

Model Markov Switching Autoregressive pada Data Covid-19 di Indonesia

Setyo Wira Rizki, Shantika Martha, Bartolomius, Rita Apriliyanti



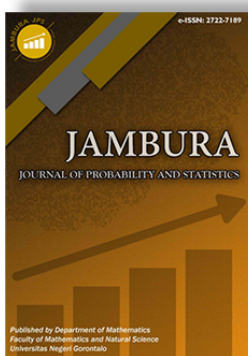
Volume 5, Issue 1, Pages 1–5, May 2024

Received 14 April 2023, Revised 25 April 2024, Accepted 31 May 2024, Published Online 4 June 2024

To Cite this Article : S.W.Rezky, S. Martha, Bartolomius, and Rita Apriliyanti, “ Model Markov Switching Autoregressive pada Data Covid-19 di Indonesia ”, *Jambura J. Probab. Stat.*, vol. 5, no. 1, pp. 1–5, 2024, <https://doi.org/10.34312/jjps.v5i1.19429>

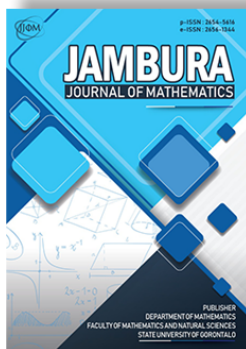
© 2024 by author(s)

JOURNAL INFO • JAMBURA JOURNAL OF PROBABILITY AND STATISTICS



	Homepage	: https://ejournal.ung.ac.id/index.php/jps/index
	Journal Abbreviation	: Jambura J. Probab. Stat.
	Frequency	: Biannual (May and November)
	Publication Language	: English (preferable), Indonesia
	DOI	: https://doi.org/10.37905/jjps
	Online ISSN	: 2722-7189
	Editor-in-Chief	: Ismail Djakaria
	Publisher	: Department of Mathematics, Universitas Negeri Gorontalo
	Country	: Indonesia
	OAI Address	: http://ejournal.ung.ac.id/index.php/jps/oai
	Google Scholar ID	: kWdujzMAAAJ
	Email	: redaksi.jjps@ung.ac.id

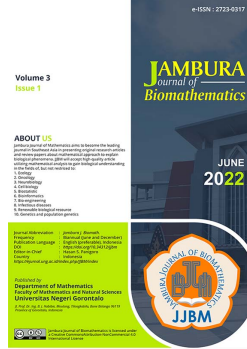
JAMBURA JOURNAL • FIND OUR OTHER JOURNALS



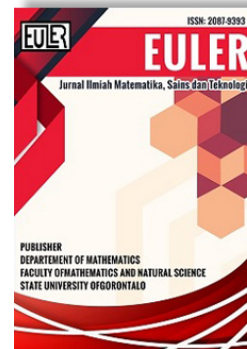
Jambura Journal of Mathematics



Jambura Journal of Mathematics Education



Jambura Journal of Biomathematics



EULER : Jurnal Ilmiah Matematika, Sains, dan Teknologi

Model Markov Switching Autoregressive pada Data Covid-19 di Indonesia

Setyo Wira Rizki^{1,*}, Shantika Martha¹, Bartolomius¹, dan Rita Apriliyanti¹

¹Jurusan Matematika, Program Studi Statistika, Fakultas MIPA, Universitas Tanjungpura

ARTICLE HISTORY

Received 14 April 2023

Revised 25 April 2024

Accepted 31 May 2024

Published 4 June 2024

KATA KUNCI

Covid-19
state
deret waktu
MSAR

KEYWORDS

Covid-19
state
time series
MSAR.

ABSTRAK. Pandemi Covid-19 memberikan imbas yang sangat berpengaruh pada kondisi sosial ekonomi di Indonesia. Peramalan jumlah kasus Covid-19 diperlukan untuk mendukung pengambilan Tindakan preventif. Metode yang dapat digunakan dalam menentukan jumlah kasus Covid-19 adalah metode peramalan dengan menggunakan model data runtun waktu Markov Switching Autoregressive (MSAR) menjadi suatu alternatif untuk menganalisis data perubahan struktural. Penelitian ini menggunakan data konfirmasi Covid-19 di Indonesia periode Maret 2020-Juni 2021, dengan tujuan untuk merancang model MSAR dan menghitung besarnya peluang transisi pada setiap kondisi (state) pada data konfirmasi Covid-19 di Indonesia. Model MSAR diawali dengan mendeskripsikan data dan memeriksa kestasioneran data. Setelah itu, pemodelan Box-Jenkins dilakukan untuk menguji heteroskedastisitas dan perubahan struktural. Selanjutnya, dilakukan estimasi parameter model MSAR dan pembentukan matriks transisinya. Penelitian ini menunjukkan bahwa model MSAR terbaik yang terbentuk adalah model MS(2)-AR(5), dengan nilai peluang transisi yang dihasilkan statis pada state 1 yaitu senilai 0,981330. Namun, terlihat bahwa terdapat peluang senilai 0,018670 untuk kondisi konfirmasi Covid-19 dapat berpindah ke state 2. Pengujian pada kasus state 2 menghasilkan peluang transisi senilai 0,980991 pada state 2, dengan peluang transisi konfirmasi Covid-19 berubah ke state 1 senilai 0,019009.

ABSTRACT. The Covid-19 pandemic has had a very influential impact on socio-economic conditions in Indonesia. Forecasting the number of Covid-19 cases is needed to support taking preventive action. The method that can be used to determine the number of Covid-19 cases is a forecasting method using the Markov Switching Autoregressive (MSAR) time series data model as an alternative for analyzing structural change data. This research uses Covid-19 confirmation data in Indonesia for the period March 2020-June 2021, with the aim of designing an MSAR model and calculating the magnitude of the transition opportunity in each state in the Covid-19 confirmation data in Indonesia. The MSAR model begins by describing the data and checking the stationarity of the data. After that, Box-Jenkins modeling was carried out to test heteroscedasticity and structural changes. Next, the MSAR model parameters were estimated and the transition matrix was formed. This research shows that the best MSAR model formed is the MS (2)-AR (5) model, with a static transition probability value in state 1 of 0.981330. However, it appears that there is a chance of 0.018670 for the Covid-19 confirmation condition to move to state 2. Testing in the case of state 2 produces a transition chance of 0.980991 in state 2, with a transition chance of Covid-19 confirmation changing to state 1 of 0.019009.



This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License. *Editorial of JJPS: Department of Statistics, Universitas Negeri Gorontalo, Jln. Prof. Dr. Ing. B. J. Habibie, Bone Bolango 96554, Indonesia.*

1. PENDAHULUAN

Pandemi Covid-19 berdampak besar pada kondisi sosial ekonomi masyarakat di seluruh dunia, begitu juga di Indonesia. Implikasi kesehatan adalah fokus pertama setiap negara di dunia. Dampaknya mempengaruhi hampir segala sektor [1]. Covid-19 ditetapkan sebagai pandemi pada awal Maret 2020 oleh *World Health Organization* (WHO), bersamaan dengan kasus pertama Covid-19 di Indonesia, tepatnya di Jakarta. Pemerintah melakukan beberapa tindakan preventif dalam pencegahan kenaikan kasus Covid-19. Namun, tindakan ini tidak efektif karena penyebaran virus tidak terkendali dan meluas hampir ke semua

provinsi di Indonesia. Kondisi pandemi Covid-19 memberikan banyak imbas yang secara konkret pada segala sektor seperti sektor ekonomi, kesehatan, sosial, maupun sektor politik. Kondisi yang disebabkan oleh pandemi Covid-19 menimbulkan banyak dampak negatif. Kementerian Keuangan menyebutkan bahwa kondisi pandemi Covid-19 mengakibatkan penyusutan daya beli dan konsumsi masyarakat, yang mengancam sektor perbankan maupun sektor keuangan lainnya [2].

International Monetary Fund dan *World Bank* memprediksi ekonomi global mengalami resesi yang sangat tajam dikarenakan munculnya pandemi Covid-19 yang menyebar tidak hanya di Indonesia, melainkan hampir di seluruh negara di dunia [3]. Pandemi Covid-19 merupakan suatu kasus pneumonia yang tidak

*Corresponding Author.

diketahui secara pasti etiologinya sehingga ditetapkan sebagai pandemi yang sangat darurat serta ancaman untuk negara-negara di dunia. Adanya pandemi Covid-19 menyebabkan sebagian negara di dunia menerapkan sistem *Work From Home* (WFH) untuk mencegah rantai penyebaran Covid-19 [4]. Pencegahan ini dilakukan pula dengan upaya *lockdown*, karantina wilayah, sampai ke pengetatan kegiatan sosial dalam jangkauan yang luas.

Kondisi pandemi Covid-19 yang kian menyebar tidak terkendali menyebabkan pemerintah kewalahan untuk mengatasi hal ini. Pemerintah menempuh berbagai langkah guna menekan penyebaran Covid-19. Namun, langkah-langkah yang diterapkan masih belum efektif mengurangi angka penyebaran Covid-19 di Indonesia [5]. Oleh karena itu, pemerintah perlu mempertimbangkan kebijakan baru sebagai salah satu strategi guna meningkatkan penurunan penyebaran pandemi Covid-19 di Indonesia. Satu hal yang dilakukan yaitu dengan memberikan informasi kepada masyarakat mengenai perubahan struktur atau tingkatan pada penyebaran Covid-19 dengan suatu pemodelan berdasarkan runtutan data masa lalu guna meningkatkan kewaspadaan masyarakat terhadap pandemi Covid-19 yang kian menyebar tidak terkendali. Covid-19 sebagai pandemi yang menyebar hampir di seluruh wilayah di Indonesia merupakan suatu rangkaian data deret waktu yang dipengaruhi dan tersusun berdasarkan waktu dengan interval yang umumnya sama panjang [6].

Data Covid memiliki rangkaian data *time series* yang terpengaruh yang diurutkan berdasarkan waktu dan umumnya memiliki panjang interval yang sama. Pemodelan *time series* meliputi tiga model klasik yang sering digunakan, model tersebut adalah *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA), *Autoregressive Conditional Heteroscedastic* (ARCH), dan *Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity* (GARCH). Ketiga model ini cukup baik, namun tidak mempertimbangkan perubahan kondisi variabel ekonomi akibat dari krisis ekonomi, perang atau kausa lain yang menyebabkan perubahan nilai data yang berpengaruh [7]. Data deret waktu yang mengalami perubahan struktur secara alternatif dimodelkan Model *Markov Switching Analysis* (MSA). Model *Switching Markov* dikenal sebagai model *switching rezim*, sebagai alternatif pemodelan data deret waktu yang merekam kondisi atau peralihan *regime/state* [7]. Model *Switching Markov* adalah model deret waktu non linear yang sering digunakan. Model ini dapat memodelkan data deret waktu yang tunduk pada perubahan struktural. Dalam model peralihan *Markov*, sifat dari rantai *Markov* adalah menetapkan nilai variabel status yang bergantung pada nilai sebelumnya mengendalikan peralihan struktural atau fluktuasi dalam data. Struktur yang berubah dari waktu ke waktu digantikan oleh struktur lain melalui proses pertukaran.

Model *Markov Switching Autoregressive* (MSAR) merupakan model yang digunakan untuk menganalisa peralihan kondisi fluktuasi pada data *time series*. Berdasarkan data sebelumnya, dengan menerapkan model *Markov Switching Autoregressive* (MSAR), dapat prediksi peluang data tetap pada keadaan tertentu atau berubah sesuai dengan kondisi awal atau sebaliknya. Hal ini sangat berguna untuk memprediksi pergerakan data yang akan datang dan sebagai peringatan dini terhadap situasi dan kondisi yang akan datang [8]. Dalam model ARIMA, ARCH, dan GARCH, perubahan kondisi dalam data diabaikan, tetapi dalam model perubahan *Markov*, perubahan kondisi dianggap sebagai variabel yang tidak dapat diamati, sering disebut dalam literatur seba-

gai keadaan atau sistem. Dengan mempertimbangkan perubahan kondisi, model *switching markov* dapat menangkap dinamika pergerakan data yang lebih kompleks. Selain itu, model ini juga menentukan probabilitas perubahan kondisi dan durasi setiap kondisi.

Model *Markov Switching* digabungkan dengan model *Markov Switching* (AR) dikenal dengan model *Markov Switching Autoregressive* (MSAR). MSAR merupakan model pada *time series* yang menjadi perluasan dari model AR yang dapat digunakan untuk membentuk model dinamis sehubungan dengan perubahan pola data [9]. Model MSAR disebut pula pasangan pada suatu proses stokastik diskrit, dimana terdapat proses yang teramati, proses laten, maupun tersembunyi. Sehingga, model MSAR dapat memodelkan deret waktu nonlinear maupun deret waktu tidak normal dengan asumsi autoregressive yang beragam berdasarkan pada keadaan yang sesuai dengan pergantian rantai *Markov* [10].

Model ini terbukti efektif dalam deret waktu autoregresif yang kondisi berubah (Ariyani, Warsito and Yasin, 2014). MSAR mampu menghitung probabilitas transisi dan durasi rata-rata setiap negara bagian. Misalnya, Covid-19 yang telah terjadi dapat berulang pada suatu waktu yang tidak diketahui secara pasti kapan akan berulang. Berdasarkan data sebelumnya, dengan model MSAR dimungkinkan untuk melihat probabilitas bahwa data akan tetap dalam keadaan tertentu atau berubah sesuai dengan situasi sebaliknya [11].

Penelitian ini menerapkan metode MSAR pada data Covid-19 dengan tujuan membentuk model MSAR dan menentukan nilai peluang transisi pada setiap *state*. Metode ini diharapkan dapat memberikan gambaran terkait kasus Covid-19 di Indonesia berdasarkan nilai probabilitas transisi pada setiap *state* menggunakan model MSAR.

2. METODE PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data konfirmasi Covid-19 di Indonesia dari periode Maret 2020 hingga Juni 2021, total sebanyak 486 data. Penelitian ini menggunakan model *Markov Switching Autoregressive* (MSAR), yang merupakan gabungan dari model *Markov Switching* dan model *Time Series Autoregressive*. Estimasi parameter dalam penelitian ini adalah *Maximum Likelihood Estimation* (MLE), yang kemudian dikombinasikan dengan proses *filtering* dan *smoothing*. Urutan penelitian dilaksanakan sebagai berikut:

- Tahap 1. Input data
- Tahap 2. Uji stasioner data
- Tahap 3. Uji perubahan struktur
- Tahap 4. Estimasi parameter model MSAR
- Tahap 5. Uji signifikansi parameter
- Tahap 6. Pemilihan model terbaik
- Tahap 7. Matrik transisi model MSAR
- Tahap 8. Peramalan

Penerapan model MSAR pada data dimulai dengan adanya pengecekan asumsi stasioneritas baik menggunakan unit root test atau *Augmented Dickey-Fuller test* (ADF) [12] dengan menggunakan rumus yaitu :

$$ADF_{hitung} = \frac{\hat{\phi}}{SE(\hat{\phi})} \quad (1)$$

dimana:

$\hat{\phi}$: nilai dugaan ϕ

$SE(\hat{\phi})$: simpangan baku dari ϕ

H_0 dapat ditolak, jika nilai $ADF_{hitung} > \alpha(0,05)$. Dapat menyimpulkan bahwa data sudah stasioner.

Korelasi antara variabel dilihat dari *model autoregressive* (AR) yang dapat dituliskan dalam persamaan berikut [12] :

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t \quad (2)$$

dimana :

Y_t : Nilai pengamatan waktu ke- t

ϕ_p : Koefisien

ε_t : Residual

Perubahan atau pertukaran dapat terjadi pada rata-rata atau varian model, yang dapat dituliskan sebagai berikut [11] :

$$y_t = \mu_{s_t} + \varepsilon_t \quad (3)$$

dimana:

$$\varepsilon_t \sim N(0, (\sigma_{s_t}^2))$$

s_t : variabel acak tidak teramati (*state* yang dipengaruhi oleh waktu t), dengan $s_t \in \{1, 2, \dots, M\}$

M : banyaknya *state*

Perubahan struktur tidak dapat dideteksi sehingga terdapat perubahan yang diketahui maupun perubahan struktur yang tidak diketahui. Uji struktural disebut Uji *Chow Break Point* yang dapat dirumuskan sebagai berikut [13]:

H_0 : $\delta_i = 0$, tidak terdapat perubahan struktural

H_1 : $\delta_i \geq 1$, terdapat perubahan struktural

Rumus statistik uji yang dapat digunakan yaitu :

$$F = \frac{(RSS_c - (RSS_1 + RSS_2)) / s}{(RSS_1 + RSS_2) / (T - 2s)} \quad (4)$$

dimana :

RSS_c : total kuadrat residual model regresi dari keseluruhan data (T)

RSS_1 : total kuadrat residual model regresi sebelum jeda

RSS_2 : total kuadrat residual model regresi setelah jeda

S : banyaknya parameter yang diestimasi

H_0 dapat ditolak, apabila statistik uji $F_{chow} > F_{s, T-2s}$ atau nilai p -value $< \alpha$ sehingga diasumsikan terdapat perubahan struktural pada data.

Model *Markov Switching Autoregressive* (MSAR) digunakan untuk mengelola perubahan struktural dalam ruang yang tidak teramati dalam rangkaian rantai *Markov* [14]. Model MSAR dapat dituliskan dalam rumus berikut:

$$(y_t - \mu_{s_t}) = \phi_1 (y_{t-1} - \mu_{s_{t-1}}) + \dots + \phi_p (y_{t-p} - \mu_{s_{t-p}}) + \varepsilon_t \quad (5)$$

dengan $\varepsilon_t \sim iidN(0, \sigma_{s_t}^2)$

dimana :

$y_t, y_{t-1}, \dots, y_{t-p}$: data pengamatan

$\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$: koefisien *autoregressive*

$\mu_{s_t}, \mu_{s_{t-1}}, \dots, \mu_{s_{t-p}}$: rata-rata dipengaruhi perubahan *state* dan waktu

$\sigma_{s_t}^2$: varian dipengaruhi perubahan *state*

ε_t : residual pada saat t

Metode MLE dimulai dengan mendefinisikan fungsi densitas, yang kemudian dikonstruksikan sebagai fungsi *log-likelihood*. Fungsi densitas model MSAR dua state dituliskan dalam persamaan berikut: Metode MLE dimulai dengan mendefinisikan fungsi densitas, yang kemudian dikonstruksikan sebagai fungsi *log-likelihood*. Fungsi densitas model MSAR dua state dituliskan dalam persamaan berikut:

$$f(s_t, s_{t-1}, \Omega_{t-1}; \theta) = \left(\frac{1}{\mu_{s_t} \sqrt{2\pi}} \exp \left(- \frac{[(y_t - \mu_{s_t}) - \phi(y_t - \mu_{s_{t-1}})]^2}{2\sigma_{s_t}^2} \right) \right)$$

dimana :

Ω_{t-1} : populasi data pengamatan

θ : parameter model MSAR

Fungsi densitas y_t bergantung pada nilai s_t dan s_{t-1} . Fungsi densitas dari y_t, s_t dan s_{t-1} yang bersyarat pada informasi historis dihitung dengan probabilitas transisi sehingga diperoleh:

$$f(y_t, s_t, s_{t-1} | \Omega_{t-1}; \theta) = f(s_t, s_{t-1}, \Omega_{t-1}; \theta) P(s_t, s_{t-1} | \Omega_{t-1}; \theta) \quad (6)$$

Tahap selanjutnya yaitu penjumlahan fungsi densitas lainnya untuk menemukan fungsi densitas y_t :

Selanjutnya, probabilitas dari $P(s_t, s_{t-1} | \Omega_{t-1}; \theta)$ dihitung menggunakan *filtered probabilities* dan *smoothed probabilities*. Proses *Filtering* dapat dicari berdasarkan persamaan berikut:

$$P(\Omega_t; \theta) = \frac{f(s_t = j, s_{t-1} = i, \Omega_{t-1}; \theta) P(\Omega_{t-1}; \theta)}{\sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^N f(s_t, s_{t-1}, \Omega_{t-1}; \theta) P(\Omega_{t-1}; \theta)} \quad (7)$$

Sehingga, menghasilkan proses *filtering* dengan persamaan sebagai berikut:

$$P(\Omega_t, \theta) = \sum_{i=1}^N P(z_t, \Omega_{t-1}; \theta) \quad (8)$$

Persamaan yang digunakan untuk memulai proses *filtering* pada saat $t=1$ adalah sebagai berikut [15]:

$$P(s_o = j | \Omega_0) \{ P(\Omega_0) = \pi_1 = \frac{1 - p_{22}}{2 - p_{22} - p_{11}} P(\Omega_0) \} \quad (9)$$

$$\pi_2 = \frac{1 - p_{11}}{2 - p_{22} - p_{11}}$$

Proses *Smoothing* menghasilkan nilai *smoothed state probabilities* yang dilambangkan dengan $P(s_t = j | \Omega_t; \theta)$, dengan persamaan sebagai berikut:

$$P(\Omega_t; \theta) = \frac{P(\Omega_t; \theta) P(\Omega_t; \theta) P(\Omega_t; \theta)}{P(s_{t+1} = k | \Omega_t; \theta)} \quad (10)$$

Persamaan di atas dihitung untuk setiap nilai k yang digunakan untuk memperoleh probabilitas s_t bernilai j berdasarkan pengamatan sehingga $t = T$ yang dapat dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$P(\Omega_t; \theta) = \sum_{k=1}^M P(\Omega_t; \theta); j, k = 1, 2 \quad (11)$$

fungsi densitas dari y_t diperoleh dalam persamaan sebagai berikut:

$$f(s_t, s_{t-1}, \Omega_t; \theta) = \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^M f(s_t, s_{t-1}; \Omega_t; \theta) P(s_t = j, s_{t-1} = i | \Omega_t; \theta) \quad (12)$$

Oleh karena itu fungsi *likelihood* dan *log-likelihood* dituliskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\ln L(\theta) = \sum_{t=1}^T f(s_t, s_{t-1}, \Omega_t; \theta) \quad (13)$$

Setiap parameter dihitung dengan memaksimalkan fungsi *log-likelihood* menggunakan diferensial fungsi *likelihood* dan *log-likelihood* untuk setiap parameter dalam $\theta = (\mu_1, \mu_2, \sigma_1^2, \sigma_{12}^2, p_{11}, p_{22}, \phi_1)$ dan disamakan dengan nol. Sehingga diperoleh penaksirnya sebagai berikut:

$$\hat{\mu}_j = \frac{\sum_{t=1}^T y_t P(s_t = j | y_t; \theta)}{\sum_{t=1}^T P(s_t = j | y_t; \theta)} \quad (14)$$

$$\sigma_j^2 = \frac{\sum_{t=1}^T (y_t - \hat{\mu}_j)^2 P(s_t = j | y_t; \hat{\theta})}{\sum_{t=1}^T P(s_t = j | y_t; \hat{\theta})} \quad (15)$$

$$\hat{p}_{ij} = \frac{\sum_{t=1}^T P(s_t = j, s_{t-1} = i | \Omega_T; \hat{\theta})}{\sum_{t=2}^T P(s_{t-1} = i | \Omega_T; \hat{\theta})} \quad (16)$$

$$\hat{\phi}_r = \frac{\sum_{t=1}^T \left\{ \sum_{j=1}^{M-2} (y_t - \hat{\mu}_j) P(s_t = j | \Omega_T; \theta) \right\}}{\sum_{t=1}^T \left\{ \sum_{j=1}^{M-2} P(s_t = j | \Omega_T; \theta) \right\}} \quad (17)$$

Pada model *markov switching Autoregressive* (MSAR), durasi rata-rata setiap state dapat dihitung. Elemen diagonal dari matriks probabilitas transisi mengandung informasi terkait rata-rata durasi yang diharapkan dari suatu state yang akan bertahan [12].

$$E(D) = \frac{1}{1 - p_{jj}} \quad (18)$$

dimana P_{jj} adalah diagonal matriks probabilitas transisi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Penelitian

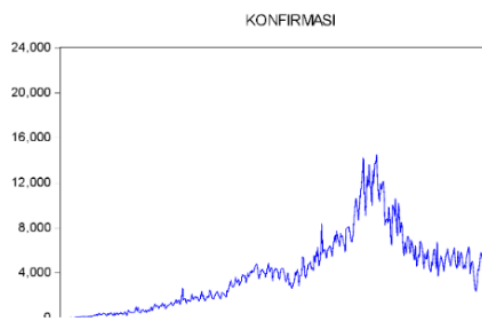
Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data konfirmasi positif covid-19 di Indonesia yang merupakan data harian selama periode Maret 2020 sampai dengan Juni 2021 yang diambil dari <https://infeksiemerging.kemkes.go.id/dashboard/covid-19>. Plot data dapat dilihat pada gambar 1:

Hasil uji stasioneritas dengan *Dickey-Fuller test* menunjukkan bahwa data covid-19 tidak stasioner, sehingga dilakukan *differencing* agar data stasioner. Berdasarkan hasil uji *Chow breakpoint* ditunjukkan bahwa data positif covid-19 di Indonesia mengalami perubahan struktur pada data ke 100, 180, 291 dan 363, sehingga layak dilakukan analisis model *Markov Switching Autoregressive*.

Hipotesis untuk menguji ada tidaknya perubahan struktur pada data adalah sebagai berikut:

H_0 : Tidak terdapat perubahan struktur

H_1 : Terdapat perubahan struktur



Gambar 1. Plot Data Covid-19 di Indonesia periode Maret 2020-Juni 2021

Tabel 1. Hasil Eviews Analisis Model Markov Switching Autoregressive

Chow Breakpoint Test: 100 180 291 363
Null Hypothesis: No breaks at specified breakpoints
Varying regressors: All equation variables
Equation Sample: 1 486

Tabel 1 menunjukkan bahwa nilai probabilitas uji *Chow breakpoint* 0,0000 lebih kecil dari $\alpha = 0,05$ maka H_0 ditolak. Jadi dapat disimpulkan bahwa terjadi perubahan struktur pada data covid-19 di Indonesia.

3.2. Estimasi Parameter Model MSAR

Hasil estimasi parameter dengan software statistik diperoleh bahwa parameter model MS(2)-AR(5) sudah signifikan karena model tersebut memiliki nilai probabilitas yang lebih kecil dari $\alpha = 0,05$. Sehingga model MS(2)-AR(5) yang terbentuk adalah sebagai berikut:

$$y_t - \mu_{s_t} = -0,256137(y_{t-1} - \mu_{s_{t-1}}) - 0,283892(y_{t-2} - \mu_{s_{t-2}}) - 0,239890(y_{t-3} - \mu_{s_{t-3}}) - 0,2108(y_{t-4} - \mu_{s_{t-4}}) \text{ dengan nilai state:}$$

$$\mu_{s_t} = \begin{cases} \mu_1 = 16,15949, & \text{untuk } s_t = 1 \text{ (kenaikan)} \\ \mu_2 = 67,67973, & \text{untuk } s_t = 2 \text{ (penurunan)} \end{cases}$$

Parameter $\hat{\mu}_1 = 16,15949$ memberikan informasi rata-rata data Covid-19 pada *state* 1 yaitu saat dimana data Covid-19 naik. Parameter $\hat{\mu}_2 = 67,67973$ memberikan informasi rata-rata data Covid-19 pada *state* 2 yaitu saat dimana Covid-19 turun. Kemudian $\hat{\phi}_1 = -0,256137$ merupakan parameter *autoregressive*.

3.3. Filtered dan Smoothed pada Estimasi Model MSAR

Berdasarkan estimasi parameter model *Markov Switching Autoregressive* MS(2)-AR(5) dengan nilai peluang transisi $\hat{p}_{11} = 0,981330$ dan $\hat{p}_{21} = 0,019009$, maka dapat diketahui matriks transisi model MS(2)-AR(5) adalah sebagai berikut:

$$\mu_{s_t} = \begin{cases} \mu_1 = 16,15949, & \text{untuk } s_t = 1 \text{ (kenaikan)} \\ \mu_2 = 67,67973, & \text{untuk } s_t = 2 \text{ (penurunan)} \end{cases}$$

Dari matriks probabilitas transisi di atas diketahui bahwa peluang transisi Covid-19 dari *state* 1 bergerak ke *state* 1 atau

Covid-19 tetap bertahan pada *state* 1 adalah sebesar 0,981330. Dengan kata lain, ketika kondisinya berada pada *state* 1, maka trend Covid-19 akan tetap berada di pada *state* ini. Namun, ada probabilitas sebesar 0,018670, dimana keadaan Covid-19 akan berpindah ke *state* 2. Demikian pula dalam kasus *state* 2, dimana probabilitas transisi Covid-19 dari *state* 2 ke *state* 2 atau Covid-19 tetap bertahan pada *state* 2 adalah sebesar 0,980991. Terdapat kemungkinan sebesar 0,019009 dimana Covid-19 akan berpindah dari *state* 2 ke *state* 1. Dengan menggunakan persamaan (20), rata-rata durasi yang diharapkan dari *state* 1 atau kenaikan Covid-19 adalah sekitar 3 bulan, sedangkan rata-rata durasi yang diharapkan dari *state* 2 atau penurunan Covid-19 yaitu sekitar 26 bulan. Hal ini menunjukkan bahwa durasi kenaikan Covid-19 lebih pendek dibandingkan dengan durasi penurunan Covid-19.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, dapat diperoleh kesimpulan bahwa pemodelan data Covid-19 di Indonesia menggunakan model *markov switching autoregressive* diperoleh model MS(2)-AR(5) dengan model sebagai berikut.

$$y_t - \mu_{s_t} = -0,256137(y_{t-1} - \mu_{s_{t-1}}) - 0,283892(y_{t-2} - \mu_{s_{t-2}}) - 0,239890(y_{t-3} - \mu_{s_{t-3}}) - 0,2108(y_{t-4} - \mu_{s_{t-4}})$$

dengan nilai *state*:

$$\mu_{s_t} = \begin{cases} \mu_1 = 16,15949, & \text{untuk } s_t = 1 \text{ (kenaikan)} \\ \mu_2 = 67,67973, & \text{untuk } s_t = 2 \text{ (penurunan)} \end{cases}$$

peluang perpindahan Covid-19 dari *state* 1 berpindah ke *state* 1 atau Covid-19 tetap pada *state* 1 adalah sebesar 0,981330. Dengan kata lain, ketika kondisinya berada pada *state* 1, maka trend Covid-19 tetap pada kondisi tersebut. Namun, jika kondisi Covid-19 berpindah ke *state* 2, terdapat peluang sebesar 0,018670. Demikian pula untuk kasus *state* 2, peluang Covid-19 berpindah dari *state* 2 ke *state* 2 atau Covid-19 tetap berada pada *state* 2 adalah sebesar 0,980991. Terdapat probabilitas sebesar 0,019009 dimana Covid-19 akan berpindah dari *state* 2 ke *state* 1.

UCAPAN TERIMA KASIH.

Penelitian ini didukung dengan dana DIPA PNBP Universitas Tanjungpura tahun anggaran 2021.

References

- [1] C. A. Maskur, "Analisis dampak covid-19 terhadap pendapatan peternak unggas di kabupaten probolinggo," *Jurnal Agriovet*, vol. 3, no. 1, pp. 63–74, 2020.
- [2] I. Masrurroh, R. Andean, and F. Arifah, "Peran pemerintah dalam mengatasi dampak pandemi covid-19 bagi umkm di indonesia," *Journal of Innovation Research and Knowledge*, vol. 1, no. 1, pp. 41–48, 2021.
- [3] J. H. V. Purba, R. Fathiah, and S. Steven, "The impact of covid-19 pandemic on the tourism sector in indonesia," *Riset: Jurnal Aplikasi Ekonomi Akuntansi dan Bisnis*, vol. 3, no. 1, pp. 389–401, 2021.
- [4] D. Junaedi *et al.*, "Dampak pandemi covid-19 terhadap stabilitas moneter indonesia," *Al-Kharaj: Jurnal Ekonomi, Keuangan & Bisnis Syariah*, vol. 3, no. 1, pp. 17–36, 2020.
- [5] N. Suparman, "Dampak pandemi covid-19 terhadap pengelolaan keuangan negara," *Indonesian Treasury Review: Jurnal Perbendaharaan, Keuangan Negara Dan Kebijakan Publik*, vol. 6, no. 1, pp. 31–42, 2021.
- [6] B. Bartolomius, S. Martha, and S. Aprizkiyandari, "Pemodelan markov switching autoregressive (msar) pada data inflasi di indonesia," *Bimaster: Buletin Ilmiah Matematika, Statistika Dan Terapannya*, vol. 10, no. 4, 2021.
- [7] S. Manullang, "Analisis runtun waktu menggunakan model markov," *Generasi Kampus*, vol. 11, no. 1, 2018.
- [8] A. Khoerunnisa, I. M. Nur, and P. R. Arum, "Metode markov switching autoregressive (msar) untuk peramalan indeks saham syariah indonesia (issi)," in *Prosiding Seminar Nasional UNIMUS*, vol. 5, 2022.
- [9] J. Rahman, E. Puspita, and M. Suherman, "Markov switching autoregressive."
- [10] L. Spezia, S. Gibbs, M. Glendell, R. Helliwell, R. Paroli, and I. Pohle, "Bayesian analysis of high-frequency water temperature time series through markov switching autoregressive models," *Environmental Modelling & Software*, vol. 167, p. 105751, 2023.
- [11] A. Prasyanti *et al.*, "Pemodelan markov switching autoregressive (msar) pada data time series," 2017.
- [12] A. R. Ashariansyah, N. Iriawan, and A. Mukarromah, "Pemodelan harga cryptocurrency menggunakan markov switching autoregressive," *Inferensi*, vol. 3, no. 2, pp. 81–88, 2020.
- [13] M. Mamuroh, S. Sudarno, and H. Yasin, "Identifikasi breakpoint dan pemodelan autoregressive structural change pada data runtun waktu (studi kasus indeks harga konsumen umum kota semarang tahun 1994–2010)," *Jurnal Gaussian*, vol. 3, no. 1, pp. 91–100, 2014.
- [14] U. A. Wisza, D. Devianto *et al.*, "Model laju perubahan nilai tukar rupiah (idr) terhadap poundsterling (gbp) dengan metode markov switching autoregressive (msar)," *Jurnal Matematika UNAND*, vol. 5, no. 3, pp. 56–64, 2016.
- [15] F. D. Ariyani, B. Warsito, and H. Yasin, "Pemodelan markov switching autoregressive," *Jurnal Gaussian*, vol. 3, no. 3, pp. 381–390, 2014.