan biji-bijian yang dapat dipanen. (QS. Qaf : 9)

Berdasarkan ayat di atas menunjukkan bahwa Allah Swt telah menurunkan begitu banyak nikmat kepada manusia di muka bumi ini. Salah satunya berupa air, kebun-kebun dan biji-bijian (padi) untuk dipanen. Maka hendaknya kita sebagai makhluk hidup harus dapat memanfaatkan dengan semaksimal mungkin apa yang telah diberikan oleh Allah Swt terutama hasil pertanian ini untuk menjamin ketahanan pangan di muka bumi ini terutama di Negara Indonesia. Dalam ayat tersebut juga mengandung arti bahwa kita harus menjaga ketahanan pangan untuk dapat melanjutkan hidup yang sejahtera.

Sebuah riwayat Muslim menegaskan pula tentang keutamaan berladang. Terlebih, bila pekerjaan itu dilakukan oleh seorang Muslim. Suatu saat, Rasul bertemu dengan Ummu Basyar al-Anshariyah di kebun kurma. Rasul menanyakan, milik siapakah kebun itu dan siapa yang menanam ratusan pohon kurma tersebut. “Muslim atau non-Muslimkah dia?” kata Rasul. Ternyata, jawabannya adalah Muslim. Rasul pun mengungkapkan pahala yang menyertai peladang Muslim tersebut. Bahwa, tidak ada ganjaran yang lebih pantas bagi seorang Muslim yang

menanam tanaman, lalu dijadikan makanan manusia ataupun binatang melata atau apa pun, kecuali akan tercatat sebagai sedekah baginya hingga hari kiamat kelak. Tidak heran bila tak sedikit kalangan Anshar ataupun Muhajirin yang menyibukkan diri dengan bertani atau berladang.

Dalam sebuah hadis dijelaskan bahwasanya Nabi Muhammad Saw melarang menjual tanaman biji-bijian (padi) sebelum masanya.

حَدَّثَنَا عَبْدُ الرَّزَّاقِ أَخْبَرَنَا سُفْيَانُ عَنْ شَيْخٍ لَنَا عَنْ أَنَسٍ قَالَ قَالَ نَبِيُّ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ عَنْ بَيْعِ النَّخْلِ حَتَّى يَزْهُوَ وَالْحَبِّ حَتَّى يُفْرَكَ وَعَنْ الثَّمَارِ حَتَّى تُطْعَمَ
(رواه احمد)

Telah menceritakan kepada kami Abdurrazaq, telah mengabarkan kepada kami Sufyan dari Syaikh kami dari Anas berkata, Nabi Saw melarang penjualan pohon kurma sampai berbuah, dari biji-bijian sampai bisa di panen dan dari buah sampai bisa dimakan. (HR. Ahmad: 12177)

Pada hadis di atas dijelaskan bahwa Nabi Saw telah melarang umatnya untuk menjual tanaman biji-bijian yang dalam hal ini yaitu memproduksi padi sebelum padi itu benar-benar siap untuk di panen, dan sampai padi tersebut sudah siap juga untuk di produksi menjadi beras yang siap dikonsumsi oleh masyarakat.

Sebagaimana dijelaskan juga dalam al-Qur'an Surah Al-Qasas ayat 77:

وَابْتَغِ فِيمَا آتَاكَ اللَّهُ الدَّارَ الْآخِرَةَ وَلَا تَنْسَ نَصِيبَكَ مِنَ الدُّنْيَا وَأَحْسِنَ كَمَا أَحْسَنَ اللَّهُ إِلَيْكَ وَلَا تَبْغِ الْفُسَادَ فِي الْأَرْضِ إِنَّ اللَّهَ لَا يُحِبُّ الْمُفْسِدِينَ ﴿٧٧﴾

Artinya : Dan, carilah pada apa yang telah dianugerahkan Allah kepadamu (pahala) negeri akhirat, tetapi janganlah kamu lupakan bagianmu di dunia. Berbuat baiklah (kepada orang lain) sebagaimana Allah telah berbuat baik

kepadamu dan janganlah kamu berbuat kerusakan di bumi. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang-orang yang berbuat kerusakan. (QS. 28 Al-Qasas:77)

Dari al-Qur'an Surah Al-Qasas ayat 77 di atas dapat diambil kaidah:

دَرْءُ الْمَفَاسِدِ مُقَدَّمٌ عَلَى جَلْبِ الْمَصَالِحِ

Artinya : "Menolak kerusakan lebih utama dari meraih kemaslahatan".

Kaidah ini sangat berperan dalam pembinaan hukum islam, terutama dalam menghindari kemudharatan dalam kehidupan masyarakat. dengan adanya kaidah ini diharapkan dalam upaya memenuhi kebutuhan masyarakat melalui produksi padi dapat berlangsung dengan baik tanpa merusak bumi demi kepentingan individu. maka sebagai sesama makhluk hidup hendaknya saling memanfaatkan dan merawat sebaik mungkin apa yang telah dianugerahkan Allah Swt kepada kita demi keberlangsungan hidup didunia.

Indonesia sebagai negara dengan jumlah penduduk yang besar juga memiliki kesulitan yang berbeda dalam memenuhi kebutuhan beras. Perkembangan populasi dan kemajuan cepat di berbagai bidang, lahan pembuatan beras saat ini mulai mengubah kemampuan dari lahan pertanian ke lahan non-pedesaan. Beralih kemampuan lahan sangat mempengaruhi hasil produksi padi. Sejak Semakin sedikit luas sawah, semakin sedikit kreasinya beras dikirim (Pratiwi, 2016).

Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur merilis berita resmi statisti pada tanggal 15 Oktober 2020, dikatakan bahwa Jawa Timur menempati posisi pertama sebagai produsen beras terbesar di Indonesia pada tahun 2020. Produksi padi Jawa Timur meningkat 0,44 juta ton dari 9,58 juta ton pada 2019 menjadi 10,02 juta ton pada tahun 2020. Daerah dengan produksi beras tertinggi di Jawa Timur adalah Lamongan (0,87 juta ton), disusul Kabupaten Ngawi (0,83 juta ton), dan Kabupaten Bojonegoro (0,74 juta ton) (BPS, 2020). Sehingga Jawa Timur dinobatkan sebagai

daerah penghasil beras terbesar di Indonesia. Meskipun demikian hasil produksi padi di Jawa Timur masih rawan mengalami penurunan di tahun 2019.

Berdasarkan informasi dari Kepala BPS Suhariyanto, faktor yang mempengaruhi penurunan kuantitas produksi padi adalah efek dari penurunan lahan panen padi pada tahun 2019 menjadi 10,68 juta ha dari 11,38 juta ha pada tahun 2018. Pada tahun 2019 terjadi penurunan lahan panen padi sebesar 6,15%, dibuat lebih banyak oleh kondisi cuaca yang luar biasa baik karena banjir menjelang awal tahun atau pada musim kemarau panjang.

Berdasarkan hasil survei Kerangka Sampel Area (KSA), realisasi hasil panen padi selama Januari sampai Desember 2020 seluas 1,75 juta hektar, atau mengalami peningkatan sekitar 51,95 ribu hektar (3,05 persen) dibandingkan tahun 2019 yang mencapai 1,7 juta hektar. Puncak hasil panen di tahun 2020 dialami pergeseran kontras dengan 2019. Pada tahun 2020, pengumpulan teratas terjadi pada bulan April yang mencapai 395 juta hektar, sedangkan puncak panen pada tahun 2019 terjadi pada bulan maret, yaitu 342 juta hektar (BPS, 2020). Salah satu langkah awal dalam menangani masalah tersebut yaitu dengan memperkirakan atau memprediksi dengan peramalan pada tahun yang akan datang, karena dengan dilakukan peramalan tersebut diharapkan pemerintah dapat mengetahui persediaan padi untuk masyarakat Indonesia terutama di Jawa Timur dalam mengambil kebijakan selanjutnya.

Dalam upaya meningkatkan jumlah produksi padi, Kementerian Pertanian menerapkan sistem petanaman padi 4 kali dalam setahun. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan ketahanan pangan nasional dan nilai tambah yang diperoleh petani. Sistem tanam 4 kali setahun ini merupakan langkah awal untuk mengoptimalkan lahan dan juga salah satu solusi dari kurangnya area lahan karena alih fungsi lahan dan pertambahan penduduk. Penerapan ini berarti mengatur fluktuasi panen padi karena tanam padi merupakan periode musiman, sehingga proses produksi padi

tidak pernah berhenti (Pertanian, 2021).

Pada umumnya, produksi padi mengandung pola musiman atau *seasonal* yang dilakukan pada beberapa periode setiap tahun. Adapun beberapa metode peramalan yang tepat dalam penanganan pola musiman, yaitu metode *Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average* (SARIMA). Seiring dengan perkembangan keilmuan, metode SARIMA ini telah mengalami modifikasi, salah satu perubahan metode ini adalah metode *Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average With Exogenous Input* (SARIMAX), dimana metode ini merupakan metode SARIMA dengan ditambahkan variabel pengaruh (independent) atau disebut variabel eksogen. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi variabel dependen Z pada waktu ke-t tidak hanya dipengaruhi oleh fungsi variabel Z dalam waktu saja, akan tetapi juga dapat dipengaruhi oleh variabel-variabel independent lain pada waktu ke-t.

Beberapa penelitian sebelumnya yang pernah menggunakan metode SARIMAX antara lain Suryani et al. (2018) tentang meramalkan curah hujan bulanan Gunungpati Semarang dengan SST El-Nino 3.4 sebagai variabel eksogen dengan metode ARIMAX namun hasil model yang terbaik diperoleh dengan model SARIMAX $(1, 0, 0)(1, 0, 1)_{12}$, dengan nilai eror SMAPE sebesar 1,05.

Peramalan permintaan listrik setiap jam menggunakan SARIMAX dengan menggunakan regresi stepwise mundur untuk memperkirakan parameter regresi dan mendapatkan seri residu namun hasil model yang terbaik diperoleh dengan metode SARIMAX (Tarsitano and Amerise, 2017).

Peramalan produksi dan konsumsi gas bumi dengan menggunakan model SARIMAX $(1, 0, 1)(0, 0, 1)_{12}$ terbaik dengan ukuran MAPE sekitar 8% dengan faktor eksogen terpilih untuk set uji sehingga dikatakan model SARIMAX sudah baik digunakan dalam peramalan ini (Manigandan et al., 2021).

Peramalan jumlah penumpang kereta dengan menggunakan model SARIMAX mendapatkan hasil model SARIMAX $(1, 1, 1)(1, 1, 0)^{12}$ dengan nilai MAPE sebesar 3,54%. Dimana hasil MAPE kurang dari 10% yang berarti hasil dari peramalan dengan menggunakan model SARIMAX $(1, 1, 1)(1, 1, 0)^{12}$ sangat baik dan mendekati data aktualnya (Debataraja and Martha, 2021).

Peramalan dengan menggunakan metode peramalan model ARIMAX dan SARIMAX serta data kunjungan wisatawan mancanegara Provinsi Jawa Barat dari BPS yang merupakan data utama penelitian dan data dari Google Trends sebagai variabel eksternal dalam bentuk kueri pencarian diperoleh hasil yang cukup baik yaitu Model SARIMAX $(2, 1, 2)(2, 1, 2)_{12}$ dengan kueri pencarian “west java” adalah model dengan nilai MAPE terendah sebesar 16,61% (Julianto et al., 2021).

Berdasarkan dari penjelasan di atas, maka pada penelitian ini akan digunakan metode SARIMAX dalam menentukan prediksi produksi padi di provinsi Jawa Timur. Dalam mencari model SARIMAX ini digunakan variabel ekosogen atau variabel pengaruh yaitu luas lahan.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan yang telah diuraikan pada latar belakang, maka penulis dapat mengambil rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana model SARIMAX terbaik dalam meramalkan jumlah produksi padi di Jawa Timur ?
2. Bagaimana hasil prediksi jumlah produksi padi di Jawa Timur menggunakan metode SARIMAX ?
3. Bagaimana hasil akurasi data asli produksi padi di Jawa Timur dengan data peramalan menggunakan metode SARIMAX ?

1.3. Tujuan

Berdasarkan penjabaran rumusan masalah di atas, berikut dipaparkan beberapa maksud dan tujuan dari penulisan skripsi yaitu:

1. Mengetahui model SARIMAX terbaik dalam meramalkan jumlah produksi padi di Jawa Timur.
2. Mengetahui hasil prediksi jumlah produksi padi di Jawa Timur menggunakan metode SARIMAX.
3. Mengetahui hasil akurasi data asli produksi padi di Jawa Timur dengan data peramalan menggunakan metode SARIMAX.

1.4. Manfaat

Berdasarkan pemaparan tujuan di atas, berikut dijabarkan manfaat yang dapat diperoleh dari penulisan skripsi ini yaitu:

1. Bagi penulis, skripsi ini dapat memberikan dan memperdalam pengetahuan mengenai prediksi produksi padi dengan menggunakan metode SARIMAX.
2. Bagi pembaca, skripsi ini diharapkan bisa dijadikan sebagai bahan studi literatur untuk mengembangkan penelitian ini maupun pengembangan prediksi produksi padi menggunakan metode SARIMAX atau yang lain.
3. Bagi pemerintahan, skripsi ini diharapkan dapat dijadikan sebagai informasi terkait peningkatan maupun penurunan produksi padi pada tahun yang akan datang.

1.5. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Data yang digunakan adalah data *time series* dari produksi padi di Jawa Timur dari periode Januari 2016 hingga Desember 2021 yang diperoleh dari website Badan Pusat Statistik (BPS) Jawa Timur.
2. Variabel Eksogen yang digunakan adalah variabel luas lahan

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang baik perlu ditentukan sebagai dasar atau acuan untuk mempermudah penyusunan laporan penelitian dengan menguraikannya menjadi beberapa bab. Berikut dijabarkan sistematika penulisan isi dari laporan penelitian ini.

1. BAB I : PENDAHULUAN

Dalam bab pertama ini terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, Batasan masalah, serta sistematika penulisan

2. BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisi landasan teori mengenai tentang beberapa teori yang berpedoman dari beberapa jurnal dan buku yang mendukung penelitian.

Tinjauan pustaka yang digunakan memuat terkait penjelasan Produksi, Padi, luas lahan, peramalan, Time Series (Deret Waktu), Stasioneritas, ACF dan PACF, White Noise, ARIMA, SARIMA dan SARIMAX, Model Fungsi Transfer, Kriteria Pemilihan Model Terbaik, Integrasi Keilmuan.

3. BAB III : METODE PENELITIAN

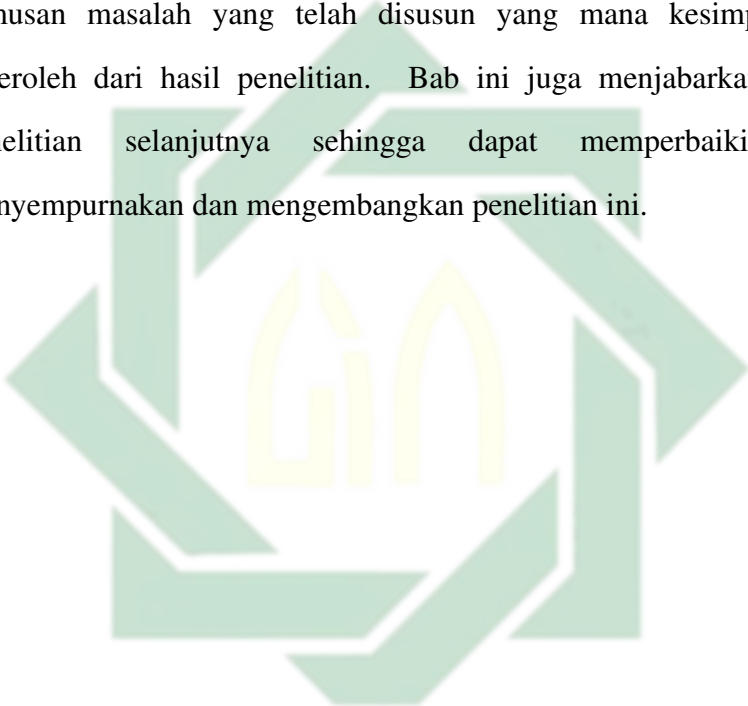
Bab ketiga yaitu jenis penelitian, jenis dan sumber data, variabel penelitian yang terdiri dari variabel dependen dan independen, serta teknis analisis data yang akan diaplikasikan dalam penelitian.

4. BAB IV : PEMBAHASAN

Pada bab keempat yaitu pembahasan akan menguraikan mengenai hasil dari prediksi jumlah produksi padi menggunakan metode SARIMAX sesuai dengan teknis analisis penelitian.

5. BAB V : PENUTUP

Bab terakhir adalah penutup yang akan menguraikan kesimpulan dari rumusan masalah yang telah disusun yang mana kesimpulan tersebut diperoleh dari hasil penelitian. Bab ini juga menjabarkan saran untuk penelitian selanjutnya sehingga dapat memperbaiki kelemahan, menyempurnakan dan mengembangkan penelitian ini.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Produksi Padi

Produksi adalah suatu tindakan yang bertujuan untuk menghasilkan atau memperoleh suatu barang atau jasa untuk mengatasi persoalan kebutuhan setiap individu atau badan (produsen). Produksi juga mungkin merupakan hal utama dalam bisnis atau usaha, seperti halnya yang terjadi pada usaha petani padi (Soekartawi, 2006). Petani padi mengharapkan produksi padi dapat memperoleh hasil yang banyak agar mampu memenuhi kebutuhannya, namun disisi lain tidak selamanya petani padi mendapatkan hasil yang melimpah.

Jauh sebelum usaha para petani padi berkembang seperti saat ini, dahulu produksi padi dilakukan dengan tujuan untuk memenuhi kebutuhan pangan sehari-hari, namun seiring dengan perkembangan zaman dapat dilihat bahwa usaha ini dapat mendatangkan suatu pendapatan bagi para petani, sehingga para petani padi saat ini berusaha mengembangkan usaha dengan melakukan intensifikasi agar usahanya dapat semakin meningkat dari waktu ke waktu. Untuk mendapatkan hasil produksi yang ideal, sangat penting untuk memanfaatkan faktor-faktor produksi secara utuh, misalnya strategi pemerintah yang saat ini dijalankan di Indonesia, khususnya program Panca Usaha Tani yang terdiri dari beberapa proyek antara lain pemanfaatan benih unggul (bibit), pengelolaan tanah dengan baik, penentuan dan pemilihan pupuk kompos yang lengkap, dan pengendalian serangga dan penyakit serta sistem air yang bagus atau irigasi yang baik (Gunawan, 2018).

2.1.1. Padi

Padi (*Oryza sativa* L) merupakan komoditas unggulan masyarakat Indonesia, sehingga pasokan padi harus dikendalikan untuk ketahanan pangan nasional. Permasalahannya, tanaman padi tidak dapat berproduksi sepanjang waktu meskipun teknologi pertanian sudah maju. Masa panen raya padi biasanya terjadi pada bulan Februari hingga Juni. Ada beberapa kendala yang menyebabkan hasil panen padi tidak maksimal, seperti iklim, perubahan cuaca, perubahan luas lahan, produktivitas lahan, sumber daya manusia, faktor hama dan ketersediaan pupuk (Chauhan et al., 2017).

Tanaman padi pertama kali datang dari India atau Indochina dan masuk ke Indonesia dibawa oleh nenek moyang yang direlokasi dari daerah tengah Asia sekitar tahun 1500 SM. Padi juga merupakan salah satu ragam atau jenis komoditas pedesaan yang dikembangkan melalui persawahan, hal ini sangat penting untuk ditonjolkan dengan tujuan untuk meningkatkan produksinya mengingat bahwa jenis barang ini merupakan sumber karbohidrat dan merupakan makanan pokok bagi penduduk dunia sehingga peminatnya terus berkembang. Produksi padi ini umumnya tidak berjalan seperti yang diharapkan dalam pengelolaannya (Nabilussalam, 2011).

Hasil pengamatan awal menunjukkan bahwa terdapat beberapa fenomena permasalahan yang sering dihadapi petani yaitu pada tingkat produksi yang secara umum dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti pengelolaan lahan, kualitas tenaga kerja dan modal usaha yang dikeluarkan dalam menjalankan kegiatan usahanya (upah tenaga kerja, bibit, pupuk, dan lain sebagainya).

2.1.2. Luas Lahan

Luas lahan merupakan hasil dari suatu komoditas yang sudah siap panen. Semakin besar luas lahan yang ditanami, maka akan berpengaruh terhadap luas panen yang diperoleh (Saputri and Amalita, 2020). Luas lahan merupakan satu-satunya faktor yang memiliki efek yang signifikan terhadap pendapatan bulanan pada petani. Jadi jika luas lahan meningkat maka pendapatan petani akan meningkat (Arimbawa & Widanta, 2015). Luas lahan secara signifikan memiliki korelasi terhadap pendapatan petani pertahunnya (Sharma et al., 2008).

Hal yang paling utama dalam pertanian dan usaha tani tentu saja adalah lahan pertanian, yang mana semakin luas lahan maka semakin besar jumlah produk yang dapat di hasilkan (Adriyansyah Marhaeni et al., 2017). Lahan adalah salah satu faktor produksi, tempat di hasilkannya produk pertanian yang memiliki peran yang besar terhadap usaha yang di kembangkan oleh petani karena hasil produksi sangat dipengaruhi oleh luas sempitnya lahan (Arimbawa and Widanta, 2015).

2.2. Peramalan

Peramalan (*forecasting*) adalah kerangka kerja yang digunakan untuk memprediksi atau meramalkan suatu hal, peristiwa atau kejadian di kemudian hari dengan berfokus pada informasi yang sangat besar di berbagai waktu. Metode peramalan dibagi menjadi dua, yaitu strategi kualitatif dan strategi kuantitatif. Strategi kualitatif bersifat emosional atau subjektif karena mereka hanya menggunakan anggapan dari para ahli dan hasilnya sesuai dengan ilmuwan atau peneliti. Sedangkan strategi kuantitatif bersifat objektif dan informasi diperoleh dari masa lalu (Pramana, 2016).

Dalam hidup tidak ada yang pasti, oleh karena itu sebuah metodologi dibantu melalui prediksi atau peramalan untuk mengukur semua hal yang

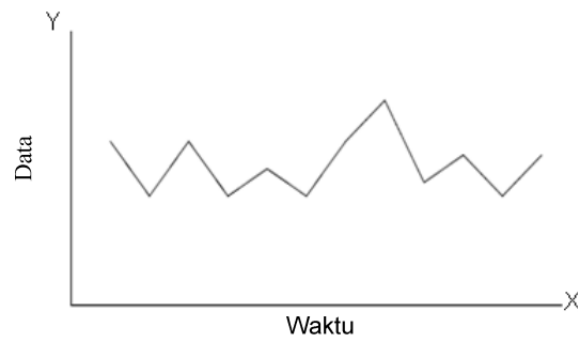
meragukan dan tidak pasti. Prakiraan dalam ilmu pengetahuan dapat membatasi hasil kerentanan dengan membatasi kesalahan harapan yang seharusnya terlihat dari nilai *Mean Square Error* (MSE), *Mean Absolute Error* (MAE), *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dan lain sebagainya. Dengan asumsi salah satu dari nilai kesalahannya semakin kecil, semakin baik hasil penentuannya (Hanuwati et al., 2016).

2.3. Deret Waktu (*Time Series*)

Deret waktu adalah informasi deret waktu yang dikumpulkan sesekali untuk menggambarkan kemajuan atau pola suatu peristiwa atau peristiwa dan pada dasarnya jarak atau rentang waktu adalah sesuatu yang serupa (Boediono, 2008). Deret waktu digunakan untuk mendapatkan gambaran keadaan atau sifat variabel di masa lalu untuk memperkirakan kualitas variabel di kemudian hari. Adapun komponen-komponen pada data waktu atau *time series* adalah (Hanke, John E.; Wichern, 2009):

1. Gerakan Horizontal

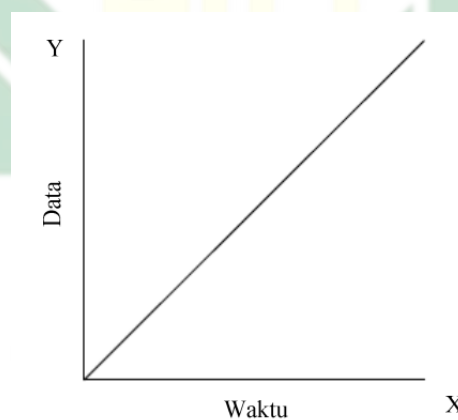
Gerakan horizontal merupakan pergerakan data yang berubah di sekitar nilai yang konsisten atau normal yang membentuk garis horizontal yang disebut data stasioner atau tetap. Bentuk pola data horizontal ditunjukkan pada Gambar 2.1 berikut.



Gambar 2.1 Pola Data Horizontal

2. Gerakan Trend

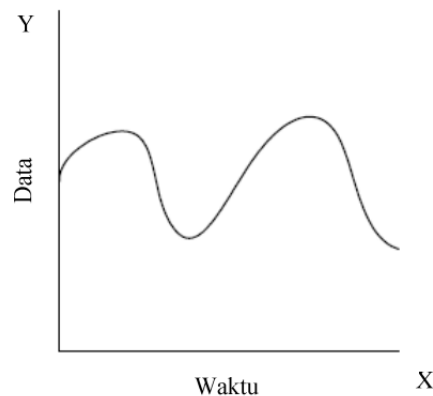
Pola pada gerakan trend ini adalah jika suatu informasi bergerak dalam jangka waktu tertentu dan secara umum akan naik atau turun satu arah. Bentuk pola data trend ditunjukkan pada Gambar 2.2 berikut.



Gambar 2.2 Pola Data Trend

3. Gerakan Musiman

Gerakan musiman adalah gerakan yang diulang secara rutin selama sekitar satu tahun, misalnya contoh yang diulang secara konsisten yaitu setiap minggu, setiap bulan, atau kuartal. Bentuk pola data musiman ditunjukkan pada Gambar 2.3 berikut.



Gambar 2.3 Pola Data Musiman

Macam-macam komponen deret waktu dibagi menjadi empat jenis, yakni: (Boediono, 2008)

1. Gerakan Panjang (*long time movement*)

Gerakan jangka panjang adalah suatu gerakan yang menunjukkan arah perkembangan secara umum deret berkala yang meliputi jangka waktu yang panjang. Pada umumnya jangka waktu yang digunakan adalah sepuluh tahun lebih. Ciri-ciri dari gerakan jangka panjang adalah menunjukkan variasi sekuler yang menyerupai garis lurus yang disebut dengan garis arah (*trend line*).

2. Gerakan Musiman

Gerakan musiman ini mempunyai ciri-ciri pola tetap dari waktu ke waktu dengan jangka waktu tertentu. Gerakan musiman terjadi akibat karena adanya peristiwa-peristiwa tertentu.

3. Gerakan Melingkar

Gerakan melingkar merupakan variasi rangkaian waktu yang menunjukkan gerakan berayun pada sekitar arah atau kurva arah. Lingkaran atau siklik bersifat berkala atau tidak.

4. Gerakan Acak

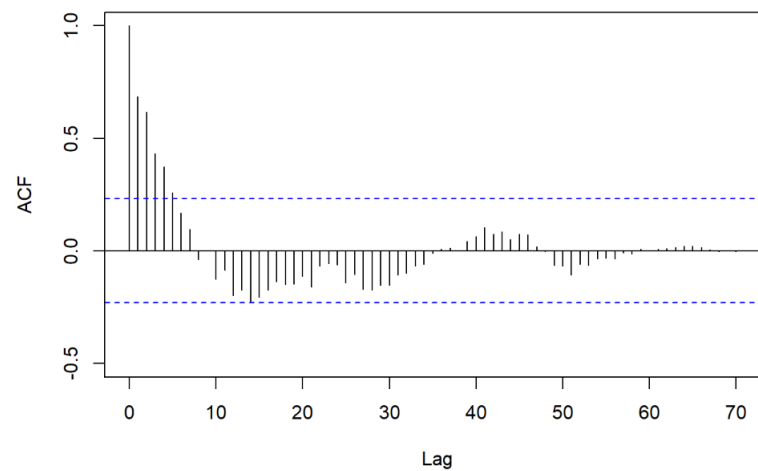
Gerakan acak merupakan rangkaian waktu yang menunjukkan gerakan yang tak teratur yang dapat disebabkan oleh beberapa faktor di luar dugaan, seperti wabah, gempa bumi dan lain sebagainya.

2.4. Stasioneritas

Stasioneritas adalah suatu bentuk dimana tidak ada perubahan rata-rata (*mean*) dan varian dari waktu ke waktu atau keduanya selalu konstan (tidak terjadi pertumbuhan atau penurunan) pada setiap waktu. Data stasioner merupakan data dimana rata-rata nilai pada suatu data tidak ada perubahan pada waktu, dengan kata lain fluktuasi data berada di sekitar nilai rata-rata dan varians yang konstan. Para peneliti mengamati pola pada plot data digunakan untuk memutuskan data yang diperoleh stasioner atau nonstasioner. Jika plot data deret berkala cenderung konstan yaitu tidak terdapat kenaikan atau penurunan maka data sudah dikatakan stasioner (Fitriyah, 2019).

Terdapat cara yang dapat dilakukan untuk mengatasi ketidakstasioneran. Ketidakstasioneran data terbagi menjadi dua, yaitu data tidak stasioner dalam rata-rata dan data tidak stasioner dalam varian. Apabila data tidak stasioner dalam rata-rata dapat dilakukan pembedaan (*differencing*) yaitu penyesuaian data atau pengurangan data tertentu dengan data sebelumnya dengan berurutan. Jika *differencing* ordo satu masih belum menghasilkan data yang stasioner maka akan dilanjutkan *differencing* pada ordo kedua, dan seterusnya sehingga diperoleh data yang stasioner.

Untuk dapat melihat kestasioneran data dalam mean, maka akan dilakukan plot *Autocorrelation Function* (ACF), apabila plot telah berada pada nilai mean maka dapat dikatakan data tersebut telah stasioner dalam mean. Plot ACF akan ditunjukkan pada Gambar 2.4 berikut (Isnarwaty, 2017).



Gambar 2.4 ACF belum stasioner dalam mean

Berdasarkan Gambar 2.4 plot ACF di atas dapat diketahui bahwa plot data tersebut cenderung naik dan tidak berada di sekitar nilai rata-rata yang konstan yang berarti bahwa data tidak stasioner dalam mean. Sehingga perlu dilakukan *differencing*.

Notasi yang digunakan dalam metode pembeda (*differencing*) adalah operator shift mundur (*backward shift*) yang disimbolkan dengan huruf B dengan penerapan Persamaan 2.1 sebagai berikut :

$$BX_t = X_{t-1} \quad (2.1)$$

Keterangan :

X_t = nilai variabel X pada waktu t

X_{t-1} = nilai variabel X pada waktu $t-1$

B = *Backward shift*

Notasi B yang dipasangkan dengan X_t digunakan untuk menggeser data

satu periode ke belakang dan jika dua penerapan B dengan X_t untuk menggeser data dua periode ke belakang, didapatkan Persamaan sebagai berikut :

$$B(BX_t) = B^2X_t = X_{t-2} \quad (2.2)$$

Ketika salah satu data deret berkala tidak stasioner, maka data tersebut dapat dibuat mendekati data stasioner dengan cara melakukan *differencing* pertama dari deret data dengan Persamaan 2.3:

Differencing pertama :

$$X'_t = X_t - X_{t-1} \quad (2.3)$$

Dengan X'_t sebagai nilai variabel X pada waktu t setelah *defferencing*. Selanjutnya mengaplikasikan operator *shift* mundur sehingga Persamaan (2.3) dapat ditulis kembali menjadi:

$$X'_t = X_t - BX_t = (1 - B)X_t \quad (2.4)$$

Differencing pertama dinyatakan dengan $(1 - B)$ serupa dengan *differencing* kedua yang dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

Differencing kedua :

$$\begin{aligned} X''_t &= X'_t - X'_{t-1} \\ &= (X_t - X_{t-1}) - (X_{t-1} - X_{t-2}) \\ &= (X_t - 2X_{t-1} + X_{t-2}) \\ &= (1 - 2B + B^2)X_t \\ &= (1 - B^2)X_t \end{aligned}$$

Differencing kedua diberi notasi $= (1 - B^2)$

Tujuan dari menghitung *differencing* adalah untuk memperoleh data

stasioner secara umum ketika ditemukan *differencing* pada orde ke-n untuk memperoleh data stasioner dapat ditulis sebagai berikut :

$$X_t^n = (1 - B)^n X_t \quad (2.5)$$

Untuk menstasionerkan data dalam bentuk varian dapat dilakukan dengan proses transformasi, secara umum dapat dilakukan dengan *power transformation* (λ) yaitu :

$$T(X_t) = \begin{cases} \frac{X_t^\lambda - 1}{\lambda}, \lambda \neq 0, \\ \ln X_t, \lambda = 0. \end{cases} \quad (2.6)$$

Dengan (λ) adalah parameter transformasi dan $T(X_t)$ merupakan fungsi transformasi terhadap X_t . Berikut merupakan nilai dari λ beserta transformasinya (Makridakis, Wheelwright, McGee, 1999):

Tabel 2.1 Transformasi Box-Cox

Nilai λ	Transformasi
1	$1/X_t$
-0,5	$1/\sqrt{X_t}$
0	$\ln X_t$
0,5	$\sqrt{X_t}$
1	$X_t(Stasioner)$

2.5. ACF dan PACF

2.5.1. ACF (*Autocorrelation Function*)

Suatu proses (X_t) yang stasioner mempunyai rata-rata konstan $E(X_t) = \mu$ dan varian konstan $Var(X_t) = E(X_t - \mu)^2 = \sigma^2$. Kovarian antar X_t dan X_{t-k}

adalah

$$\gamma_k = Cov(X_t, X_{t+k}) = E(X_t - \mu)(X_{t+k} - \mu) \quad (2.7)$$

Autokorelasi (ACF) adalah korelasi atau hubungan antara data pengamatan pada suatu deret yang berkala. Untuk menghitung koefisien autokorelasi lag- k (ρ_k) antara variabel X_t dan X_{t+k} pada suatu populasi yaitu

$$\rho_k = \frac{cov(X_t, X_{t+k})}{\sqrt{var(X_t)}\sqrt{var(X_{t+k})}} \quad (2.8)$$

Keterangan :

$$var(X_t) = var(X_{t+k})$$

γ_k = fungsi autokovarian lag- k

ρ_k = koefisien autokorelasi lag- k

t = waktu pengamatan

Pada koefisien autokorelasi ρ_k tidak diketahui dan diperkirakan dengan (r_k) yang merupakan koefisien korelasi pada sampel dengan rumus:

$$r_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (x_t - \bar{x})(x_{t+k} - \bar{x})}{\sum_{t=1}^n (x_t - \bar{x})^2} \quad (2.9)$$

Keterangan :

r_k = koefisien korelasi

x_t = nilai variabel X pada periode t

x_{t+k} = nilai variabel X pada periode $t + k$

$\bar{x}$ = nilai rata-rata variabel X

n = jumlah pengamatan

k = selisih waktu

Untuk mengetahui apakah koefisien autokorelasi yang diperoleh signifikan atau tidak signifikan maka perlu dilakukan pengujian dengan hipotesis

$H_0 : \rho_k = 0$ (koefisien autokorelasi tidak signifikan)

$H_1 : \rho_k \neq 0$ (koefisien autokorelasi signifikan)

Uji statistik yang digunakan adalah :

$$t = \frac{r_k}{SE(r_k)} \quad (2.10)$$

Dengan:

$$SE = \frac{1}{\sqrt{n}}$$

Keterangan :

$SE(r_k)$ = standar error untuk autokorelasi pada lag ke- k

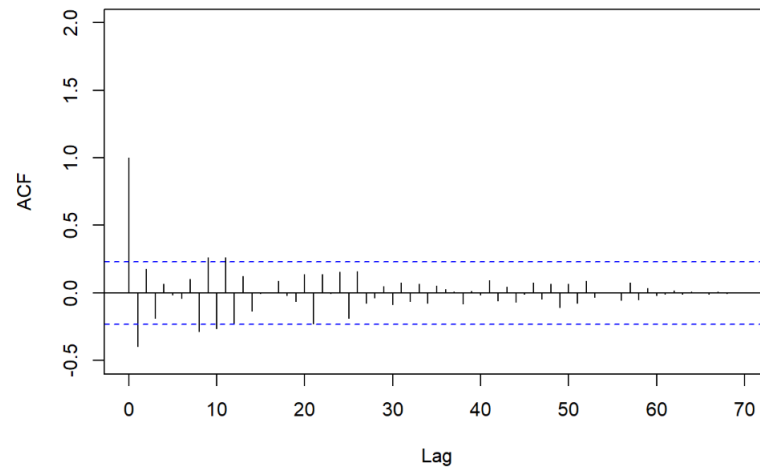
r_i = autokorelasi pada lag ke- i

k = selisih waktu

n = banyaknya observasi pada deret berkala

Kriteria keputusan H_0 ditolak jika $t_{hit} > t_{\frac{\alpha}{2}, n-1}$

Jika pada grafik ACF tidak terdapat lag yang melebihi batas garis signifikan, maka koefisien autokorelasi yang diperoleh mendapatkan hasil yang signifikan. Akan ditunjukkan pada Gambar 2.5 berikut (Hanke, John E.; Wichern, 2009).



Gambar 2.5 Koefisien ACF Signifikan

2.5.2. PACF (*Partial Autocorrelation Function*)

Autokorelasi parsial adalah nilai keeratan hubungan antara variabel X_t dan $X_{(t+k)}$ setelah hubungan linear dengan variabel $X_{(t+1)}, X_{(t+2)}, \dots, X_{(t+k)}$ dihilangkan sehingga fungsi autokorelasi parsial dapat dirumuskan :

$$\phi_{kk} = \text{Corr}(X_t, X_{t+k} | X_{(t+1)}, \dots, X_{(t+k-1)}) \quad (2.11)$$

Koefisien autokorelasi parsial digunakan untuk menaksir derajat hubungan antara nilai-nilai sekarang dengan nilai-nilai sebelumnya dengan pengaruh nilai variabel time lag yang lain dianggap konstan.

Autokorelasi parsial diperoleh melalui model regresi dimana variabel dependen X_{t+k} dari proses stasioner pada lag k , sehingga variabel $X_{t+k-1}, X_{t+k-2}, \dots, X_t$ dapat ditulis sebagai berikut :

$$X_{t+k} = \phi_{k1}X_{t+k-1} + \phi_{k2}X_{t+k-2} + \dots + \phi_{ki}X_{t+1} + \epsilon_{t+k} \quad (2.12)$$

Keterangan :

ϕ_{ki} = parameter regresi ke-i

ϵ_{t+k} = residual normal yang tidak berkorelasi dengan X_{t+k-j} untuk $j \geq 1$,

maka diperoleh fungsi autokorelasi sebagai berikut :

$$\rho_j = \phi_{k1}\rho_j + \phi_{k2}\rho_{j-2} + \dots + \phi_{kk}\rho_{j-k} \quad (2.13)$$

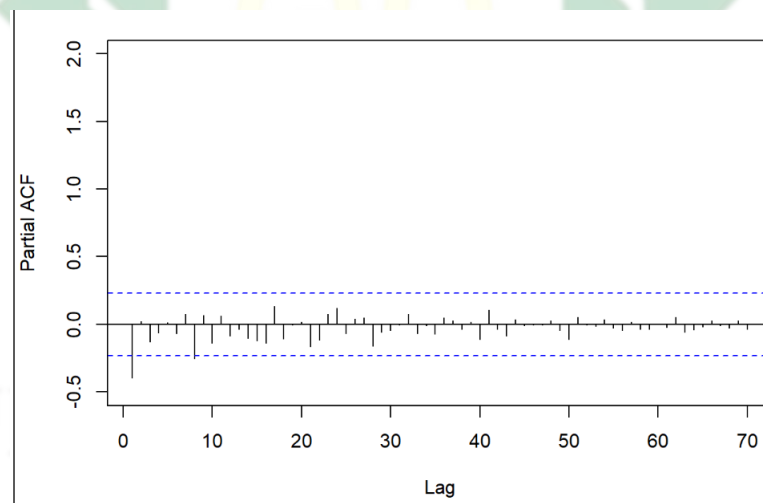
Untuk $j = 1, 2, \dots, k$ sehingga diperoleh persamaan

$$\rho_1 = \phi_{k1}\rho_0 + \phi_{k2}\rho_1 + \dots + \phi_{kk}\rho_{k-1}$$

$$\rho_2 = \phi_{k1}\rho_1 + \phi_{k2}\rho_0 + \dots + \phi_{kk}\rho_{k-2}$$

Dimana $\rho_0 = 1$ dengan menggunakan aturan Cramer's rule pada Persamaan

2.14. Plot PACF akan ditunjukkan pada Gambar 2.6 berikut.



Gambar 2.6 Plot PACF

Pada Gambar 2.6 di atas menunjukkan bahwa data sudah stasioner dalam mean, dan dapat dilanjutkan untuk membentuk model (p, d, q) sebagai orde p .

2.6. White Noise

White noise adalah suatu barisan dari variabel acak yang berdiri sendiri dan berdistribusi normal. *White noise* mempunyai keadaan stasioneritas yang lebih erat dimana nilai autokovarian harus nol (Dio et al., 2021). Data deret berkala mengalami proses *white noise* jika autokorelasi antara deret X_t dan $X_{(t+k)}$ untuk semua lag k yang mendekati nol, nilai antara lag pada deret tidak berkorelasi satu sama lain.

Proses a_t disebut suatu proses *white noise* jika a_t merupakan barisan variabel acak yang tidak berkorelasi dari suatu distribusi dengan rata-rata konstan $E(a_t) = \mu_0$ yang biasa diasumsikan dengan nol, varian konstan $Var(a_t) = \sigma_\alpha^2$ dan $\gamma_k = Cov(a_t, a_{t+k}) = 0$ untuk semua $k \neq 0$. Oleh karena itu suatu proses *white noise* a_t adalah stasioner dengan fungsi autokovarian (Hillmer and Wei, 1991).

$$\gamma_k = \begin{cases} \sigma_\alpha^2, & k = 0 \\ 0, & k \neq 0 \end{cases} \quad (2.14)$$

Fungsi autokorelasi

$$\rho_k = \begin{cases} 1, & k = 0 \\ 0, & k \neq 0 \end{cases} \quad (2.15)$$

Fungsi autokorelasi parsial

$$\phi_k = \begin{cases} 1, & k = 0 \\ 0, & k \neq 0 \end{cases} \quad (2.16)$$

Untuk mengetahui apakah suatu deret memenuhi suatu proses *white noise* maka dilakukan uji hipotesis berikut:

$H_0 : \rho_1 = \dots = \rho_k = 0$ (tidak ada autokorelasi residual)

$H_i : \exists \rho_i \neq 0$ (ada autokorelasi residual)

Menggunakan uji statistik Ljung-Box Q atau Box Pierce

$$Q = n(n+2) \sum_{k=1}^m \frac{r^2_k}{n-k} \quad (2.17)$$

Keterangan :

n = banyaknya observasi dalam deret berkala

k = lag waktu

m = banyaknya lag yang diuji

r^2 = koefisien autokorelasi pada periode ke- k

Jika autokorelasi dihitung dari proses *white noise* maka uji statistik Ljung-Box Q berdistribusi χ^2 dengan derajat bebas m , sedangkan untuk residual model peramalan uji statistik Ljung-Box Q berdistribusi χ^2 dengan derajat bebas m dikurangi banyaknya parameter yang diestimasi dalam model. Untuk pengambilan keputusan jika H_0 ditolak adalah $Q \geq \chi^2(\alpha, df)$ atau $p\text{-value} = 0,05$.

2.7. ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*)

ARIMA merupakan salah satu model peramalan *time series* yang hanya bersumber pada data variabel yang akan diamati. ARIMA memiliki sifat fleksibel dan tingkat akurasi peramalan yang cukup tinggi (Anggraeni, 2018). Model ARIMA merupakan model yang mengabaikan suatu variabel independen dalam melakukan prediksi. Model ARIMA mengaplikasikan data pada masa lampau dan sekarang dari variabel dependen untuk membuat prediksi dalam jangka waktu pendek yang akurat. Tujuan model ARIMA adalah untuk mendefinisikan pada hubungan statistik yang baik antara variabel yang diprediksi dan variabel pada

masa lampau sehingga peramalan dapat menggunakan model tersebut.

Model ARIMA pada umumnya (Box-Jenkins) dapat dirumuskan dengan notasi ARIMA (p, d, q) dalam bentuk ini dapat dijelaskan bahwa notasi p menunjukkan orde / derajat *Autoregressive* (AR), d menunjukkan orde / derajat *Differencing* (pembeda) dan q menunjukkan orde / derajat *Moving Average* (MA) (Hendrawan, 2012).

2.7.1. Model AR (Model Autoregressive)

Model *Autoregressive* adalah salah satu model yang menggambarkan variabel dependen dan dipengaruhi oleh variabel dependen itu sendiri pada periode dan waktu sebelumnya. Secara umum untuk model *Autoregressive* dengan ordo AR (p) atau model ARIMA $(p, 0, 0)$ dinyatakan sebagai berikut Box et al. (2008):

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + \dots + \phi_p Z_{t-p} + a_t \quad (2.18)$$

Keterangan :

ϕ_p = parameter *autoregressive* ke- p

Z_{t-p} = independen variabel

a_t = *white noise* nilai kesalahan pada t

Variabel independen merupakan variabel yang sejenis pada periode t terakhir, sedangkan a_t adalah nilai *error* atau unit residual yang merupakan gangguan acak yang tidak dapat dijelaskan oleh model. Perhitungan *autoregressive* dapat dilakukan dalam beberapa proses sebagai berikut:

1. Menentukan model yang sesuai dengan deret waktu
2. Menentukan nilai orde p (menentukan panjang persamaan yang terbentuk)
3. Mengestimasi nilai koefisien *autoregressive* $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$

Setelah mendapatkan model yang sesuai, maka model dapat digunakan sebagai prediksi atau nilai ramal pada masa yang akan datang.

2.7.2. Model MA (*Moving Average*)

Model *moving average* (MA) dengan orde q dapat dinotasikan dengan $MA(q)$ atau $ARIMA(0, 0, q)$ dengan bentuk umum dapat dinotasikan sebagai berikut Box et al. (2008):

$$Z_t = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q} \quad (2.19)$$

Keterangan :

θ_q = parameter *moving average* ke- q

$a_{t-1}, a_{t-2}, a_{t-q}$ = selisih nilai aktual dengan nilai prakiraan

Persamaan model 2.20 adalah nilai Z_t tergantung pada nilai yang sebelumnya dari pada nilai variabel itu sendiri. Untuk melakukan pendekatan antara proses *autoregressive* (AR) dan *moving average* (MA) diperlukan pengukuran autokorelasi nilai berturut-turut dari Z_t , sedangkan untuk model *moving average* mengukur autokorelasi antara nilai error atau nilai residualnya.

2.7.3. Model ARMA (*Autoregressive Moving Average*)

Model ARMA merupakan penggabungan dari model *autoregressive* (AR) dan model *moving average* (MA) dengan orde ARMA (p, q) . Persamaan ARMA gabungan dari model AR dan MA dapat dinotasikan dalam bentuk umum sebagai berikut Box et al. (2008):

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + \dots + \phi_p Z_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q} \quad (2.20)$$

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

Model ARIMA disebut dengan runtut waktu *Box-Jenkins*. Model ARIMA dapat digunakan untuk asumsi jangka pendek, sedangkan untuk asumsi jangka panjang ketepatan asumsinya kurang baik. Model ARIMA merupakan gabungan dari dua model yaitu model *autoregressive* (AR) yang diintegrasikan dengan model *moving average* (MA). Pada umumnya model ARIMA dapat dinotasikan dengan (p, d, q) , dengan p adalah derajat proses AR, d adalah orde pembedaan dan q adalah derajat proses MA (Nachrowi and Usman, 2007).

Model umum dari *autoregressive* orde p , *integrate* orde d , dan *moving average* orde q yang menjadi satu sehingga terbentuk ARIMA (p, d, q) yang merupakan hasil penggabungan antara proses stasioner dengan proses nonstasioner yang telah distasionerkan. Bentuk umum model ARIMA (p, d, q) adalah (Ekananda, 2014):

$$(1 - B)(1 - \phi_1 B)Z_t = \mu + (1 + \theta_1 B)\alpha_t \quad (2.21)$$

Keterangan :

μ = konstanta

$(1 - B)$ = *differencing* pertama

$(1 - \phi_1 B)Z_t$ = koefisien model AR

$(1 - \theta_1 B)\alpha_t$ = koefisien model MA

2.8. SARIMA

Model SARIMA adalah metode statistik klasik yang digunakan untuk meramalkan nilai masa depan sebagai fungsi linier dari pengamatan masa lalu. Ini adalah perpanjangan dari model ARIMA yang diusulkan oleh Box dan Jenkins,

digunakan untuk menangani data deret waktu dengan perilaku musiman (Al-Gounmееin et al., 2012). Model SARIMA dapat direpresentasikan sebagai SARIMA $(p, d, q)(P, D, Q)S$. Notasi huruf kecil mewakili bagian non-musiman dari model, karena p mewakili parameter regresi otomatis, d mewakili parameter pembeda, dan q mewakili parameter rata-rata bergerak. Notasi huruf besar mewakili bagian musiman dari model, dan S mengacu pada jumlah periode per musim. Misalnya, siklus tahunan dinyatakan sebagai $S = 12$.

Model SARIMA dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\phi_p(B)\Phi_P(B^S)\nabla^d\nabla_S^D y_t = \theta_q(B)\Theta_Q(B^S)\epsilon_t \quad (2.22)$$

Di mana ϕ adalah polinomial AR reguler orde p , Φ adalah polinomial AR musiman dengan orde p , θ adalah MA regular regular polinomial orde q , Θ adalah polinomial MA musiman dari orde Q , ∇^d adalah operator pembeda, ∇_S^D adalah musiman operator pembeda, y_t adalah kecepatan pada waktu t , ϵ_t adalah kesalahan residual pada waktu t , dan B adalah operator backshift sebagai $B^k(y_t) = y_{t-k}$

Polinomial dan semua operasi persamaan didefinisikan sebagai berikut :

$$\Phi_P(B^S) = 1 - \Phi_1(B^S) - \Phi_2(B^{2S}), \dots, \Phi_P(B^{PS}) \quad (2.23)$$

$$\Theta_Q(B^S) = 1 - \Theta_1(B^S) - \Theta_2(B^{2S}), \dots, \Theta_Q(B^{QS}) \quad (2.24)$$

$$\phi_p(B^S) = 1 - \phi_p(B) - \phi_2(B^2), \dots, \phi_p(B^p) \quad (2.25)$$

$$\theta_q(B^S) = 1 - \theta_q(B) - \theta_2(B^2), \dots, \theta_q(B^q) \quad (2.26)$$

$$\nabla^d = (1 - B)^d \quad (2.27)$$

$$\nabla_S^D = (1 - B^S)^D \quad (2.28)$$

Metodologi untuk mendapatkan model SARIMA dapat diringkas dalam empat langkah: identifikasi, estimasi, pemeriksaan diagnostik dan peramalan (Box and Jenkins, 2016).

1. Identifikasi orde musiman dan non-musiman model SARIMA menggunakan fungsi autokorelasi (ACF) dan parsial autokorelasi (PACF).
2. Perkiraan koefisien model.
3. Pemeriksaan diagnosis untuk memverifikasi kecukupan model yang memeriksa residu.
4. Peramalan hasil masa depan berdasarkan data historis.

2.9. SARIMAX

Model SARIMAX adalah model SARIMA dengan variabel eksternal dengan model SARIMAX $(p, d, q)(P, D, Q)S(X)$, dimana X adalah vektor dari variabel eksternal. Variabel eksternal dapat dimodelkan dengan persamaan regresi linier berganda yaitu:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_{1,t} + \beta_2 X_{2,t} + \dots + \beta_k X_{k,t} + \omega_t \quad (2.29)$$

Dimana $X_{1,t}, X_{2,t}, \dots, X_{k,t}$ adalah pengamatan bilangan k dari variabel eksternal yang sesuai dengan variabel dependen Y_t ; $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$ adalah koefisien regresi dari variabel eksternal. ω_t adalah residu stokastik, yaitu deret residual yang tidak bergantung pada deret input. Deret residual ω_t dapat dipresentasikan dalam bentuk ARIMA sebagai berikut (Durka and Silvia, 2012).

$$\omega_t = \frac{\theta_q(B)\Theta_Q(B^S)}{\phi_p(B)\Phi_P(B^S)(1-B)^d(1-B^S)^D}\epsilon_t \quad (2.30)$$

Persamaan model SARIMAX secara umum dapat diperoleh dengan mesubstitusikan Persamaan 2.30 dalam 2.29 (Cools et al., 2008); (Aburto and Weber, 2007).

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_{1,t} + \beta_2 X_{2,t} + \dots + \beta_k X_{k,t} + \left(\frac{\theta_q(B) \Theta_Q(B^S)}{\phi_p(B) \Phi_P(B^S) (1-B)^d (1-B^S)^D} \right) \epsilon_t \quad (2.31)$$

Keterangan :

$\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$ = koefisien regresi dari variabel eksternal

$\phi_p(B)$ = AR orde-p

$\Phi_P(B^S)$ = AR musiman orde-P

$\theta_q(B)$ = MA orde-q

$\Theta_Q(B^S)$ = MA musiman orde-Q

$(1-B)^d$ = *differencing* pada orde-d

$(1-B^S)^D$ = *seasonal differencing* pada orde-D

ϵ_t = residual error pada waktu t

Dalam model ini, koefisien regresi dapat di tafsirkan menjadi seperti biasa dan lebih mudah (Verbesselt et al., 2009).

Model SARIMAX pada umumnya terdiri dari lima langkah iteratif (Box et al., 2008); (Nasiru et al., 2013); (Shukla and Jharkharia, 2011):

1. Identifikasi model.

Langkah ini melibatkan seleksi dari urutan *differencing* (d), urutan musiman diferensial (D), panjang musiman (S), urutan *autoregresif* non-musiman (p), musiman urutan *autoregressive* (P), pergerakan non-musiman rata-rata (q), dan rata-rata pergerakan musiman (Q). Fungsi autokorelasi (ACF) dan fungsi

autokorelasi parsial (PACF) digunakan untuk mengidentifikasi model

2. Estimasi parameter.

Parameter dari model yang diidentifikasi dari langkah 1 diperkirakan.

3. Diagnosis kecocokan model.

Modelnya akan didiagnosis menggunakan statistik Ljung-Box Q untuk memeriksa kecukupan. Jika residu adalah distribusi tidak normal, maka dilanjutkan ke perhitungan Persamaan 2.30. Jika tidak, lanjutkan ke perhitungan Persamaan 2.31.

4. Pencantuman variabel eksternal.

variabel eksternal yang relevan dimasukkan ke dalam model SARIMA menggunakan regresi linier. Untuk mendiagnosis model, lanjutkan ke perhitungan Persamaan 2.31.

5. Peramalan dan validasi.

Model yang didiagnosis divalidasi menggunakan out-sampel. Validasi model digunakan untuk meramalkan nilai masa depan.

2.10. Model Fungsi Transfer

Model fungsi transfer merupakan salah satu teknik analisis data dalam analisis deret waktu (*time series*) yaitu gabungan pendekatan regresi dan *time series* (ARIMA) untuk errornya. Salah satu keunikan dan kelebihan dari model ini adalah unsur regresi dalam modelnya sehingga model fungsi transfer dapat dikatakan sebagai model yang melibatkan analisis regresi dalam analisis *time series* (Fathurrahman, 2014).

2.10.1. Bentuk Model Fungsi Transfer

Bentuk umum dari model fungsi transfer untuk *single-input* (x_t) dan *single output* (y_t) adalah sebagai berikut [Indrawati and Brodjol \(2012\)](#):

$$y_t = v(B)x_t + \eta_t \quad (2.32)$$

Dimana :

y_t = representasi dari deret *output* yang stasioner

x_t = representasi dari deret *input* yang stasioner

η_t = representasi dari komponen *error* (deret *noise*) yang mengikuti suatu ARIMA tertentu.

$v(B)$ = orde fungsi transfer

Berikut merupakan tahap-tahap dalam pemodelan fungsi transfer [Istikomah and TBSA, 2014](#).

1. Mengidentifikasi kestasioneran deret *input* dan deret *output* Pada tahap ini akan dilakukan identifikasi kestasioneran deret *input* dan deret *output*. Apabila deret *input* dan deret *output* belum stasioner maka akan dilakukan transformasi deret *input* dan deret *output*.
2. *Prewhitening* deret *input* Pemutihan deret *input* bertujuan untuk menjadikan deret *input* menjadi lebih dapat diatur dengan menghilangkan seluruh pola yang diketahui supaya yang tertinggal hanya *white noise*. Proses *prewhitening* ini menggunakan model ARIMA untuk deret *input*. Oleh karena itu, sebelum proses *prewhitening*, dibangun terlebih dahulu model ARIMA bagi deret *input* x_t . *Prewhitening* deret *input* dengan proses ARIMA $(p, 0, q)$ adalah:

$$\phi_x(B)x_t = \theta_x(B)\alpha_t \quad (2.33)$$

Dimana:

α_t = deret *input* yang telah di *prewhitening*

$\phi_x(B)$ = operator AR

$\theta_x(B)$ = operator MA

x_t = deret *input*

3. Pemutihan deret *output* Apabila suatu transformasi pemutihan dilakukan untuk x_t maka transformasi yang sama juga harus diterapkan terhadap y_t supaya fungsi transfer dapat memetakan x_t ke dalam y_t . Transformasi pada y_t tidak harus mengubah menjadi *white noise*. Berikut merupakan deret y_t yang telah diputihkan:

$$\frac{\phi_x(B)}{\theta_x(B)}y_t = \beta_t \quad (2.34)$$

Dimana:

β_t = deret *output* yang telah di *prewhitening*

$\phi_x(B)$ = operator AR

$\theta_x(B)$ = operator MA

y_t = deret *output*

4. Perhitungan korelasi silang dan autokorelasi deret *input* dan deret *output* yang telah *diprewhitening*

Di dalam memodelkan ARIMA koefisien autokorelasi merupakan statistik yang membantu menetapkan model. Sedangkan dalam memodelkan fungsi

transfer autokorelasi memerankan peranan kedua untuk koefisien korelasi silang. Fungsi korelasi silang adalah ukuran kekuatan hubungan antar dua variabel. Korelasi silang antara α_t dan β_t menentukan tingkat hubungan antar nilai α_t pada waktu t dengan nilai β_t pada waktu $t+k$.

5. Identifikasi awal model fungsi transfer deret *input*

Setelah diperoleh nilai korelasi silang, maka tahap selanjutnya adalah mengidentifikasi model fungsi transfer. Penetapan (r, s, b) untuk model fungsi transfer yang menghubungkan deret *input* dan deret *output* dari hasil perhitungan korelasi silang pada *input* terhadap *output*. Tiga parameter kunci dalam model fungsi transfer adalah (r, s, b) dimana r menunjukkan ordo fungsi (B) , s menunjukkan ordo fungsi $\omega(B)$, dan b menunjukkan keterlambatan yang dicatat pada x_{t-b} pada persamaan:

$$y_t = \frac{\omega(B)}{\delta(B)} x_{t-b} + \frac{\theta(B)}{\phi(B)} \alpha_t \quad (2.35)$$

6. Identifikasi model deret gangguan (*noise*) Setelah didapat model fungsi transfer untuk deret *input* maka langkah selanjutnya adalah penaksiran awal deret gangguan (*noise*) dari model fungsi transfer dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$y_t = \frac{\omega_s(B)}{\delta_s(B)} x_{t-b} + \eta_t \quad (2.36)$$

7. Penetapan (p_n, q_n) untuk model ARIMA $(p_n, 0, q_n)$ dari deret gangguan η_t

Setelah menggunakan persamaan deret gangguan η_t . Nilai-nilai η_t dianalisis dengan cara ARIMA biasa untuk menentukan model ARIMA yang tepat sehingga diperoleh p_n dan q_n . Dengan cara ini fungsi $\phi_n(B)$ dan $\theta_n(B)$ untuk deret gangguan η_t dapat diperoleh untuk mendapatkan persamaan:

$$\phi_n(B)\eta_t = \theta_n(B)\alpha_t \quad (2.37)$$

2.11. Kriteria Pemilihan Model Terbaik

Pada model *time series* terdapat beberapa model yang sesuai yaitu ada kemungkinan semua parameternya signifikan, berdistribusi normal dan sisa yang memenuhi asumsi *white noise*. Dalam menentukan model yang terbaik dari beberapa model yang memenuhi syarat di atas, akan digunakan beberapa kriteria diantaranya: kriteria *Mean Square Error* (MSE) dan *Mean Absolute Percentage Error*. Model terbaik akan dipilih dari nilai kriteria terkecil.

2.11.1. MSE (*Mean Square Error*)

MSE (*Mean Square Error*) adalah ukuran selisih antara nilai sebenarnya dengan nilai prediksi. Pada tahap ini, semakin besar nilai errornya maka semakin besar nilai MSE yang didapat (Aswi and Sukarna, 2017). Berikut merupakan rumus untuk mencari nilai MSE:

$$MSE = \sum_{t=1}^n \frac{(X_t - F_t)^2}{n} \quad (2.38)$$

Dimana :

X_t = nilai aktual pada data t

F_t = nilai peramalan pada data t

n = jumlah periode data

2.11.2. MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*)

MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) adalah ukuran seberapa akurat perkiraan. Metode ini menghitung perbedaan antara data asli dengan data hasil

peramalan. Hasil dari perbedaan tersebut diabsolutkan, kemudian dihitung ke dalam bentuk persentase. Dari hasil persentase kemudian didapat nilai mean-nya. Model dengan nilai MAPE berada di bawah 10% maka memiliki kinerja sangat bagus, dan nilai MAPE di antara 10% – 20% memiliki kinerja bagus. Berikut ini persamaan dari MAPE, yaitu : (Putro et al., 2018)

$$M = \frac{100}{n} \sum_{t=0}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right| \quad (2.39)$$

Dimana :

A_t = nilai aktual pada data t

F_t = nilai peramalan pada data t

n = jumlah periode data

Tabel 2.2 Kriteria MAPE

Nilai MAPE	Kriteria
< 10%	Sangat Baik
10% – 20%	Baik
20% – 50%	Cukup
> 50%	Buruk

(Montaño Moreno et al., 2013)

2.12. Integrasi Keilmuan

2.12.1. Perspektif Islam Tentang Peran Tumbuhan

Dalam al-Qur'an surah Al-An'am ayat 95 Allah telah menjelaskan bahwa Allah telah menumbuhkan berbagai macam tumbuhan seperti buah-buahan dan biji-bijian. Allah telah menumbuhkan makhluk hidup berasal dari benda mati ataupun sebaliknya Allah dapat menjadikan sesuatu yang mati itu berasal dari makhluk hidup. Berikut surah Al-An'am ayat 95:

إِنَّ اللَّهَ فَالِقُ الْحَبِّ وَالنَّوَى ^{قُلْ} يُخْرِجُ الْحَيَّ مِنَ الْمَيِّتِ وَمُخْرِجُ الْمَيِّتِ مِنَ الْحَيِّ ^{قُلْ} ذَلِكُمْ اللَّهُ فَأَنَّى تُؤْفَكُونَ ﴿٩٥﴾

Artinya : “ Sesungguhnya Allah yang menumbuhkan butir (padi-padian) dan biji (buah-buahan). Dia mengeluarkan yang hidup dari yang mati dan mengeluarkan yang mati dari yang hidup. Itulah (kekuasaan) Allah. Maka, bagaimana kamu dapat dipalingkan?” (Q.S Al-An’am :95)

Dari ayat di atas dapat dijelaskan bahwa Allah Maha Kuasa yang telah menumbuhkan tumbuhan berupa biji-bijian seperti padi, kacang-kacangan, gandum dan lain sebagainya, serta tumbuhan dengan buah seperti kurma, anggur dan sebagainya. Juga atas kuasa-Nya Allah dapat mengeluarkan yang hidup dari yang mati begitupun sebaliknya, yakni yang dimaksudkan mengeluarkan yang hidup dari yang mati adalah menghidupkan tumbuh-tumbuhan sehingga dapat hidup dan juga dapat memberi kehidupan pada mereka yang memanfaatkannya. Karena setiap umat manusia memiliki hak untuk memanfaatkan apa yang telah Allah berikan di muka bumi ini.

Dalam firman Allah Swt yang lain pada surah Yasiin ayat 33-35 tentang tanda-tanda kekuasaan-Nya juga dijelaskan:

وَأَيُّ لَهُمُ الْأَرْضُ الْمَيِّتَةُ ^{صَلِّ} أَحْيَيْنَاهَا وَأَخْرَجْنَا مِنْهَا حَبًّا فَمِنْهُ يَأْكُلُونَ ﴿٣٣﴾
وَجَعَلْنَا فِيهَا جَنَّاتٍ مِّنْ نَّخِيلٍ وَأَعْنَابٍ وَفَجَّرْنَا فِيهَا مِنَ الْعُيُونِ ^{لَا} لِيَأْكُلُوا ﴿٣٤﴾
مِنْ ثَمَرِهِ وَمَا عَمِلَتْهُ أَيْدِيهِمْ ^{قُلْ} أَفَلَا يَشْكُرُونَ ﴿٣٥﴾

Artinya: “33.) Suatu tanda (kekuasaan-Nya) bagi mereka adalah bumi yang mati (tandus lalu) Kami menghidupkannya dan mengeluarkan darinya biji-bijian kemudian dari (biji-bijian) itu mereka makan. 34.) Kami (juga) menjadikan

padanya (bumi) kebun-kebun kurma dan anggur serta Kami memancarkan padanya beberapa mata air. 35.) agar mereka dapat makan dari buahnya, dan dari hasil usaha tangan mereka. Mengapa mereka tidak bersyukur?” (Q.S. Yasiin : 33-35)

Dari ayat di atas sudah jelas bahwa Allah telah menunjukkan Kekuasaan-Nya dengan menghidupkan dan mengeluarkan tumbuh-tumbuhan berupa biji-bijian untuk dimanfaatkan oleh makhluk hidup lainnya, dan juga telah Allah pancarkan beberapa mata air juga untuk dimanfaatkan oleh makhluk-Nya, dan dari Kuasa Allah tersebut hendaknya kalian berusaha dan bersyukur atas apa yang diberikan.

Dijelaskan dalam sebuah hadis lain Rasulullah Saw bersabda:

حَدَّثَنَا ابْنُ نُمَيْرٍ حَدَّثَنَا أَبِي حَدَّثَنَا عَبْدُ الْمَلِكِ عَنْ عَطَاءٍ عَنْ جَابِرٍ قَالَ : قَالَ رَسُولُ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ مَا مِنْ مُسْلِمٍ يَغْرِسُ غَرْسًا إِلَّا كَانَ مَا أَكَلَ مِنْهُ لَهُ صَدَقَةٌ وَمَا سُرِقَ مِنْهُ لَهُ صَدَقَةٌ وَمَا أَكَلَ السَّبْعُ مِنْهُ فَهُوَ لَهُ صَدَقَةٌ وَمَا أَكَلَتِ الطَّيْرُ فَهُوَ لَهُ صَدَقَةٌ وَلَا يَزُرُّهُ أَحَدٌ إِلَّا كَانَ لَهُ صَدَقَةٌ (رواه امام مسلم)

Telah menceritakan kepada kami Ibnu Numair, telah menceritakan kepada kami ayahku, telah menceritakan kepada kami Abdul Malik dari 'Atha' dari Jabir dia berkata: Rasulullah Saw bersabda, "Tidaklah seorang muslim yang bercocok tanam, kecuali setiap tanamannya yang dimakannya bernilai sedekah baginya, apa yang dicuri orang darinya menjadi sedekah baginya, apa yang dimakan binatang liar menjadi sedekah baginya, apa yang dimakan burung menjadi sedekah baginya, dan tidaklah seseorang mengambil darinya, melainkan ia menjadi sedekah baginya." (HR. Muslim: 2900)

Maksud dari hadis di atas yaitu apabila kita memiliki sepetak lahan dan kita tanami dengan pohon, lalu pohon itu menghidupi manusia atau hewan, maka kita

mendapat pahala darinya. Sekalipun kita meninggal, tetapi pohon yang kita tanam masih memberi manfaat, maka pahalanya pun masih mengalir untuk kita selayaknya pahala jariyah.

مَا كَانَ أَكْثَرُ فِعْلاً كَانَ أَكْثَرُ فَضْلاً

Artinya: apa yang lebih banyak pekerjaannya, lebih banyak pula pahalanya. (Bisri, 1977)

Maksud dari kaidah ini yaitu semakin banyak kita dalam melakukan pekerjaan, baik dalam profesi apapun, terutama di bidang pertanian dan pengelolaan sumber daya alam, maka akan lebih banyak pula pahala yang akan kita dapat. Seperti yang dijelaskan dalam hadis sebelumnya apabila manusia memelihara tanaman atau makhluk hidup lainnya maka apa yang diperoleh dari hasil pemeliharaan itu adalah sedekah baginya. Karena pada dasarnya Allah telah menunjukkan kekuasaan-Nya dengan menghidupkan tumbuh-tumbuhan supaya dapat dimanfaatkan oleh makhluk hidup lainnya, dan supaya kita sebagai manusia dapat selalu berusaha memanfaatkan dengan sebaik mungkin dan bersyukur atas apa yang telah diberikan kepada kita.

Dalam bidang pertanian, produksi padi sangatlah berpengaruh pada perkembangan kehidupan masyarakat. Tentunya hal ini juga didukung oleh kinerja para petani yang diharapkan dalam meningkatkan kinerja petani ini dapat meningkatkan pula hasil dari produksi padi yang diperoleh, sehingga masyarakat dapat memanfaatkan hasil bumi tersebut dengan sebaik mungkin.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian kuantitatif karena data yang digunakan berupa data yang bersifat kuantitatif yaitu dengan menggunakan data berupa data numerik. Penelitian kuantitatif merupakan suatu penelitian yang informasi dan data yang dikelola menggunakan statistik.

3.2. Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder berupa data dari Badan Pusat Statistika Jawa Timur. Jenis datanya adalah data runtun waktu (*time series*) karena secara kronologis data tersebut disusun berdasarkan waktu yang digunakan untuk melihat perubahan dalam rentan waktu tertentu. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data jumlah produksi padi di Jawa Timur pada periode Januari 2016 sampai Desember 2021.

Tabel 3.1 Sampel Data

Periode ke-i	Produksi Padi (Juta ton)	Luas Lahan (Ribuan hektar)
Januari 2016	0,35	48,67
Februari 2016	1,16	167,68
Maret 2016	2,46	506,64
April 2016	2,10	330,8
Mei 2016	0,78	130,78
Juni 2016	1,09	240,68
Juli 2016	1,51	274,66
Agustus 2016	0,82	170,8
September 2016	0,74	117,53
Oktober 2016	0,65	102,35
November 2016	0,60	96,97
Desember 2016	0,47	90,68
⋮	⋮	⋮
Desember 2021	0,37	60,00

3.3. Variabel Penelitian

3.3.1. Variabel Dependen/Endogen

Variabel dependen yang digunakan oleh peneliti adalah data produksi padi di Jawa Timur pada periode Januari 2016 sampai Desember 2021.

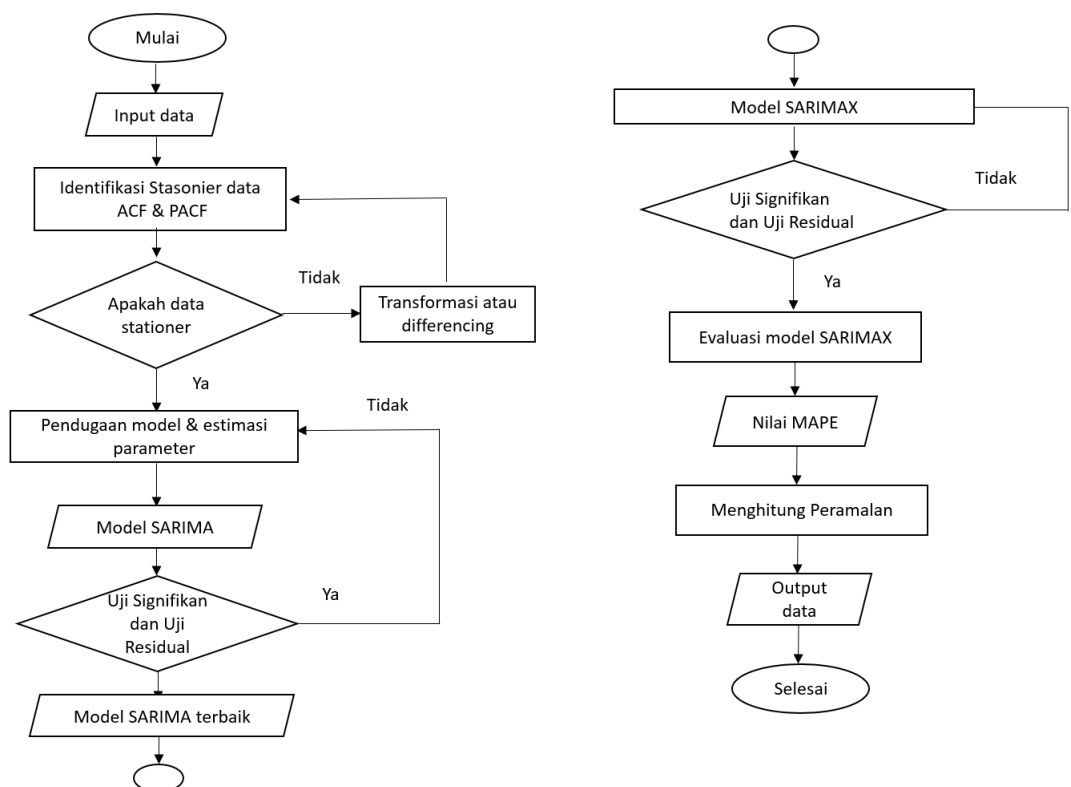
3.3.2. Variabel Independen/Eksogen

Variabel yang mempengaruhi variabel dependen disebut dengan variabel independent atau eksogen. Peneliti mengambil variabel eksogen untuk menunjang penelitian ini, yaitu antara lain data luas lahan di Jawa Timur pada periode Januari

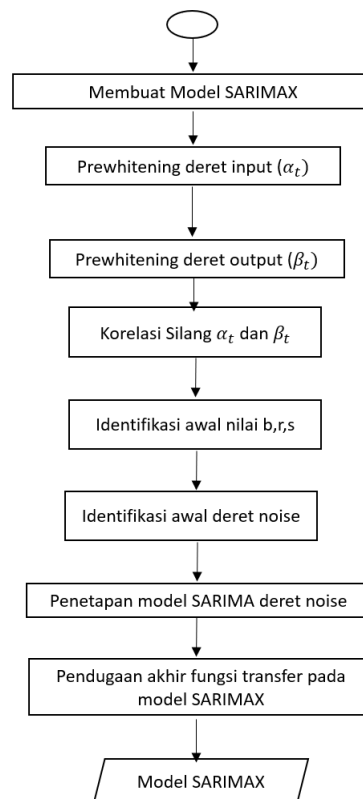
2016 sampai Desember 2021.

3.4. Teknis Analisis Data

Setelah data yang diperlukan telah terkumpul, maka untuk tahapan selanjutnya adalah menganalisis data. Teknis analisis data adalah langkah-langkah penyelesaian analisis data hingga selesai yang akan digambarkan dengan diagram alir pada Gambar 3.1 sebagai berikut.



Gambar 3.1 Diagram Alir Tahapan Penelitian



Gambar 3.2 Diagram Alir Tahapan SARIMAX

Berdasarkan Gambar 3.1 maka dapat dijelaskan untuk analisis data dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Identifikasi model dan uji kestasioneran data

Langkah pertama yang dilakukan adalah melakukan pemeriksaan atau uji kestasioneran data dengan menggunakan plot data asli, plot ACF dan plot PACF. Langkah ini melibatkan seleksi dari urutan differencing (d), urutan musiman diferensial (D), panjang musiman (S), urutan autoregresif non-musiman (p), musiman urutan autoregressive (P), pergerakan non-musiman pesanan rata-rata (q), dan rata-rata pergerakan musiman pesanan (Q). Jika data diketahui tidak stasioner maka akan dilakukan proses *differencing* (pembedaan) dan apabila proses *differencing* belum

menghasilkan data yang stasioner dalam varians maka akan dilakukan transformasi.

2. Model dan estimasi parameter

Langkah selanjutnya yaitu mengidentifikasi parameter dari AR, MA dan SARIMA.

3. Uji Signifikan dan Uji Residual

Untuk menguji signifikan atau tidak signifikan, maka perlu dilakukan pengujian hipotesis:

$H_0 : \rho_k = 0$ (koefisien autokorelasi tidak signifikan)

$H_1 : \rho_k \neq 0$ (koefisien autokorelasi signifikan)

Pengujian signifikansi dilakukan dengan cara membandingkan nilai statistik uji t dengan t-tabel atau *p-value* dengan nilai α . Apabila nilai statistik uji t > t-tabel maka H_0 ditolak atau apabila *p-value* < α (0,05) maka H_0 ditolak, artinya bahwa parameter signifikan dan sebaliknya. Untuk mengetahui kelayakan model dengan melakukan asumsi model yaitu sisaan bersifat *white noise*. Evaluasi dengan melihat apakah model tersebut sudah *white noise* atau belum, maka perlu dilakukan pengujian hipotesis:

$H_0 : \rho_1 = \dots = \rho_k = 0$ (tidak ada autokorelasi residual)

$H_i : \exists \rho_i \neq 0$ (ada autokorelasi residual)

Dapat dilakukan pemeriksaan dengan cara:

- Uji asumsi *white noise*

Untuk melihat apakah residual e_t bersifat *white noise* dapat dilakukan dengan melakukan uji korelasi yaitu menguji hipotesis $H_0 : \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_k, k < n$. Uji ini dapat dilakukan dengan menggunakan statistik uji Box-Pierce atau Ljung Box.

- Uji normalitas

Setelah memenuhi asumsi *white noise*, uji residual juga harus memenuhi distribusi normal. Apabila uji ini tidak memenuhi asumsi, maka harus dirumuskan kembali model yang baru yaitu di uji estimasi dan parameternya kembali.

4. Memodelkan SARIMA terbaik

Untuk mendapatkan model SARIMA terbaik maka dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu dengan melihat nilai MSE terkecil.

5. Membuat Model SARIMAX

Langkah selanjutnya akan dilakukan penentuan model transfer untuk menentukan SARIMAX, yaitu dengan melakukan *prewhitening* dari variabel endogen dan eksogen. Tahap ini dilakukan untuk mencari model *white noise* dari model SARIMA yang telah signifikan sebelumnya, dan dikatakan sudah *white noise* apabila telah memenuhi kriteria yang sesuai dengan tabel Ljung-Box dan apabila p-value nya $< 0,05$.

6. Uji Diagnostik Model Akhir Fungsi Transfer

Tahap ini akan dilakukan plot korelasi silang antara variabel eksogen dan endogen. setelah mendapatkan model fungsi transfer, maka akan dilakukan evaluasi model SARIMAX.

7. Evaluasi Model SARIMAX

Evaluasi model akan dilakukan dengan menggunakan MAPE, dengan menghitung perbedaan antara data asli dengan data hasil peramalan.

8. Menghitung Peramalan

Setelah mendapatkan model SARIMAX terbaik, pada tahap ini akan dilakukan peramalan pada data hasil produksi padi di Jawa Timur

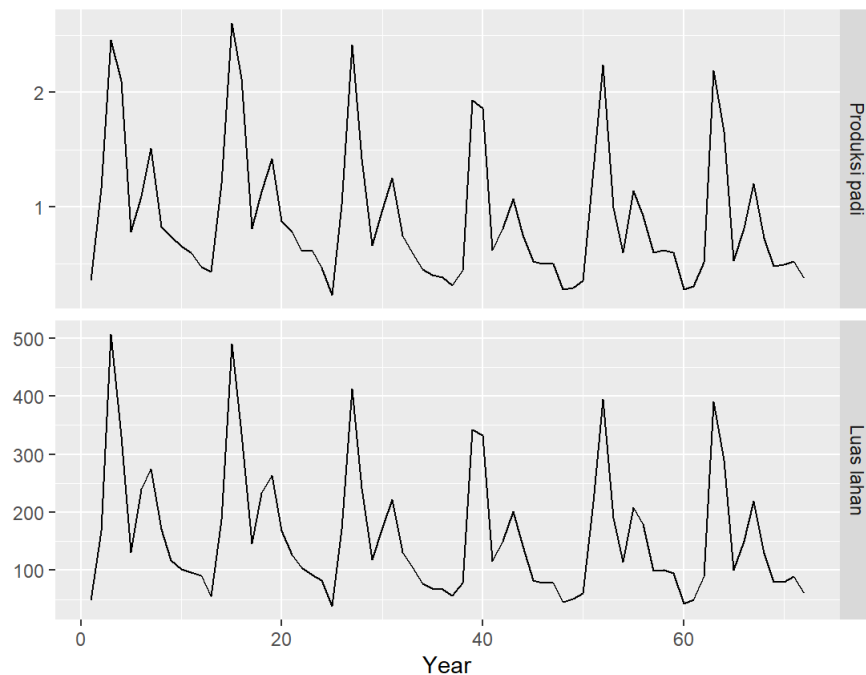
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai hasil analisis dan pembahasan dari prediksi jumlah produksi padi di Jawa Timur menggunakan metode SARIMAX dengan variabel eksogen yang digunakan yaitu luas lahan. Data yang diperoleh bersumber dari BPS Jawa Timur mulai periode Januari 2016 sampai dengan Desember 2021. Berikut merupakan langkah-langkah pembahasan yang akan dilakukan:

4.1. Identifikasi Plot Data *Time Series*

Produksi padi di Provinsi Jawa Timur hampir di setiap tahun mengalami fluktuasi dari periode Januari 2016 hingga Desember 2021, pada tahun tersebut menunjukkan fluktuasi yang signifikan yaitu mengalami kenaikan ataupun penurunan yang tajam. Salah satu faktor yang menyebabkan terjadinya fluktuasi yaitu luas lahan. Luas lahan merupakan salah satu faktor yang berpengaruh dalam meningkatkan jumlah produksi padi, dimana semakin luas lahan yang ada akan mempengaruhi hasil produksi padi yang didapatkan. Berikut merupakan plot data asli dari produksi padi dalam satuan juta ton dan luas lahan dalam satuan ribu hektar di provinsi Jawa Timur pada periode Januari 2016 sampai dengan Desember 2021:

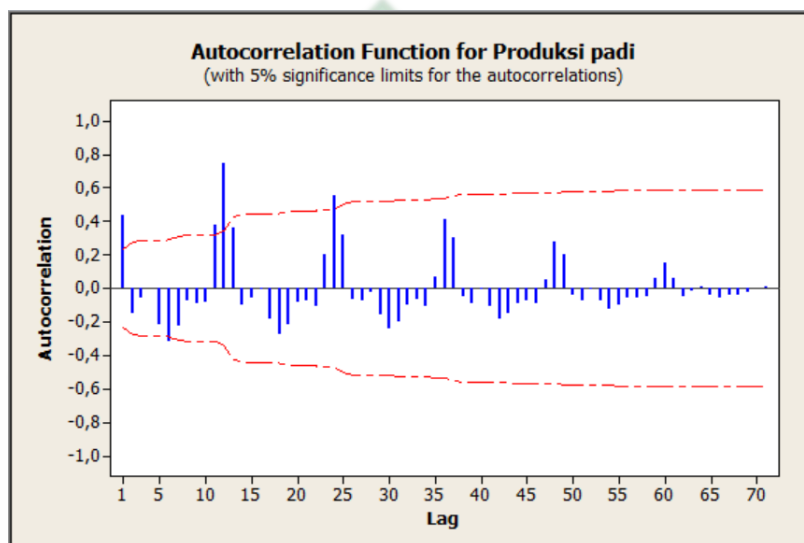


Gambar 4.1 Plot Data Asli Produksi Padi dan Luas Lahan di provinsi Jawa Timur

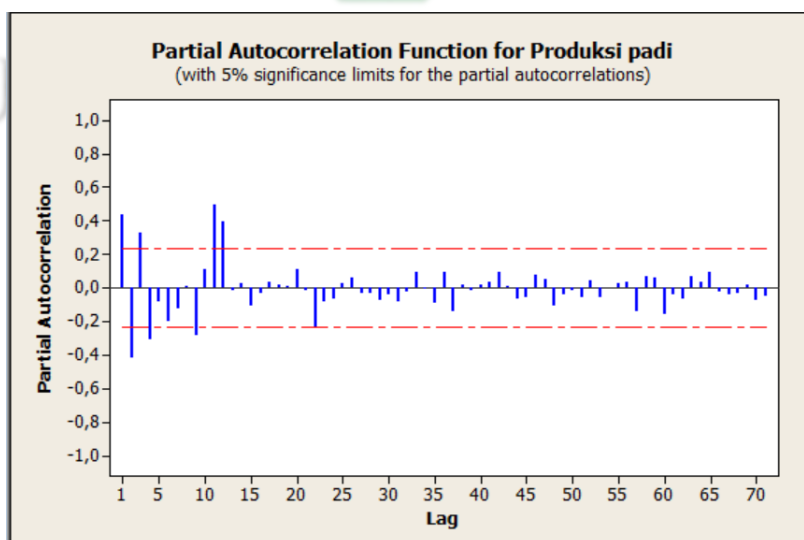
Berdasarkan identifikasi plot *time series* pada Gambar 4.1 menunjukkan bahwa terdapat pola musiman dimana pada bulan Maret 2016 mengalami kenaikan jumlah produksi padi sebanyak 2,46 Juta Ton dibandingkan bulan sebelumnya, di bulan Februari menghasilkan jumlah produksi padi sebanyak 1,16 juta ton. Lalu pada bulan Mei 2016 produksi padi mengalami penurunan yang tajam dari sebelumnya yaitu sebanyak 0,78 juta ton dari bulan April sebanyak 2,10 Juta Ton. Diketahui juga pada bulan Maret 2016 luas lahan padi mengalami kenaikan sebanyak 506,64 ribu hektar dibanding bulan sebelumnya yaitu sebanyak 167,68 ribu hektar. Sedangkan pada bulan Mei mengalami penurunan dari bulan sebelumnya yaitu di bulan April sebanyak 330,8 ribu hektar menjadi 130,78 ribu hektar. Dilihat dari tahun 2016 sampai dengan tahun 2021 proses peningkatan dan penurunan jumlah produksi padi dan luas lahan hampir memiliki pola yang sama, sehingga dapat dikatakan bahwa pada pengamatan ini mengandung pola musiman.

4.1.1. Identifikasi Model SARIMA dari Variabel Produksi Padi

Berdasarkan hasil plot data pada Gambar 4.1, selanjutnya dilakukan pengujian plot ACF dan PACF untuk melihat kestasioneran terhadap rata-rata pada variabel endogen yaitu data produksi padi. Berikut hasil plot ACF dan PACF disajikan pada Gambar 4.2 dan 4.3

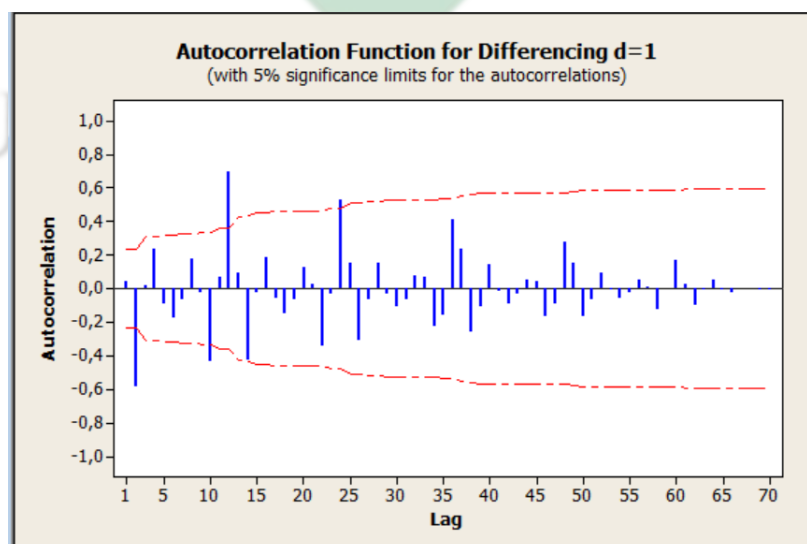


Gambar 4.2 Plot ACF Produksi Padi

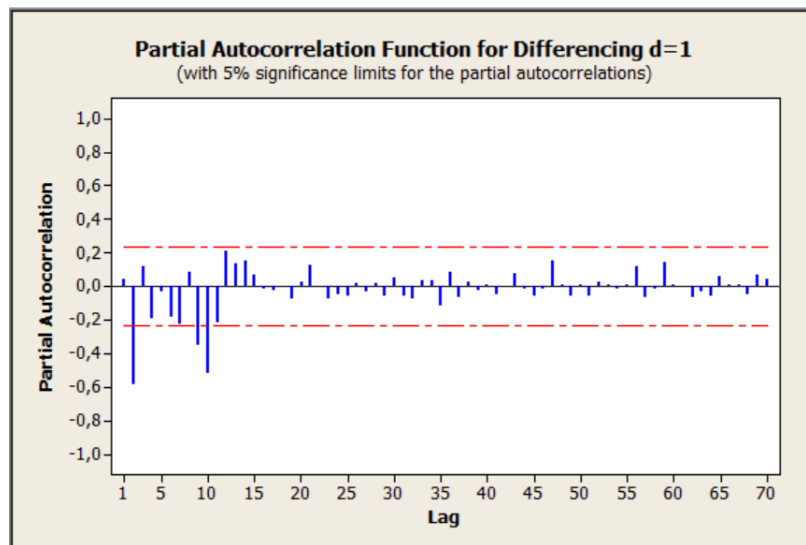


Gambar 4.3 Plot PACF Produksi Padi

Berdasarkan Gambar 4.2 terlihat bahwa pada *lag* ke 12 dan 24 keluar dari selang kepercayaan atau batas signifikan autokorelasi. Diperoleh nilai korelasi pada *lag* ke 12 sebesar 0,747636 dan *lag* ke 24 sebesar 0,550307. Dikarenakan nilai-nilai korelasi yang signifikan dan telah menunjukkan penurunan secara lambat dapat dikatakan bahwa data tersebut belum stasioner dalam rata-rata non musiman dan rata-rata musiman. Dikatakan data telah stasioner dalam rata-rata non musiman apabila pada plot ACF menunjukkan *lag* tidak melewati batas signifikan autokorelasi dan korelogram menurun dengan cepat seiring dengan meningkatnya k . Dan dikatakan data telah stasioner dalam rata-rata musiman apabila pada plot ACF menunjukkan *lag* yang berpola musiman dan berulang setiap 12 bulan tidak melewati batas signifikan autokorelasi dan korelogram menurun dengan cepat seiring dengan meningkatnya k . Data tersebut belum dapat digunakan untuk memodelkan bentuk ARIMA pada variabel produksi padi, sehingga perlu dilakukan *differencing* pertama non musiman ($d=1$) dan juga *differencing* musiman ($D=12$). Hasil ACF dan PACF data produksi padi pada *differencing* pertama dapat dilihat pada Gambar 4.4 dan 4.5

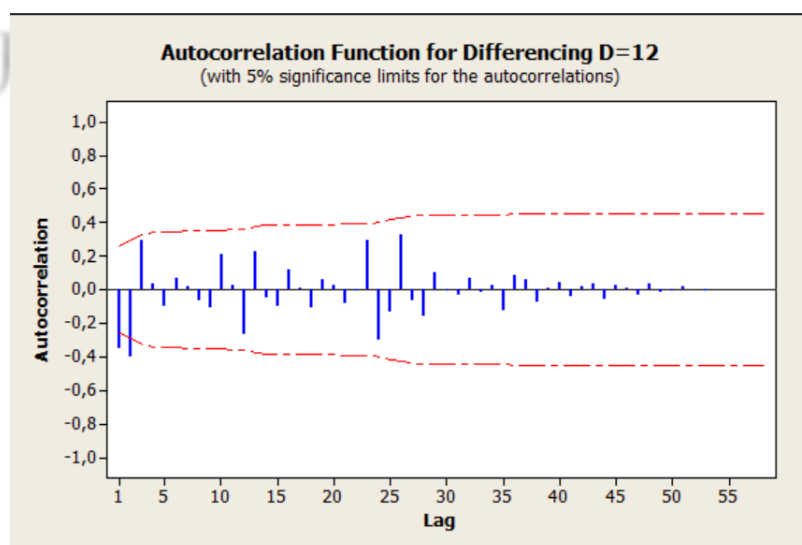


Gambar 4.4 Plot ACF *Differencing* non musiman Produksi Padi

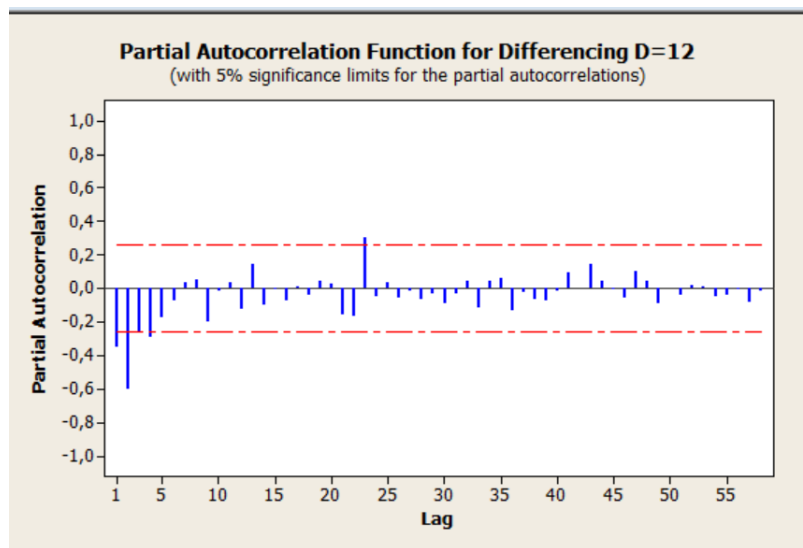


Gambar 4.5 Plot PACF *Differencing non musiman Produksi Padi*

Berdasarkan Gambar 4.4 terlihat bahwa *differencing* non-musiman sudah stasioner dalam rata-rata, akan tetapi data belum stasioner dalam rata-rata musiman dikarenakan pada *lag* yang menunjukkan musiman memiliki nilai autokorelasi yang cenderung turun lambat. Oleh karena itu perlu dilakukan proses *differencing* musiman dari data hasil *differencing* non-musiman. Hasil proses *differencing* disajikan pada Gambar 4.6 dan 4.7

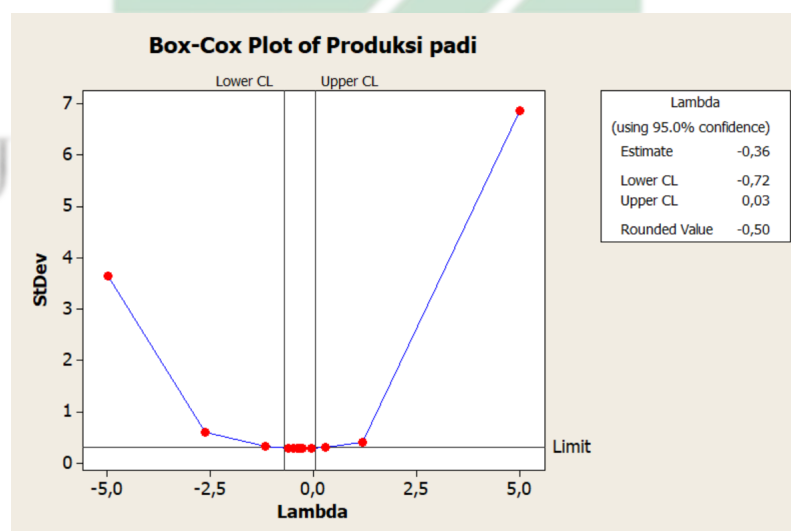


Gambar 4.6 Plot ACF *differencing musiman Produksi Padi*



Gambar 4.7 Plot PACF differencing musiman Produksi Padi

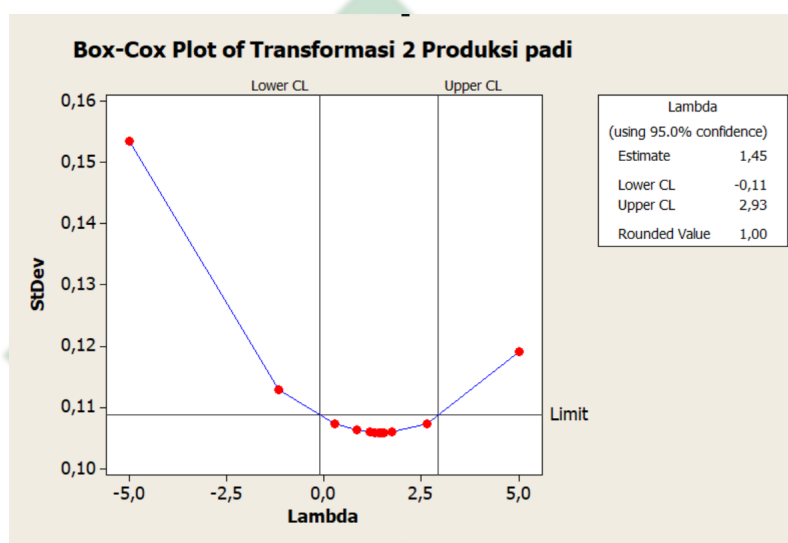
Pada Gambar 4.6 dapat dilihat bahwa hasil *differencing* musiman dari data *differencing* non musiman telah stasioner dalam rata-rata. Selanjutnya akan dilakukan uji stasioner dalam varian dengan menggunakan uji Box Cox. Hasil dapat dilihat pada Gambar 4.8



Gambar 4.8 Transformasi Box Cox Produksi Padi

Gambar 4.8 diperoleh hasil transformasi Box Cox dengan nilai *Rounded*

$Value(\lambda)$ sebesar -0,50. Hal ini menunjukkan bahwa data belum stasioner terhadap varian, sehingga perlu dilakukan Transformasi. Hasil transformasi menunjukkan bahwa data belum stasioner yaitu dengan *Rounded Value*(λ) sebesar 0,50, sehingga akan digunakan nilai $\lambda = 0,50$ untuk transformasi kembali menggunakan transformasi $\lambda=0,50$ yaitu $\frac{1}{\sqrt{Z_t}}$. Hasil dari transformasi dapat dilihat pada Gambar 4.9



Gambar 4.9 Transformasi 2 Box Cox Produksi Padi

Berdasarkan Gambar 4.9 diperoleh nilai *Rounded Value* yaitu 1, sehingga dapat disimpulkan bahwa data sudah stasioner terhadap varian. Dikarenakan data sudah stasioner dalam varian dan rata-rata, maka selanjutnya dapat menentukan model SARIMA terbaik. Dari hasil plot ACF sebelumnya pada Gambar 4.6 terdapat *lag* awal yaitu pada *lag* 1 dan *lag* 2 keluar dari batas selang kepercayaan (turun secara eksponensial di *lag* awal) dan juga pada plot PACF pada *lag* 1, *lag* 2, *lag* 3 dan *lag* 4 keluar dari batas autokorelasi (*cut off after lag 1*) yang dimana telah mengidentifikasi bentuk MA(1) untuk pola non-musiman. Sedangkan ACF dan PACF pada pola musiman juga mengidentifikasi bentuk AR(1) pada plot PACF dikarenakan pada *lag* 24 terdapat nilai autokorelasi parsial yang signifikan.

Sehingga dari hasil identifikasi tersebut diduga model SARIMA untuk produksi padi yaitu SARIMA (0, 0, 0)(0, 1, 1)₁₂, SARIMA (1, 0, 1)(0, 1, 1)₁₂, SARIMA (0, 1, 1)(1, 0, 1)₁₂, SARIMA (1, 1, 1)(1, 1, 0)₁₂, SARIMA (0, 1, 1)(0, 1, 1)₁₂, SARIMA (0, 1, 1)(1, 0, 1)₁₂, SARIMA (0, 1, 1)(1, 1, 0)₁₂. Dari beberapa model dugaan yang telah dibentuk maka akan dilakukan langkah selanjutnya untuk mendapatkan model SARIMA terbaik.

Tabel 4.1 Hasil Estimasi Parameter dan Pengujian Signifikan Model Produksi Padi

Model	Parameter	Estimasi	P-Value	Keterangan
SARIMA (0, 0, 0)(0, 1, 1) ₁₂	SMA	0,1289	0,000	Signifikan
SARIMA (1, 0, 1)(0, 1, 1) ₁₂	AR	0,1354	0,000	Signifikan
	MA	0,0733	0,000	
	SMA	0,1375	0,000	
SARIMA (0, 1, 1)(1, 0, 1) ₁₂	SAR	0,0066	0,000	Signifikan
	MA	0,0519	0,000	
	SMA	0,1090	0,000	
SARIMA (0, 1, 1)(0, 1, 1) ₁₂	MA	0,0692	0,000	Signifikan
	SMA	0,1346	0,000	
SARIMA (0, 1, 1)(1, 1, 0) ₁₂	SAR	0,1613	0,011	Signifikan
	MA	0,0006	0,000	
SARIMA (1, 1, 1)(1, 1, 0) ₁₂	AR	0,1344	0,736	Tidak Signifikan
	SAR	0,1612	0,003	
	MA	0,0169	0,000	

Berdasarkan pada hasil estimasi parameter dan uji signifikan di Tabel 4.1 diperoleh hasil bahwa parameter model SARIMA (1, 1, 1)(1, 1, 0)₁₂ tidak signifikan dikarenakan tidak semua nilai *p-value* pada parameter tersebut kurang dari $\alpha=5\%$. Tahap selanjutnya yaitu melakukan Uji *Diagnostic Checking* terhadap

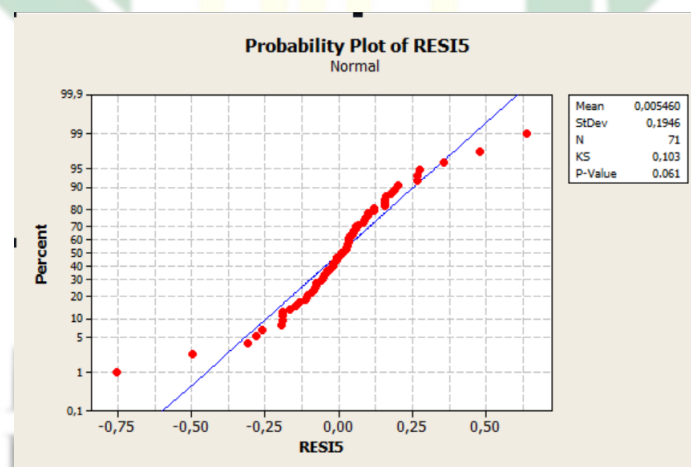
model yang sudah signifikan guna mencari model terbaik SARIMA yang memenuhi asumsi residual *white noise* dengan menggunakan Uji *Ljung-Box*.

Tabel 4.2 Hasil Uji *Diagnostic Checking Model* Produksi Padi

Model	Lag ke-	<i>p-value Ljung-Box</i>	Kesimpulan	MSE
(0,0,0)(0,1,1)	12	0,270	White noise	0,04752
	24	0,107		
	36	0,075		
	48	0,366		
(1,0,1)(0,1,1)	12	0,460	White noise	0,04387
	24	0,205		
	36	0,212		
	48	0,640		
(0,1,1)(1,0,1)	12	0,120	White noise	0,03961
	24	0,126		
	36	0,163		
	48	0,411		
(0,1,1)(0,1,1)	12	0,252	White noise	0,04927
	24	0,159		
	36	0,245		
	48	0,588		
(0,1,1)(1,1,0)	12	0,095	White noise	0,05642
	24	0,101		
	36	0,187		
	48	0,562		

Model dapat dikatakan sebagai model terbaik apabila pada parameternya memenuhi nilai signifikan yaitu $p\text{-value} < 0,05$, dan juga uji asumsi residual *white*

noise telah terpenuhi yaitu $p\text{-value} > 0,05$, serta memiliki nilai *MSE* terkecil. Berdasarkan dari beberapa model di atas, dapat diketahui bahwa model SARIMA $(0,0,0)(0,1,1)_{12}$, SARIMA $(1,0,1)(0,1,1)_{12}$, SARIMA $(0,1,1)(1,0,1)_{12}$, SARIMA $(0,1,1)(0,1,1)_{12}$ dan SARIMA $(0,1,1)(1,1,0)_{12}$ telah memenuhi uji signifikan dan memenuhi asumsi residual *white noise*, selanjutnya untuk memperoleh model SARIMA terbaik dari keempat model tersebut maka akan dilihat dari nilai *MSE* nya. Model dengan nilai *MSE* terkecil akan digunakan pada proses selanjutnya. Didapatkan model terbaik yaitu model SARIMA $(0,1,1)(1,0,1)_{12}$ dengan nilai $MSE = 0,03961$. Setelah mendapatkan model terbaik maka langkah selanjutnya adalah melakukan uji normalitas pada residual data hasil transformasi dan *differencing* pada model SARIMA SARIMA $(0,1,1)(1,0,1)_{12}$ dengan menggunakan Uji *Kolmogrov-Smirnov*.



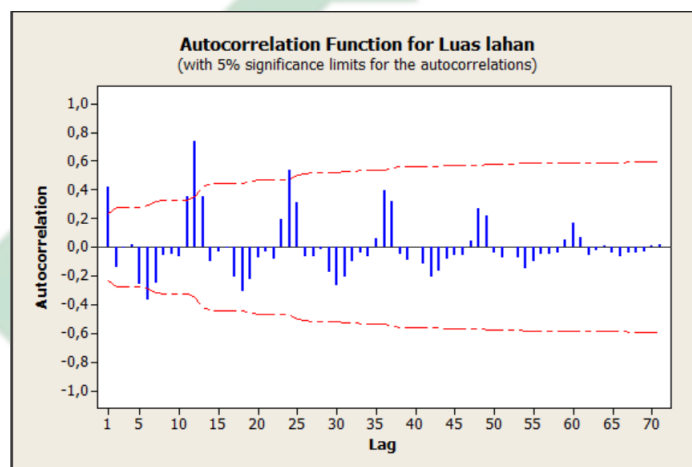
Gambar 4.10 Uji Normalitas Residual Produksi Padi

Dari Gambar 4.10 dapat diketahui bahwa nilai $p\text{-value} = 0.061$ dimana diperoleh $p\text{-value} > 0.05$ yang artinya residual dari data yang telah di transformasi dan *differencing* tersebut telah berdistribusi normal. Hasil tersebut dikarenakan pada semua parameter model menunjukkan model yang signifikan, dan sisanya telah memenuhi syarat *white noise* dan berdistribusi normal, maka dapat

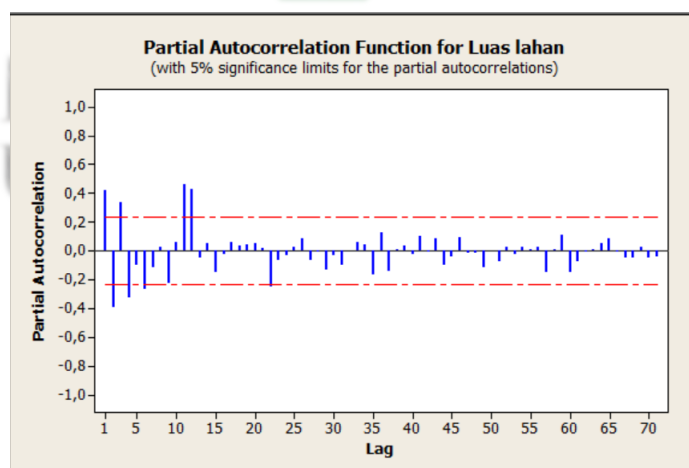
disimpulkan bahwa model SARIMA $(0, 1, 1)(1, 0, 1)_{12}$ telah sesuai dan merupakan model SARIMA terbaik.

4.1.2. Identifikasi Model SARIMA dari Variabel Luas Lahan

Langkah selanjutnya, dilakukan identifikasi pengujian plot ACF dan PACF untuk melihat kestasioneran terhadap rata-rata pada variabel eksogen yaitu luas lahan. Berikut hasil plot ACF dan PACF disajikan pada Gambar 4.11 dan 4.12



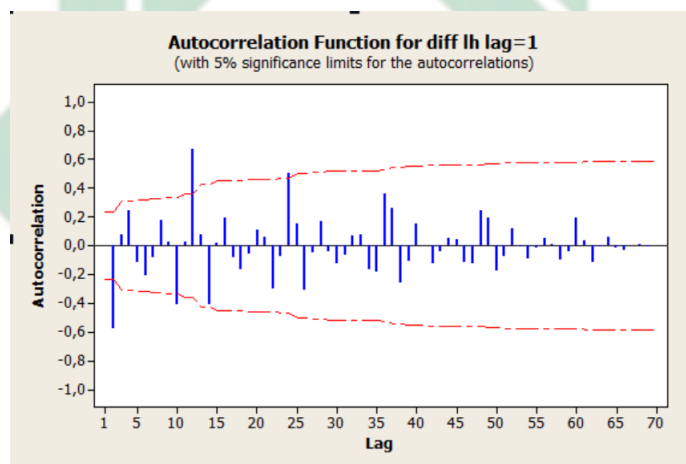
Gambar 4.11 Plot ACF Luas Lahan



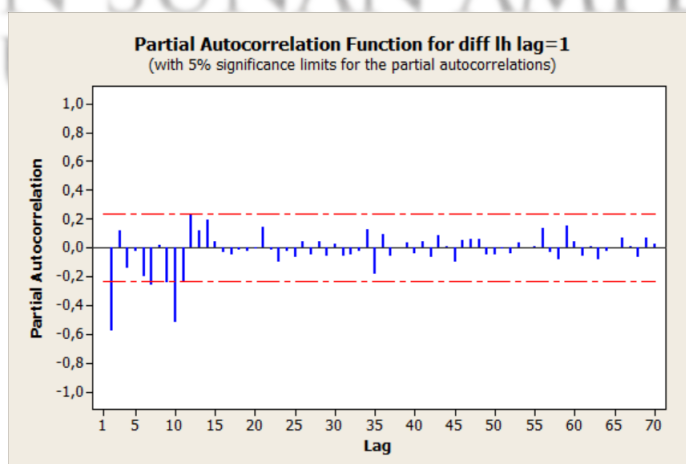
Gambar 4.12 Plot PACF Luas Lahan

Berdasarkan pada Gambar 4.11 terlihat bahwa pada *lag* ke 12 dan 24 keluar

dari batas garis selang kepercayaan atau garis signifikan autokorelasi. diperoleh nilai korelasi pada *lag* ke 12 sebesar 0,732823 dan *lag* ke 24 sebesar 0,538192. Dikarenakan nilai-nilai korelasi yang signifikan dan telah menunjukkan penurunan secara lambat dapat dikatakan bahwa data tersebut belum stasioner dalam rata-rata non-musiman dan rata-rata musiman pada data dan berulang seriap 12 bulan sekali. Data tersebut belum dapat digunakan untuk memodelkan bentuk ARIMA pada variabel luas lahan, sehingga perlu dilakukan *differencing* pertama non-musiman ($d=1$) dan juga *differencing* musiman ($D=12$). Hasil ACF dan PACF data luas lahan pada *differencing* pertama dapat dilihat pada Gambar 4.13 dan 4.14

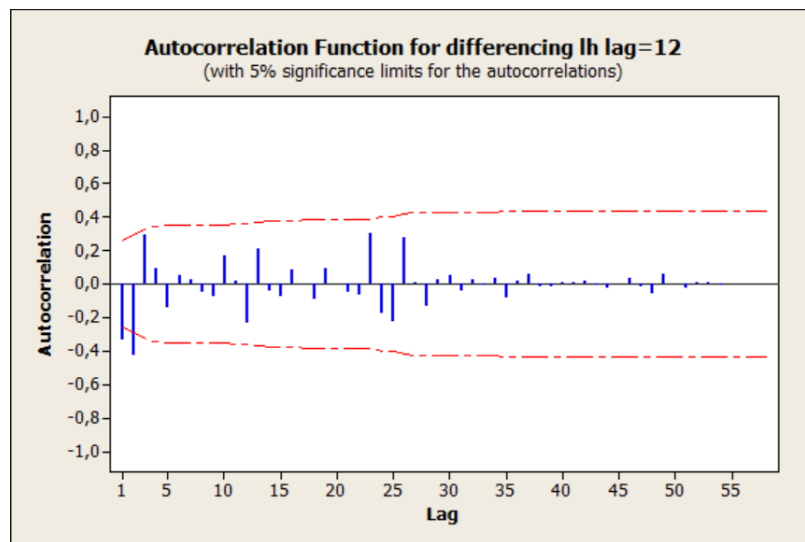


Gambar 4.13 Plot ACF *Differencing* non musiman Luas Lahan

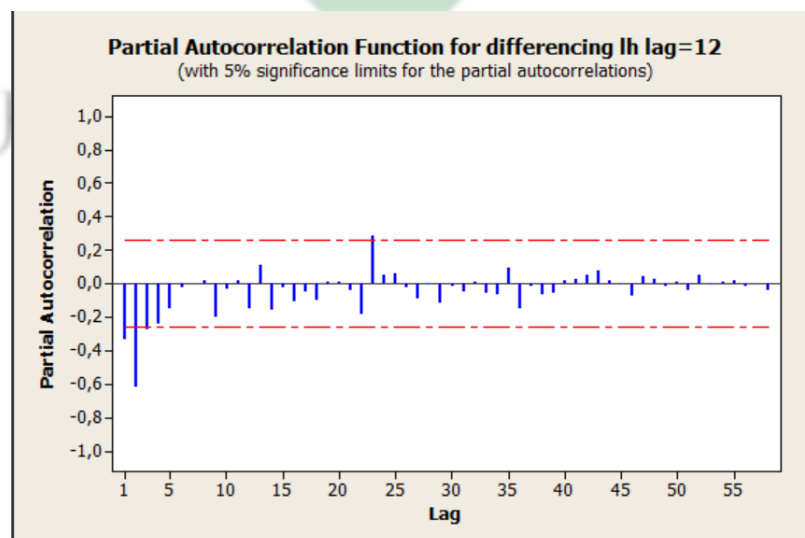


Gambar 4.14 Plot PACF *Differencing* non musiman Luas Lahan

Berdasarkan Pada Gambar 4.13 terlihat bahwa data belum stasioner dalam rata-rata musiman dikarenakan pada *lag* yang menunjukkan musiman memiliki nilai autokorelasi yang cenderung turun lambat. Oleh karena itu perlu dilakukan proses *differencing* musiman dari data hasil *differencing* non-musiman. Hasil proses disajikan pada Gambar 4.15 dan 4.16

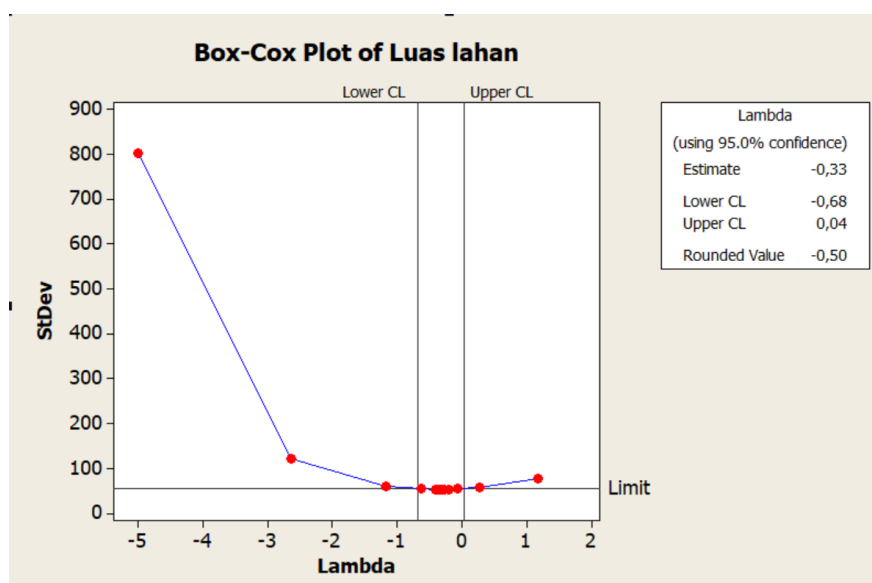


Gambar 4.15 Plot ACF *differencing* musiman Luas Lahan



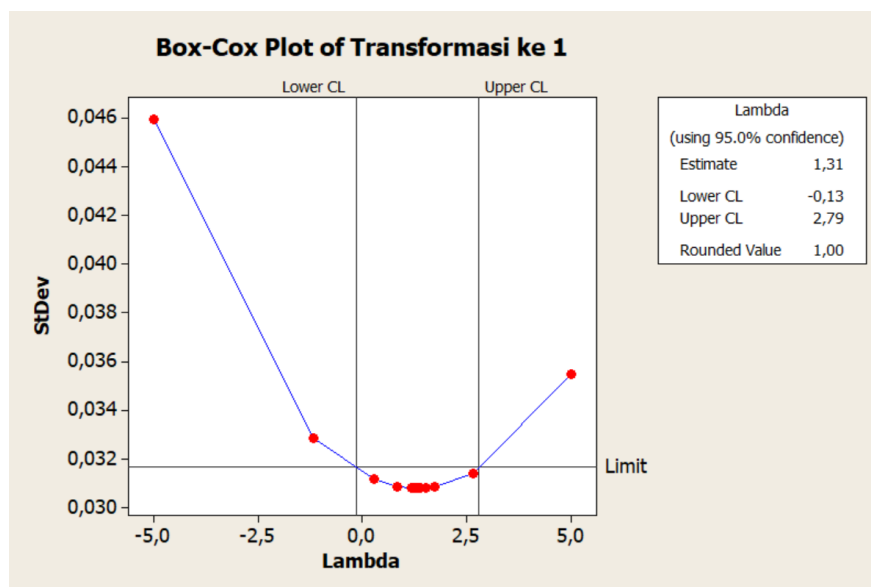
Gambar 4.16 Plot PACF *differencing* musiman Luas Lahan

Pada Gambar 4.15 dapat dilihat bahwa hasil *differencing* musiman dari data *differencing* non-musiman telah stasioner dalam rata-rata karena tidak ada *lag* musiman yang keluar dari batas signifikan autokorelasi. Selanjutnya akan dilakukan uji stasioner dalam varian dengan menggunakan uji Box Cox. Hasil dapat dilihat pada Gambar 4.17



Gambar 4.17 Transformasi Box-Cox Luas Lahan

Gambar 4.17 diperoleh hasil transformasi Box Cox dengan nilai *Rounded Value* (λ) sebesar -0,50. Hal ini menunjukkan bahwa data belum stasioner terhadap varian, sehingga perlu dilakukan transformasi. Hasil transformasi menunjukkan bahwa data masih belum stasioner dengan *Rounded value* (λ) sebesar 0,50, sehingga akan digunakan nilai $\lambda = 0,50$ untuk transformasi kembali menggunakan transformasi $\lambda = 0,50$ yaitu $\frac{1}{\sqrt{Z_t}}$. Hasil dari transformasi dapat dilihat pada Gambar 4.18



Gambar 4.18 Transformasi 1 Box-Cox Luas Lahan

Berdasarkan Gambar 4.18 diperoleh nilai *Rounded Value* adalah 1, sehingga dapat dikatakan data sudah stasioner terhadap varian. Dikarenakan data luas lahan telah stasioner dalam varian dan rata-rata, maka langkah selanjutnya yaitu menentukan model SARIMA terbaik. Dari hasil plot ACF sebelumnya pada Gambar 4.15 terdapat *lag* awal yaitu pada *lag* 1 dan *lag* 2 telah keluar dari batas garis signifikan autokorelasi (turun secara eksponensial di *lag* awal) dan juga pada plot PACF pada Gambar 4.16 di *lag* 1, *lag* 2 dan *lag* 3 keluar dari batas garis signifikan autokorelasi (*cut off after lag 1*) yang dimana telah mengidentifikasi MA dengan kombinasi 0,1,2 dan 3 untuk pola non-musiman. Sedangkan ACF dan PACF pada pola musiman juga mengidentifikasi bentuk AR dengan kombinasi 0 dan 1 pada plot PACF dikarenakan pada *lag* 24 terdapat nilai autokorelasi parsial yang keluar dari selang kepercayaan. Sehingga dari hasil identifikasi tersebut diduga model SARIMA untuk luas lahan adalah SARIMA $(0, 1, 1)(1, 1, 0)^{12}$, SARIMA $(0, 0, 0)(1, 1, 0)^{12}$, SARIMA $(2, 1, 0)(1, 1, 0)_{12}$ SARIMA $(2, 1, 0)(0, 1, 0)^{12}$ SARIMA $(3, 1, 1)(0, 1, 1)^{12}$, SARIMA $(3, 1, 0)(1, 1, 0)_{12}$. Dari

beberapa model dugaan yang telah dibentuk maka akan dilakukan langkah selanjutnya untuk mendapatkan model SARIMA terbaik.

Tabel 4.3 Hasil Estimasi Parameter dan Pengujian Signifikan Model Luas Lahan

Model	Parameter	Estimasi	<i>p-value</i>	Keterangan
SARIMA (0, 1, 1)(1, 1, 0) ₁₂	SAR	0,1630	0,007	Signifikan
	MA	0,0001	0,000	
SARIMA (0, 0, 0)(1, 1, 0) ₁₂	SAR	0,1163	0,027	Signifikan
SARIMA (2, 1, 0)(1, 1, 0) ₁₂	AR 1	0,1033	0,000	Signifikan
	AR 2	0,1034	0,000	
	SAR	0,1756	0,004	
SARIMA (2, 1, 0)(0, 1, 0) ₁₂	AR 1	0,1051	0,000	Signifikan
	AR 2	0,1051	0,000	
SARIMA (3, 1, 1)(0, 1, 1) ₁₂	AR 1	0,1817	0,000	Signifikan
	AR 2	0,1843	0,000	
	AR 3	0,1531	0,000	
	MA 1	0,1449	0,000	
	SMA	0,1345	0,000	
SARIMA (3, 1, 0)(1, 1, 0) ₁₂	AR 1	0,1308	0,000	Signifikan
	AR 2	0,1196	0,000	
	AR 3	0,1306	0,038	
	SAR	0,1718	0,005	

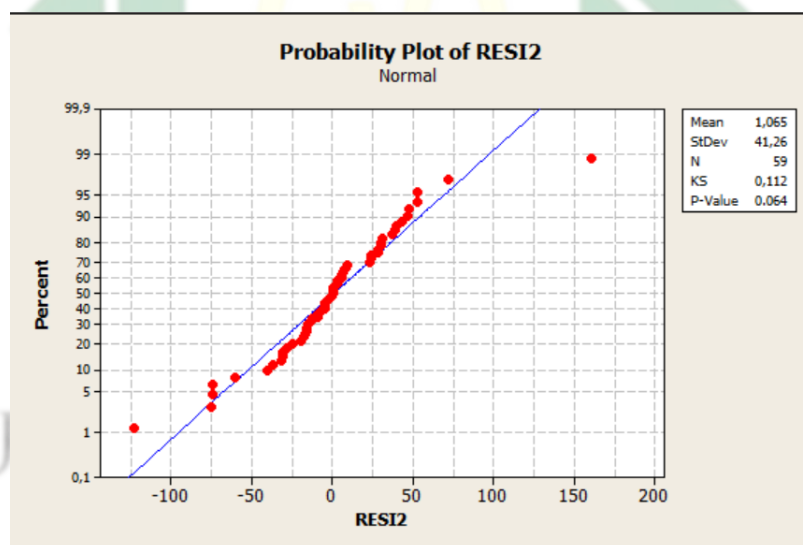
Berdasarkan dari hasil estimasi parameter dan uji signifikansi dari Tabel 4.3 dapat dilihat bahwa parameter model SARIMA telah signifikan dikarenakan dari parameter tersebut diperoleh *p-value* kurang dari $\alpha = 5\%$. Dilakukan tahap selanjutnya yaitu pengujian Uji *Diagnostic Checking* terhadap model yang sudah signifikan untuk mencari model terbaik SARIMA yang memenuhi asumsi residual

white noise dengan menggunakan Uji *Ljung-Box*.

Tabel 4.4 Hasil Uji *Diagnostic Checking Model Luas Lahan*

Model	Lag ke-	<i>p-value Ljung-Box</i>	Kesimpulan	MSE
(0,1,1)(0,1,1)	12	0,062	<i>White noise</i>	1872
	24	0,265		
	36	0,363		
	48	0,732		
(0,0,0)(1,1,0)	12	0,124	<i>White noise</i>	2048
	24	0,350		
	36	0,237		
	48	0,699		
(2,1,0)(1,1,0)	12	0,150	<i>White noise</i>	2134
	24	0,261		
	36	0,560		
	48	0,922		
(2,1,0)(0,1,0)	12	0,072	<i>White noise</i>	2435
	24	0,088		
	36	0,160		
	48	0,535		
(3,1,1)(0,1,1)	12	0,107	<i>White noise</i>	1864,3
	24	0,163		
	36	0,299		
	48	0,690		
(3,1,0)(1,1,0)	12	0,205	<i>White noise</i>	2027
	24	0,549		
	36	0,806		
	48	0,981		

Model dikatakan sebagai Model terbaik apabila pada parameternya memenuhi nilai signifikansi yaitu dengan $p\text{-value} < 0,05$, dan juga pada uji asumsi residual *white noise* telah terpenuhi yaitu $p\text{-value} > 0,05$, serta memiliki nilai MSE terkecil. Berdasarkan dari beberapa model diatas, dapat diketahui bahwa semua model SARIMA telah memenuhi uji signifikan dan memenuhi asumsi residual *white noise*, selanjutnya untuk memperoleh model SARIMA terbaik akan dilihat pada nilai MSE nya. dan didapatkan model terbaik yaitu model SARIMA $(3, 1, 1)(0, 1, 1)_{12}$ dengan nilai MSE = 1864,3. Setelah mendapatkan model terbaik maka selanjutnya akan dilakukan uji normalitas pada residual data hasil transformasi dan *differencing* pada model SARIMA $(3, 1, 1)(0, 1, 1)_{12}$ dengan menggunakan Uji *Kolmogrov-Smirnov*.



Gambar 4.19 Uji Normalitas Residual Luas Lahan

Pada Gambar 4.19 di atas dapat diketahui bahwa nilai $p\text{-value} = 0,064$ dimana diperoleh nilai $p\text{-value} > 0,05$ yang artinya residual dari data yang telah di transformasi dan *differencing* tersebut telah berdistribusi normal, maka dapat disimpulkan bahwa model SARIMA $(3, 1, 1)(0, 1, 1)_{12}$ telah sesuai dan merupakan model SARIMA terbaik.

4.2. Membuat Model SARIMAX

4.2.1. *Prewhitening* pada variabel Endogen dan Eksogen

Tahapan ini akan dilakukan *prewhitening* dengan tujuan untuk mencari model *white noise* dari model SARIMA yang telah signifikan sebelumnya. Dikatakan *white noise* apabila telah memenuhi kriteria yang sesuai dengan tabel Ljung-Box dan apabila *p-value* kurang dari 0,05.

1. *Prewhitening* Variabel Luas Lahan

Model SARIMA dari variabel eksogen luas lahan yang telah stasioner terhadap varian dan rata-rata yaitu SARIMA (3, 1, 1)(0, 1, 1) dapat dibentuk dalam persamaan berikut.

$$(1 - \phi_1(B) + \phi_2(B^2) + \phi_3(B^3))(1 - B)(1 - B^{12})x_t = (1 - \theta_1(B))(1 - \Theta_1(B^{12}))\alpha_t \quad (4.1)$$

$$(1 - B - B^{12} + B^{13} - \phi_1 B + \phi_1 B^2 + \phi_1 B^{13} - \phi_1 B^{14} + \phi_2 B^2 - \phi_2 B^3 - \phi_2 B^{14} + \phi_2 B^{15} + \phi_3 B^3 - \phi_3 B^4 - \phi_3 B^{15} + \phi_3 B^{16})x_t = (1 - \Theta_1 B^{12} - \theta_1 B + \theta_1 \Theta_1 B^{13})\alpha_t$$

$$x_t - x_{t-1} - x_{t-12} + x_{t-13} - \phi_1 x_{t-1} + \phi_1 x_{t-2} + \phi_1 x_{t-13} - \phi_1 x_{t-14} + \phi_2 x_{t-2} - \phi_2 x_{t-3} - \phi_2 x_{t-14} + \phi_2 x_{t-15} + \phi_3 x_{t-3} - \phi_3 x_{t-4} - \phi_3 x_{t-15} + \phi_3 x_{t-16} = \alpha_t - \Theta_1 \alpha_{t-12} - \theta_1 \alpha_{t-1} + \theta_1 \Theta_1 \alpha_{t-13}$$

$$x_t = x_{t-1} + x_{t-12} - x_{t-13} + \phi_1 x_{t-1} - \phi_1 x_{t-2} - \phi_1 x_{t-13} + \phi_1 x_{t-14} - \phi_2 x_{t-2} + \phi_2 x_{t-3} + \phi_2 x_{t-14} - \phi_2 x_{t-15} - \phi_3 x_{t-3} + \phi_3 x_{t-4} + \phi_3 x_{t-15} - \phi_3 x_{t-16} + \alpha_t - \Theta_1 \alpha_{t-12} - \theta_1 \alpha_{t-1} + \theta_1 \Theta_1 \alpha_{t-13}$$

$$\alpha_t = x_t - x_{t-1} - x_{t-12} + x_{t-13} - \phi_1 x_{t-1} + \phi_1 x_{t-2} + \phi_1 x_{t-13} - \phi_1 x_{t-14} + \phi_2 x_{t-2} - \phi_2 x_{t-3} - \phi_2 x_{t-14} + \phi_2 x_{t-15} + \phi_3 x_{t-3} - \phi_3 x_{t-4} - \phi_3 x_{t-15} + \phi_3 x_{t-16} + \Theta_1 \alpha_{t-12} + \theta_1 \alpha_{t-1} - \theta_1 \Theta_1 \alpha_{t-13}$$

Berdasarkan pada Tabel 4.3 diperoleh nilai $\phi_1 = 0,1817$; $\phi_2 = 0,1843$; $\phi_3 = 0,1531$; $\theta_1 = 0,1449$; $\Theta_1 = 0,1345$ dan ditetapkan $\alpha_{1-13} = 0$. Sehingga deret α_t menjadi:

$$\alpha_t = x_t - x_{t-1} - x_{t-12} + x_{t-13} - 0,1817x_{t-1} + 0,1817x_{t-2} + 0,1817x_{t-13} - 0,1817x_{t-14} + 0,1843x_{t-2} - 0,1843x_{t-3} - 0,1843x_{t-14} + 0,1843x_{t-15} + 0,1531x_{t-3} - 0,1531x_{t-4} - 0,1531x_{t-15} + 0,1531x_{t-16} + 0,1345\alpha_{t-12} + 0,1449\alpha_{t-1} - (0,1449)(0,1345)\alpha_{t-13}$$

Hasil *prewhitening* variabel eksogen luas lahan dapat dilihat pada Tabel 4.5

Tabel 4.5 Hasil *prewhitening* variabel eksogen luas lahan

t	α_t	t	α_t	t	α_t	t	α_t	t	α_t	t	α_t
1	0	13	0	25	-9,78	37	29,50	49	36,26	61	12,05
2	0	14	54,522	26	8,53	38	-119,23	50	-40,25	62	20,09
3	0	15	-63,83	27	-71,76	39	58,45	51	-94,24	63	117,27
4	0	16	26,65	28	6,14	40	132,47	52	239,19	64	-283,59
5	0	17	-1,61	29	58,40	41	-147,39	53	-95,25	65	128,19
6	0	18	-26,60	30	-68,01	42	43,21	54	-79,20	66	64,06
7	0	19	10,51	31	42,64	43	11,65	55	110,07	67	-83,92
8	0	20	5,34	32	0,79	44	12,05	56	-12,08	68	-17,22
9	0	21	4,91	33	14,40	45	-41,62	57	-38,73	69	52,78
10	0	22	-8,89	34	-8,96	46	41,00	58	32,36	70	-25,38
11	0	23	-0,0	35	8,97	47	-2,11	59	-9,69	71	14,53
12	0	24	-2,62	36	8,21	48	-32,34	60	-23,18	72	18,27

2. *Prewhitening* Variabel Produksi Padi Pada proses *prewhitening* variabel endogen (*output*) ini akan mengikuti model SARIMA pada proses *prewhitening* variabel eksogen (*input*). *Prewhitening* variabel endogen

(*output*) berdasarkan variabel eksogen (*input*) dilakukan dengan menggunakan Persamaan 4.1, dengan mengganti nilai x_t menjadi Z_t dan α_t menjadi β_t , sehingga dapat dibentuk Persamaan sebagai berikut.

$$(1 - \phi_1(B) + \phi_2(B^2) + \phi_3(B^3))(1 - B)(1 - B^{12})Z_t = (1 - \theta_1(B))(1 - \Theta_1(B^{12}))\beta_t \quad (4.2)$$

$$(1 - B - B^{12} + B^{13} - \phi_1 B + \phi_1 B^2 + \phi_1 B^{13} - \phi_1 B^{14} + \phi_2 B^2 - \phi_2 B^3 - \phi_2 B^{14} + \phi_2 B^{15} + \phi_3 B^3 - \phi_3 B^4 - \phi_3 B^{15} + \phi_3 B^{16})Z_t = (1 - \Theta_1 B^{12} - \theta_1 B + \theta_1 \Theta_1 B^{13})\beta_t$$

$$Z_t - Z_{t-1} - Z_{t-12} + Z_{t-13} - \phi_1 Z_{t-1} + \phi_1 Z_{t-2} + \phi_1 Z_{t-13} - \phi_1 Z_{t-14} + \phi_2 Z_{t-2} - \phi_2 Z_{t-3} - \phi_2 Z_{t-14} + \phi_2 Z_{t-15} + \phi_3 Z_{t-3} - \phi_3 Z_{t-4} - \phi_3 Z_{t-15} + \phi_3 Z_{t-16} = \beta_t - \Theta_1 \beta_{t-12} - \theta_1 \beta_{t-1} + \theta_1 \Theta_1 \beta_{t-13}$$

$$Z_t = Z_{t-1} + Z_{t-12} - Z_{t-13} + \phi_1 Z_{t-1} - \phi_1 Z_{t-2} - \phi_1 Z_{t-13} + \phi_1 Z_{t-14} - \phi_2 Z_{t-2} + \phi_2 Z_{t-3} + \phi_2 Z_{t-14} - \phi_2 Z_{t-15} - \phi_3 Z_{t-3} + \phi_3 Z_{t-4} + \phi_3 Z_{t-15} - \phi_3 Z_{t-16} + \beta_t - \Theta_1 \beta_{t-12} - \theta_1 \beta_{t-1} + \theta_1 \Theta_1 \beta_{t-13}$$

$$\beta_t = Z_t - Z_{t-1} - Z_{t-12} + Z_{t-13} - \phi_1 Z_{t-1} + \phi_1 Z_{t-2} + \phi_1 Z_{t-13} - \phi_1 Z_{t-14} + \phi_2 Z_{t-2} - \phi_2 Z_{t-3} - \phi_2 Z_{t-14} + \phi_2 Z_{t-15} + \phi_3 Z_{t-3} - \phi_3 Z_{t-4} - \phi_3 Z_{t-15} + \phi_3 Z_{t-16} + \Theta_1 \beta_{t-12} + \theta_1 \beta_{t-1} - \theta_1 \Theta_1 \beta_{t-13}$$

Berdasarkan pada Tabel 4.3 didapatkan nilai $\phi_1 = 0,1817$; $\phi_2 = 0,1843$; $\phi_3 = 0,1531$; $\theta_1 = 0,1449$; $\Theta_1 = 0,1345$ dan ditetapkan $\beta_{1-13} = 0$. Sehingga deret β_t menjadi:

$$\beta_t = Z_t - Z_{t-1} - Z_{t-12} + Z_{t-13} - 0,1817Z_{t-1} + 0,1817Z_{t-2} + 0,1817Z_{t-13} - 0,1817Z_{t-14} + 0,1843Z_{t-2} - 0,1843Z_{t-3} - 0,1843Z_{t-14} + 0,1843Z_{t-15} + 0,1531Z_{t-3} - 0,1531Z_{t-4} - 0,1531Z_{t-15} + 0,1531Z_{t-16} + 0,1345\beta_{t-12} + 0,1449\beta_{t-1} - (0,1449)(0,1345)\beta_{t-13}$$

Hasil *prewhitening* variabel endogen produksi padi dapat dilihat pada Tabel

4.6

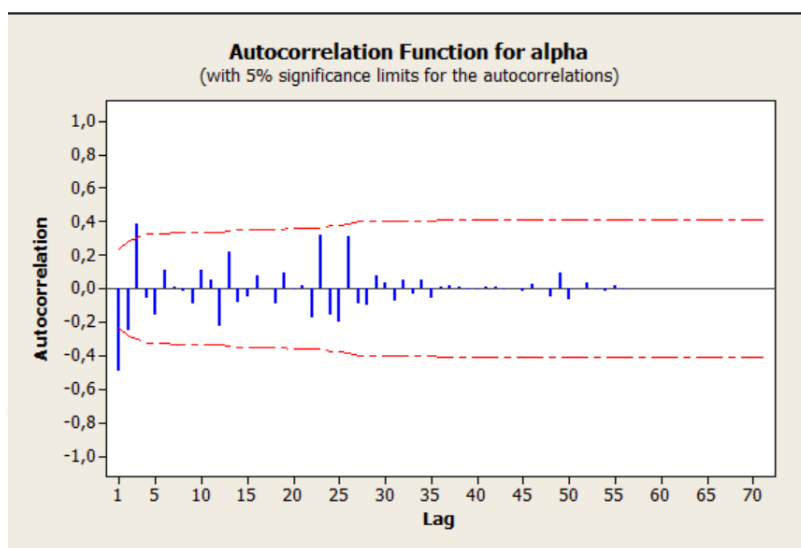
Tabel 4.6 Hasil *Prewhitening* β_t

t	β_t	t	β_t	t	β_t	t	β_t
1	0	19	-0,14837	37	0,083217	55	0,597689
2	0	20	0,188494	38	-0,67785	56	-0,13078
3	0	21	-0,08518	39	0,353889	57	-0,14668
4	0	22	-0,05994	40	0,691445	58	0,16362
5	0	23	0,102813	41	-0,75329	59	-0,0481
6	0	24	-0,07207	42	0,232685	60	-0,12178
7	0	25	-0,18317	43	0,025639	61	0,07175
8	0	26	0,116795	44	0,108726	62	0,088279
9	0	27	-0,06808	45	-0,16645	63	0,59074
10	0	28	-0,55549	46	0,207871	64	-1,47592
11	0	29	0,73904	47	0,000795	65	0,699466
12	0	30	-0,31096	48	-0,19328	66	0,326611
13	0	31	0,035019	49	0,202693	67	-0,4459
14	0,187765	32	0,147704	50	-0,23766	68	-0,03222
15	-0,00172	33	-0,0957	51	-0,45439	69	0,184566
16	-0,21682	34	0,036698	52	1,25141	70	-0,10301
17	0,079187	35	-0,05858	53	-0,56561	71	0,038402
18	-0,1041	36	0,151179	54	-0,37677	72	0,158438

4.2.2. Korelasi silang (CCF) dan autokorelasi pada variabel eksogen dan endogen yang telah diprewhitening

Pada tahap ini dilakukan korelasi silang dan autokorelasi antara variabel eksogen dan variabel endogen yang telah di *prewhitening* dengan tujuan

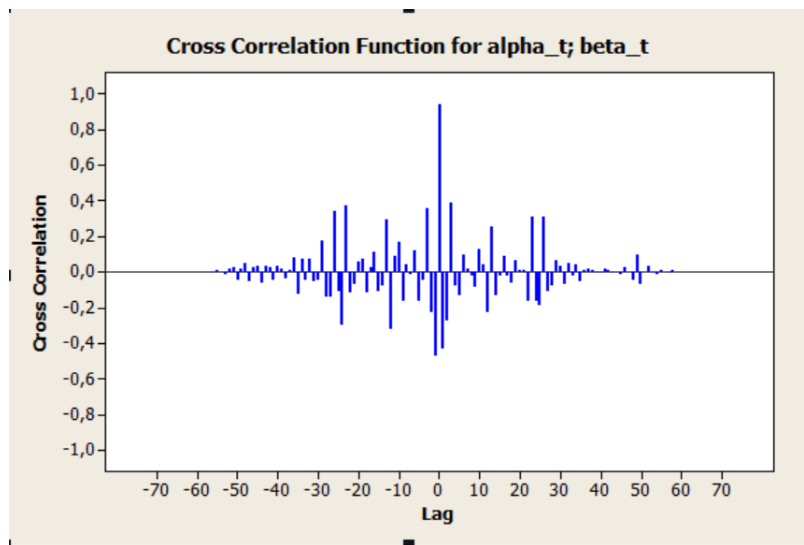
untuk mengetahui apakah hubungan dari waktu ke waktu dapat mempengaruhi variabel tersebut. Sebelum mencari nilai korelasi silang, terlebih dahulu yang perlu diselidiki yaitu autokorelasi pada variabel eksogen yang telah di *prewhitening* (α_t). Hasil plot dari nilai autokorelasi α_t dapat dilihat pada Gambar 4.20



Gambar 4.20 Plot ACF α_t

Pada Gambar 4.20 diperlihatkan autokorelasi pada variabel eksogen luas lahan yang telah diputihkan. Variabel α_t yang telah dibentuk diuji autokorelasi sisaannya guna memastikan bahwa α_t sudah *white noise* (rata-rata nol dan ragam konstan). Autokorelasi pada variabel eksogen luas lahan menunjukkan rata-rata nol sehingga model SARIMA pada variabel eksogen dapat diterima.

Setelah autokorelasi sesuai maka langkah selanjutnya yaitu menentukan nilai korelasi silang pada variabel eksogen luas lahan terhadap variabel endogen produksi padi yang telah di *prewhitening*. Berikut hasil plot korelasi silang α_t dan β_t pada Gambar 4.21 dan nilai korelasi silang pada Tabel 4.7



Gambar 4.21 Plot Korelasi Silang Variabel α_t dan β_t

Berdasarkan pada Gambar 4.21 menunjukkan hubungan antara variabel α_t dan β_t . Berdasarkan pada plot di atas diketahui bahwa pada lag 0 signifikan, sehingga dapat diketahui nilai $b=0$. Dan nilai $s = 0$ karena setelah nyata pada lag 0. Kemudian nilai r dapat dilihat dari pola plot yang ditampilkan. Pada Gambar 4.21 didapatkan nilai $r = 2$ yang menunjukkan pola plot eskponensial dan sinusoidal. Setelah mendapatkan nilai b, r, s , kemudian melakukan identifikasi fungsi transfer pada model SARIMAX.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

Tabel 4.7 Hasil Nilai Korelasi Silang

lag	CCF	lag	CCF	lag	CCF	lag	CCF	lag	CCF	lag	CCF
0	0,94	12	-0,23	24	-0,16	36	0,01	48	-0,05	60	0,00
1	-0,44	13	0,25	25	-0,19	37	0,02	49	0,09	61	0,00
2	-0,27	14	-0,13	26	0,31	38	0,01	50	-0,07	62	0,00
3	0,39	15	-0,02	27	-0,11	39	-0,01	51	0,00	63	0,00
4	-0,08	16	0,08	28	-0,08	40	-0,01	52	0,03	64	0,00
5	-0,13	17	-0,03	29	0,06	41	0,01	53	-0,01	65	0,00
6	0,10	18	-0,06	30	0,03	42	0,00	54	-0,01	66	0,00
7	0,02	19	0,06	31	-0,07	43	-0,01	55	0,01	67	0,00
8	-0,03	20	0,01	32	0,05	44	0,00	56	0,00	68	0,00
9	-0,09	21	0,01	33	-0,03	45	-0,02	57	0,00	69	0,00
10	0,13	22	-0,16	34	0,04	46	0,02	58	0,01	70	0,00
11	0,04	23	0,31	35	-0,05	47	0,00	59	0,00	71	0,00

Nilai korelasi silang pada Tabel 4.7 akan menjadi dasar dalam mengidentifikasi fungsi transfer pada model SARIMAX.

4.2.3. Identifikasi Fungsi Transfer pada Model SARIMAX

Identifikasi model Sarimax (fungsi transfer) dapat dilihat pada plot korelasi silang antara variabel eksogen dan variabel endogen yang telah di *prewhitening*. Pada variabel luas lahan nilai dari korelasi silang pada *lag* positif nol bernilai 0,9350 ($b=0$). Selanjutnya untuk mendapatkan nilai s akan dilihat dari berapa lama nilai x_t mempengaruhi y_t setelah nyata pertama yaitu $s=0$, kemudian nilai $r=2$ dapat dilihat dari pola plot yang ditampilkan menunjukkan bahwa plot merupakan sinus teredam (naik turun eksponensial di atas dan di bawah).

Berikut adalah bentuk persamaan umum untuk pendugaan parameter awal

dari fungsi transfer pada model SARIMAX:

$$(1 - \delta_1 B - \dots - \delta_r B^r) y_t = (\omega_0 - \omega_1 B - \dots - \omega_s B^s) x_{t-b} \quad (4.3)$$

Sehingga didapatkan model untuk pendugaan parameter awal fungsi transfer pada model SARIMAX yaitu:

$$y_t = \omega_0 x_t + \delta_1 y_{t-1} + \delta_2 y_{t-2} + \eta_t$$

4.2.4. Identifikasi Model Deret *Noise*

Selanjutnya akan dilakukan identifikasi model deret *noise* dengan didapatkan dari model pendugaan parameter awal yaitu:

$$y_t = \omega_0 x_t + \delta_1 y_{t-1} + \delta_2 y_{t-2} + \eta_t$$

Dilakukan indentifikasi kesalahan kuadrat terkecil bersyarat menggunakan software SAS didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 4.8 Conditional least square error

Parameter	Estimasi	Standar Error	p-value
Scale 1	0,005255	0,0001	<0,0001
Den 1	0,01584	0,03547	0,0001
Den 2	0,00137	0,03579	0,0002

Dari Tabel 4.8 di atas dapat diperoleh nilai $\omega_0 = 0,005255$, $\delta_1 = 0,01584$, $\delta_2 = 0,00137$.

Maka didapatkan η_t :

$$\eta_t = y_t - \omega_0 x_t - \delta_1 y_{t-1} - \delta_2 y_{t-2}$$

$$\eta_t = y_t - 0,005255x_t - 0,01584y_{t-1} - 0,00137y_{t-2}$$

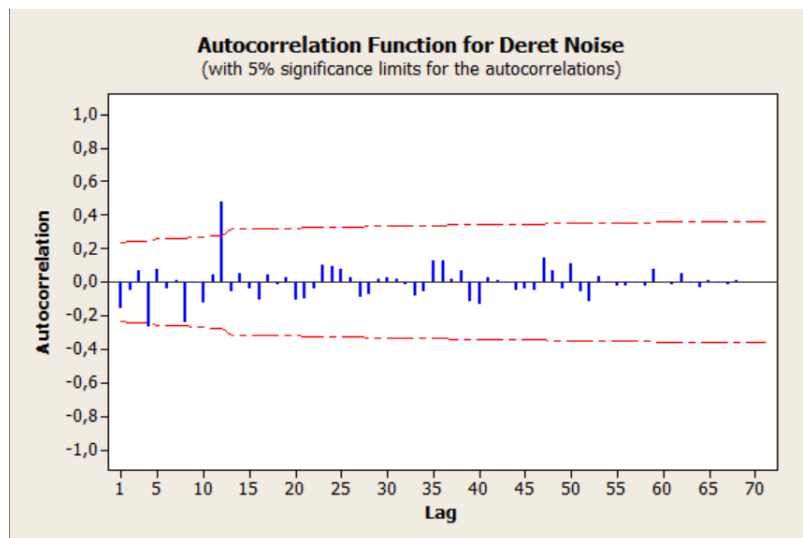
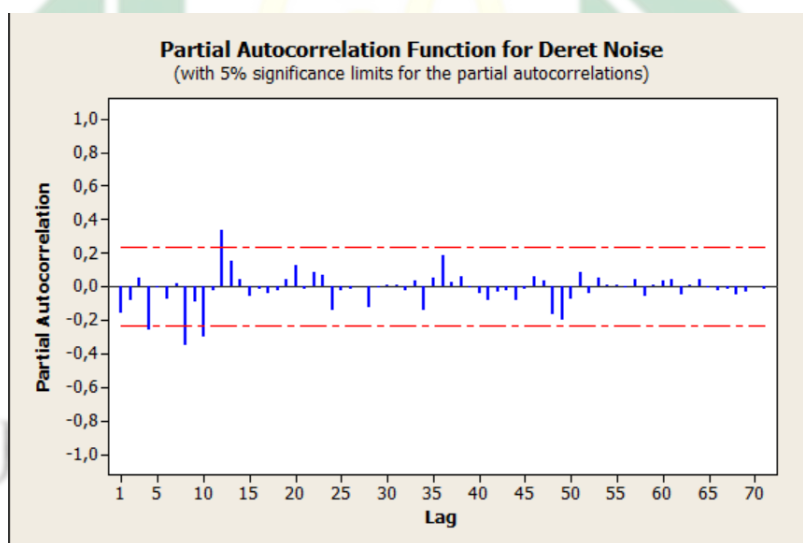
Hasil nilai deret *noise* dapat dilihat pada Tabel 4.8 sebagai berikut.

Tabel 4.9 Nilai dari deret *noise*

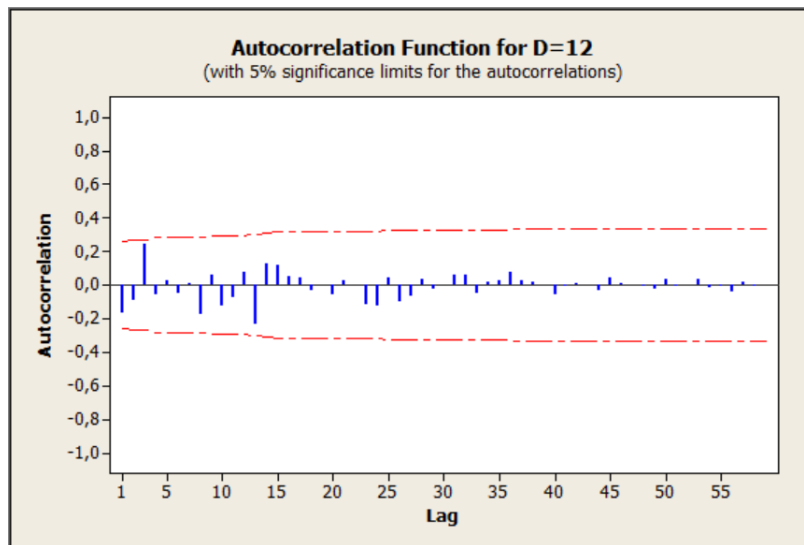
<i>t</i>	<i>noise</i>	<i>t</i>	<i>noise</i>	<i>t</i>	<i>noise</i>	<i>t</i>	<i>noise</i>	<i>t</i>	<i>noise</i>	<i>t</i>	<i>noise</i>
1	0,094	13	0,134	25	0,015	37	0,004	49	0,017	61	0,032
2	0,273	14	0,206	26	0,116	38	0,025	50	0,030	62	0,032
3	-0,221	15	0,016	27	0,236	39	0,125	51	0,168	63	0,132
4	0,321	16	0,316	28	0,110	40	0,084	52	0,143	64	0,101
5	0,056	17	0,007	29	0,012	41	-0,022	53	-0,051	65	-0,025
6	-0,190	18	-0,108	30	0,047	42	0,004	54	-0,018	66	0,011
7	0,048	19	0,015	31	0,068	43	0,000	55	0,031	67	0,030
8	-0,103	20	-0,042	32	0,032	44	-0,014	56	-0,040	68	0,017
9	0,107	21	0,097	33	0,029	45	0,070	57	0,064	69	0,047
10	0,099	22	0,048	34	0,030	46	0,081	58	0,084	70	0,061
11	0,079	23	0,121	35	0,027	47	0,081	59	0,090	71	0,039
12	-0,017	24	0,015	36	0,020	48	0,025	60	0,034	72	0,046

4.2.5. Penetapan (p_n, q_n) pada Model SARIMA $(p_n, 0, q_n)$ dari Deret *Noise*

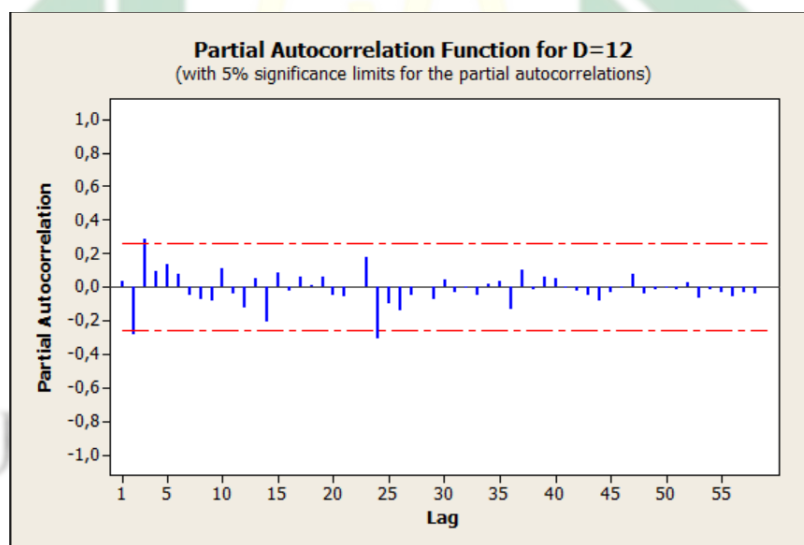
Dari hasil nilai deret *noise* yang diperoleh, selanjutnya dilakukan plot ACF dan PACF untuk mendapatkan dugaan model p_n, q_n . Berikut hasil plot ACF dan PACF dari deret *noise* pada Gambar 4.22

Gambar 4.22 Plot ACF deret *noise*Gambar 4.23 Plot PACF deret *noise*

Berdasarkan pada Gambar 4.22 dan 4.23 terlihat bahwa pada *lag* 12 keluar dari selang kepercayaan atau garis signifikan autokorelasi, maka data belum stasioner dalam rata-rata musiman. Sehingga perlu dilakukan *differencing* musiman ($D=12$). Didapatkan hasil ACF dan PACF Plot ACF *differencing* musiman ($D=12$) pada deret *noise*. Hasil dapat dilihat pada Gambar 4.24 dan 4.25



Gambar 4.24 Plot ACF Differencing musiman deret *noise*



Gambar 4.25 Plot PACF Differencing musiman deret *noise*

Pada Gambar 4.24 terlihat bahwa data sudah stasioner dalam rata-rata musiman dikarenakan pada *lag* yang menunjukkan musiman telah berada di dalam garis signifikan autokorelasi. Berdasarkan pada plot ACF dan PACF di atas dapat diidentifikasi model SARIMA untuk deret *noise*. Pada plot PACF di *lag* 24 telah keluar dari batas signifikan sehingga mengidentifikasi AR (1) pada pola

musiman. Berdasarkan pada hasil identifikasi model SARIMA untuk deret *noise* didapatkan model yaitu SARIMA $(0, 0, 0)(1, 1, 0)_{12}$.

Selanjutnya dilakukan pengujian estimasi parameter dan uji signifikan pada model SARIMA deret *noise*.

Tabel 4.10 Hasil Estimasi dan Pengujian Signifikan Model Deret *noise*

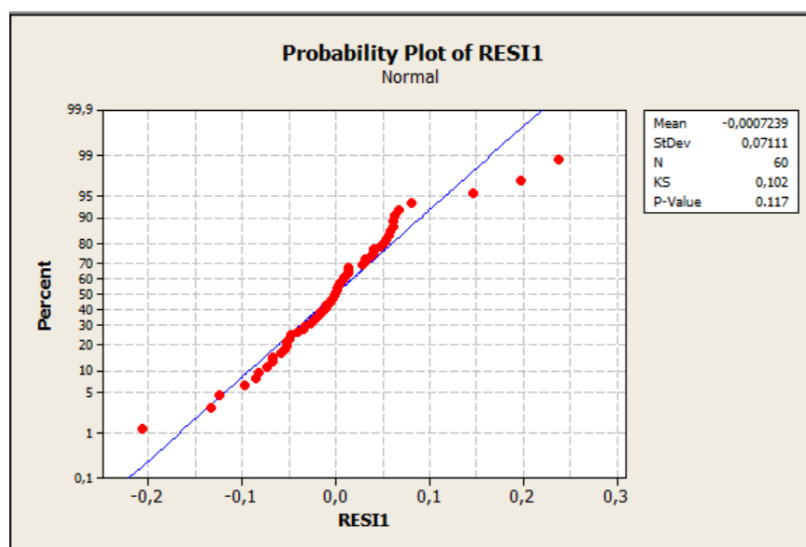
Model	Parameter	Estimasi	<i>p-value</i>	Keterangan
SARIMA $(0, 0, 0)(1, 1, 0)_{12}$	SAR	0,1334	0,000	Signifikan

Berdasarkan pada Tabel 4.8 diperoleh hasil dari model SARIMA $(0, 0, 0)(1, 1, 0)_{12}$ telah signifikan dikarenakan nilai $p\text{-value} < \alpha = 0,05$, sehingga dapat dilanjutkan dengan melakukan Uji *Diagnostic Checking* terhadap model yang sudah signifikan. Dengan menggunakan Uji *Ljung Box* didapatkan hasil pada Tabel 4.9 berikut.

Tabel 4.11 Hasil Uji *Diagnostic Checking* Model deret *noise*

Model	Lag ke-	<i>p-value Ljung Box</i>	Kesimpulan	MSE
$(0, 0, 0)(1, 1, 0)_{12}$	12	0,544	White noise	0,005144
	24	0,602		
	36	0,862		
	48	0,989		

Model dikatakan sebagai model terbaik apabila pada parameternya memenuhi nilai signifikan yaitu $p\text{-value} < 0,05$ dan juga pada uji asumsi *white noise* telah memenuhi $p\text{-value} > 0,05$, serta memiliki nilai MSE terkecil. Dapat diketahui dari hasil di atas bahwa model SARIMA $(0, 0, 0)(1, 1, 0)_{12}$ telah memenuhi uji signifikan dan memenuhi asumsi residual *white noise*, selanjutnya akan dilakukan uji normalitas pada model SARIMA $(0, 0, 0)(1, 1, 0)_{12}$. Berdasarkan pada Uji *Kolmogrov-Smirnov* didapatkan hasil sebagai berikut.



Gambar 4.26 Uji Normalitas Residual Deret *noise*

Dapat dilihat pada Gambar 4.26 nilai dari *p-value* yaitu sebesar 0,117 dimana diperoleh $p\text{-value} > 0,05$ yang artinya residual deret *noise* telah berdistribusi normal. Jadi dapat disimpulkan bahwa model SARIMA $(0, 0, 0)(1, 1, 0)_{12}$ telah sesuai. Dengan demikian maka model untuk deret *noise* diperoleh:

$$\eta_t = (1 - \Phi_1 B^{12})\alpha_t$$

$$\eta_t = (1 - 0,1334B^{12})\alpha_t$$

4.2.6. Pendugaan Akhir Model SARIMAX (Fungsi Transfer)

Pada pendugaan ini akan dilakukan dengan cara mengombinasikan model awal beserta deret *noisenya*. Kombinasi dugaan model fungsi transfer dan deret *noise* sebagai berikut.

$$y_t = \omega_0 x_t + (1 - \Phi_1 B^{12}) \alpha_t$$

Dimana $x_t = x_t$ sampai dengan x_{t-12} dan $y_t = y_t$ sampai dengan y_{t-12}

Dari model yang sudah didapatkan, dilakukan lagi uji parameter untuk pendugaan di atas. Hasil pendugaan akhir dapat dilihat pada Tabel 4.10

Tabel 4.12 Hasil Estimasi dan Pengujian Signifikan Model Fungsi Transfer

Model Fungsi Transfer (r,s,b)(p,q)	Parameter	Estimasi	<i>p-value</i>
(2, 0, 0)[(0, 0, 0)(1, 1, 0) ¹²]	Φ_1	0,09959	<0,0001
	ω_0	0,0052561	<0,0001

Berdasarkan pada hasil estimasi parameter di Tabel 4.10 di dapatkan model (2, 0, 0)[(0, 0, 0)(1, 1, 0)¹²] memperoleh nilai *p-value* < $\alpha = 0,05$ sehingga dapat dikatakan bahwa model telah signifikan. Selanjutnya akan dilakukan evaluasi model SARIMAX. Didapatkan persamaan model SARIMAX sebagai berikut.

$$y_t = \omega_0 x_t + (1 - \Phi_1 B^{12}) \alpha_t \quad (4.4)$$

$$y_t = 0,0052561 x_t + (1 - 0,09959 B^{12}) \alpha_t$$

4.2.7. Akurasi Peramalan

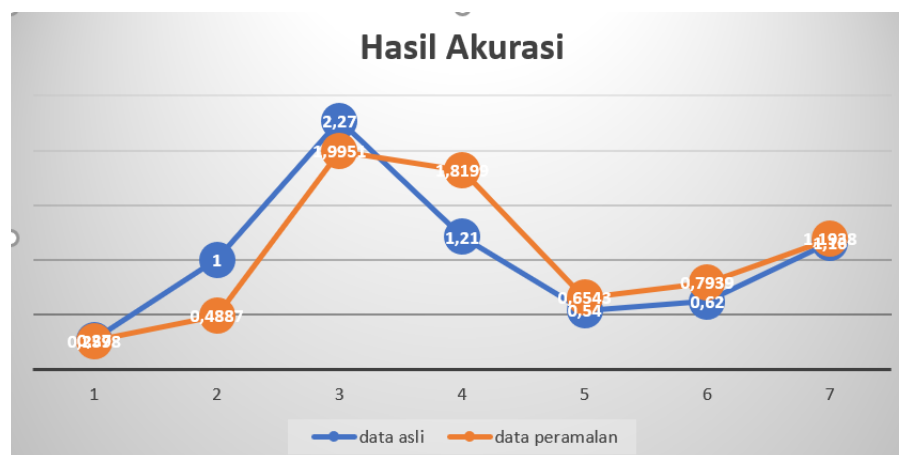
Pada akurasi peramalan menggunakan model SARIMAX (0, 0, 0)(1, 1, 0)₁₂ terhadap jumlah produksi padi di Jawa Timur akan digunakan perhitungan nilai MAPE. Secara matematis nilai MAPE didapatkan dengan rumus sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{100}{n} \sum_{t=0}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right|$$

$$= \frac{1,695517155}{7} \times 100$$

$$= 0,2422 \times 100 = 24\%$$

Hasil akurasi pada peramalan dengan menggunakan model SARIMAX $(0,0,0)(1,1,0)_{12}$ berdasarkan nilai MAPE 24% memiliki kemampuan cukup untuk meramalkan. Secara visual prediksi jumlah produksi padi di Provinsi Jawa Timur dapat dilihat pada Gambar 4.27 berikut



Gambar 4.27 Hasil Ramalan SARIMAX $(0,0,0)(1,1,0)_{12}$

Berdasarkan Gambar 4.27 dapat disimpulkan bahwa prediksi jumlah produksi padi di Provinsi Jawa Timur dengan menggunakan metode SARIMAX $(0,0,0)(1,1,0)_{12}$ menghasilkan nilai ramalan yang mengikuti pola data aktual.

4.2.8. Peramalan Jumlah Produksi Padi

Berdasarkan dari pengolahan data di atas, didapatkan model terbaik prediksi jumlah produksi padi di Provinsi Jawa Timur menggunakan model SARIMAX $(0,0,0)(1,1,0)_{12}$. Selanjutnya, akan dilakukan prediksi jumlah produksi padi di Provinsi Jawa Timur dari model terbaik yang didapatkan tersebut. Berdasarkan Tabel 4.12 pada bulan Januari 2022, jumlah produksi padi diprediksi mencapai 0,2598 Juta Ton. Sedangkan data aktual produksi padi telah ditetapkan oleh BPS Jawa Timur sebanyak 0,27 Juta Ton. Dalam hal ini selisih jumlah

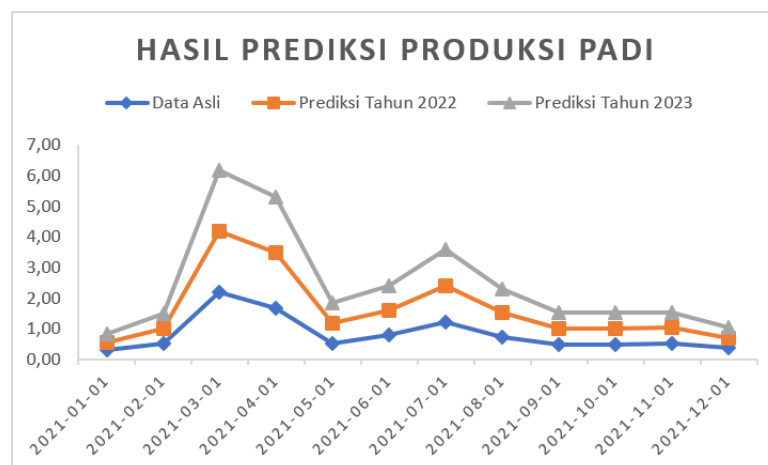
prediksi dan data aktual mengalami perbedaan yang cukup mendekati. Melonjaknya jumlah produksi padi menurut hasil prediksi pada bulan Maret sebesar 1,9951 Juta Ton ternyata juga mendekati data aktual pada jumlah produksi padi yaitu sebesar 2,27 Juta Ton. Hasil prediksi jumlah produksi padi di Provinsi Jawa Timur dapat dilihat pada Tabel 4.12

Tabel 4.13 Prediksi Jumlah Produksi Padi di Provinsi Jawa Timur

Bulan	Tahun 2022	Tahun 2023
Januari	0,2598	0,2735
Februari	0,4887	0,4988
Maret	1,9951	1,9779
April	1,8199	1,812
Mei	0,6543	0,6618
Juni	0,7939	0,7909
Juli	1,1938	1,1838
Agustus	0,7936	0,7924
September	0,5158	0,5167
Oktober	0,5195	0,514
November	0,5096	0,5046
Desember	0,3373	0,3364

Berdasarkan Tabel 4.12 pada prediksi jumlah produksi padi di bulan Januari 2022 mengalami penurunan yaitu 0,2598 Juta Ton dibandingkan dari hasil produksi padi di bulan Desember pada data aktual yang telah ditetapkan oleh BPS Jawa Timur yaitu sebesar 0,37 Juta Ton. Dalam hal ini selisih jumlah produksi padi dari data prediksi dan data aktual mengalami perbedaan yang cukup timpang. Hal ini dapat disebabkan karena penurunan luas tanam dan produksi menurun drastis dibandingkan dengan tahun sebelumnya. Pada bulan Maret 2022 terjadi

peningkatan pada jumlah produksi padi sebesar 1,9951 Juta Ton, dikarenakan pada bulan tersebut merupakan musim panen pertama pada tahun 2022. Berikut merupakan hasil prediksi produksi padi di Jawa Timur.



Gambar 4.28 Hasil Prediksi Produksi Padi di Jawa Timur

4.3. Integrasi Keilmuan

Dalam islam, ilmu prediksi atau perkiraan merupakan suatu bentuk usaha dari manusia dalam mendapatkan hasil yang lebih baik dari sebelumnya. Dengan adanya ilmu prediksi ini diharapkan dapat mengubah keadaan di masa mendatang menjadi lebih baik lagi. Dalam rangka memenuhi kebutuhan produksi padi yang terus menerus meningkat, maka pemerintah perlu melakukan suatu tindakan untuk mengantisipasi kekurangan pasokan pangan di masa yang akan datang. Salah satu langkah atau strategi yang bisa dilakukan yaitu dengan melakukan suatu prediksi atau peramalan guna melihat perkembangan jumlah produksi padi. Dari hasil tersebut dapat dilihat apakah kebutuhan akan pangan sudah terpenuhi atau belum. Jika kebutuhan telah terpenuhi maka sisanya dapat disimpan untuk menghindari masa paceklik di masa mendatang. Keadaan seperti ini telah dipraktikkan langsung oleh Nabi Yusuf melalui takwil mimpi raja Mesir. yang dijelaskan pada Q.S Yusuf ayat 47-48 yang berbunyi:

قَالَ تَزْرَعُونَ سَبْعَ سِنِينَ دَابًّا فَمَا حَصَدْتُمْ فَذَرُوهُ فِي سُنْبُلِهِ إِلَّا قَلِيلًا
 مِمَّا تَأْكُلُونَ ﴿٤٧﴾ ثُمَّ يَأْتِي مِنْ بَعْدِ ذَلِكَ سَبْعُ شِدَادٍ يَأْكُلْنَ مَا قَدَّمْتُمْ لَهُنَّ
 إِلَّا قَلِيلًا مِمَّا تَحْصِنُونَ ﴿٤٨﴾

Artinya:47. (Yusuf) berkata, “Bercocoktanamlah kamu tujuh tahun berturut-turut! Kemudian apa yang kamu tuai, biarkanlah di tangkainya, kecuali sedikit untuk kamu makan. 48. Kemudian, sesudah itu akan datang tujuh (tahun) yang sangat sulit (paceklik) yang menghabiskan apa yang kamu simpan untuk menghadapinya, kecuali sedikit dari apa (bibit gandum) yang kamu simpan.

Menurut M.Quraish Shihab dalam tafsir Al-Misbah mengenai Nabi Yusuf yang menafsirkan mimpi raja Mesir, Nabi Yusuf berkata seakan-akan berdialog dengan masyarakat melalui mimpi raja Mesir agar masyarakat terus bercocok tanam, pengairan dan sebagainya selama tujuh tahun berturut-turut dengan sungguh-sungguh. Pada zaman sekarang, peramalan tidak lagi dilakukan dengan menggunakan tafsir mimpi melainkan dilakukan dengan suatu metode sains dengan melihat data-data sebelumnya. Hasil peramalan akan lebih bermanfaat jika menggunakan metode peramalan yang tepat. Dari penelitian ini diidentifikasi bahwa produksi padi mengandung unsur pola musiman, maka dilakukan peramalan dengan metode SARIMAX ini dengan model terbaik yang didapatkan yaitu SARIMAX (0, 0, 0)(1, 1, 0)₁₂. Sesuai dengan apa yang dijelaskan Allah Swt dalam firman-Nya pada surah Ar-Ra'd ayat 11 yang berbunyi:

لَهُ مُعَقِّبَاتٌ مِّنْ بَيْنِ يَدَيْهِ وَمِنْ خَلْفِهِ يَحْفَظُونَهُ مِنْ أَمْرِ اللَّهِ إِنَّ اللَّهَ لَا يُغَيِّرُ مَا بِقَوْمٍ حَتَّىٰ يُغَيِّرُوا مَا بِأَنفُسِهِمْ وَإِذَا أَرَادَ اللَّهُ بِقَوْمٍ سُوءًا فَلَا مَرَدَّ لَهُ وَمَا لَهُمْ مِّنْ دُونِهِ مِنْ وَّالٍ ﴿١١﴾

Artinya: “11. Baginya (manusia) ada (malaikat-malaikat) yang menyertainya

secara bergiliran dari depan dan belakangnya yang menjaganya atas perintah Allah. Sesungguhnya Allah tidak mengubah keadaan suatu kaum hingga mereka mengubah apa yang ada pada diri mereka. Apabila Allah menghendaki keburukan terhadap suatu kaum, tidak ada yang dapat menolaknya, dan sekali-kali tidak ada pelindung bagi mereka selain Dia.” (Q.S. Ar-Ra’d : 11)

Dalam ayat tersebut dijelaskan bahwa Allah tidak akan mengubah keadaan manusia hingga mereka dapat mengubah apa yang ada pada diri mereka. Dalam hal ini dapat dikaitkan dengan usaha manusia dalam mengubah keadaan mereka menjadi lebih baik lagi, dengan adanya ilmu prediksi atau perkiraan diharapkan dapat memberikan arahan dalam usaha meningkatkan produksi padi di Jawa Timur dengan cara melakukan perhitungan melalui data dari tahun-tahun sebelumnya yang bertujuan untuk memperkirakan hasil untuk kedepannya.

المَحَافَظَةُ عَلَى الْقَدِيمِ الصَّالِحِ وَالْأَخْذُ بِالْجَدِيدِ الْأَصْلَحِ

Artinya: “memelihara (menjaga) nilai atau ajaran lama yang baik, dan mengambil nilai atau ajaran baru yang lebih baik”.

Berdasarkan pada kaidah di atas, bermaksud bahwa ilmu prediksi atau perkiraan ini merupakan ilmu yang baik dalam meramalkan hasil yang lebih baik di masa mendatang, dimana dengan menggunakan data dari hasil masa sebelumnya dapat memperoleh hasil yang lebih baik untuk digunakan di masa mendatang.

BAB V

PENUTUP

5.1. Simpulan

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

1. Model SARIMAX terbaik dalam meramalkan jumlah produksi padi di Jawa Timur yaitu SARIMAX(0, 0, 0)(1, 1, 0)₁₂
2. Hasil akurasi pada model prediksi SARIMAX(0, 0, 0)(1, 1, 0)₁₂ pada jumlah produksi padi di Provinsi Jawa Timur menggunakan kriteria terbaik, didapatkan nilai MAPE sebesar 24%. Jika MAPE < 25% maka hasil peramalan dapat diterima secara cukup. Artinya model SARIMAX ini cukup layak digunakan untuk memprediksi jumlah produksi padi di Provinsi Jawa Timur pada tahun 2022 dan 2023.
3. Hasil prediksi jumlah produksi padi di Provinsi Jawa Timur pada tahun 2021 tertinggi dari bulan sebelumnya yaitu diperkirakan terjadi pada bulan Maret yaitu sebesar 1,9951 juta ton. Pada tahun 2022 juga mengalami peningkatan pada jumlah produksi padi di bulan maret yaitu sebesar 1,9779 juta ton. Hal ini cukup timpang dengan data aktual jumlah produksi padi yang telah ditetapkan oleh BPS provinsi Jawa Timur.

5.2. Saran

Pada penelitian ini hanya terbatas pada prediksi jumlah produksi padi di provinsi Jawa Timur dengan menggunakan model SARIMAX dengan variabel

Exogeneus yaitu luas lahan. Didapatkan nilai akurasi sekitar 24% pada kategori cukup baik untuk melakukan peramalan. Untuk penelitian selanjutnya, diharapkan menggunakan lebih dari satu variabel pada metode peramalan menggunakan model SARIMAX ini, sehingga bisa mendapatkan nilai error yang seminim mungkin dan hasil ramalan yang akurat.



DAFTAR PUSTAKA

- Aburto, L. and Weber, R. (2007). A sequential hybrid forecasting system for demand prediction. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 4571 LNAI:518–532.
- Adriyansyah Marhaeni, D., Kunci, K., Produksi, J., Ekonomis, S., and Faktor-Faktor Produksi, E. (2017). Analisis Skala Ekonomis Dan Efisiensi Penggunaan Faktor- Faktor Produksi Pada Usaha Perkebunan Kopi Arabika Di Desa Satra Kecamatan Kintamani Kabupaten Bangli. *E-Jurnal Ekonomi Pembangunan Universitas Udayana*, 6(2):178–194.
- Al-Gounmeein, R., Of, M. I. I. J., and 2020, U. (2012). Forecasting the exchange rate of the Jordanian Dinar versus the US dollar using a Box-Jenkins seasonal ARIMA model. *ijmcs.future-in-tech.net*, 18(1):1–18.
- Anggraeni, W. (2018). *Penerapan Metode Campuran Autoregressive Integrated Moving Average Dan Quantile Regression (ARIMA-QR) Untuk Peramalan Harga Cabai Sebagai Komoditas Strategis Pertanian Indonesia*.
- Arimbawa, P. D. and Widanta, A. B. P. (2015). Pendapatan, Terhadap Padi, Petani Produktivitas, Dengan Variabel, Sebagai Di, Intervening Mengwi, Kecamatan. *Jurnal Ekonomi Pembangunan Universitas Udayana*, 6(8):1601–1627.
- Aswi and Sukarna (2017). *Analisis Deret Waktu*.
- Boediono, W. K. (2008). *Teori dan Aplikasi Statistika dan Probabilitas Sederhana, Lugas dan Mudah Dimengerti*. Remaja Rosdakarya.

- Box, G. E. and Jenkins, G. M. (2016). 470-1 The Box-Jenkins Method.
- Box, G. E., Jenkins, G. M., and Reinsel, G. C. (2008). Time series analysis: Forecasting and control: Fourth edition. *Time Series Analysis: Forecasting and Control: Fourth Edition*, pages 1–746.
- BPS (2020). *Luas Panen dan Produksi Padi di Indonesia 2020*.
- Chauhan, B. S., Jabran, K., and Mahajan, G. (2017). Rice Production Worldwide. *Rice Production Worldwide*, (February 2018):1–563.
- Cools, M., Moons, E., and Geert, W. (2008). Investigating The Variability In Daily Traffic. (X):1–22.
- Debataraja, N. N. and Martha, S. (2021). Prediksi Data Jumlah Penumpang Kereta Dengan Efek Variasi Kalender Pada Model SARIMAX. 10(4):379–388.
- Dio, M., Septian, D., and Sukmono, T. (2021). Forecasting Production Trafo to Get SDOH Using Seasonal ARIMA Method in PT. XYZ. *Procedia of Engineering and Life Science*, 1(2).
- Ekananda, M. (2014). Analisis Data Time Series: Untuk Penelitian Ekonomi, Manajemen Dan Akuntansi — Universitas Indonesia.
- Fathurrahman, M. (2014). Pemodelan Fungsi Transfer Multi Input.
- Fitriyah, L. (2019). Pemodelan Penderita Demam Berdarah Dengue (DBD) di Kabupaten Gresik Menggunakan Arima dan Regresi Nonparametrik Kernel. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9):1689–1699.
- Gunawan, F. (2018). Pengaruh Penggunaan Faktor Produksi Terhadap Produksi Padi Di Desa Barugae Kabupaten Bone. *Jurnal Penelitian Pertanian*, pages 1–15.

- Hanke, John E.; Wichern, D. W. (2009). *Business forecasting OPAC Perpustakaan Nasional RI*.
- Hanurowati, N., Mukid, M. A., and Prahutama, A. (2016). Pemodelan Dan Peramalan Indeks Harga Saham Gabungan (Ihsg), Jakarta Islamic Index (Jii), Dan Harga Minyak Dunia Brent Crude Oil Menggunakan Metode Vector Autoregressive Exogenous (Varx). *Jurnal Gaussian*, 5(4):683–693.
- Hendrawan, B. (2012). Penerapan Model ARIMA Dalam Memprediksi IHSG. *Jurnal Integrasi*, 4(2):205–211.
- Hillmer, S. C. and Wei, W. W. S. (1991). Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods. *Journal of the American Statistical Association*, 86(413):245.
- Indrawati, F. and Brodjol, B. N. (2012). Pemodelan Jumlah Ketersediaan Beras untuk Jawa Timur dengan Pendekatan Fungsi Transfer. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 1(1).
- Isnarwaty, D. P. (2017). Peramalan Konsumsi Listrik Berdasarkan Pemakaian Kwh Untuk Kategori Industri I-4 Di Pt. Pln (Persero) Distribusi Jawa Timur Menggunakan Arima Box-Jenkins.
- Istikomah and TBSA (2014). Peramalan Curah Hujan Di Kota Makassar Menggunakan Model ARIMAX. 12(2007):703–712.
- Julianto, I. R., Indwiarti, and Rohmawati, A. A. (2021). Prediksi Jumlah Kunjungan Wisatawan Di Jawa Barat Dengan Model ARIMAX Dan SARIMAX Menggunakan Data Google Trends. *e-Proceeding of Engineering*, 8(4):4229–4241.

Kementrian Pertanian (2020). Kementerian Pertanian - Menggembirakan, Produksi Padi 2020 dan Potensi Januari-April 2021 Naik Dibandingkan Tahun Lalu.

Manigandan, P., Alam, M. S., Alharthi, M., Khan, U., Alagirisamy, K., Pachiyappan, D., and Rehman, A. (2021). Forecasting natural gas production and consumption in united states-evidence from sarima and sarimax models. *Energies*, 14(19):1–17.

Montaño Moreno, J. J., Palmer Pol, A., Sesé Abad, A., and Cajal Blasco, B. (2013). El índice R-MAPE Como Medida Resistente Del Ajuste En La Previsión. *Psicothema*, 25(4):500–506.

Nabilussalam (2011). C-ORGANIK dan Pengapuran.

Nachrowi, D. and Usman, H. (2007). *Prediksi IHSG dengan Model GARCH dan Model ARIMA*.

Nasiru, S., Luguterah, A., and Anzagra, L. (2013). The Efficacy of ARIMAX and SARIMA Models in Predicting Monthly Currency in Circulation in Ghana. 3(5):73–81.

Nurwahdania, S. and Sulistijanti, W. (2017). Peramalan hasil produksi padi di provinsi jawa timur dengan menggunakan metode seasonal autoregressive integrated moving average with exogenous input (sarimax) 12. *Seminar Nasional Indonesian R Summit*, pages 163–170.

Pertanian, K. (2021). Panen Padi Hasil Indeks Pertanaman 4 Kali Setahun.

Pramana, I. P. A. A. . A. W. (2016). Peramalan Jumlah Kasus Demam Berdarah Di Kabupaten Malang Menggunakan Metode Fuzzy Inference System. *Jurnal Teknik ITS*, 5(1).

- Pratiwi, S. H. (2016). Growth and Yield of Rice (*Oryza sativa* L.) on various planting pattern and addition of organic fertilizers. *Gontor AGROTECH Science Journal*, 2(2):1–19.
- Putro, B., Furqon, M. T., and Wijoyo, S. H. (2018). Prediksi Jumlah Kebutuhan Pemakaian Air Menggunakan Metode Exponential Smoothing. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 2(11):4679–4686.
- Saputri, W. and Amalita, N. (2020). Analisa Tentang Luas Tanam dan Luas Panen di Bidang Komoditi Perkebunan di Provinsi Sumatera Barat dengan Menggunakan Analisis Profil. *Journal Of Mathematics UNP*, 5(1):85–89.
- Sharma, N., Kalra, K. L., Oberoi, H. S., and Bansal, S. (2008). Optimization of fermentation parameters for production of ethanol from kinnow waste and banana peels by simultaneous saccharification and fermentation. *Indian Journal of Microbiology* 2007 47:4, 47(4):310–316.
- Shukla, M. and Jharkharia, S. (2011). Applicability of arima models in wholesale vegetable market : An Investigation. *International Journal of Agricultural and Statistical Sciences*, 11(1):69–72.
- Soekartawi (2006). Analisis usahatani. UI press Jakarta. page 110.
- Suryani, A. R., Hendikawati, P., Februari, B., Maret, B., Suryani, A. R., Peramalan, H. P., and Hujan, C. (2018). Peramalan Curah Hujan Dengan Metode Autoregressive Integrated Moving Average With Exogenous Input (Arimax). *Unnes Journal of Mathematics*, 7(1):120–129.
- Tarsitano, A. and Amerise, I. L. (2017). Short-term load forecasting using a two-stage sarimax model. *Energy*, 133:108–114.

Đurka, P. and Silvia, P. (2012). “ARIMA vs. ARIMAX – which approach is better to analyze and forecast macroeconomic time series?” Proceedings of 30th International Conference Mathematical Methods in Economics Section. pages 136–140.

Verbesselt, J., Hyndman, R., Newnham, G., and Culvenor, D. (2009). Detecting trend and seasonal. *Remote Sensing of Environment*.

