

Perbandingan Metode Peramalan ARIMA dan *Single Exponential Smoothing* pada Kasus Kejadian Demam Berdarah Dengue di Kota Semarang

Amiq Fahmi^{*1}, Giacinta Maurensa², Heru Pramono Hadi³, Aris Nur Hindarto⁴, Sasono Wibowo⁵, Edi Sugiarto⁶

Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Dian Nuswantoro
e-mail: ¹amiq.fahmi@dsn.dinus.ac.id, ²112201906308@mhs.dinus.ac.id,
³heru.pramono.hadi@dsn.dinus.ac.id, ⁴arisnurhindarto@dsn.dinus.ac.id,
⁵sasono.wibowo@dsn.dinus.ac.id, ⁶edi.sugiarto@dsn.dinus.ac.id

*Penulis Korespondensi

Diterima: 8 Oktober 2023; Direvisi: 13 November 2023; Disetujui: 15 November 2023

Abstrak

Demam Berdarah Dengue (DBD) merupakan salah satu masalah kesehatan yang masih menjadi perhatian utama di Indonesia, khususnya di Kota Semarang. Setiap tahun, terdapat tren peningkatan penderita DBD. Kesehatan dan kesejahteraan masyarakat akan terganggu jika para pemangku kepentingan tidak melakukan tindakan dan kebijakan pencegahan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meramalkan kejadian kasus infeksi DBD di masa yang akan datang. Oleh karena itu, peramalan kasus merupakan salah satu upaya pencegahan dan pengendalian penyakit DBD. Penelitian ini menggunakan teknik peramalan ARIMA dan *single exponential smoothing*. Data runtun waktu yang digunakan adalah dari bulan Januari hingga Desember 2022, berdasarkan kasus kejadian di tingkat kecamatan Kota Semarang. Hasil eksperimen dari kedua metode tersebut kemudian dibandingkan untuk mendapatkan hasil terbaik dalam memprediksi jumlah kasus DBD di Kota Semarang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode ARIMA memberikan hasil terbaik, dengan nilai MSE dan MAE yang lebih kecil.

Kata kunci: Demam Berdarah Dengue, Peramalan, ARIMA, *Single Exponential Smoothing*,

Abstract

Dengue hemorrhagic fever (DHF) is a marked health concern in Indonesia, especially in Semarang City. Every year, there is an increasing trend of dengue fever patients. The health and welfare of the community will suffer if stakeholders do not implement preventive measures and policies. The purpose of this study is to forecast the incidence of dengue infection cases in the future. Hence, case forecasting is one of the efforts to prevent and control dengue disease. This study uses ARIMA and *single-exponential smoothing* forecasting techniques. The time series data used is from January to December 2022, based on the incidence cases at the sub-district level of Semarang City. The optimal result to predict the number of dengue infection cases in Semarang City was then encountered by comparing how the two methods worked in experiments. The results showed that the ARIMA method gave the best results, with smaller MSE and MAE values.

Keywords: Dengue hemorrhagic fever, Forecasting, ARIMA, *Single Exponential Smoothing*

1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara dengan banyak kasus Demam Berdarah Dengue (DBD) karena beriklim tropis dan subtropis. DBD masih menjadi perhatian khusus sebagai penyakit tular vektor yang berbahaya. Nyamuk *aedes aegypti* yang terinfeksi merupakan vektor utama penularan virus dengue melalui gigitan ke manusia. Penyakit DBD dapat menyebabkan kematian yang sering menyerang anak-anak dan orang dewasa [1]. Kota Semarang, salah satu kota besar di Indonesia, masih memiliki endemis DBD. Meskipun pemerintah telah mengambil tindakan pencegahan jentik nyamuk dan edukasi untuk mengurangi kasus DBD, tetapi angka kasus masih menunjukkan peningkatan yang mengkhawatirkan. Hal ini menunjukkan perlunya pendekatan yang lebih efektif dalam mengantisipasi peningkatan jumlah kasus DBD di Kota Semarang [2].

Salah satu cara untuk menghentikan penyebaran DBD adalah dengan memantau jumlah kasus di suatu wilayah. Peramalan kasus adalah bagian dari pengawasan yang digunakan untuk memprediksi jumlah kasus DBD yang akan muncul di masa depan. Peramalan kasus kejadian memiliki peran penting dalam pengambilan keputusan pemerintah daerah dalam bidang kesehatan. Peramalan jumlah kasus DBD yang akurat memungkinkan pemerintah untuk mengalokasikan sumber daya yang tepat, seperti fasilitas, anggaran, dan tenaga medis, jika terjadi lonjakan kasus dan kejadian luar biasa [3],[4].

Berbagai teknik statistik, seperti *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) [5], dan *Exponential Smoothing* [6] dapat digunakan untuk meramalkan jumlah kasus DBD. Kedua teknik ini telah banyak digunakan dalam berbagai studi peramalan berbagai bidang kesehatan, termasuk dalam peramalan jumlah kasus DBD [5],[7]. Namun, meramalkan kasus menggunakan kedua metode tersebut masih sulit. Metode ARIMA memperhitungkan tiga komponen utama model: *autoregressive* (AR), *differencing* (I), dan *moving average* (MA) untuk meramalkan data runtun waktu. Para peneliti [8] menerapkan model ARIMA dan ARIMA hibrid untuk memprediksi dan memperkirakan kejadian TBC di Kabupaten Teluk Homa dan Turkana. Model hibrid ARIMA-ANN menunjukkan akurasi prediksi dan prakiraan yang lebih baik. Mistawati dkk. (2021) menggunakan metode ARIMA untuk meramalkan prevalensi kasus demam berdarah di Sulawesi Tenggara. Hasilnya menunjukkan bahwa model peramalan terbaik adalah model ARIMA (0,1,1) (0,1,1) dengan nilai MAPE sebesar 4,41% [5]. Model ARIMA dengan Box-Jenkins [9] berdasarkan kategori risiko wilayah Kartamantul, digunakan untuk memprediksi jumlah kasus pada tahun 2015. Model ARIMA terdiri dari desa/kelurahan masuk dalam kategori risiko "tinggi" dan "sedang" dan "rendah" adalah (0, 1, 0) (1, 1, 0), yang berarti keduanya menunjukkan pola musiman. Disisi yang lain, metode peramalan yang populer adalah *Exponential Smoothing* (ES). ES seringkali digunakan dalam peramalan menggunakan dasar nilai rata-rata tertimbang yang lebih besar diberikan pada data-data yang lebih baru. C. Mikhailouzna dkk. (2021) menggunakan ES untuk memprediksi kasus Covid-19 di Indonesia. Hasilnya menunjukkan dari 3 nilai alpha (α) yang diuji, nilai *Sum Squared Error* (SSE) terkecil dihasilkan oleh alpha (α) = 0,33 dengan jumlah kasus Covid-19 sebanyak 757 kasus yang menunjukkan jumlah kasus semakin bertambah naik [10]. Penelitian perbandingan ES dan ARIMA pada kasus DBD di Palembang [11] menunjukkan metode ARIMA memberikan hasil MSE dan MAE terkecil sebesar 108077.877 dan 172.424 dibandingkan dengan metode *Exponential Smoothing*.

Studi ini bertujuan untuk meramalkan jumlah kasus DBD yang akan muncul di Kota Semarang di tahun-tahun mendatang. Jumlah kasus DBD mingguan yang tercatat di puskesmas di 16 kecamatan di Kota Semarang dari Januari hingga Desember 2022 digunakan sebagai data seri waktu. Metode peramalan kasus DBD ARIMA dan *Single Exponential Smoothing* digunakan untuk menentukan jumlah kasus yang akan datang di Kota Semarang. Terakhir, kedua model yang memiliki akurasi yang lebih tinggi daripada yang lain dibandingkan. Meskipun penelitian-penelitian telah dilakukan dalam konteks data yang sama maupun berbeda [5, 8, 9] dan ARIMA lebih unggul dalam memprediksi jumlah kasus DBD seperti di Palembang. Namun demikian, kontribusi penelitian ini adalah untuk membantu para pemangku kepentingan, seperti pemerintah Kota Semarang, Dinas Kesehatan, dan layanan kesehatan dalam membuat keputusan, pengujian dan penemuan teknik terbaik untuk meramalkan jumlah kasus DBD di Kota Semarang. Ini

dilakukan agar mereka dapat mengambil tindakan yang lebih tepat dan efisien untuk menangani kasus yang semakin meningkat, seperti KLB, serta efek endemik atau epidemik dari DBD.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Metode ARIMA

Metode ARIMA merupakan metode peramalan yang berdasarkan pada pendekatan statistik. Metode ini memodelkan data sebagai kombinasi dari nilai-nilai sebelumnya (*autoregressive*), nilai-nilai yang telah dibedakan (*integrated*), dan nilai rata-rata bergerak (*moving average*) [7],[12]. Bentuk umum dari model ARIMA dapat dilihat dalam persamaan (1).

$$X_t = (1 + \phi_1)X_{t-1} + (\phi_2 - \phi_1)X_{t-2} + \dots + (\phi_p - \phi_{p-1})X_{t-p} - \phi_p X_{t-p-1} + \alpha_t + \theta_1 \alpha_{t-1} + \dots + \theta_q \alpha_{t-q} \quad (1)$$

dimana:

X_t = Nilai variabel pada waktu yang diramalkan

ϕ_p = Koefisien komponen AR

θ_q = Koefisien komponen MA

α_{t-q} = Nilai variabel di masa lalu dari kesalahan

α_t = Nilai kesalahan saat t

Berdasarkan persamaan (1), untuk melakukan peramalan jumlah kasus DBD di Kota Semarang dengan menggunakan metode ARIMA adalah sebagai berikut:

1. Uji Stasioneritas

Data akan diuji dengan menggunakan Augmented Dickey Fuller Test untuk melihat apakah data sudah stasioner atau belum. Uji *Augmented Dickey-Fuller* (ADF) adalah salah satu uji statistik yang paling umum digunakan untuk menguji stasioneritas data dalam analisis deret waktu. Konsep dasar dari uji ADF adalah memeriksa apakah koefisien *autoregressive* dalam model ARIMA setara dengan nol atau tidak signifikan secara statistik.

2. Differencing Data

Differencing adalah teknik dalam analisis *time series* untuk menghilangkan tren atau pola musiman dalam data dengan mengurangi nilai pada waktu tertentu dengan nilai pada waktu sebelumnya. Data dikatakan sudah stasioner apabila dalam *differencing* menghasilkan nilai probabilitas $\leq 0,05$ dan $|t\text{-statistic}| \geq |test\ critical\ values|$.

3. Identifikasi Model

Plot *Autocorrelation Function* (ACF) dan *Partial Autocorrelation Function* (PACF) digunakan untuk menentukan estimasi parameter model ARIMA. Lag pada ACF yang melebihi batas interval dapat digunakan untuk menentukan model dari MA(q), sedangkan lag pada PACF yang melebihi batas interval dapat digunakan untuk menentukan model dari AR(p).

4. Estimasi Parameter

Estimasi parameter akan ditentukan sebagai p, d, q dalam model ARIMA (p, d, q). Langkah awal adalah melihat jumlah differencing yang dilakukan pada data. Jumlah differencing data yang telah dilakukan sebelumnya akan menjadi parameter d. Selanjutnya, identifikasi komponen AR untuk menentukan parameter p dan komponen MA untuk menentukan parameter q.

5. Pemilihan Model

Tahap ini dilakukan untuk memilih satu model terbaik dari beberapa estimasi parameter yang dimiliki sebelumnya. Penentuan model terbaik dapat dilihat dari nilai AIC dan SIC yang

dimiliki masing masing model. Semakin kecil nilai AIC dan SIC, maka akan semakin baik sebuah model dalam meramalkan data.

6. Evaluasi *Error*

Evaluasi kesalahan dilakukan untuk menilai kecocokan antara model yang telah dibangun dengan data aktual yang dimiliki. Metode yang akan digunakan untuk mengukur kesalahan pada model adalah metode *Mean Squared Error* (MSE) dan *Mean Absolute Error* (MAE).

2.2. Metode *Single Exponential Smoothing*

Cara kerja metode *Single Exponential Smoothing* adalah dengan berasumsi bahwa data hanya berfluktuasi di sekitar nilai rata-rata yang tetap dan tanpa pola pertumbuhan yang konsisten [13]. Pada metode ini, tren ataupun musim tidak akan berpengaruh terhadap hasil peramalan. Metode *Single Exponential Smoothing* memberikan bobot pada setiap data periode dengan mempertimbangkan bobot data sebelumnya untuk membedakan prioritas data [6],[13]. Bentuk umum dari metode *Single Exponential Smoothing* dapat dilihat dalam persamaan (2).

$$F_{t+1} = \alpha X_t + (1 - \alpha)F_t \quad (2)$$

dimana:

F_{t+1} = Nilai yang akan diramalkan pada periode berikutnya

α = Konstanta yang bernilai $0 < \alpha < 1$

X_t = Data sebenarnya pada periode t

F_t = Nilai peramalan untuk periode t

Berdasarkan persamaan (2), langkah-langkah yang akan dilakukan untuk melakukan peramalan jumlah kasus demam berdarah di Kota Semarang menggunakan metode *Single Exponential Smoothing* (SES) adalah sebagai berikut:

1. Pengaturan Parameter

Metode ini melibatkan pengaturan parameter utama, yaitu α , yang disebut sebagai koefisien eksponensial. Nilai α berada dalam rentang 0 hingga 1. Semakin besar nilai α , semakin banyak bobot diberikan pada data terbaru. Sebagai contoh, jika $\alpha=0.2$, bobot yang diberikan pada data terbaru adalah 20%, sedangkan bobot yang diberikan pada data sebelumnya adalah 80%.

2. Inisialisasi Peramalan

Dalam metode *Single Exponential Smoothing*, inisialisasi peramalan merujuk pada nilai awal atau peramalan awal yang digunakan sebelum melakukan peramalan untuk periode berikutnya. Nilai awal ini menjadi titik awal untuk perhitungan peramalan selanjutnya.

3. Evaluasi *Error*

Evaluasi *error* dilakukan untuk menilai kecocokan antara model yang telah dibangun dengan data aktual yang dimiliki. Metode yang akan digunakan untuk mengukur kesalahan pada model adalah metode *Mean Squared Error* (MSE) dan *Mean Absolute Error* (MAE).

2.3. *Mean Squared Error* (MSE)

Mean Squared Error (MSE) adalah metode yang mengkuadratkan setiap kesalahan yang ada, kemudian dijumlahkan seluruhnya dan dibagi dengan banyaknya data yang ada [13]. Rumus dari MSE dapat dilihat dalam persamaan (3).

$$MSE = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (X_i - Y_i)^2 \quad (3)$$

dimana:

X_i = Nilai data aktual

Y_i = Nilai data yang diramalkan

m = Jumlah data

2.4. Mean Absolute Error (MAE)

Metode perhitungan *Mean Absolute Error* (MAE) adalah metode yang menghitung rata-rata kesalahan dengan memberikan bobot yang sama untuk semua data yang ada $i = 1, \dots, n$ [14]. Rumus dari MAE dapat dilihat dalam persamaan 4.

$$MAE = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m [X_i - Y_i] \quad (4)$$

dimana:

X_i = Nilai data aktual

Y_i = Nilai data yang diramalkan

m = Jumlah data

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Metode ARIMA

1. Uji Stasioneritas

Uji *Augmented Dickey Fuller* digunakan untuk menguji kestasioneran data. Hasil uji *Augmented Dickey Fuller* untuk 16 kecamatan yang ada di Kota Semarang dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Stasioneritas Setelah Differencing Data.

| Kecamatan | Probabilitas | t-statistic | Critical Values | Keterangan |
|------------------|--------------|-------------|-----------------|------------|
| Banyumanik | 0,003223 | 3,770555 | 3,568486 | Stasioner |
| Candisari | 0,000175 | 4,528299 | 3,605565 | Stasioner |
| Gajah Mungkur | 0,000048 | 4,826793 | 3,581258 | Stasioner |
| Gayamsari | 0,000003 | 5,432157 | 3,584829 | Stasioner |
| Genuk | 0,000503 | 4,268681 | 3,605565 | Stasioner |
| Gunungpati | 0,000003 | 5,403448 | 3,565624 | Stasioner |
| Mijen | 0,000002 | 5,504954 | 3,615509 | Stasioner |
| Ngalian | 0,004699 | 3,660855 | 3,565624 | Stasioner |
| Pedurungan | 0,000001 | 5,594985 | 3,592504 | Stasioner |
| Semarang Barat | 0,006931 | 3,543784 | 3,596636 | Stasioner |
| Semarang Selatan | 0,000004 | 5,360237 | 3,584829 | Stasioner |
| Semarang Tengah | 0,000002 | 5,473437 | 3,565624 | Stasioner |
| Semarang Timur | 0,028347 | 3,076438 | 3,610400 | Stasioner |
| Semarang Utara | 0,728869 | 1,064889 | 3,577848 | Stasioner |
| Tembalang | 0,006861 | 3,546904 | 3,752928 | Stasioner |
| Tugu | 0,000005 | 5,336341 | 3,584829 | Stasioner |

Berdasarkan tabel 1, dihasilkan bahwa sebagian besar data di 16 kecamatan yang ada di Kota Semarang belum stasioner, sehingga beberapa data perlu dilanjutkan ke tahapan berikutnya, yaitu *differencing* data.

2. Differencing Data

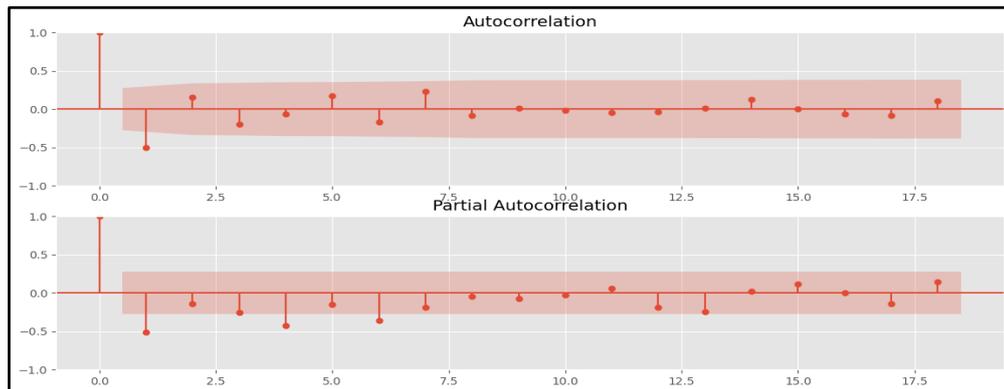
Hasil uji stasioneritas setelah dilakukan *differencing* data pada tiap-tiap kecamatan yang ada di Kota Semarang ditampilkan pada tabel 2. Berdasarkan tabel 2, bahwa semua data pada masing-masing kecamatan yang ada di Kota Semarang telah stasioner. Maka, langkah selanjutnya adalah membangun model ARIMA untuk melakukan peramalan. Model ARIMA akan menggunakan informasi tren dan pola musiman dalam data stasioner tersebut untuk membuat prediksi nilai di masa depan.

Tabel 2. Hasil uji *Augmented Dickey Fuller*.

| Kecamatan | Probabilitas | t-statistic | Critical Values | Keterangan |
|------------------|--------------|-------------|-----------------|-----------------|
| Banyumanik | 0,003223 | 3,770555 | 3,568486 | Stasioner |
| Candisari | 3,657555 | 5,847322 | 3,568848 | Tidak Stasioner |
| Gajah Mungkur | 9,387696 | 6,540213 | 3,565624 | Tidak Stasioner |
| Gayamsari | 6,026405 | 6,621333 | 3,565624 | Tidak Stasioner |
| Genuk | 3,435647 | 7,135188 | 3,565624 | Tidak Stasioner |
| Gunungpati | 0,000003 | 5,403448 | 3,565624 | Stasioner |
| Mijen | 4,350106 | 8,287521 | 3,565624 | Tidak Stasioner |
| Ngalian | 0,004699 | 3,660855 | 3,565624 | Stasioner |
| Pedurungan | 1,217314 | 6,060271 | 3,565624 | Tidak Stasioner |
| Semarang Barat | 2,036166 | 8,024354 | 3,565624 | Tidak Stasioner |
| Semarang Selatan | 2,007037 | 7,229927 | 3,565624 | Tidak Stasioner |
| Semarang Tengah | 0,000002 | 5,473437 | 3,565624 | Stasioner |
| Semarang Timur | 0,060078 | 2,787522 | 3,584829 | Tidak Stasioner |
| Semarang Utara | 0,728869 | 1,064889 | 3,577848 | Tidak Stasioner |
| Tembalang | 5,452585 | 6,639583 | 3,565624 | Tidak Stasioner |
| Tugu | 0,502961 | 1,561376 | 3,588573 | Tidak Stasioner |

3. Identifikasi Model

Setelah dilakukan *differencing*, maka langkah selanjutnya adalah menentukan model berdasarkan nilai ACF dan PACF. Gambar 1 merupakan contoh hasil plot ACF dan PACF dari Kecamatan Banyumanik.



Gambar 1. Plot ACF dan PACF Kecamatan Banyumanik.

Dapat dilihat pada gambar 1, plot ACF *lag* 0 dan 1 melewati batas limit *confidence lower* yang artinya hasil *differencing* untuk data pada Kecamatan Banyumanik signifikan pada *lag* 0 dan 1. Hal ini dapat disimpulkan bahwa adanya pola *moving average* (MA), yaitu model MA (1) dan MA (0) atau $q = 1$ dan $q = 0$.

Sedangkan, untuk plot PACF, dapat dilihat bahwa *lag* 0, 1, dan 4 melewati batas limit *confidence lower* yang artinya hasil *differencing* untuk data pada Kecamatan Banyumanik signifikan pada *lag* 0, 1, dan 4. Hal ini dapat disimpulkan bahwa adanya pola *autoregressive* (AR), yaitu model AR(0), MA(1), dan MA(4) atau $p = 0$, $p = 1$, dan $p = 4$.

4. Estimasi Parameter

Berdasarkan pada hasil analisa *differencing* serta plot ACF dan PACF, maka model sementara yang cocok untuk data Kecamatan Banyumanik adalah ARIMA(0,0,1), ARIMA(0,0,2), ARIMA(0, 0, 4), ARIMA(1,0,1), ARIMA(1,0,2), ARIMA(1, 0, 4). Hasil estimasi parameter seluruh kecamatan terdapat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Estimasi Parameter.

| Kecamatan | Estimasi Parameter | Kecamatan | Estimasi Parameter |
|---------------|---|------------------|--|
| Banyumanik | ARIMA(0,0,1), ARIMA(0,0,2), ARIMA(0,0,4), ARIMA(1,0,1), ARIMA(1,0,2), ARIMA(1, 0 4) | Pedurungan | ARIMA(0,2,2), ARIMA(2,2,2), ARIMA(2,2,0) |
| Candisari | ARIMA(0,1,0), ARIMA(0,1,1), ARIMA(2,1,0), ARIMA(2,1,1) | Semarang Barat | ARIMA(0,2,1), ARIMA(1,2,1), ARIMA(2,2,2), ARIMA(3,2,2) |
| Gajah Mungkur | ARIMA(2,1,0), ARIMA(2,1,1), ARIMA(3,1,1), ARIMA(3,1,0) | Semarang Selatan | ARIMA(1,1,1), ARIMA(2,1,1), ARIMA(0,1,1) |
| Gayamsari | ARIMA(0,1,1), ARIMA(2,1,1), ARIMA(1,1,1) | Semarang Tengah | ARIMA(1,0,0), ARIMA(0,0,1), ARIMA(1,0,1) |
| Genuk | ARIMA(0,1,3), ARIMA(3,1,3), ARIMA(3,1,0) | Semarang Timur | ARIMA(0,2,2), ARIMA(2,2,0), ARIMA(2,2,2) |
| Gunungpati | ARIMA(0,0,1), ARIMA(1,0,1), ARIMA(1,0,0) | Semarang Utara | ARIMA(0,2,2), ARIMA(2,2,0), ARIMA(2,2,2) |
| Mijen | ARIMA(0,2,2), ARIMA(2,2,2), ARIMA(2,2,0) | Tembalang | ARIMA(0,2,2), ARIMA(2,2,0), ARIMA(2,2,2) |
| Ngalian | ARIMA(0,0,1), ARIMA(1,0,1), ARIMA(1,0,0) | Tugu | ARIMA(0,2,2), ARIMA(2,2,0), ARIMA(2,2,2) |

5. Pemilihan Model

Pemilihan model terbaik dilihat dari model yang memiliki AIC dan BIC paling kecil. Hasil model terbaik dari tiap-tiap kecamatan yang ada di Kota Semarang ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pemilihan Model Terbaik.

| Kecamatan | Model ARIMA | AIC | BIC |
|------------------|---------------|---------|---------|
| Banyumanik | ARIMA (0,0,2) | 205,101 | 212,906 |
| Candisari | ARIMA (2,1,1) | 170,303 | 177,951 |
| Gajah Mungkur | ARIMA (3,1,1) | 133,241 | 142,802 |
| Gayamsari | ARIMA (2,1,1) | 76,035 | 83,683 |
| Genuk | ARIMA (3,1,3) | 163,689 | 176,335 |
| Gunungpati | ARIMA (0,0,1) | 150,067 | 155,921 |
| Mijen | ARIMA (2,2,2) | 166,81 | 175,731 |
| Ngalian | ARIMA (0,0,1) | 149,487 | 154,973 |
| Pedurungan | ARIMA (0,2,2) | 212,765 | 218,316 |
| Semarang Barat | ARIMA (3,2,2) | 207,3 | 218,651 |
| Semarang Selatan | ARIMA (2,1,1) | 135,886 | 143,534 |
| Semarang Tengah | ARIMA (1,0,0) | 92,223 | 98,077 |
| Semarang Timur | ARIMA (2,2,2) | 121,538 | 130,789 |
| Semarang Utara | ARIMA (2,2,2) | 213,293 | 222,544 |
| Tembalang | ARIMA (2,2,2) | 201,3 | 210,221 |
| Tugu | ARIMA (2,2,2) | 155,199 | 164,12 |

6. Evaluasi Error

Pada tahap ini evaluasi *error* dilakukan dengan menggunakan MSE dan MAE sebagai metrik *error*. Tabel 5 menunjukkan hasil evaluasi *error* dengan menggunakan metode ARIMA.

Tabel 5. Hasil Evaluasi Error Metode ARIMA.

| Kecamatan | MSE | MAE | Kecamatan | MSE | MAE |
|---------------|--------|--------|------------------|--------|--------|
| Banyumanik | 1,3577 | 1,0116 | Pedurungan | 6,6584 | 2,2382 |
| Candisari | 0,1932 | 0,2106 | Semarang Barat | 0,2090 | 0,5351 |
| Gajah Mungkur | 0,3955 | 0,2568 | Semarang Selatan | 0,5633 | 0,5620 |
| Gayamsari | 0,0010 | 0,0100 | Semarang Tengah | 0,1026 | 0,1883 |
| Genuk | 0,9561 | 0,7645 | Semarang Timur | 0,1115 | 0,1001 |
| Gunungpati | 0,9440 | 0,6666 | Semarang Utara | 0,2076 | 0,3134 |
| Mijen | 0,8594 | 0,8750 | Tembalang | 1,0542 | 1,0244 |
| Ngalian | 1,2685 | 1,5527 | Tugu | 0,5202 | 0,5459 |

Pada tabel 5 dapat dilihat bahwa hasil MSE dan MAE pada model jumlah kasus demam berdarah di 16 kecamatan yang ada di Kota Semarang memiliki tingkat kesalahan (*error*) yang kecil dan menandakan bahwa model ARIMA bekerja dengan cukup baik dalam meramalkan jumlah kasus demam berdarah di Kota Semarang.

3.2. Hasil Single Exponential Smoothing

1. Pengaturan Parameter

Langkah pertama dalam pengaturan parameter adalah mengatur parameter utama dalam *Single Exponential Smoothing*, yaitu α , yang disebut sebagai koefisien eksponensial. Parameter ini mengontrol seberapa besar bobot yang diberikan pada data terbaru dalam peramalan. Nilai α harus berada dalam rentang 0 hingga 1. Semakin besar nilai α , semakin besar bobot yang diberikan pada data observasi terbaru, dan peramalan akan lebih responsif terhadap perubahan data terbaru. Sebaliknya, semakin kecil nilai α , semakin besar bobot yang diberikan pada peramalan sebelumnya, dan peramalan akan lebih stabil. Parameter yang dipilih untuk masing-masing kecamatan akan ditunjukkan pada tabel 6. Tabel 6 menunjukkan nilai α yang berbeda-beda pada setiap kecamatan.

Tabel 6. Pengaturan Parameter.

| Kecamatan | α | Kecamatan | α |
|---------------|----------|------------------|----------|
| Banyumanik | 0,3 | Pedurungan | 0,1 |
| Candisari | 0,7 | Semarang Barat | 0,2 |
| Gajah Mungkur | 0,1 | Semarang Selatan | 0,1 |
| Gayamsari | 0,1 | Semarang Tengah | 0,1 |
| Genuk | 0,1 | Semarang Timur | 0,1 |
| Gunungpati | 0,2 | Semarang Utara | 0,1 |
| Mijen | 0,3 | Tembalang | 0,2 |
| Ngalian | 0,7 | Tugu | 0,1 |

2. Inisialisasi Peramalan

Inisialisasi peramalan diterapkan dengan menggunakan nilai pertama dalam data sebagai nilai awal peramalan. Hal ini akan menjadi peramalan awal sebelum dilakukan peramalan untuk periode berikutnya.

3. Evaluasi Error

Evaluasi *error* digunakan untuk mengevaluasi kualitas peramalan hasil metode *Single Exponential Smoothing* menggunakan nilai *Mean Squared Error* (MSE) dan *Mean Absolute Error* (MAE). Hasil evaluasi *error* metode *Single Exponential Smoothing* dapat dilihat dalam tabel 7.

Tabel 7. Hasil Evaluasi Error Metode *Single Exponential Smoothing*.

| Kecamatan | α | MSE | MAE | Kecamatan | α | MSE | MAE |
|---------------|----------|--------|--------|------------------|----------|--------|--------|
| Banyumanik | 0,3 | 1,1346 | 2,0015 | Pedurungan | 0,1 | 7,6841 | 2,3692 |
| Candisari | 0,7 | 0,3747 | 0,3755 | Semarang Barat | 0,2 | 0,2499 | 0,6012 |
| Gajah Mungkur | 0,1 | 0,4098 | 0,3627 | Semarang Selatan | 0,1 | 0,5869 | 0,6579 |

| Kecamatan | α | MSE | MAE | Kecamatan | α | MSE | MAE |
|------------|----------|--------|--------|-----------------|----------|--------|--------|
| Gayamsari | 0,1 | 0,0027 | 0,051 | Semarang Tengah | 0,1 | 0,11 | 0,1984 |
| Genuk | 0,1 | 1,3555 | 1,0808 | Semarang Timur | 0,1 | 0,4769 | 0,6247 |
| Gunungpati | 0,2 | 1,2197 | 0,9125 | Semarang Utara | 0,1 | 0,2777 | 0,404 |
| Mijen | 0,3 | 1,5408 | 1,0221 | Tembalang | 0,2 | 2,3652 | 1,2434 |
| Ngalian | 0,7 | 3,0052 | 1,5929 | Tugu | 0,1 | 0,5984 | 0,6283 |

3.3. Perbandingan Hasil ARIMA dan Single Exponential Smoothing

Model ARIMA dan *Single Exponential Smoothing* yang telah diuji digunakan untuk meramalkan semua data kasus demam berdarah di Kota Semarang. Peramalan menggunakan data dari bulan Januari – Desember 2022. Hasilnya dapat dilihat dalam tabel 8.

Tabel 8. Hasil Perbandingan Hasil ARIMA dan *Single Exponential Smoothing*.

| Kecamatan | ARIMA | | SES | |
|------------------|--------|--------|--------|--------|
| | MSE | MAE | MSE | MAE |
| Banyumanik | 1,3577 | 1,0116 | 1,1346 | 2,0015 |
| Candisari | 0,1932 | 0,2106 | 0,3747 | 0,3755 |
| Gajah Mungkur | 0,3955 | 0,2568 | 0,4098 | 0,3627 |
| Gayamsari | 0,0010 | 0,0100 | 0,0027 | 0,0510 |
| Genuk | 0,9561 | 0,7645 | 1,3555 | 1,0808 |
| Gunungpati | 0,9440 | 0,6666 | 1,2197 | 0,9125 |
| Mijen | 0,8594 | 0,8750 | 1,5408 | 1,0221 |
| Ngalian | 1,2685 | 1,5527 | 3,0052 | 1,5929 |
| Pedurungan | 6,6584 | 2,2382 | 7,6841 | 2,3692 |
| Semarang Barat | 0,2090 | 0,5351 | 0,2499 | 0,6012 |
| Semarang Selatan | 0,5633 | 0,5620 | 0,5869 | 0,6579 |
| Semarang Tengah | 0,1026 | 0,1883 | 0,1100 | 0,1984 |
| Semarang Timur | 0,1115 | 0,1001 | 0,4769 | 0,6247 |
| Semarang Utara | 0,2076 | 0,3134 | 0,2777 | 0,4040 |
| Tembalang | 1,0542 | 1,0244 | 2,3652 | 1,2434 |
| Tugu | 0,5202 | 0,5459 | 0,5984 | 0,6283 |

Berdasarkan hasil di tabel 8, dapat dilihat bahwa tingkat kesalahan dari kedua model untuk meramalkan jumlah kasus demam berdarah di Kota Semarang cukup kecil. Hal ini menunjukkan bahwa peramalan yang dihasilkan oleh kedua model sudah cukup baik. Namun, model ARIMA memiliki nilai kesalahan MSE dan MAE yang sedikit lebih kecil daripada nilai kesalahan model *Single Exponential Smoothing*. Hal ini menunjukkan bahwa prediksi dengan menggunakan model ARIMA cenderung lebih dekat dengan nilai aktual data jumlah kasus demam berdarah di Kota Semarang.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil eksperimen, untuk prediksi jumlah kasus penyakit DBD dengan menggunakan model time series ARIMA sebagai metode terbaik karena memiliki tingkat akurasi yang lebih baik dibandingkan dengan metode *Single Exponential Smoothing*. Dengan demikian, untuk peramalan pada masa yang akan datang pada jumlah kasus demam berdarah di Kota Semarang dapat menggunakan metode ARIMA. Model ARIMA terbaik untuk peramalan jumlah kasus demam berdarah di Kota Semarang pada tahun 2022 berdasarkan kecamatan adalah model ARIMA(0,0,2) untuk Kecamatan Banyumanik, ARIMA(2,1,1) untuk Kecamatan Candisari, ARIMA(3,1,1) untuk Kecamatan Gajah Mungkur, ARIMA(2,1,1) untuk Kecamatan Gayamsari, ARIMA(3,1,3) untuk Kecamatan Genuk, ARIMA(0,0,1) untuk Kecamatan Gunungpati, ARIMA(2,0,0) untuk Kecamatan Mijen, ARIMA(0,0,1) untuk Kecamatan Ngalian, ARIMA(0,2,2) untuk Kecamatan Pedurungan, ARIMA(3,2,2) untuk Kecamatan Semarang Barat, ARIMA(2,1,1)

untuk Kecamatan Semarang Selatan, ARIMA(1,0,0) untuk Kecamatan Semarang Tengah, ARIMA(2,2,2) untuk Kecamatan Semarang Timur, Semarang Utara, Tembalang, dan Tugu.

5. SARAN

Untuk data dengan pola musiman yang kompleks, disarankan untuk menggunakan SARIMAX karena SARIMAX memiliki kelebihan dalam menangani data dengan komponen musiman yang lebih kompleks dibandingkan dengan ARIMA. Selain itu, dilakukan penelitian dengan metode lain sebagai pembanding agar mendapatkan hasil peramalan yang lebih baik agar dapat dibandingkan keakuratannya

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. J. S. Cakranegara, "Upaya Pencegahan dan Pengendalian Penyakit Demam Berdarah Dengue di Indonesia (2004-2019)," *J. Penelit. Sej. Dan Budaya*, vol. 7, no. 2, p. 479401, 2021.
- [2] F. A. Ciptono, M. Martini, S. Yuliawati, and L. D. Saraswati, "Gambaran Demam Berdarah Dengue Kota Semarang Tahun 2014-2019," *J. Ilm. Mhs.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–5, 2021.
- [3] A. Q. Munir and A. K. Sari, "Systematic Review: Model peramalan wabah penyakit demam berdarah," in *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI)*, 2015.
- [4] C. Kirana, A. Zainuddin, and A. Asriati, "Evaluasi Pelaksanaan Program Pencegahan Dan Penanggulangan Penyakit Demam Berdarah Dengue Di Kota Kendari," *J. Ilm. OBSGIN J. Ilm. Ilmu Kebidanan Kandung*. P-ISSN 1979-3340 E-ISSN 2685-7987, vol. 14, no. 3, Art. no. 3, Sep. 2022, doi: 10.36089/job.v14i3.835.
- [5] M. Mistawati, Y. Yasnani, and H. Lestari, "Forecasting prevalence of dengue hemorrhagic fever using ARIMA model in Sulawesi Tenggara Province, Indonesia," *Public Health Indones.*, vol. 7, no. 2, Art. no. 2, Jun. 2021, doi: 10.36685/phi.v7i2.411.
- [6] F. Fahrunnisa, N. Manurung, and R. A. Dalimunthe, "Peramalan Kasus Baru Penderita Hipertensi Di Kecamatan Rawang Panca Arga dengan Teknik Single Exponential Smoothing," *J-Com J. Comput.*, vol. 1, no. 3, pp. 237–244, 2021.
- [7] R. Kushartanti and M. Latifah, "Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) Sebagai Model Peramalan Kasus Demam Berdarah Dengue," *J. Kesehat. Lingkung.*, vol. 10, no. 2, Art. no. 2, Oct. 2020, doi: 10.47718/jkl.v10i2.1165.
- [8] S. Siamba, A. Otieno, and J. Koech, "Application of ARIMA, and hybrid ARIMA Models in predicting and forecasting tuberculosis incidences among children in Homa Bay and Turkana Counties, Kenya," *PLOS Digit. Health*, vol. 2, no. 2, p. e0000084, 2023.
- [9] A. Kharmayana Rubaya, H. Kusnanto, L. Lazuardi, and T. B. T. Satoto, "ARIMA Models of Dengue Cases in Kartamantul, Based on Area Risk Classification," *J. Medicoeticolegal Dan Manaj. Rumah Sakit*, vol. 7, no. 2, 2018, doi: 10.18196/jmmr.7264.
- [10] C. M. Gibran, S. Setiyawati, and F. Liantoni, "Prediksi Penambahan Kasus Covid-19 di Indonesia Melalui Pendekatan Time Series Menggunakan Metode Exponential Smoothing," *J. Inform. Univ. Pamulang*, vol. 6, no. 1, p. 112, Mar. 2021, doi: 10.32493/informatika.v6i1.9442.
- [11] E. Munarsih and I. Saluza, "Comparison of exponential smoothing method and autoregressive integrated moving average (ARIMA) method in predicting dengue fever cases in the city of Palembang," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1521, no. 3, p. 032100, Apr. 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1521/3/032100.
- [12] B. Long, F. Tan, and M. Newman, "Forecasting the Monkeypox Outbreak Using ARIMA,

- Prophet, NeuralProphet, and LSTM Models in the United States,” *Forecasting*, vol. 5, no. 1, Art. no. 1, Mar. 2023, doi: 10.3390/forecast5010005.
- [13] R. Rachmat and S. Suhartono, “Comparative analysis of single exponential smoothing and holt’s method for quality of hospital services forecasting in general hospital,” *Bull. Comput. Sci. Electr. Eng.*, vol. 1, no. 2, pp. 80–86, 2020.
- [14] N. G. Reich, J. Lessler, K. Sakrejda, S. A. Lauer, S. Iamsirithaworn, and D. A. T. Cummings, “Case Study in Evaluating Time Series Prediction Models Using the Relative Mean Absolute Error,” *Am. Stat.*, vol. 70, no. 3, pp. 285–292, Jul. 2016, doi: 10.1080/00031305.2016.1148631.
-