PERBANDINGAN METODE PENGHALUSAN EKSPONENSIAL *HOLT WINTERS* DAN METODE *SEASONAL AUTOREGRESSIVE INTEGRATED MOVING AVERAGE* (SARIMA) PADA PERAMALAN CURAH HUJAN DI PROVINSI LAMPUNG

(Skripsi)

Oleh

Andi Hari Yanto

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024

ABSTRACT

COMPARISON OF *HOLT-WINTERS EXPONENTIAL SMOOTHIN*G METHOD AND *SEASONAL AUTOREGRESSIVE INTEGRATED MOVING AVERAGE* (SARIMA) METHOD IN RAINFALL FORECASTING IN LAMPUNG PROVINCE

By

Andi Hari Yanto

This research compares two forecasting methods, *Holt-Winters Exponential Smoothing* and *Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average* (SARIMA) on rainfall data in Lampung Province from 2011 to 2022. The *Holt-Winters* method is used with an additive approach, while SARIMA is developed with a combination of (p,d,q) orders and seasonal (P,D,Q) based on ACF and PACF analysis. Based on the evaluation using *Mean Absolute Error* (MAE) and *Root Mean Square Error* (RMSE), the SARIMA method with the SARIMA model (2,0,3) $(0,1,1)_{12}$ is proven to be better with MAE and RMSE values are smaller than the *Holt-Winters* method. The rainfall forecasting using the SARIMA method for the next 6 months shows a decrease in rainfall until June 2023.

Keywords: forecasting, rainfall, *Holt-Winters*, SARIMA, model evaluation.

ABSTRAK

PERBANDINGAN METODE PENGHALUSAN EKSPONENSIAL *HOLT WINTERS* DAN METODE *SEASONAL AUTOREGRESSIVE INTEGRATED MOVING AVERAGE* (SARIMA) PADA PERAMALAN CURAH HUJAN DI PROVINSI LAMPUNG

Oleh

Andi Hari Yanto

Penelitian ini membandingkan dua metode peramalan yaitu Penghalusan Eksponensial *Holt-Winters* dan *Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average* (SARIMA) pada data curah hujan di Provinsi Lampung dari tahun 2011 hingga 2022. Metode *Holt-Winters* digunakan dengan pendekatan aditif, sedangkan SARIMA dikembangkan dengan kombinasi orde (p,d,q) dan musiman (P,D,Q) berdasarkan analisis ACF dan PACF. Berdasarkan evaluasi menggunakan *Mean Absolute Error* (MAE) dan *Root Mean Square Error* (RMSE), metode SARIMA dengan model SARIMA (2,0,3) $(0,1,1)_{12}$ terbukti lebih baik dengan nilai MAE dan RMSE yang lebih kecil dibandingkan metode *Holt-Winters*. Peramalan curah hujan dengan metode SARIMA untuk 6 bulan ke depan menunjukkan penurunan curah hujan hingga bulan Juni 2023.

Kata kunci: peramalan, curah hujan, *Holt-Winters*, SARIMA, evaluasi model.

PERBANDINGAN METODE PENGHALUSAN EKSPONENSIAL *HOLT WINTERS* DAN METODE *SEASONAL AUTOREGRESSIVE INTEGRATED MOVING AVERAGE* (SARIMA) PADA PERAMALAN CURAH HUJAN DI PROVINSI LAMPUNG

Oleh

Andi Hari Yanto

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA MATEMATIKA

Pada

Jurusan Matematika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024

Judul Skripsi	: **PERBANDINGAN METODE PENGHALUSAN EKSPONENSIAL *HOLT WINTERS* DAN METODE *SEASONAL AUTOREGRESSIVE INTEGRATED MOVING AVERAGE* (SARIMA) PADA PERAMALAN CURAH HUJAN DI PROVINSI LAMPUNG**
Nama Mahasiswa	: Andi Hari Yanto
Nomor Pokok Mahasiswa	: 2017031088
Jurusan	: Matematika
Fakultas	: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

MENYETUJUI,

1. Komisi Pembimbing

Widiarti, S.Si., M.Si.	**Siti Laelatul Chasanah, S.Pd., M.Si.**
NIP 19800502 200501 2 003	NIP 19930601 201903 2 021

2. Ketua Jurusan Matematika

Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si.
NIP 19740316 200501 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Widiarti, S.Si., M.Si. ....

Sekretaris : Siti Laelatul Chasanah, S.Pd., M.Si. ....

Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. Khoirin Nisa, S.Si., M.Si. ....

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP 19711001 200501 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 11 Desember 2024

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Andi Hari Yanto

Nomor Pokok Mahasiswa : 2017031088

Jurusan : Matematika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Judul Skripsi : Perbandingan Metode Penghalusan Eksponensial *Holt Winters* dan Metode *Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average* (SARIMA) pada Peramalan Curah Hujan di Provinsi Lampung

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

Bandar Lampung, 11 Desember 2024

Penulis,

Andi Hari Yanto

NPM 2017031088

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama Andi Hari Yanto, anak kedua dari tiga bersaudara yang lahir di Totomulyo pada tanggal 12 Desember 1999 dari pasangan Bapak Abdul Basir dan Ibu Imaroh.

Penulis menempuh pendidikan di TK Putera Mandiri pada tahun 2005-2006, lalu penulis melanjutkan pendidikan di SD Negeri 1 Totomulyo pada tahun 2006-2012. Setelah itu, penulis melanjutkan pendidikan di SMP Utama Wacana 3 pada tahun 2012-2015. Penulis melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 1 Gunung Terang pada tahun 2015-2018. Penulis menempuh pendidika non-formal di Pondok Pesantren Nurul' Aini Cilandak Jakarta Selatan pada tahun 2018-2019. Kemudian, penulis mengikuti pendidikan Akuntansi dan Manajemen di Pondok Pesantren Wali Barokah Kota Kediri Jawa Timur pada tahun 2019.

Pada tahun 2020, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Program Studi S1 Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Selama menjadi mahasiswa, penulis turut aktif di organisasi seperti Himpunan Mahasiswa Jurusan Matematika FMIPA Unila dan UKM Catur Unila. Penulis juga aktif mengikuti kegiatan Merdeka Belajar-Kampus Merdeka seperti Kampus Mengajar Angkatan 6 di SDN 5 Talang Kota Bandar Lampung.

Pada tahun 2023, sebagai bentuk aplikasi bidang ilmu di dunia kerja, penulis telah melaksanakan Kerja Praktik (KP) selama 40 hari di Balai Taman Nasional Way Kambas (BTNWK). Selain itu, sebagai bentuk aplikasi bidang ilmu kepada masyarakat, penulis telah melaksanakan kegiatan KKN Kebangsaan selama 30 hari di Desa Serangkat, Kalimantan Barat.

KATA INSPIRASI

"Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah keadaan suatu kaum sehingga mereka mengubah keadaan diri mereka sendiri."

(QS. Ar-Ra'd : 11)

"Dan barang siapa menempuh jalan untuk mencari ilmu, maka Allah akan memudahkan jalan ke surga baginya."

(HR. Muslim)

"Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya."

(QS. Al-Baqarah : 286)

"Sebaik-baiknya manusia adalah yang paling bermanfaat bagi manusia lainnya."

(HR. Ahmad)

"Berdoalah kepada-Ku (Allah) niscaya akan Ku kabulkan."

(QS. Ghafir : 60)

"Tidaklah mungkin bagi matahari mengejar bulan dan malam pun tidak dapat mendahului siang. Masing-masing beredar pada garis edarnya."

(QS. Yasin : 40)

"Janganlah kamu berputus asa dari rahmat Allah."

(QS. Yusuf : 87)

"Kamu harus berjuang menggapai mimpimu. Kamu harus berkorban dan bekerja keras untuk mencapainya."

(Lionel Messi)

PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji dan syukur kepada Allah SWT atas nikmatnya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Dengan kerendahan hati kupersembahkan karya kecilku untuk:

Orang Tua Tercinta

Terimakasih Bapak dan Ibu yang tiada pernah hentinya selama ini memberiku semangat, doa, dorongan, nasehat, dukungan moril maupun materil, kasih sayang dan cinta yang tulus serta pengorbanan dalam hidupmu. Karena atas ridho dan keikhlasan kalian Allah selalu memudahkan setiap langkah yang ku jalani

Kakak dan adikku serta seluruh keluarga yang telah mendukung
dan senantiasa berdo'a untuk keberhasilanku.

Dosen Pembimbing dan Penguji yang sangat berjasa dalam mengarahkan, membimbing, menasihati, dan memberi motivasi kepada penulis.

Almamater Tercinta, Universitas Lampung

SANWACANA

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "Perbandingan Metode Penghalusan Eksponensial *Holt Winters* dan Metode *Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average* (SARIMA) pada Peramalan Curah Hujan di Provinsi Lampung". Shalawat beserta salam senantiasa tercurah kepada baginda Nabi Muhammad SAW, suri tauladan untuk kita semua, semoga dikemudian hari mendapat syafaat dari beliau.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis banyak mendapatkan bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengungkapkan rasa terima kasih kepada:

1. Ibu Widiarti, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing I yang senantiasa memberikan arahan, bantuan, motivasi dan saran kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini.
2. Ibu Siti Laelatul Chasanah, S.Pd., M.Si. selaku dosen Pembimbing II yang telah memberikan memberikan bimbingan dan pengarahan serta saran yang membantu kepada penulis dalam proses penyelesaian skripsi ini.
3. Ibu Dr. Khoirin Nisa, S.Si., M.Si. selaku dosen pembahas yang yang telah memberikan masukan, kritik dan saran serta evaluasi kepada penulis dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Ibu Dr. Notiragayu, S.Si., M.Si. selaku Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama perkuliahan.
5. Bapak Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si. selaku Ketua Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

6. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
7. Seluruh dosen, staf, dan karyawan Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
8. Keluarga yang selalu mendukung penulis dalam menjalani Pendidikan di Jurusan Matematika FMIPA Universitas Lampung.
9. Seluruh pimpinan HIMATIKA FMIPA Unila periode 2022 yang selalu memberikan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi.
10. Keluarga Minat dan Bakat HIMATIKA FMIPA Unila periode 2021 dan 2022 yang telah memberikan semangat, dukungan serta pengalaman berharga selama perkuliahan.
11. Teman baikku yaitu Calvin, Dio, Wais, dan Yazid serta teman-teman Jurusan Matematika Angkatan 2020.
12. Keluarga besar KKN Kebangsaan XI 2023 Kelompok 32 Desa Serangkat Kalimantan Barat.
13. Seluruh pihak yang telah membantu penulis yang tidak bisa di sebutkan satu-persatu, atas peran dan dukungannya dalam menyelesaikan skripsi.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Untuk itu, saran dan masukan serta kritik yang membangun sangat penulis harapkan agar dapat digunakan untuk bahan perbaikan kedepannya. Semoga skripsi ini dapat berguna serta memberikan manfaat bagi semua pihak yang memerlukan.

Bandar Lampung, 11 Desember 2024
Penulis,

Andi Hari Yanto

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

Gambar Halaman

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Pengelolaan sumber daya alam sangat dipengaruhi oleh iklim. Perubahan iklim dapat mengubah respon hidrologi suatu wilayah yang berdampak pada ketersediaan air untuk berbagai kebutuhan (Popi, 2014). Salah satu dampak dari perubahan iklim adalah peningkatan curah hujan serta pergeseran musim yang lebih singkat. Hal ini berpotensi mengubah produktivitas tanaman, sehingga dapat menyebabkan masalah ketahanan pangan, karena tanaman sangat membutuhkan air dalam siklus pertumbuhannya. Pasokan air bagi tanaman dipengaruhi oleh perubahan kondisi curah hujan yang dapat berdampak signifikan pada siklus pertumbuhan tanaman (Garret, dkk., 2006). Sedangkan, curah hujan dipengaruhi oleh kelembapan udara, temperatur udara, kecepatan angin, dan tekanan udara (Luthfiarta, dkk., 2020). Perubahan iklim yang mengubah siklus pertumbuhan tanaman dan curah hujan menekankan pentingnya peramalan dalam pengelolaan sumber daya alam.

Peramalan adalah bagian penting dari perencanaan yang efektif karena memungkinkan untuk memprediksi peristiwa di masa depan dengan menggunakan dan mempertimbangkan data dari masa lampau (Makridakis, dkk., 1999). Menurut Biegel (1999), peramalan (*forecasting*) adalah proses memperkirakan tingkat permintaan produk yang diharapkan untuk suatu produk atau beberapa produk dalam jangka waktu tertentu. Peramalan penting untuk memperkirakan apa yang akan terjadi dimasa mendatang. Metode peramalan yang tepat dapat ditentukan dengan melihat pola data yang terbentuk. Hal ini merupakan upaya untuk mengurangi terjadinya kesalahan dalam peramalan yang diinginkan.

Metode penghalusan eksponensial *Holt-Winters* dan metode *Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average* (SARIMA) merupakan dua pendekatan yang dapat digunakan dalam peramalan curah hujan. Metode penghalusan eksponensial *Holt-Winters* merupakan metode yang mempertimbangkan faktor-faktor seperti level, *trend*, dan musiman secara eksplisit, sehingga cocok digunakan untuk data curah hujan yang cenderung memiliki pola musiman (Aryati, dkk., 2020). Di sisi lain, metode SARIMA merupakan pengembangan dari model ARIMA yang memiliki kemampuan untuk menangkap struktur musiman dan tren dalam data *time series*. Metode ini menggunakan pendekatan statistik yang lebih kompleks dengan memperhitungkan autoregresi, integrasi, serta *moving average* dalam modelnya. Pendekatan ini mampu menyesuaikan diri dengan pola musiman yang kompleks dan tidak stabil dalam data curah hujan.

Terdapat beberapa penelitian yang mengkaji tentang metode penghalusan eksponensial *Holt-Winters* dan metode SARIMA. Omar & Kawamukai (2021) mengkaji tentang perbandingan metode penghalusan eksponensial *Holt-Winters* dan SARIMA untuk peramalan indeks vegetasi perbedaan yang dinormalisasi pada wilayah gersang di Kenya dengan lahan seluas 22500 km^2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *Holt-Winters* memiliki peramalan yang lebih baik daripada SARIMA, dengan *Mean Absolute Error* (MAE) sebesar 0,0744. Ini menunjukkan bahwa metode *Holt-Winters* lebih baik dalam memprediksi perubahan vegetasi di wilayah tersebut.

Putra, dkk., (2019) mengkaji tentang perbandingan metode penghalusan eksponensial *Holt-Winters* dan metode *Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average* untuk peramalan jumlah produksi ikan di Kota Sibolga. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode SARIMA memberikan performa yang lebih baik dibandingkan dengan metode *Holt-Winters*, dengan MAE sebesar 693,11 dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebesar 5,92.

Pada tahun 2021, Sulaiman & Juarna mengkaji tentang metode *time series* dengan model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) dan *Holt-Winters* untuk peramalan tingkat pengangguran di Indonesia. Hasil penelitian yang di peroleh yaitu performa dari metode *Holt-Winters* lebih baik dibandingkan metode ARIMA, dengan *Mean Square Error* (MSE) sebesar 0,2025 dan *Root Mean Square Error (RMSE)* sebesar 0,45.

Hendayanti & Nurhidayati (2020) mengkaji tentang perbandingan metode SARIMA dengan *Support Vector Regression* (SVR) dalam memprediksi jumlah kunjungan wisatawan mancanegara ke Bali. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode SARIMA memberikan performa yang lebih baik dibandingkan metode SVR, dengan MAPE sebesar 5,33.

Berdasarkan uraian tersebut, penulis tertarik untuk membandingkan metode penghalusan eksponensial *Holt Winters* dan metode SARIMA pada peramalan curah hujan di Provinsi Lampung.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:
1. Membandingkan metode peramalan terbaik dari metode penghalusan eksponensial *Holt Winters* dan metode SARIMA yang digunakan untuk meramalkan curah hujan di Provinsi Lampung.
2. Melakukan peramalan curah hujan di Provinsi Lampung untuk 6 bulan berikutnya dengan menggunakan metode terbaik.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah dapat digunakan sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya serta menjadi salah satu acuan bagi pihak terkait dalam pengambilan keputusan di Provinsi Lampung.

II. TINJAUAN PUSTAKA

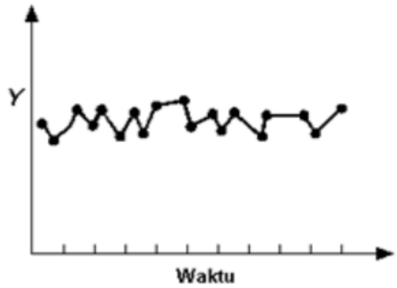
2.1 Data Deret Waktu (*Time Series*)

Data *time series* adalah sekumpulan data yang dicatat selama periode tertentu, umumnya berupa data mingguan, bulanan, kuartalan, atau tahunan (Mason, 1999). Menurut Box, dkk., (2016), *time series* adalah sekelompok nilai-nilai pengamatan yang diperoleh pada titik waktu yang berbeda dengan selang waktu yang sama dan barisan data diasumsikan saling berhubungan satu sama lain. Jenis data ini seringkali ditemui dalam kehidupan sehari-hari karena pengumpulannya dilakukan secara berkala, seperti harian, mingguan, atau bulanan.

Analisis *time series* adalah metode analisis statistika yang digunakan untuk peramalan dengan data *time series* atau data runtun waktu berkala. Pemilihan metode peramalan bergantung pada pola data yang terbentuk dan faktor yang mempengaruhi hasil peramalan (Aksan & Nurfadilah, 2020).

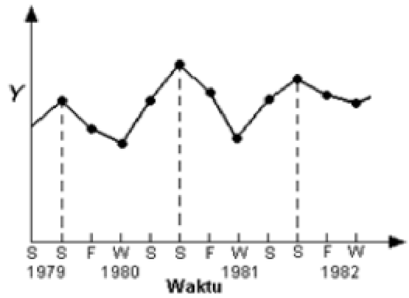
Menurut Russel & Taylor (2008), macam-macam pola data *time series* yaitu:

1. Pola data konstan (horizontal), yaitu apabila data secara konsisten berfluktuasi di sekitar rata-rata. Karakteristiknya adalah adanya garis horizontal pada grafik. Pola seperti ini terdapat dalam jangka pendek atau menengah, namun jarang sekali suatu variabel memiliki pola konstan dalam jangka panjang. Gambar 1 menunjukkan grafik dari pola data konstan.



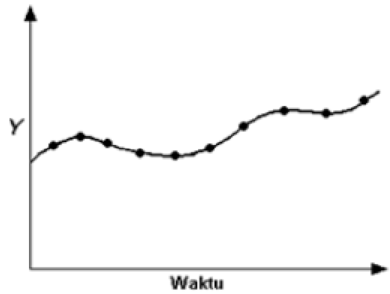
Gambar 1. Pola data konstan.

2. Pola data musiman, yaitu ketika polanya bergerak secara teratur selama periode tertentu, seperti tahunan, semesteran, kuartalan, bulanan, atau mingguan. Pola ini berkaitan dengan faktor iklim/cuaca atau hal-hal yang dibuat oleh manusia, seperti liburan. Gambar 2 menunjukkan grafik dari pola data musiman.



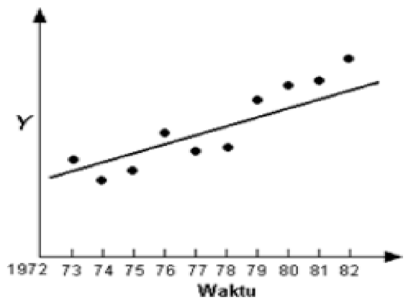
Gambar 2. Pola data musiman.

3. Pola data siklus, yaitu apabila data dipengaruhi oleh fluktuasi ekonomi yang berlangsung dalam waktu yang lama, seperti daur hidup bisnis. Perbedaan utama dari pola data musiman dan siklus adalah pola musiman memiliki panjang gelombang yang tetap dan terjadi pada interval waktu yang sama, sedangkan pola siklus bervariasi dan bertahan lebih lama. Gambar 3 menunjukkan grafik dari pola data siklus.



Gambar 3. Pola data siklus.

4. Pola data *trend*, yaitu apabila data dalam jangka panjang menunjukkan kecenderungan, baik yang meningkat maupun menurun dari waktu ke waktu. Bertambahnya populasi, perubahan pendapat, dan pengaruh budaya adalah beberapa faktor yang menyebabkan pola ini. Gambar 4 menunjukkan grafik dari pola data *trend*.



Gambar 4. Pola data *trend.*

5. Pola data residu atau variasi acak, yaitu merujuk pada data yang tidak menunjukkan pola atau struktur yang jelas. Data residu tidak dapat dijelaskan atau digambarkan dengan pola tertentu.

2.2 Peramalan (*Forecasting*)

Peramalan adalah teknik stastistika yang dapat digunakan untuk meramalkan berbagai kejadian di masa depan yang mencakup berbagai topik, seperti masalah bisnis dan industri, pemerintah, ekonomi, ilmu lingkungan, kedokteran, ilmu sosial dan keuangan (Montgomery, dkk., 2015). Menurut Supangat (2007), peramalan penting untuk mempersiapkan diri untuk kejadian yang mungkin terjadi di masa depan.

Peramalan dapat diartikan sebagai proses memperkirakan nilai di masa yang akan datang dengan data yang ada. Peramalan dimulai dengan analisis data historis untuk memperoleh model. Keakuratan peramalan sangat penting dalam kesuksesan penelitian. Namun, harus diingat bahwa peramalan selalu memiliki unsur kesalahan. Oleh karena itu, kita harus berusaha untuk mengurangi kemungkinan kesalahan (Makridakis, 1999).

2.3 Stasioneritas

Stasioner menunjukkan bahwa tidak ada perubahan yang signifikan dalam data. Hal ini dapat diamati dari fluktuasi data berada disekitar nilai rata-rata yang konstan, tidak bergantung pada waktu, dan varians dari fluktuasi data tersebut (Makridakis, dkk., 1999). Menurut Soejoeti (1987), data *time series* yang stasioner tidak mengalami kenaikan atau penurunan yang signifikan. Secara matematis, data ini dapat dianggap berfluktuasi di sekitar nilai rata-rata atau berada di antara dua standar galat. Model stasioner diasumsikan sebagai proses yang tetap dalam kondisi keseimbangan atau stabilitas statistik, dengan karakteristik probabilitas yang tidak berubah dari waktu ke waktu (Box, dkk., 2016)**.** Hal ini berarti bahwa nilai tengah dan variansnya tetap konstan.

Data *time series* dianggap stasioner dalam rata-rata jika rata-ratanya tetap (tidak terlihat pola *trend*). Data *time series* dianggap stasioner dalam ragam jika fluktuasi data tetap atau konstan (Utomo & Fanani, 2020). Jika data tidak stasioner, maka data harus distasionerkan dengan metode yang tepat. Beberapa metode yang dapat digunakan untuk menstasionerkan data yaitu *differencing* dan transformasi *Yeo-Johnson*.

Differencing adalah proses mencari selisih antara data satu periode (Z_t) dengan periode sebelumnya (Z_{t-1}). Proses *differencing* (ΔZ_t) dapat dilakukan pada orde ke-d hingga mencapai data stasioner (Makridakis, dkk., 1999). Persamaan *differencing* orde pertama dapat ditulis dalam bentuk berikut:

$$\begin{aligned}\Delta Z_t &= Z_t - Z_{t-1} \\ &= Z_t - BZ_t \\ &= (1-B)Z_t \end{aligned} \tag{2.1}$$

dengan Z_t adalah data asli setelah dilakukan *differencing* orde pertama ($d = 1$) pada persamaan (2.1) dinyatakan $(1 - B)$ dan notasi B adalah operator *shif* mundur (*backward shif*). Jika data belum stasioner setelah *differencing* orde pertama, maka *differencing* orde kedua ($d = 2$) dilakukan. Persamaan *differencing* orde kedua dapat ditulis dalam bentuk persamaan (2.2).

$$\begin{aligned}\Delta^2 Z_t &= \Delta(\Delta Z_t)\\ &= \Delta(Z_t - Z_{t-1})\\ &= (Z_t - Z_{t-1}) - (Z_{t-1} - Z_{t-2})\\ &= Z_t - 2Z_{t-1} + Z_{t-2}\\ &= Z_t - 2BZ_t + B^2 Z_t\\ &= (1-B)^2 Z_t \end{aligned} \tag{2.2}$$

Differencing orde kedua ($d = 2$) pada Persamaan (2.2) dinyatakan $(1-B)^2$. Apabila terdapat *differencing* orde ke-d untuk mencapai stasioner, maka persamaan *differencing* orde-d dapat dinyatakan dalam bentuk berikut:

$$\Delta^d Z_t = (1-B)^d Z_t, \quad d \geq 1 \tag{2.3}$$

Untuk menstasionerkan data nonstasioner dalam ragam, banyak transformasi yang dapat digunakan, salah satunya yaitu transformasi *Yeo-Johnson*. Transformasi *Yeo-Johnson* didefinisikan dalam bentuk persamaan (2.4).

$$T(Z_t) = \begin{cases} \dfrac{(1+Z_t)^{\lambda} - 1}{\lambda} & ; \lambda \neq 0 \text{ dan } Z_t \geq 0 \\ \log(Z_t + 1) & ; \lambda = 0 \text{ dan } Z_t \geq 0 \\ -\dfrac{[(-Z_t + 1)^{2-\lambda} - 1]}{(2-\lambda)} & ; \lambda \neq 2 \text{ dan } Z_t < 0 \\ -\log(-Z_t + 1) & ; \lambda = 2 \text{ dan } Z_t < 0 \end{cases} \tag{2.4}$$

dengan

λ = parameter transformasi *Yeo-Johnson*

Z_t = nilai *time series* pada waktu ke-t

Transformasi *Yeo-Johnson* mampu menangani data dengan nilai positif dan negatif, jika nilai $\lambda = 1$ maka tidak ada transformasi.

2.4 Uji Akar Unit

Uji akar unit adalah suatu uji yang digunakan untuk mengukur kestasioneran suatu data. Salah satu metode uji stasioneritas akar unit yang paling umum digunakan dalam ekonometrika dan statistika adalah uji *Augmented Dickey-Fuller* (Deviana, dkk., 2021). Uji *Augmented Dickey Fuller* (ADF) adalah salah satu pengujian yang sangat populer dan diperkenalkan oleh David Dickey & Wayne Fuller.

Untuk pengujian *Augmented Dickey Fuller* dilakukan dengan menghitung nilai τ statistik dengan rumus:

$$\tau_{statistik} = \frac{\hat{\rho}}{SE_{\rho}} \tag{2.5}$$

dengan

$\hat{\rho}$ $=$ nilai duga parameter *autoregressive*

SE_{ρ} $=$ standar *error* ρ

Hipotesis yang digunakan yaitu:

$H_0 : \delta = 0$ (mengandung akar unit atau tidak stasioner)

$H_1 : \delta \neq 0$ (tidak mengandung akar unit atau stasioner)

Apabila $|\tau_{statistik}| < |\tau_{tabel}|$, maka H_0diterima yang artinya deret tidak stasioner (Gujarati & Porter, 2009).

2.5 Fungsi Autokorelasi

Fungsi autokorelasi atau *Autocorrelation Function* (ACF) adalah hubungan antara nilai-nilai data *time series* yang sama pada periode waktu yang berbeda yang digunakan untuk menghitung koefisien korelasi *time series*. Autokorelasi sama halnya dengan koefisien korelasi, tetapi koefisien ini menunjukkan seberapa eratnya hubungan antara nilai dari variabel yang sama, tetapi pada waktu yang berbeda. Dengan mengetahui koefisien autokorelasi, kita dapat mengidentifikasi ciri-ciri, pola, dan jenis data. Ini memungkinkan kita untuk menyesuaikan model yang sesuai dengan data tersebut. (Makridakis, dkk., 1999). Rumusan fungsi nilai autokorelasi untuk lag $1, 2, 3, \ldots, k$ adalah:

$$\hat{\rho}_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k}(Y_t - \bar{Y})\,(Y_{t+k} - \bar{Y})}{\sum_{t=1}^{n}(Y_t - \bar{Y})^2} \tag{2.6}$$

dengan

$\hat{\rho}_k$ = autokorelasi pada lag ke-k

Y_t = data pengamatan ke-t

Y_{t+k} = data pengamatan ke-$(t-1)$

$\bar{Y}$ = rata-rata data

n = jumlah total observasi

t = lag (interval waktu antara observasi yang dibandingkan).

Untuk mempermudah dalam melihat apakah suatu ACF signifikan atau tidak, dapat dibuat plot dari ACF dan disandingkan dengan galat bakunya (*standard error*). Plot dari ACF disebut dengan *correlogram*. Dalam membuat suatu *correlogram*, terlebih dahulu dihitung nilai galat baku dari ACF tersebut. Galat baku digunakan untuk melihat apakah ACF berbeda secara nyata dengan nol. Berikut adalah rumus untuk menghitung galat baku.

$$SE_{\hat{\rho}_k} = \sqrt{\frac{1 + 2\sum_{i=1}^{k-1} \hat{\rho}_i{}^2}{n}} \approx \frac{1}{\sqrt{n}} \tag{2.7}$$

dengan $SE_{\hat{\rho}_k}$ adalah nilai galat baku dari $\hat{\rho}_k$ dan $\hat{\rho}_i$ adalah nilai autokorelasi sampel pada lag i dan k adalah selisih waktu.

Uji autokorelasi menggunakan stastistik t yang dirumuskan dalam bentuk berikut:

$$\tau_{hitung} = \frac{\hat{\rho}_k}{SE_{\hat{\rho}_k}} \tag{2.8}$$

Hipotesis yang digunakan yaitu:

$H_0 : \hat{\rho}_k = 0$ (koefisien autokorelasi tidak berbeda secara signifikan)

$H_1 : \hat{\rho}_k \neq 0$ (koefisien autokorelasi berbeda secara signifikan)

Kriteria uji:

Tidak terima H_0 jika nilai $\left|\tau_{hitung}\right| > \tau_{\alpha/2,df}$ dengan derajat bebas $df = n - k$. Selain menggunakan stastistik t, plot ACF dapat digunakan untuk menentukan apakah ada atau tidaknya autokorelasi antar pengamatan, jika tidak ada lag yang melampaui batas signifikansi maka tidak ada korelasi antar lag.

2.6 Fungsi Autokorelasi Parsial

Fungsi autokorelasi parsial atau *Partial Autocorrelation Function* (PACF) menyatakan hubungan antara suatu hasil observasi dengan hasil observasi itu sendiri. Fungsi autokorelasi parsial merupakan alat statistik lain untuk mengidentifikasi model yang sesuai dengan data pengamatan. Fungsi autokorelasi parsial digunakan untuk menentukan korelasi antara Y_t dan Y_{t+k} setelah menghilangkan ketergantungan linearnya dengan $Y_{t+1}, Y_{t+2},..., Y_{t+k-1}$ (Makridakis, dkk., 1999). Perbedaan antara PACF dan ACF adalah model *partialnya*. Pada PACF, pengawalan perhitungan nilai dimulai dengan $\widehat{\Phi}_{kk} = \hat{\rho}_1$, dengan $\hat{\rho}_1$ adalah nilai lag *autocorrelative* pertama (Utomo & Fanani, 2020). Persamaan berikut digunakan untuk menghitung nilai fungsi *partial autocorrelative* lag ke- k:

$$\widehat{\Phi}_{kk} = \frac{\rho_k \sum_{j=1}^{k-1} \hat{\phi}_{k-1,j}\, \rho_{k-j}}{1 - \sum_{j=1}^{k-1} \hat{\phi}_{k-1,j}\, \rho_j} \tag{2.9}$$

dengan

$\widehat{\Phi}_{kk}$ = nilai autokorelasi parsial pada lag ke-k

ρ_k = nilai autokorelasi pada lag ke-k

$\hat{\phi}_{k-1,j}$ = nilai autokorelasi parsial pada lag ke-j dari model AR dengan lag ke-$(k-1)$

2.7 Metode Penghalusan Eksponensial *Holt Winters*

Penghalusan eksponensial adalah teknik peramalan yang menggunakan model rata-rata bergerak dengan memberikan bobot eksponensial pada data historis (Montgomery, dkk., 2015). Dengan pendekatan ini, data terbaru diberi bobot yang lebih besar dibandingkan dengan data historis, sehingga mempengaruhi rata-rata bergerak dengan lebih signifikan. Metode penghalusan eksponensial telah menjadi alat yang sangat efektif dalam peramalan selama beberapa tahun terakhir dan telah digunakan dalam berbagai situasi peramalan dengan sukses.

Menurut Kalekar (2004), metode *Holt-Winters* adalah kombinasi dari metode *Holt* dan *Winter*. Metode *Holt-Winters* menggabungkan nilai *trend* dengan nilai musiman, sehingga metode *Holt-Winters* memiliki kemampuan untuk menangani variabel musiman dan *trend* yang muncul secara bersamaan pada kumpulan data *time series*. Metode penghalusan eksponensial *Holt-Winters* bergantung pada tiga elemen untuk setiap periode yaitu elemen stasioner, *trend*, dan musiman. Metode ini juga memberikan tiga pembobotan dalam prediksinya, yaitu α, β, dan γ. Besarnya koefisien α, β, dan γ berada di antara 0 dan 1, yang ditentukan secara subjektif atau dengan meminimalkan kesalahan estimasi (Mulyana, 2004).

Dua kategori model dalam metode penghalusan eksponensial *Holt-Winters* dapat digunakan selama proses peramalan, yaitu *Holt Winters* model aditif dan *Holt Winters* model multiplikatif. Menurut Montgomery, dkk., (2015), *Holt Winters* model aditif dapat digunakan untuk memprediksi deret berkala yang memiliki amplitudo atau ketinggian pola musiman yang tidak bergantung pada rata-rata level atau ukuran data, sehingga tetap konstan. Berikut ini adalah persamaan yang digunakan untuk model aditif:

1. Persamaan penghalusan level

$$S_t = \alpha(X_t - I_{t-l}) + (1-\alpha)(S_{t-1} + b_{t-1}) \tag{2.10}$$

2. Persamaan penghalusan *trend*

$$b_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1-\beta)b_{t-1} \tag{2.11}$$

3. Persamaan penghalusan musiman

$$I_t = \gamma(X_t - S_t) + (1-\gamma)I_{t-l} \tag{2.12}$$

4. Persamaan peramalan penghalusan eksponensial *Holt Winters* model aditif

$$F_{t+m} = S_t + mb_t + I_{t-l+m} \tag{2.13}$$

dengan

S_t = penghalusan level pada tahun ke-t

S_{t-1} = penghalusan level pada tahun ke-$t-1$

b_t = penghalusan unsur *trend* pada tahun ke-t

b_{t-1} = penghalusan unsur *trend* pada tahun ke-$t-1$

X_t = data ke-t

F_t = nilai yang ingin diramalkan

α = parameter penghalusan untuk data

β = parameter penghalusan untuk *trend*

γ = parameter penghalusan untuk musiman

I_t = penghalusan faktor musiman

m = periode waktu yang akan diramalkan

l = panjang musiman

Model multiplikatif cocok untuk memprediksi deret berkala di mana amplitudo atau ketinggian pola musiman proporsional dengan level atau tingkatan deret data rata-rata (Montgomery, dkk., 2015). Dengan kata lain, pola musiman meningkat seiring dengan ukuran deret data. Berikut ini persamaan yang digunakan:

1. Persamaan penghalusan level

$$S_t = \alpha \frac{X_t}{I_{t-l}} + (1-\alpha)(S_{t-1} + b_{t-1}) \tag{2.14}$$

2. Persamaan penghalusan *trend*

$$b_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1-\beta)b_{t-1} \tag{2.15}$$

3. Persamaan penghalusan musiman

$$I_t = \gamma \frac{X_t}{S_t} + (1-\gamma)I_{t-l} \tag{2.16}$$

4. Persamaan peramalan penghalusan eksponensial *Holt Winters* model multiplikatif

$$F_{t+m} = (S_t + mb_t)I_{t-l+m} \tag{2.17}$$

dengan

S_t = penghalusan level pada tahun ke-t

S_{t-1} = penghalusan level pada tahun ke-$t-1$

b_t = penghalusan unsur *trend* pada tahun ke-t

b_{t-1} = penghalusan unsur *trend* pada tahun ke-$t-1$

X_t = data ke-t

F_t = nilai yang ingin diramalkan

α = parameter penghalusan untuk data

β = parameter penghalusan untuk *trend*

γ = parameter penghalusan untuk musiman

I_t = penghalusan faktor musiman

m = periode waktu yang akan diramalkan

l = panjang musiman

Metode penghalusan eksponensial *Holt-Winters* ini membutuhkan paling sedikit satu kelompok data musiman lengkap untuk menentukan nilai awal dari peramalan, yaitu l periode untuk menghasilkan estimasi awal dari indeks musiman I_t. Dengan demikian, nilai *trend* dan penghalusan diinisialisasi pada periode l. Selain itu, diperlukan untuk menaksir faktor kecenderungan dari satu periode ke periode berikutnya.

Nilai awal penghalusan level pada model aditif dihitung dengan menghitung rata-rata dari data tahun pertama. Jika ditulis dengan notasi dalam bentuk persamaan berikut:

$$S_0 = \frac{1}{l}(x_1 + x_2 + x_3 + \cdots + x_l) \tag{2.18}$$

Untuk nilai awal penghalusan *trend* pada model aditif persamaannya dalam bentuk berikut:

$$b_0 = \frac{1}{l}\left(\frac{x_{l+1} - x_1}{l} + \frac{x_{l+2} - x_2}{l} + \cdots + \frac{x_{l+l} - x_l}{l}\right) \tag{2.19}$$

Untuk nilai awal penghalusan musiman pada model aditif persamaannya dalam bentuk berikut:

$$I_l = x_l - S_0 \tag{2.20}$$

Nilai awal untuk model multiplikatif sama dengan nilai awal model aditif kecuali untuk nilai awal penghalusan musiman. Nilai awal penghalusan musiman model multiplikatif persamaannya dalam bentuk berikut:

$$I_l = \frac{x_l}{S_0} \tag{2.21}$$

dengan

S_0 = nilai awal untuk penghalusan level

b_0 = nilai awal untuk penghalusan *trend*

I_l = nilai awal untuk penghalusan musiman ke-l

x_l = data pada periode ke-l

l = panjang periode musiman

2.8 Metode *Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average* (SARIMA)

Metode SARIMA merupakan pendekatan ARIMA yang digunakan untuk menyelesaikan rangkaian *time series* musiman. Keunggulan metode SARIMA dibandingkan dengan ARIMA biasa adalah bahwa model SARIMA dapat menangkap pola musiman yang berulang. Oleh karena itu, SARIMA sangat cocok untuk memodelkan dan meramalkan data *time series* dengan pola musiman (Yahya, 2022). Metode SARIMA yang dikembangkan oleh Box-Jenkins, telah banyak digunakan sebagai acuan dalam berbagai penelitian tentang peramalan *time series* pola musiman.

Model SARIMA terdiri dari dua bagian, yaitu bagian tidak musiman dan bagian musiman. Model ARIMA dapat diperluas ke model SARIMA yang dapat ditulis dengan ARIMA(p,d,q) (P,D,Q)$_S$ (Petropoulos, dkk., 2022). Model SARIMA dinyatakan dalam bentuk berikut:

$$\phi_p(B)\Phi_P(B^S)(1-B)^d(1-B^S)^D Y_t = \theta_q(B)\Theta_Q(B^S)e_t \tag{2.22}$$

dengan

Y_t = pengamatan pada waktu ke-t

$\phi_p(B)$ = $1-\phi_1 B-\phi_2 B^2-\cdots-\phi_p B^p$ (operator AR)

$\Phi_P(B^S)$ = $1-\Phi_1 B^s-\Phi_2 B^{2s}-\cdots-\Phi_P B^{Ps}$ (operator AR musiman)

$\theta_q(B)$ = $1-\theta_1 B-\theta_2 B^2-\cdots-\theta_q B^q$ (operator MA)

$\Theta_Q(B^S)$ = $1-\Theta_1 B^s-\Theta_2 B^{2s}-\cdots-\Theta_Q B^{Qs}$ (operator MA musiman)

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

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

e_t = nilai *error* pada waktu ke-t

2.9 Asumsi *White Noise*

Model yang akan digunakan dalam peramalan harus memenuhi beberapa asumsi, seperti data yang bersifat stasioner dan keberadaan *white noise*.

2.9.1 Uji Autokorelasi Residual

Fungsi autokorelasi barisan residu dapat digunakan untuk mengetahui keacakan sekumpulan barisan residu. Jika tidak ada autokorelasi yang signifikan untuk setiap lag yang ditentukan, barisan residu dianggap acak. Uji *white noise* model berhasil apabila residual acak, yang menunjukkan bahwa tidak ada autokorelasi dan residual tidak membentuk pola tertentu.

Uji statistik menggunakan uji *Ljung-Box* dapat digunakan dalam mendeteksi adanya autokorelasi dari suatu model (Montgomery, dkk., 2015).

Hipotesis yang digunakan yaitu:
$H_0 : \hat{\rho}_k = 0$ (residu tidak berautokorelasi)
$H_1 : \hat{\rho}_k \neq 0$ (residu berautokorelasi)

Taraf signifikan (α) yang digunakan sebesar 5%.

Uji statistik *Ljung-Box* dirumuskan dalam bentuk berikut:

$$Q = n(n+2)\sum_{k=1}^{K} \frac{{\hat{\rho}_k}^2}{n-k} \qquad (2.23)$$

dengan
n = banyaknya data pengamatan
k = parameter penghalusan untuk musiman
K = nilai maksimum lag yang diuji
$\hat{\rho}_k$ = nilai autokorelasi pada lag ke-k

Kriteria uji:
Tidak tolak H_0 yaitu residual tidak berautokorelasi, jika $p - value > 0{,}05$ atau nilai $LB < X^2_{(\alpha,df)}$ dengan derajat bebas $(df) = k - p$ dan p adalah banyaknya parameter.

2.9.2 Uji Normalitas Residual

Uji residual berdistribusi normal, juga dikenal sebagai uji normalitas, digunakan untuk mengetahui apakah data yang diperoleh menunjukkan bahwa residual berdistribusi normal. Pengujian ini dapat dilakukan dengan menggunakan statistik uji *Kolmogorov-Smirnov* (Montgomery, dkk., 2015).

Hipotesis yang digunakan yaitu:
H_0 : (residual berdistribusi secara normal)
H_1 : (residual tidak berdistribusi secara normal)

Taraf signifikan (α) yang digunakan sebesar 5%.

Uji *Kolmogorov-Smirnov* dirumuskan dalam bentuk berikut:

$$D = max|F_0(X) - S_n(X)| \tag{2.24}$$

dengan
$F_0(X)$ = fungsi distribusi kumulatif pembanding
$S_n(X)$ = fungsi distribusi kumulatif observasi

Kriteria uji:
Tidak tolak H_0 yaitu residu bersifat normal, jika $p - value > 0{,}05$ atau nilai $D_{hitung} < D_{(\alpha,n)}$

2.10 Evaluasi Model

Evaluasi model digunakan untuk memverifikasi keakuratan prediksinya dengan membandingkan nilai prediksi dengan nilai pengamatan atau nilai sebenarnya. Prediksi terbaik ditentukan berdasarkan seberapa akurat prediksinya, dan semakin kecil tingkat kesalahan yang dihasilkan menunjukkan bahwa metode prediksinya lebih akurat (Chen, dkk., 2018). Beberapa evaluasi model yang dapat digunakan adalah *Mean Absolute Error* (MAE) dan *Root Mean Square Error* (RMSE).

2.10.1 *Mean Absolute Error* (MAE)

Mean Absolute Error adalah ukuran kesalahan rata-rata dari model terhadap data yang sebenarnya, tanda mutlak berguna untuk mencegah nilai kesalahan negatif. Nilai MAE diperoleh dengan membagi jumlah kesalahan peramalan absolut dengan jumlah periode data. Nilai MAE yang lebih rendah menunjukkan hasil peramalan yang lebih baik. MAE dirumuskan dalam bentuk berikut:

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^{n} |A_i - F_i|}{n} \tag{2.25}$$

dengan

A_i = nilai data aktual atau pengamatan

F_i = nilai hasil prediksi

n = banyaknya data

i = indeks waktu, i = 1, 2, …

2.10.2 *Root Mean Square Error* (RMSE)

Root Mean Square Error merupakan besarnya tingkat kesalahan hasil prediksi, dimana semakin kecil (mendekati 0) nilai RMSE maka hasil prediksi akan semakin akurat. RMSE dirumuskan dalam bentuk berikut:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (A_i - F_i)^2}{n}} \tag{2.26}$$

dengan

A_i = nilai data aktual atau pengamatan

F_i = nilai hasil prediksi

n = banyaknya data

i = indeks waktu, i = 1, 2, …

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada semester ganjil tahun ajaran 2024/2025 yang bertempat di jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

3.2 Data Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data curah hujan di Provinsi Lampung bulan Januari 2011 hingga Desember 2022. Data tersebut merupakan data sekunder hasil publikasi yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS). Data penelitian diakses secara berkala melalui website BPS pada link berikut https://lampung.bps.go.id/publication.html dengan menggunakan kata kunci Lampung dalam angka.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini akan mengkaji perbandingan metode penghalusan eksponensial *Holt-Winters* dan metode SARIMA untuk peramalan curah hujan. Metode penghalusan eksponensial *Holt-Winters* akan digunakan dengan memperhitungkan model aditif dan multiplikatif sesuai dengan pola musiman yang terdapat pada data, sedangkan metode SARIMA akan diterapkan dengan mengidentifikasi komponen ARIMA (p,d,q) dan komponen musiman $(P,D,Q)_S$ melalui analisis ACF dan PACF untuk menentukan parameter terbaik. Selain itu, dilakukan diagnostik residual untuk memastikan bahwa residual model bersifat *white noise*. Hasil peramalan dari kedua metode akan dievaluasi menggunakan metrik seperti MAE dan RMSE. Berikut ini langkah-langkah penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Menerapkan metode penghalusan eksponensial *Holt Winters*
   a. Membuat plot data *time series*.
   b. Menentukan model yang akan digunakan pada metode penghalusan eksponensial *Holt-Winters.*
   c. Menghitung nilai awal sesuai model yang digunakan.
   d. Menduga parameter α, β, dan γ dengan kisaran nilai pada interval (0,1) menggunakan *trial and error*.
   e. Memilih model terbaik dan menghitung nilai penghalusan eksponensial *Holt-Winters*.
2. Menerapkan metode *Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average* (SARIMA)
   a. Melakukan uji kestasioneran data.
   b. Mengidentifikasi model.
   c. Mendiagnosis model dan memilih model terbaik.
3. Membandingan metode penghalusan ekspoensial *Holt-Winters* dan metode SARIMA. Hasil pemilihan model yang diperoleh dari metode penghalusan eksponensial *Holt Winters* kemudian dibandingkan dengan hasil yang diperoleh dari metode SARIMA. Pembandingan dilakukan dengan mempertimbangkan nilai evaluasi model yang ditentukan yaitu MAE dan RMSE.
4. Melakukan peramalan curah hujan di Provinsi Lampung untuk 6 bulan berikutnya dengan metode terbaik.

V KESIMPULAN

Dari analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Metode SARIMA memiliki performa yang lebih baik dibandingkan metode penghalusan eksponensial *Holt Winters* dalam peramalan curah hujan di Provinsi Lampung dengan nilai evaluasi model MAE = 4,756 dan RMSE = 6,211.
2. Metode SARIMA yang digunakan yaitu model SARIMA (2,0,3) $(0,1,1)_{12}$ Model ini dinotasikan dalam bentuk berikut:

   $$Y_t = e_t + 1{,}1274e_{t-1} + 0{,}8979e_{t-2} + 0{,}3301e_{t-3} + e_{t-12} + 1{,}1274e_{t-13} + 0{,}8979e_{t-14} + 0{,}3301e_{t-15} - 0{,}8981Y_{t-1} - 0{,}6284Y_{t-2} + Y_{t-12} + 0{,}8981Y_{t-13} + 0{,}6284Y_{t-14}.$$
3. Hasil peramalan metode SARIMA dengan model SARIMA (2,0,3) $(0,1,1)_{12}$ untuk bulan Januari-Juni 2023 yaitu 314,082, 233,924, 256,130, 214,745, 106,942 dan 79,300.

DAFTAR PUSTAKA

Aksan, I., & Nurfadilah, K. 2020. Aplikasi Metode Arima Box-Jenkins untuk Meramalkan Penggunaan Harian Data Seluler. *Journal of Mathematics: Theory and Applications*, ***2***(1), 5–10.

Aryati, A., Purnamasari, I., & Nasution, Y. N. 2020. Peramalan dengan Menggunakan Metode Holt-Winters Exponential Smoothing (Studi Kasus: Jumlah Wisatawan Mancanegara yang Berkunjung ke Indonesia). *Jurnal EKSPONENSIAL*, ***11***(1), 99–105.

Biegel, J.E. 1999. *Pengendalian Produksi Suatu Pendekatan Kuantitatif.* Binarupa Aksara, Jakarta.

Box, G. E. P., Jenskins, G.M., Reinsel, G.C., & Ljung, G.M. 2016. *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. J Wiley, Canada.

Chen, P., Niu, A., Liu, D., Jiang, W. & Ma, B. 2018. Time Series Forecasting of temperatures using SARIMA: An Example from Nanjing. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. **394**(5): 1-7.

Deviana, S., Nusyirwan, Azis, D., & Ferdias, P. 2021. Analisis Model Autoregressive Integrated Moving Average Data Deret Waktu dengan Metode Momen Sebagai Estimasi Parameter. *Jurnal Siger Matematika*. **2**(2): 57-67.

Fahrudin, R., & Sumitra, I. D. 2019. Sistem Peramalan Kebutuhan Hidup Layak Minimum (Kapita/Bulan) Kota Bandung. *Jurnal Sistem Informasi Bisnis*. **9**(2): 192-203.

Garrett, K. A., Dendy, S. P., & Travers, S. R. 2006. Climate Change Effects on Plant Disease: Genomes to Ecosystems. *Annual Review of Phytopathology*. 44: 489- 509.

Gujarati, D. N., & Porter, D. C. 2009. *Basic Econometrics.* 5 th Edition. McGraw-Hill., New York.

Hendayanti, N. P. N., & Nurhidayati, M. 2020. Perbandingan Metode Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (SARIMA) dengan Support Vector Regression (SVR) dalam Memprediksi Jumlah Kunjungan Wisatawan Mancanegara ke Bali. *Jurnal Varian*, **3**(2), 149–162.

Kalekar, P.S. 2004. *Time Series Forecasting using Holt-Winters Exponential Smoothing*. Kanwal Rekhi School of Information Technology, India.

Listiowarni, I., Puspa Dewi, N., & Kartika Widhy Hapantenda, A. 2020. Perbandingan Metode Double Exponential Smoothng dan Double Moving Average untuk Peramalan Harga Beras Eceran di Kabupaten Pamekasan. *Jurnal Komputer Terapan*. **6**(2): 158–169.

Luthfiarta, A., Febriyanto, A., Lestiawan, H., & Wicaksono, W. 2020. Analisa Prakiraan Cuaca dengan Parameter Suhu, Kelembaban, Tekanan Udara, dan Kecepatan Angin Menggunakan Regresi Linear Berganda. *Journal of Information System*. **5**(1): 10–17.

Makridakis, S., Wheelwright, S.C, & McGee, V.E. 1999. *Metode dan Aplikasi Peramalan*. Jilid satu edisi kedua, Terjemahan Ir. Hari Suminto. Jakarta. Bina Rupa Aksara.

Mason, D. 1999. *Teknik Statistika untuk Bisnis & Ekonomi*. Terjemahan Widyono Soetjipto, dkk. Erlangga, Jakarta.

Montgomery, D. C., Jennings, C. L. & Kulahci, M. 2015. *Introduction to Time Series Analysis and Forecasting*. Second Edition. John Wiley and Sons, New Jersey.

Mulyana. 2004. *Buku Ajar Analisis Data Deret Waktu*. Universitas Padjadjaran FMIPA Jurusan. Statistika, Bandung.

Omar, M. S., & Kawamukai, H. 2021. Comparison Between the Holt-Winters and SARIMA Models in the Prediction of NDVI in an Arid Region in Kenya Using Pixel-wise NDVI Time Series. *Academic Journal of Research and Scientific Publishing*, ***2***(23), 1–15.

Petropoulos, F., Apiletti, D., Assimakopoulos, V., Babai, M. Z. & Barrow, D. K. 2022. Forecasting: theory and practice. *International Journal of Forcasting*. **38**(3): 705-871

Popi, R. 2014. Dampak Perubahan Iklim terhadap Sumberdaya Air: Identifikasi, Simulasi, dan Rencana Aksi. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, ***8***(1), 1–15.

Putra, E. F., Asdi, Y., & Maiyastri, M. 2019. Peramalan dengan metode pemulusan eksponensial Holt-Winter dan SARIMA (Studi Kasus: Jumlah Produksi Ikan (Ton) di Kota Sibolga Tahun 2000-2017). *Jurnal Matematika UNAND*, ***8***(1), 75.

Russel, R. S., & Taylor, I. B. W. 2008. *Operations Management Along the Supply Chain*. Edisi ke-7. John Wiley & Sons, New Jersey.

Soejoeti, Z. 1987. *Analisis Runtun Waktu*. Karunia Jakarta, Jakarta.

Sulaiman, A., & Juarna, A. 2021. Peramalan Tingkat Pengangguran di Indonesia Menggunakan Metode Time Series Dengan Model Arima dan Holt-Winters. *Jurnal Ilmiah Informatika Komputer*, ***26***(1), 13–28.

Supangat, A.M. 2007. *Statistika Dalam Kajian Deskriptif*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.

Utomo, P., & Fanani, A. 2020. Peramalan Jumlah Penumpang Kereta Api di Indonesia Menggunakan Metode Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (SARIMA). *Jurnal Mahasiswa Matematika ALGEBRA*. **1**(1): 169–178.

Yahya, A. 2022. Peramalan Indeks Harga Konsumen Indonesia Menggunakan Metode Seasonal-Arima (Sarima). *Jurnal Gaussian*. **11**(2): 313–322.