

Temporal Analysis of the Influence of the Number of Vaccinations on the Number of Covid-19 Cases in South Sulawesi Province Using ARIMAX Model

Aswi¹, Muhammad Arif Tiro², Sudarmin³, Ruliana⁴, Andi Gagah Palarungi Taufik⁵, Zulhijrah⁶

Statistika, Universitas Negeri Makassar^{1,2,3,4,5,6}
Email: aswi@unm.ac.id¹

Abstract. South Sulawesi is a province that has the highest number of Covid-19 cases in the Sulawesi island region. Vaccination is one way that is considered effective in controlling the infection of a disease. Covid-19 vaccination in Indonesia was carried out in January 2021. This study aims to obtain the best Autoregressive Integrated Moving Average X (ARIMAX) model in modeling the effect of the number of vaccinations on the number of Covid-19 cases in South Sulawesi Province. Data on the number of vaccinations and Covid-19 cases in South Sulawesi Province (October 1, 2021 - January 31, 2022) were used. The best ARIMAX model in modeling Covid-19 in relation to the number of vaccinations is ARIMAX (2,1,0). The results showed that the number of vaccinations had a negative effect on the number of Covid-19 cases at the significant level of 10%. This indicates that if the number of vaccinations increases then the number of Covid-19 cases will decrease.

Keywords: vaccinations, Covid-19, Forecasting, ARIMAX.

INDONESIAN JOURNAL OF FUNDAMENTAL SCIENCES

E-ISSN: 2621-6728

P-ISSN: 2621-671X

Submitted: 20th June 2022

Accepted: 18th September 2022



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

PENDAHULUAN

Virus Covid-19 telah tersebar ke setiap provinsi di Indonesia. Berdasarkan data komite penanganan Covid-19 dan pemulihan ekonomi nasional pada tanggal 31 Mei 2022, tercatat bahwa Indonesia mengalami penambahan kasus sebanyak 340 positif, 247 sembuh, dan 5 meninggal, sehingga jumlah kasus terpapar Covid-19 terkonfirmasi sebanyak 6.054.973 kasus positif, 5.895.423 sembuh, dan 156.591 meninggal (NASIONAL, 2021). Sulawesi Selatan tercatat sebagai provinsi yang memiliki jumlah kasus Covid-19 tertinggi pada regional pulau Sulawesi. Penyebaran Covid-19 di Sulawesi Selatan berdasarkan data Sulsel Tanggap Covid-19 per tanggal 31 Mei 2022 terdapat penambahan kasus terkonfirmasi aktif sebanyak 418 (masih sakit), 140.395 berhasil sembuh dan 2.463 meninggal, sehingga jumlah total konfirmasi sebanyak 143.276 kasus per Mei 2022 (Covid-19, 2022). Salah satu upaya yang dapat dilakukan pada masalah penularan penyakit baik dalam lingkup wabah, epidemi, maupun pandemi yaitu dengan salah satu program seperti melakukan vaksinasi. Hal ini didukung oleh penelitian (Yanti, Agustin and Nasution, 2022) yang menyatakan bahwa tidak ada kemungkinan wabah Covid-19 meluas karena telah dilakukan tindakan pencegahan berupa vaksinasi dengan kekebalan tetap tertentu.

Peramalan adalah salah satu metode analisis yang digunakan untuk memprediksi suatu kejadian pada waktu yang akan datang berdasarkan data masa lalu (Aswi and Sukarna, 2006; Li and Teori, 2018). Salah satu pengembangan model ARIMA adalah dengan melibatkan peubah eksogen yang disebut model *Autoregressive Integrated Moving Average with Exogenous Variable* (ARIMAX) (Bhattacharjee et al., 2022). Metode ARIMAX digunakan untuk memodelkan jumlah kasus Covid-19 dengan menyertakan variabel exogen yaitu persentase jumlah vaksinasi di Provinsi Sulawesi Selatan. Pada model ARIMAX, peubah eksogen yang diperkirakan berpengaruh secara signifikan terhadap peubah dependen disertakan dalam model (Cryer dan Chan, 2008).

Penelitian terdahulu yang menggunakan pemodelan ARIMAX telah dilakukan oleh (Chadsuthi dkk., 2015) yang berfokus pada peramalan penyebaran influenza yang ada di Thailand dengan melibatkan faktor iklim. Penelitian oleh (Rachmawati, 2020) yang bertujuan untuk meramalkan penyebaran jumlah kasus Covid-19 di Provinsi Jawa Tengah telah dilakukan tetapi hanya menggunakan metode ARIMA". Penelitian lainnya yang menggunakan model ARIMAX juga telah dilakukan oleh (Aji Indwiarti, 2021) namun variabel exogen yang digunakan yaitu data *google trend*. Berdasarkan hasil literature review yang telah kami lakukan, penelitian mengenai pengaruh jumlah vaksinasi secara spesifik terhadap jumlah kasus Covid-19 menggunakan model ARIMAX di provinsi Sulawesi Selatan belum dilakukan. Penggunaan analisis ARIMAX pada penelitian ini dikarenakan vaksinasi yang menjadi variabel *prediktor* saat ini menjadi kebijakan yang dihadirkan oleh pemerintah dalam upaya memutus mata rantai penyebaran Covid-19, serta penyertaan peubah eksogen diperkirakan berpengaruh signifikan terhadap peubah dependen (Liu et al., 2020). Oleh karena itu, penelitian ini mengombinasikan mengenai masalah pengaruh jumlah vaksinasi terhadap jumlah kasus Covid-19 pada masyarakat Provinsi Sulawesi Selatan dengan menggunakan model ARIMAX untuk mengetahui pengaruh vaksinasi Covid-19 di Sulawesi Selatan. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan model ARIMAX

terbaik dalam memodelkan pengaruh jumlah vaksinasi terhadap jumlah kasus Covid-19 serta mengetahui ada tidaknya pengaruh jumlah vaksinasi terhadap jumlah kasus Covid-19 pada masyarakat di Provinsi Sulawesi Selatan menggunakan model ARIMAX. Melalui hasil penelitian ini diharapkan menjadi informasi baik bagi masyarakat akan dampak dari vaksinasi terhadap jumlah kasus Covid-19 serta sebagai referensi dalam memahami masalah pemberian vaksinasi Covid-19 dan dampak yang ditimbulkannya. Bagi pemerintah, dapat dijadikan rujukan dalam menentukan kebijakan apa yang sebaiknya ditetapkan.

METODE PENELITIAN

Sumber Data

Pada penelitian ini digunakan data sekunder yang bersumber dari data publikasi Sulsel Tanggap COVID-19, Dinas Kesehatan Provinsi Sulawesi Selatan dan publikasi pada website (<http://m.andrafarm.com/>). Data yang digunakan merupakan data harian jumlah kasus Covid-19 (1 Oktober 2021 – 30 Januari 2022). Adapun data lainnya berupa faktor yang diduga berpengaruh terhadap jumlah kasus Covid-19 yaitu data harian jumlah vaksinasi (1 Oktober 2021 – 30 Januari 2022).

Definisi Operasional Variabel

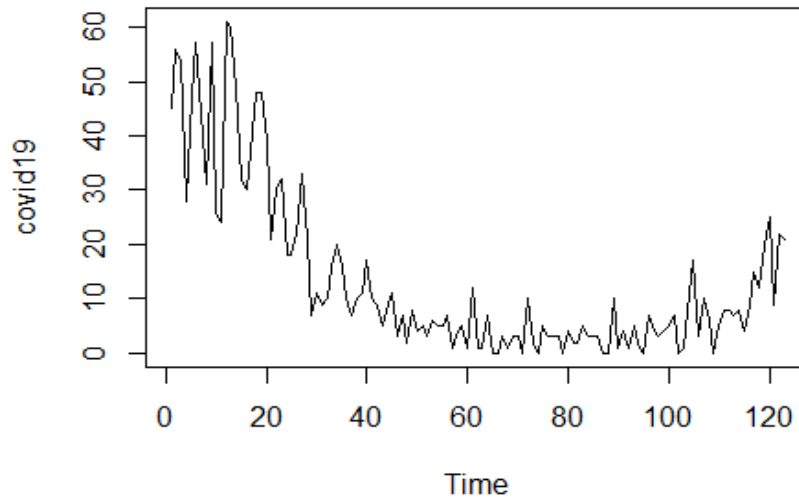
- Variabel Dependen (y_t): Jumlah kasus Covid-19 harian di Provinsi Sulawesi Selatan.
- Variabel Independen ($x_{k,t}$): Jumlah vaksinasi harian di Provinsi Sulawesi Selatan.

Langkah Analisis Data

1. Menentukan variabel dependent (y_t) dan variabel independent ($x_{k,t}$).
2. Menguji kestasioneran data.
3. Melakukan *differencing* ketika data tidak stasioner dalam rata-rata.
4. Pemodelan ARIMA sementara melalui plot fungsi autokorelasi (*Autocorrelation Function* (ACF)) maupun fungsi autokorelasi parsial (*Partial Autocorrelation Function* (PACF)).
5. Melakukan estimasi dan uji signifikansi parameter ARIMA
6. Pemeriksaan diagnostik melalui pengecekan residual *white noise* melalui uji Ljung Box.
7. Pemilihan model ARIMA terbaik.
8. Identifikasi data variabel independen (peubah exogen) melalui plot deret waktu.
9. Uji stasioneritas variabel independen.
10. Pemodelan ARIMAX menggunakan model ARIMA terbaik
11. Estimasi dan uji signifikansi serta pemeriksaan diagnostik model ARIMAX.
12. Pemilihan model ARIMAX terbaik dengan kriteria AIC terkecil.
13. Peramalan dengan model ARIMAX terbaik.
14. Menarik kesimpulan dari hasil peramalan yang diperoleh.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Langkah awal dalam pemodelan ARIMA adalah melakukan plot time series pada jumlah kasus Covid-19 di provinsi Sulawesi Selatan seperti yang terlihat pada Gambar 1.



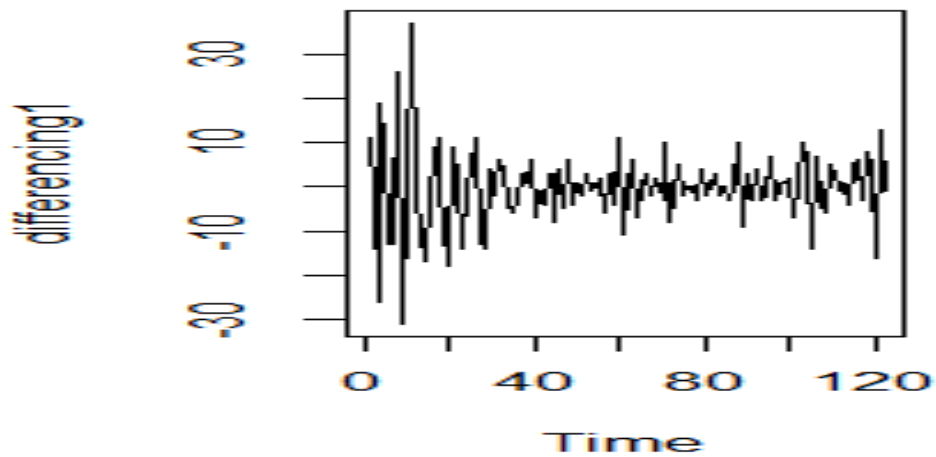
Gambar 1. Hasil Plot *Time Series* Data awal Jumlah Kasus Covid-19

Pada Gambar 1 terlihat bahwa plot time series yang dihasilkan belum stasioner dalam rata-rata sehingga proses *differencing* perlu dilakukan. Selain melalui plot time series, kestasioneritas data dapat juga dicek melalui uji *Augmented Dickey-Fuller* (ADF) dengan melihat nilai *p-value* nya yang diberikan pada Tabel 1

Tabel 1. Uji Stasioner Data Jumlah Kasus Covid-19

ADF	<i>p-value</i>
	0,9551

Nilai *p-value* dari uji ADF pada Tabel 1 sebesar 0,9551 yang mengindikasikan bahwa data tersebut belum stasioner karena nilai *p-value* melebihi taraf signifikan alpha 10% sehingga perlu dilakukan *differencing* data. Untuk mencapai kondisi stasioner pada data jumlah kasus Covid-19 dilakukan proses *differencing* dengan orde satu yang hasilnya diberikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Plot data jumlah kasus Covid-19 setelah differencing orde 1

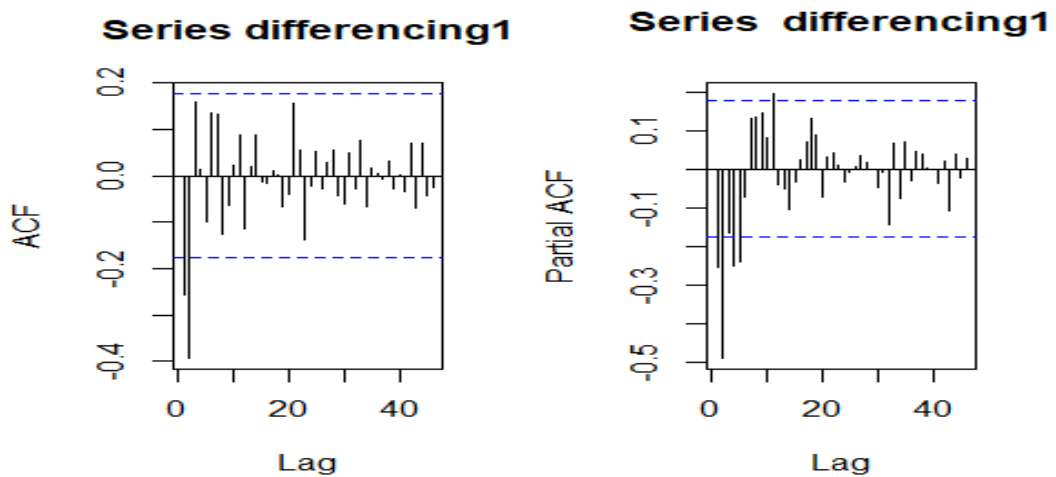
Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa plot data jumlah kasus Covid-19 setelah differencing orde 1 sudah stasioner dalam rata-rata. Hal ini juga dibuktikan melalui hasil uji kestasioneran menggunakan uji ADF dimana diperoleh nilai *p-value* lebih kecil dari 0.1.

Tabel 2. Uji kestasioneran data Setelah Differencing Order 1

ADF	<i>p-value</i>
	0,01

Selanjutnya, dari data time series hasil differencing 1, dibuat plot ACF dan plot PACF untuk mencari model dugaan ARIMA sementara. Plot ACF dan PACF hasil differencing 1 diberikan pada Gambar 3.

Plot ACF dan PACF



Gambar 3. Plot ACF dan PACF dari data hasil differencing 1

Model ARIMA Dugaan Sementara

Berdasarkan hasil plot ACF dan PACF pada Gambar 3, terlihat bahwa pada plot ACF hanya lag 1 dan lag 2 yang signifikan (*cut off after lag 2*), sementara pada plot PACF nya, lag 1, lag 2, lag 4, serta lag 5 signifikan (dapat dikatakan *dies down*). Berdasarkan plot ACF dan PACF tersebut, terdapat beberapa model yang diduga sesuai untuk data deret waktu kasus Covid-19 yaitu: ARIMA (2,1,0), ARIMA (0,1,2), dan ARIMA (2,1,2).

Uji Signifikansi Parameter Model ARIMA Dugaan Sementara

Nilai estimasi parameter dan nilai p-value diberikan pada Tabel 3. Berdasarkan estimasi parameter pada Tabel 3, terlihat bahwa model ARIMA (2,1,0) dan ARIMA (0,1,2) memiliki nilai estimasi parameter yang signifikan. Sedangkan model ARIMA (2,1,2) memiliki beberapa nilai estimasi parameter yang tidak signifikan.

Tabel 3. Uji Signifikansi Parameter dari Setiap Model ARIMA Dugaan Sementara

Model	Komp	Estimasi Nilai Parameter	Standar Error	z-value	p-value	Keterangan
ARIMA (2,1,0)	AR 1	-0,38357	0,07896	-4,8576	1,188e-06	signifikan
	AR 2	-0,49734	0,07886	-6,3064	2,855e-10	signifikan
ARIMA (0,1,2)	MA 1	-0,40504	0,11466	-3,5325	0,000412	signifikan
	MA 2	-0,28495	0,10822	-2,6331	0,008461	signifikan
ARIMA (2,1,2)	AR 1	-0,22025	0,26045	-0,8456	0,397752	tidak signifikan
	AR 2	-0,33632	0,12054	-2,7902	0,005268	signifikan
	MA 1	-0,29766	0,27778	-1,0715	0,283924	tidak signifikan
	MA 1	-0,20286	0,21415	-0,9473	0,343499	tidak signifikan

Uji Residual White Noise untuk Model ARIMA

Selanjutnya, pengecekan residual *white noise* dari beberapa model dugaan sementara dilakukan dengan menggunakan uji Ljung-Box yang diberikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Uji Ljung-Box pada Setiap Model ARIMA Dugaan Sementara

Model ARIMA	p-value	Ket.
ARIMA(2,1,0)	0,4055	White Noise
ARIMA(0,1,2)	0,2625	White Noise
ARIMA(2,1,2)	0,8337	White Noise

Berdasarkan Tabel 3 dan Tabel 4, dapat disimpulkan bahwa terdapat dua model ARIMA yang memenuhi yaitu model ARIMA(2,1,0) dan ARIMA(0,1,2). Untuk menentukan model yang terbaik, dapat dilihat pada nilai AIC yang paling kecil yang diberikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai AIC Model ARIMA yang Memenuhi Asumsi

Model ARIMA	AIC
ARIMA(2,1,0)	830,91
ARIMA(0,1,2)	832,15

Model ARIMA yang memiliki nilai AIC terkecil adalah model ARIMA (2,1,0). Jadi, model ARIMA terbaik dalam memodelkan kasus Covid-19 adalah model ARIMA (2,1,0). Setelah diperoleh model ARIMA terbaik yaitu model ARIMA (2,1,0), dilanjutkan dengan mengestimasi parameter untuk model dengan penambahan variable exogen yaitu jumlah vaksinasi harian di provinsi Sulawesi Selatan.

Estimasi Model ARIMAX

Hasil estimasi parameter untuk model dengan penambahan variable exogen yaitu jumlah vaksinasi harian di provinsi Sulawesi Selatan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Uji Signifikansi Parameter dari Model ARIMAX

Model ARIMA	Parameter	Estimasi Nilai Parameter	Standar Error	z-value	P-value	Keterangan
ARIMA (2,1,0)	AR 1	-0,36566	0,079178	-4,6182	3,870e-06	Signifikan
	AR 2	-0,49229	0,078447	-6,2755	3,485e-10	Signifikan
	Xreg	-0,00108	0,000609	-1,7761	0,07572	Signifikan

Berdasarkan Tabel 6 terlihat bahwa seluruh koefisien dari setiap parameter yang diestimasi menunjukkan bahwa nilai *p-value* kurang dari nilai α (*alpha*) 0.1 yang mengindikasikan bahwa parameter tersebut signifikan. Parameter Xreg memiliki nilai *p-value* 0,07572 dengan nilai estimasi parameter (-0,00108) mengindikasikan bahwa peubah jumlah vaksinasi berpengaruh signifikan terhadap kasus Covid-19 di Provinsi Sulawesi Selatan. Berdasarkan nilai estimasi parameter, dapat disimpulkan bahwa jumlah vaksinasi berpengaruh negatif terhadap jumlah kasus Covid-19 pada taraf signifikan alpha 10%. Hal tersebut mengindikasikan bahwa jika jumlah vaksinasi bertambah, maka jumlah kasus Covid-19 berkurang.

Uji Residual Model ARIMAX

Uji residual *white noise* yang digunakan untuk model ARIMAX adalah sama dengan model ARIMA yaitu menggunakan uji Ljung-Box. Hasil pengujian residual *white noise* untuk model ARIMAX diberikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Pengujian Residual White Noise

```
Box.test(estimasiarimax$residuals, type="Ljung")

Box-Ljung test

data: estimasiarimax$residuals

X-squared = 0.61287, df = 1, p-value = 0.4337
```

Nilai p-value adalah 0,4337 (Tabel 7) yang mengindikasikan bahwa residual memenuhi asumsi white noise. Jadi, dapat disimpulkan bahwa model ARIMAX (2,1,0) merupakan model ARIMAX terbaik dalam memodelkan pengaruh jumlah vaksinasi terhadap jumlah kasus Covid-19 pada masyarakat Provinsi Sulawesi Selatan.

Peramalan (Forecasting)

Tahap terakhir dalam pemodelan time series adalah peramalan. Peramalan dilakukan dengan menggunakan model ARIMAX terbaik yaitu ARIMAX (2,1,0) yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Forecasting

Harian	Poin Peramalan	80%		95%	
		Batas Bawah	Batas Atas	Batas Bawah	Batas Atas
Hari ke-124	15	5,752	24.084	0,900	28,936
Hari ke-125	18	6,981	28,516	1,281	34,216
Hari ke-126	20	8,647	30,728	2,802	36,573
Hari ke-127	17	5,237	29,835	-1,274	36,346
Hari ke-128	17	3,767	31,026	-3,448	38,242
Hari ke-129	18	4,253	32,787	-3,299	40,340
Hari ke-130	18	3,160	33,157	-4,780	41,097

Tabel 8 menunjukkan hasil peramalan jumlah kasus Covid-19 di Provinsi Sulawesi Selatan pada hari ke 124-130. Berdasarkan hasil tersebut, dapat diinterpretasikan bahwa jumlah kasus Covid-19 bersifat fluktuatif. Hal ini ditandai dengan naik turunnya jumlah kasus harian Covid-19 pada Provinsi Sulawesi Selatan.

Dalam penelitian ini, telah dilakukan pemodelan menggunakan model ARIMA yang selanjutnya dilakukan penambahan variabel exogen sehingga digunakan model ARIMAX. Analisis dilakukan dengan bantuan software R versi 4.3.1 dengan paket utama yang digunakan yaitu *tseries* versi 5.2. Berdasarkan plot time series, plot ACF dan PACF diperoleh beberapa model yang dapat dijadikan sebagai model sementara sebelum ditentukan model ARIMA terbaik untuk selanjutnya dilakukan analisis ARIMAX yaitu: ARIMA (2,1,0), ARIMA (0,1,2), dan ARIMA (2,1,2).

Dari beberapa model tersebut dilakukan beberapa uji untuk mendapatkan model ARIMA terbaik yaitu dengan melakukan uji signifikansi parameter, dan uji

asumsi white noise. Karena terdapat lebih dari satu model yang memenuhi asumsi, maka pemilihan model terbaik didasarkan pada nilai AIC yang lebih kecil yaitu model ARIMA (2,1,0).

Model ARIMA terbaik (2,1,0) kemudian digunakan analisis selanjutnya dengan menggunakan model ARIMAX dengan penambahan variabel exogenous (jumlah vaksinasi). Hasil menunjukkan bahwa peubah jumlah vaksinasi signifikan mempengaruhi jumlah kasus Covid-19 pada taraf signifikansi 10%. Nilai estimasi parameter Xreg adalah -0,00108 yang mengindikasikan bahwa variabel jumlah vaksinasi berpengaruh negative terhadap jumlah kasus Covid-19. Hal ini berarti bahwa jika jumlah vaksinasi meningkat, maka jumlah kasus Covid-19 akan menurun. Hasil dari penelitian ini mendukung penelitian oleh (Annas et al., 2020) yang menyimpulkan bahwa vaksin dapat mempercepat penyembuhan COVID-19.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan model ARIMAX diperoleh kesimpulan bahwa model ARIMAX terbaik dalam memodelkan pengaruh jumlah vaksinasi harian terhadap jumlah kasus Covid-19 harian di Provinsi Sulawesi Selatan (tanggal 1 Oktober 2021 – 30 Januari 2022) adalah model ARIMAX (2,1,0). Hasil menunjukkan bahwa jumlah vaksinasi signifikan pada taraf signifikansi 10% (0,1) berpengaruh terhadap jumlah kasus Covid-19 dengan nilai estimasi parameter Xreg adalah -0,00108. Sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel jumlah vaksinasi berpengaruh negative terhadap jumlah kasus Covid-19. Dengan kata lain, semakin tinggi jumlah vaksinasi harian, semakin rendah jumlah kasus harian Covid-19 di Provinsi Sulawesi Selatan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Universitas Negeri Makassar, Indonesia. Penelitian ini dibiayai oleh DIPA Universitas Negeri Makassar No: SP DIPA 023.17.2.677523/2022, 27 Juli 2022, berdasarkan keputusan rektor Universitas Negeri Makassar No: 570/UN36/HK/2022 pada 28 April 2022.

REFERENSI

- Annas, S. et al. (2020) 'Stability analysis and numerical simulation of SEIR model for pandemic COVID-19 spread in Indonesia', *Chaos, Solitons and Fractals*, 139, p. 110072. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2020.110072>.
- Aswi, A. and Sukarna, S. (2006) *Analisis Deret Waktu: Teori dan Aplikasi*.
- B. S. Aji, Indwiarti and A. A. Rohmawati, "Forecasting Number of COVID-19 Cases in Indonesia with ARIMA and ARIMAX Models," 2021 9th International Conference on Information and Communication Technology (ICoICT), 2021, pp. 71-75, doi: 10.1109/ICoICT52021.2021.9527453.
- Bhattacharjee, A. et al. (2022) 'Time Series Analysis Using Different Forecast Methods and Case Fatality Rate for Covid-19 Pandemic', *Regional Science Policy & Practice*, (October 2021), pp. 1–14. Available at: <https://doi.org/10.1111/rsp3.12555>.
- Chadsuthi, S. et al. (2015) 'Modelling Seasonal Influenza Transmission and Its

- Association with Climate Factors in Thailand Using Time-Series and ARIMAX Analyses', Hindawi Publishing Corporation, 2015. available at: <https://www.hindawi.com/journals/cmmm/2015/436495/>
- li, (2018) 'Landasan Teori', pp. 21–25. Available at: https://scholar.google.com/scholar?hl=id&as_sdt=0%2C5&q=li%2C+B+A+B+Teori%2C+Landasan&btnG=
- NASIONAL, K. P. C.-19 D. P. E. (2021) 'Data Vaksinasi COVID-19 (Update per 6 Februari 2021)', Satuan Tugas Penanganan COVID-19. Available at: <https://covid19.go.id/berita/data-vaksinasi-covid-19-update-22-februari-2022>.
- Rachmawati, A.K. (2020) 'Peramalan Penyebaran Jumlah Kasus Covid19 Provinsi Jawa Tengah dengan Metode ARIMA', *Zeta - Math Journal*, 6(1), pp. 11–16. Available at: <https://doi.org/10.31102/zeta.2021.6.1.11-16>.
- Yanti, R., Agustin, W. and Nasution, T. (2022) 'Prediksi Vaksinasi COVID-19 Dosis Lengkap Beberapa Provinsi di Indonesia Menggunakan Model ARIMA ARIMA Model to Predict Fully Vaccinated People Against Covid-19 in Several Province in Indonesia.', 12(1), pp. 49–61.
- Liu, C. et al. (2020) 'Research and Development on Therapeutic Agents and Vaccines for COVID-19 and Related Human Coronavirus Diseases', *ACS Central Science*, 6(3), pp. 315–331. doi: 10.1021/acscentsci.0c00272.