

Received: 30 Oktober 2021

Revised: 20 Desember 2021

Accepted: 30 Desember 2021

Published: 31 Desember 2021

Analisis Peluang Naiknya Kasus COVID-19 Provinsi di Pulau Jawa dengan Pendekatan Rantai Markov

Afdelia Novianti^{1, a)}, Nanda Lailatul Humairoh^{1, b)}, Rahmi Novika Harahap^{1, c)}, Sheila Alphenia^{1, d)}, Achmad Fauzan^{1, e)}

¹Universitas Islam Indonesia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Program Studi Statistika, Yogyakarta

E-mail: ^{a)}18611082@students.uii.ac.id, ^{b)}18611097@students.uii.ac.id, ^{c)}18611099@students.uii.ac.id,
^{d)}18611109@students.uii.ac.id, ^{e)}achmad.fauzan@uui.ac.id

Abstract

COVID-19 is a virus that attacks the respiratory system with very fast transmission that has entered Indonesia since March 2020. The area with the highest number of positive cases in Indonesia is Java Island, where Java itself is also the island with the most population. Therefore, the government needs to focus on handling COVID-19 to emphasize positive cases in areas that have the greatest chance of increasing positive cases. Based on this, this study was conducted to find out the general description of positive cases of COVID-19 on the island of Java and to find out which provinces have the highest chance of increasing COVID-19 cases using Markov Chain analysis. Markov chain is a method that can estimate the probability value of the future period using the probability value of the current period based on the properties of the past period. The stationary probability value of the increasing the number of COVID-19 cases in West Java and Central Java was 61.54% (January 2023), Banten Province 65.75% (September 2022), DIY 59.82% (May 2022), Jakarta 46 % (August 2022), and East Java 48.81% (April 2023). So, it can be concluded that the highest probability of increasing COVID-19 cases is in the Provinces of West Java and Central Java, which will be stationary in January 2022, so it is hoped that the focus should be on the three provinces. In addition, the surrounding community must also maintain health protocols as an effort to reduce the chance of positive cases of COVID-19.

Keywords: markov chain, probability, COVID-19, java island

Abstrak

COVID-19 merupakan virus yang menyerang sistem pernapasan dengan penularan yang sangat cepat yang sudah memasuki Indonesia sejak Maret 2020. Daerah dengan jumlah kasus positif terbanyak di Indonesia adalah Pulau Jawa, di mana Pulau Jawa sendiri sekaligus merupakan pulau dengan penduduk terbanyak. Sehingga pemerintah perlu memfokuskan penanganan COVID-19 untuk menekan kasus positif pada daerah yang memiliki peluang terbesar untuk naiknya kasus positif. Berangkat dari hal tersebut dilakukan penelitian ini untuk mengetahui gambaran umum kasus positif COVID-19 di Pulau Jawa dan mengetahui Provinsi yang memiliki peluang naik kasus COVID-19 tertinggi menggunakan analisis Rantai Markov. Rantai Markov merupakan metode yang dapat memperkirakan nilai probabilitas

periode yang akan datang menggunakan nilai probabilitas periode saat ini berdasarkan sifat-sifat periode lalu. Didapatkan nilai peluang naik stasioner kasus COVID-19 pada Provinsi Jawa Barat dan Jawa Tengah sebesar 61.54% (Januari 2023), Provinsi Banten sebesar 65.75% (September 2022), DIY 59.82% (Mei 2022), Jakarta 46% (Agustus 2022), dan Jawa Timur sebesar 48.81% (April 2023). Sehingga dapat disimpulkan bahwa peluang naik kasus COVID-19 tertinggi yaitu pada Provinsi Jawa Barat dan Jawa Tengah yang akan stasioner pada bulan Januari 2022, untuk itu pemerintah diharapkan perlu memfokuskan perhatian kepada ketiga provinsi tersebut. Selain itu, masyarakat sekitar juga harus menjaga protokol kesehatan sebagai salah satu upaya untuk menekan peluang kasus positif COVID-19.

Kata-kata kunci: markov chain, peluang, COVID-19, pulau jawa

PENDAHULUAN

Corona Virus Disease (COVID-19) merupakan wabah yang masih diprioritaskan penanggulangannya karena penyebaran yang cepat di masyarakat. Menurut World Health Organization (2021) yang dirasakan masing-masing orang berbeda namun gejala yang paling umum adalah demam, batuk, kelelahan dan kehilangan rasa atau bau. Rata-rata orang yang terkena gejala umum ini akan muncul pada hari ke lima hingga keenam semenjak pertama kali terinfeksi virus (WHO, 2021). Perkembangan kasus positif COVID-19 di Indonesia berbeda-beda pada setiap wilayah.

Berdasarkan laporan Satuan Tugas Penanganan COVID-19 (SATGAS COVID-19), empat dari lima provinsi terbanyak jumlah kasus COVID-19 berada di pulau jawa di antaranya Daerah Khusus Ibukota (DKI) Jakarta, Jawa Barat, Jawa Tengah dan Jawa Timur (Satuan Tugas Penanganan COVID-19, 2021). Sedangkan Provinsi Daerah Istimewa (DI) Yogyakarta menempati posisi keenam dan Provinsi Banten pada posisi ketujuh. Perkembangan wabah COVID-19 di pulau jawa perlu dilakukan penanganan serius agar wabah tersebut dapat ditekan. Namun penekanan kasus COVID-19 tidak dapat dilakukan secara cepat dan sekaligus. Dibutuhkan strategi dalam penanganan wabah ini, salah satu strategi adalah memberikan kebijakan kepada provinsi yang diprioritaskan dikarenakan perkembangan wabahnya. Prioritas provinsi didasarkan dari perkembangan kasus COVID-19 ke depannya dari provinsi tersebut.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk melihat perkembangan peluang jumlah kasus COVID-19 periode ke depan adalah Metode rantai markov (*markov chain*). Metode rantai markov banyak digunakan untuk membuat model prediksi dengan melihat peluang dari variabel tersebut. Sifat dari metode ini adalah bahwa kejadian masa terdahulu tidak memengaruhi kejadian di masa yang akan datang apabila kejadian saat ini diketahui. Rantai markov dapat diimplementasikan dalam berbagai bidang seperti pengendalian kualitas (Allo, Hatidja and Paendong, 2013; Abdy, Sanusi and Rahmawati, 2021; Andini, Sudarno and Rahmawati, 2021), kesehatan (Putri and Muliawati, 2021; Safitri, 2021), pendidikan (Rosalindari, Sufri and Kholijah, 2021), cuaca (Nurhamiddin and Sulisa, 2019), infrastruktur (Sazali, Setiadji and Haryadi, 2019) dan pemasaran (Susdarwono, 2021).

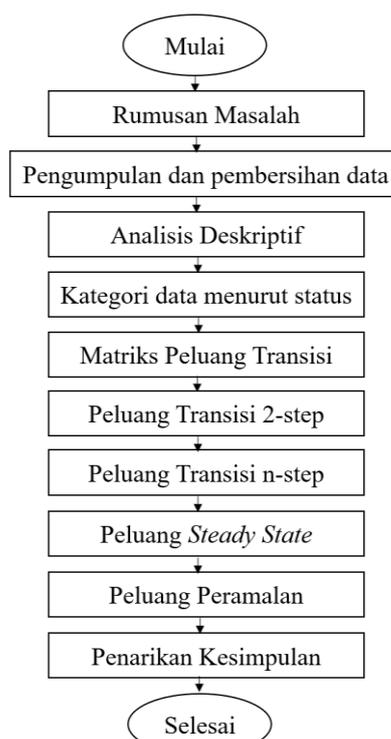
Masuku *et al.* (2018) pernah melakukan analisis dan mendapatkan hasil bahwa metode rantai markov dapat digunakan untuk memprediksi peluang perpindahan penumpang maskapai penerbangan dengan rute Manado-Jakarta. Andry (2015) menggunakan model markov sebagai model yang dapat memotret pergerakan pelanggan toko. Selain pada bidang industri dan pemasaran, metode rantai markov juga dapat digunakan di bidang kesehatan. Menurut Kurniawan (2018) rantai markov merupakan metode sederhana yang dapat memprediksi suatu kondisi dimana studi kasus yang digunakan adalah prediksi tekanan darah. Bidang kesehatan lain yang pernah dilakukan penelitian dengan rantai markov adalah studi kasus COVID-19. Aritonang et al (2020) dalam jurnal berjudul "Analisis Pertambahan Pasien COVID-19 di Indonesia Menggunakan Metode Rantai Markov" menghitung kemungkinan terjadinya penambahan pasien positif dan sembuh pada keadaan *steady state* dengan jumlah 9 *state* yang dibentuk. Hasil penelitian ini dapat diperoleh informasi bahwa peluang penambahan pasien terbesar pada rentang 1-90 yaitu 0.21197. Namun pada penelitian ini menggunakan data 19 Maret 2020 hingga 31 Mei 2020. Pada penelitian ini, peneliti menggunakan data kasus positif bulanan Maret 2020 hingga Juni 2021 di provinsi pulau Jawa.

Penelitian ini berfokus pada melihat peluang stasioner dengan metode rantai markov menggunakan data kasus positif non kumulatif COVID-19 tiap provinsi di pulau Jawa tanpa memperhatikan faktor lain yang mengakibatkan kenaikan atau penurunan dari kasus positif COVID-19. Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Microsoft Excell* 2013 dan R Studio versi 4.0.2. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan gambaran dari kasus positif COVID-19 di pulau Jawa, dan peluang stasioner dari 2 *state* yaitu kasus positif naik dan kasus positif turun yang mana dapat diketahui provinsi mana yang mempunyai peluang stasioner *state* kasus positif naik terbesar sehingga provinsi tersebut menjadi provinsi yang diprioritaskan penanganan kasus COVID-19.

METODOLOGI

Data dan Metode Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data sekunder yaitu berupa jumlah kasus positif COVID-19 bulanan periode Maret 2020 hingga September 2021 dari lima (5) provinsi di Pulau Jawa yaitu Banten, DKI Jakarta, Jawa Barat, Jawa Tengah, DI Yogyakarta, dan Jawa Timur. Data diperoleh dari situs <https://covid19.go.id/> (Satuan Tugas Penanganan COVID-19, 2021). Dalam penelitian ini memiliki populasi seluruh masyarakat Indonesia yang dinyatakan terkonfirmasi positif COVID-19. Sampel yaitu masyarakat yang berada di wilayah Pulau Jawa yang terkonfirmasi positif COVID-19. Metode penelitian dalam penelitian ini secara umum digambarkan pada Gambar 1.



GAMBAR 1. Alur penelitian (lebih fokus untuk peluang transisi 2-state)

Berdasarkan Gambar 1, penelitian ini dimulai dengan merumuskan masalah yang ada. Kemudian tahapan kedua adalah pengumpulan dan pembersihan data. Setelah data siap untuk digunakan maka dilakukan analisis statistika deskriptif data Covid-19 di Pulau Jawa yang dilanjutkan dengan mengkategorikan data Covid-19 di Pulau Jawa tersebut dengan kategori 0 untuk kasus Covid-19 meningkat dan kategori 1 untuk kasus Covid-19 menurun, menghitung matriks peluang transisi dari kategori data yang telah disusun, kemudian menyusun matriks peluang transisi n langkah sampai diperoleh peluang yang stasioner, setelah itu melakukan analisis dan evaluasi dari peluang yang

diperoleh terhadap kasus Covid-19 di Pulau di Jawa. Langkah terakhir adalah menarik kesimpulan dan penelitian selesai.

Markov Chain

Markov Chain (Rantai markov) merupakan suatu bentuk khusus dari algoritma stokastik yang memiliki sifat bahwa perilaku probabilistik dari sebuah proses yang akan datang hanya memiliki ketergantungan pada kejadian yang terjadi pada masa saat ini dan tidak dipengaruhi oleh sejarah perilaku masa lalu. Metode ini dapat digunakan sebagai estimasi perpindahan yang terjadi setiap waktunya Side *et.al.* (2014). Dalam proses rantai Markov ini menghasilkan sebuah informasi probabilistik yang dapat digunakan dalam pembuatan keputusan (Masuku, Langi and Mongi, 2018). Markov dapat diilustrasikan dalam diagram transisi dimana terdapat keadaan yang menunjukkan semua keadaan dan probabilitas transisinya. Menurut Kurniawan (2018) markov model dapat didefinisikan sebagai persamaan 1 (Srinadi, 2013).

$$\begin{aligned}
 M &= (S, P)(2) \\
 S &= (S_1, S_2, S_3, \dots, S_N) \\
 P &= a_{ij}, i, j = 1, 2, \dots, N
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

M adalah model markov, *S* adalah ruang keadaan yang memiliki sifat Markov, dan *P* adalah matrik probabilitas transisi yaitu sebuah matrik probabilitas model yang tergantung pada keadaan saat ini sebagai awal keadaan.

Peluang Transisi *n*-step dan Steady State

Apabila sebuah rantai markov $\{X_t, t = 0, 1, 2, \dots\}$ memiliki ruang *state* $\{0, 1, \dots, M\}$, sehingga peluang dari sistem tersebut dalam *state* *i* pada suatu *state* *j* pada pengamatan sebelumnya dapat dilambangkan dengan *P* (Masuku, Langi and Mongi, 2018).

Peluang transisi $P_{ij}^{(n)}$ merupakan peluang bersyarat suatu sistem yang berada pada *state* *i* akan berada pada *state* *j* setelah mengalami *n* transisi, Hiller (2008) Perhitungannya biasanya menggunakan persamaan Chapman Kolmogorov yang disajikan pada Persamaan 2.

$$p_{ij}^{(n+m)} = P\{X_{(n+m)}=j | X_0=i\} \text{ untuk semua } n, m, i, j \geq 0
 \tag{2}$$

$$P = \begin{matrix} & \text{State} & \begin{bmatrix} 0 & 1 & \dots & m \\ P_{00} & P_{01} & \dots & P_{0m} \\ P_{10} & P_{11} & \dots & P_{1m} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ P_{m0} & P_{m1} & \dots & P_{mm} \end{bmatrix} \end{matrix}
 \tag{3}$$

Sistem dalam *state* yaitu waktu *n*, maka sistem akan menjalankan proses ke suatu *state* *j* pada waktu *n*+1. Ini berarti bahwa untuk setiap *i*,

$$\sum_{j=1}^m p\{X_{n+1} = j | X_n = i\} = 1
 \tag{4}$$

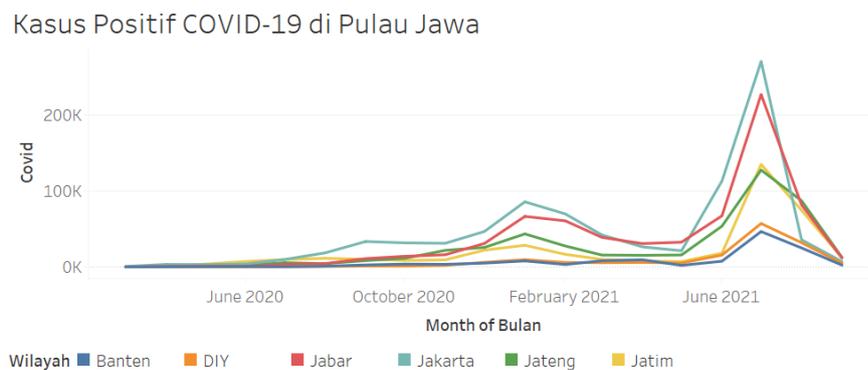
$$\sum_{j=1}^m p_{ij} = 1
 \tag{5}$$

Setiap anggota yang berada di dalam matriks harus bernilai positif. Sehingga, semua anggota pada matriks peluang transisi tersebut tidak negatif, dan anggota pada setiap baris harus berjumlah 1 (Winston, 2004). Proses markov akan menuju pada keadaan *stead state* (keseimbangan) yang dimana setelah proses berjalan selama beberapa periode, peluang status tersebut akan memiliki nilai peluang yang selalu tetap (Mulyono, 2007).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Statistika Deskriptif

Sebelum melakukan analisis peluang menggunakan metode markov *chain*, akan dilihat terlebih dahulu analisis statistika deskriptif untuk mengetahui gambaran umum kondisi COVID-19 pada setiap provinsi di Pulau Jawa disajikan pada GAMBAR 2.



GAMBAR 2. Grafik akumulasi jumlah terkonfirmasi positif COVID-19 setiap provinsi di Pulau Jawa (periode Maret 2020 hingga September 2021)

Kenaikan jumlah kasus COVID-19 pada provinsi di Pulau Jawa sangat fluktuatif, tetapi rata-rata mengalami kenaikan yang dimulai pada bulan September 2020. Provinsi dengan jumlah tertinggi yaitu Provinsi Jakarta yang mencapai angka lebih dari 850.000 kasus positif pada bulan September 2021. Sementara provinsi dengan jumlah kasus positif terendah yaitu Provinsi Banten sebanyak 131.475 kasus. Lonjakan kasus COVID-19 di Indonesia terjadi pada bulan Juli 2021, hal ini menurut Wiku Adisasmito selaku Ketua Tim Pakar SATGAS COVID-19 adalah bertepatan dengan periode mudik Idul Fitri. Mobilitas masyarakat yang tinggi selama periode mudik tidak dibarengi dengan sikap penerapan protokol kesehatan yang ketat.

Status Transisi

Status transisi merupakan status naik atau turunnya jumlah kasus COVID-19 yang terkonfirmasi positif pada setiap Provinsi dari periode ke- n menuju periode ke- $n + 1$. Dari data yang didapatkan pertama akan dihitung jumlah kasus kumulatif perbulan kemudian akan diberikat label status pada bulan ke n mengalami kenaikan atau penurunan jumlah kasus jika dibandingkan dengan bulan ke $n-1$. Berikut merupakan tabel status transisi yang dimulai pada Maret 2020 hingga September 2021.

TABEL 1. Status Transisi Wilayah Banten

Bulan	Wilayah	Positif	Status
Maret 2020	Banten	142	-
April 2020	Banten	262	Naik
...
Agustus 2021	Banten	25134	Turun
September 2021	Banten	2459	Turun

TABEL 2. Status Transisi Wilayah Jakarta

Bulan	Wilayah	Positif	Status
Maret 2020	Jakarta	747	-
April 2020	Jakarta	3428	Naik
...
Agustus 2021	Jakarta	35930	Turun
September 2021	Jakarta	7182	Turun

TABEL 3. Status Transisi Wilayah Jawa Barat

Bulan	Wilayah	Positif	Status
Maret 2020	Jawa Barat	198	-
April 2020	Jawa Barat	814	Naik
...
Agustus 2021	Jawa Barat	81897	Turun
September 2021	Jawa Barat	11798	Turun

TABEL 4. Status Transisi Wilayah Jawa Tengah

Bulan	Wilayah	Positif	Status
Maret 2020	Jawa Tengah	93	-
April 2020	Jawa Tengah	631	Naik
...
Agustus 2021	Jawa Tengah	87434	Turun
September 2021	Jawa Tengah	12688	Turun

TABEL 5. Status Transisi Wilayah DI Yogyakarta

Bulan	Wilayah	Positif	Status
Maret 2020	DI Yogyakarta	23	-
April 2020	DI Yogyakarta	72	Naik
...
Agustus 2021	DI Yogyakarta	32085	Turun
September 2021	DI Yogyakarta	4911	Turun

TABEL 6. Status Transisi Wilayah Jawa Timur

Bulan	Wilayah	Positif	Status
Maret 2020	Jawa Timur	93	-
April 2020	Jawa Timur	865	Naik
...
Agustus 2021	Jawa Timur	74820	Turun
September 2021	Jawa Timur	12223	Turun

Matriks Peluang Transisi

Tahapan selanjutnya adalah membuat matriks peluang transisi dimana akan dibentuk terlebih dahulu tabel jumlah status dari turun ke turun, turun ke naik, naik ke turun, dan naik ke naik berdasarkan Tabel 1 hingga Tabel 6. Matriks peluang transisi disajikan pada Tabel 7 sampai Tabel 12.

TABEL 7. Periode Perpindahan Banten

	Status COVID		Status
	Turun	Naik	
Turun	1	4	5
Naik	5	7	12
Jumlah	6	11	17

TABEL 8. Periode Perpindahan Jakarta

	Status COVID		Status
	Turun	Naik	
Turun	5	3	8
Naik	4	5	9
Jumlah	9	8	17

TABEL 9. Periode Perpindahan Jawa Barat

	Status COVID		Status
	Turun	Naik	
Turun	3	2	5
Naik	3	9	12
Jumlah	6	11	17

TABEL 10. Periode Perpindahan Jawa Tengah

	Status COVID		Status
	Turun	Naik	
Turun	3	2	5
Naik	3	9	12
Jumlah	6	11	17

TABEL 11. Periode Perpindahan DI Yogyakarta

	Status COVID		Status
	Turun	Naik	
Turun	2	4	6
Naik	5	6	11
Jumlah	7	10	17

TABEL 12. Periode Perpindahan Jawa Timur

	Status COVID		Status
	Turun	Naik	
Turun	5	2	7
Naik	3	7	10
Jumlah	8	9	17

Pada tabel perpindahan periode yang dijelaskan pada Tabel 7. hingga Tabel 12 selanjutnya dari tabel perpindahan tersebut akan dibentuk matriks peluang transisi (P) yang didapatkan dari membagi jumlah perpindahan periode i ke j dengan total status i . Didapatkan matriks peluang transisi P, sebagai berikut:

$$P_{Banten} = \begin{matrix} & \begin{matrix} 0 & 1 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 0 \\ 1 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0.2 & 0.8 \\ 0.42 & 0.58 \end{bmatrix} \end{matrix} \tag{6}$$

$$P_{Jakarta} = \begin{matrix} & \begin{matrix} 0 & 1 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 0 \\ 1 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0.625 & 0.375 \\ 0.444 & 0.556 \end{bmatrix} \end{matrix} \tag{7}$$

$$P_{Jabar} = \begin{matrix} & \begin{matrix} 0 & 1 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 0 \\ 1 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0.6 & 0.4 \\ 0.25 & 0.75 \end{bmatrix} \end{matrix} \tag{8}$$

$$P_{Jateng} = \begin{matrix} & \begin{matrix} 0 & 1 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 0 \\ 1 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0.6 & 0.4 \\ 0.25 & 0.75 \end{bmatrix} \end{matrix} \tag{9}$$

$$P_{DIY} = \begin{matrix} & \begin{matrix} 0 & 1 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 0 \\ 1 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0.33 & 0.67 \\ 0.45 & 0.55 \end{bmatrix} \end{matrix} \tag{10}$$

$$P_{Jatim} = \begin{matrix} & \begin{matrix} 0 & 1 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 0 \\ 1 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0.71 & 0.29 \\ 0.3 & 0.7 \end{bmatrix} \end{matrix} \tag{11}$$

Nilai P ini akan digunakan dalam menghitung peluang *steady state*. Nilai P tersebut juga menghasilkan vektor peluang periode awal untuk kejadian 0 = Turun dan 1 = Naik. Berikut merupakan vektor periode awal yang nantinya dapat dibandingkan dengan nilai peluang *steady state* apakah peluang akan mengalami kenaikan atau penurunan.

$$\mu_{awalbn} = \begin{matrix} 0 & 1 \\ [0.294 & 0.706] \end{matrix} \tag{12}$$

$$\mu_{awaljkt} = \begin{matrix} 0 & 1 \\ [0.471 & 0.529] \end{matrix} \tag{13}$$

$$\mu_{awaljbr} = \begin{matrix} 0 & 1 \\ [0.294 & 0.706] \end{matrix} \tag{14}$$

$$\mu_{awaljtg} = \begin{matrix} 0 & 1 \\ [0.29 & 0.71] \end{matrix} \tag{15}$$

$$\mu_{awaldiy} = \begin{matrix} 0 & 1 \\ [0.3529 & 0.6471] \end{matrix} \tag{16}$$

$$\mu_{awaldjtm} = \begin{matrix} 0 & 1 \\ [0.41 & 0.59] \end{matrix} \tag{17}$$

Matriks Peluang Transisi n-step dan Peluang Stasioner

Matriks peluang stasioner atau *steady state* menggambarkan nilai peluang stabil hingga n-periode hingga akan didapatkan nilai vektor akhir dengan syarat bahwa kondisi masih sama atau tidak dipengaruhi faktor lain. Nantinya akan diketahui apakah peluang stasioner mengalami kenaikan atau penurunan saat dibandingkan dengan vektor awal.

a. Banten

$$P^1 = P \begin{bmatrix} 0.2 & 0.8 \\ 0.42 & 0.58 \end{bmatrix}$$

$$P^2 = P \begin{bmatrix} 0.2 & 0.8 \\ 0.42 & 0.58 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.2 & 0.8 \\ 0.42 & 0.58 \end{bmatrix} \\ = \begin{bmatrix} 0.373 & 0.627 \\ 0.326 & 0.674 \end{bmatrix}$$

⋮

$$P^{12} = P^{11} \times \begin{bmatrix} 0.2 & 0.8 \\ 0.42 & 0.58 \end{bmatrix} \\ = \begin{bmatrix} 0.342 & 0.658 \\ 0.342 & 0.658 \end{bmatrix}$$

$$\mu_{akhir} = \begin{matrix} 0 & 1 \\ [0.342 & 0.658] \end{matrix} \tag{18}$$

b. Jakarta

$$\begin{aligned}
 P^1 &= P \begin{bmatrix} 0.625 & 0.375 \\ 0.444 & 0.556 \end{bmatrix} \\
 P^2 &= P \begin{bmatrix} 0.625 & 0.375 \\ 0.444 & 0.556 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.625 & 0.375 \\ 0.444 & 0.556 \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} 0.557 & 0.443 \\ 0.524 & 0.476 \end{bmatrix} \\
 &\quad \vdots \\
 P^{11} &= P^{10} \times \begin{bmatrix} 0.625 & 0.375 \\ 0.444 & 0.556 \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} 0.542 & 0.458 \\ 0.542 & 0.458 \end{bmatrix} \\
 \mu_{akhir} &= \begin{matrix} 0 & 1 \\ \hline 0.542 & 0.458 \end{matrix} \tag{19}
 \end{aligned}$$

c. Jawa Barat

$$\begin{aligned}
 P^1 &= P \begin{bmatrix} 0.6 & 0.4 \\ 0.25 & 0.75 \end{bmatrix} \\
 P^2 &= P \begin{bmatrix} 0.6 & 0.4 \\ 0.25 & 0.75 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.6 & 0.4 \\ 0.25 & 0.75 \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} 0.46 & 0.54 \\ 0.38 & 0.66 \end{bmatrix} \\
 &\quad \vdots \\
 P^{16} &= P^{15} \times \begin{bmatrix} 0.6 & 0.4 \\ 0.25 & 0.75 \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} 0.385 & 0.615 \\ 0.385 & 0.615 \end{bmatrix} \\
 \mu_{akhir} &= \begin{matrix} 0 & 1 \\ \hline 0.385 & 0.615 \end{matrix} \tag{20}
 \end{aligned}$$

d. Jawa Tengah

$$\begin{aligned}
 P^1 &= P \begin{bmatrix} 0.6 & 0.4 \\ 0.25 & 0.75 \end{bmatrix} \\
 P^2 &= P \begin{bmatrix} 0.6 & 0.4 \\ 0.25 & 0.75 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.6 & 0.4 \\ 0.25 & 0.75 \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} 0.46 & 0.54 \\ 0.38 & 0.66 \end{bmatrix} \\
 &\quad \vdots \\
 P^{16} &= P^{15} \times \begin{bmatrix} 0.6 & 0.4 \\ 0.25 & 0.75 \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} 0.385 & 0.615 \\ 0.385 & 0.615 \end{bmatrix} \\
 \mu_{akhir} &= \begin{matrix} 0 & 1 \\ \hline 0.385 & 0.615 \end{matrix} \tag{21}
 \end{aligned}$$

e. DI Yogyakarta

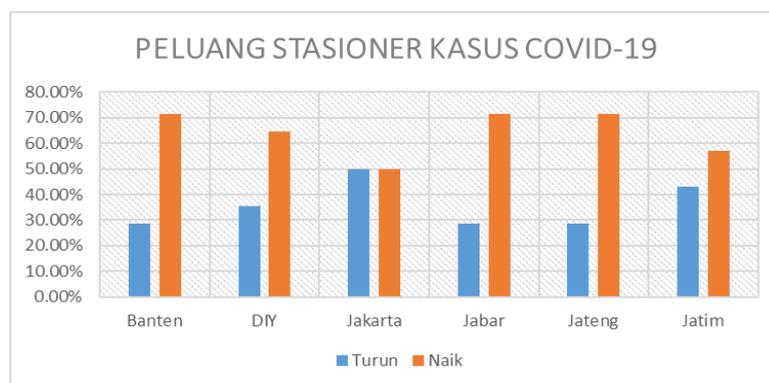
$$\begin{aligned}
 P^1 &= P \begin{bmatrix} 0.33 & 0.67 \\ 0.45 & 0.55 \end{bmatrix} \\
 P^2 &= P \begin{bmatrix} 0.33 & 0.67 \\ 0.45 & 0.55 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.33 & 0.67 \\ 0.45 & 0.55 \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} 0.41 & 0.59 \\ 0.396 & 0.604 \end{bmatrix} \\
 &\quad \vdots \\
 P^8 &= P^7 \times \begin{bmatrix} 0.33 & 0.67 \\ 0.45 & 0.55 \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} 0.402 & 0.598 \\ 0.402 & 0.598 \end{bmatrix} \\
 \mu_{akhir} &= \begin{matrix} 0 & 1 \\ \begin{bmatrix} 0.402 & 0.598 \end{bmatrix} \end{matrix} \tag{22}
 \end{aligned}$$

f. Jawa Timur

$$\begin{aligned}
 P^1 &= P \begin{bmatrix} 0.714 & 0.286 \\ 0.3 & 0.7 \end{bmatrix} \\
 P^2 &= P \begin{bmatrix} 0.714 & 0.286 \\ 0.3 & 0.7 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.714 & 0.286 \\ 0.3 & 0.7 \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} 0.596 & 0.404 \\ 0.424 & 0.576 \end{bmatrix} \\
 &\quad \vdots \\
 P^{19} &= P^{18} \times \begin{bmatrix} 0.714 & 0.286 \\ 0.3 & 0.7 \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} 0.512 & 0.488 \\ 0.512 & 0.488 \end{bmatrix} \\
 \mu_{akhir} &= \begin{matrix} 0 & 1 \\ \begin{bmatrix} 0.512 & 0.488 \end{bmatrix} \end{matrix} \tag{23}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan persamaan *Chapman-Kolmogorov* untuk menuju nilai peluang transisi n-step, telah didapatkan nilai peluang COVID-19 dari keenam provinsi untuk periode – periode berikutnya hingga mencapai keadaan stasioner atau nilai tetap dimana nilai peluang untuk periode ke depannya tidak mengalami perubahan nilai lagi yaitu untuk Provinsi Jawa Barat dan Jawa Tengah sebesar 61.54% pada periode ke-16 (Januari 2023), Provinsi Banten sebesar 65.75% pada periode ke-12 (September 2022), DIY 59.82% pada periode ke-8 (Mei 2022), Jakarta 46% pada periode ke-11 (Agustus 2022), dan Jawa Timur sebesar 48.81% pada periode ke-19 (April 2023).

Evaluasi Hasil Peramalan



GAMBAR 3. Peluang Stasioner Kasus COVID-19

Pada GAMBAR 3. dapat dilihat perbandingan dari peluang turun dan naiknya jumlah kasus COVID-19 pada setiap daerah di Pulau Jawa. Berdasarkan perbandingan tersebut, didapatkan bahwa daerah dengan peluang naik kasus COVID-19 tertinggi adalah Jawa Tengah dan Jawa Barat dengan peluang sebesar 61.54% dan peluang terkecil adalah Provinsi Jakarta yaitu sebesar 46%.

Menyikapi hasil peramalan setelah dilakukan kajian lebih lanjut dari berita-berita terkait, dikarenakan tingginya kasus positif COVID-19 pada Provinsi Jakarta sehingga penjagaan ketat pada daerah ini diterapkan, hal ini berimbas pada terbiasanya masyarakat dalam menjalani kegiatan dengan protokol yang ketat sehingga peluang ke depannya bahwa kasus akan naik tidak sebesar Provinsi lainnya. Upaya yang dapat dilakukan pemerintah adalah dengan menekankan protokol kesehatan baik bagi warga sekitar ataupun masyarakat dari daerah lain yang memasuki Provinsi dengan peluang naik kasus COVID-19 tertinggi.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Peluang kenaikan kasus COVID-19 berturut-turut dari yang terbesar hingga terkecil sebelum keadaan stasioner per provinsi yaitu Provinsi Jawa Tengah sebesar 71%, Jawa Barat dan Banten sebesar 70.6%, DIY sebesar 64.71%, Jawa Timur sebesar 59%, dan DKI Jakarta 52.9%.
2. Berdasarkan hasil yang diperoleh dengan metode rantai Markov dapat disimpulkan bahwa provinsi dengan periode mencapai peluang stasioner tercepat hingga terlambat berturut-turut yaitu Provinsi DIY pada periode ke-8 (Mei 2022), DKI Jakarta pada periode ke-11 (Agustus 2022), Banten pada periode ke-12 (September 2022), Jawa Barat dan Jawa Tengah pada periode ke-16 (Januari 2023) serta Jawa Timur pada periode ke-19 (April 2023).
3. Daerah dengan peluang stasioner terbesar naiknya kasus positif COVID-19 adalah Provinsi Jawa Tengah dan Jawa Barat sebesar 61.54% yang terjadi pada periode keenam belas (Januari 2022). Peluang sebelum keadaan stasioner adalah sebesar 70.59% untuk Jawa Barat dan 71% untuk Jawa Tengah, yang artinya perubahan nilai peluang sebelum dan sesudah keadaan stasioner adalah menurun. Sementara daerah dengan peluang terendah untuk kasus COVID-19 naik adalah Jakarta dengan peluang sebesar 46% yang stasioner pada periode kesebelas (Agustus 2022) dengan peluang sebelum keadaan stasioner sebesar 52.9% yang artinya terdapat penurunan peluang terjadinya kasus COVID-19 naik setelah keadaan stasioner.

Saran

Berdasarkan pembahasan dan kesimpulan yang sudah dipaparkan, maka penulis dapat memberikan saran sebagai berikut:

1. Masyarakat perlu mengoptimalkan protokol kesehatan agar peluang naiknya kasus COVID-19 dapat ditekan. Pemerintah juga dapat memfokuskan atau memberikan perhatian lebih kepada daerah dengan peluang naik yang terbesar.
2. Pendekatan rantai Markov cocok digunakan untuk memprediksi peluang kenaikan COVID-19 pada kondisi yang tidak dipengaruhi oleh faktor lain, apabila terdapat faktor lain maka dapat digunakan analisis lain seperti regresi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada Universitas Islam Indonesia yang sudah menyediakan wadah dan kesempatan untuk menimba ilmu dan menyelesaikan penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada kedua orang tua dan teman-teman yang sudah memberikan masukan, dukungan, dan doanya kepada penulis selama penyelesaian penelitian ini.

REFERENSI

- Abdy, M., Sanusi, W. and Rahmawati, R. (2021) 'Aplikasi model Rantai Markov untuk menganalisis tingkat kenyamanan di kota Majene berdasarkan Temperature Humidity Index (THI)', *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, 15(1), pp. 009–014. doi: 10.30598/barekengvol15iss1pp009-014.
- Allo, D. G., Hatidja, D. and Paendong, M. (2013) 'Analisis Rantai Markov untuk mengetahui peluang perpindahan merek kartu seluler pra bayar GSM (studi kasus mahasiswa Fakultas Pertanian UNSRAT Manado)', *Jurnal MIPA*, 2(1), p. 17. doi: 10.35799/jm.2.1.2013.745.
- Andini, E., Sudarno, S. and Rahmawati, R. (2021) 'Penerapan metode pengendalian kualitas mewma berdasarkan ARL dengan pendekatan Rantai Markov (studi kasus: batik semarang 16, Meteseh)', *Jurnal Gaussian*, 10(1), pp. 125–135. doi: 10.14710/j.gauss.v10i1.30939.
- Andry, J. F. (2015) 'Implementasi penerapan Markov Chain pada Database Marketing studi kasus pelanggan E-Commerce', *Jurnal Teknologi Informasi*, 11(2), pp. 5–13.
- Aritonang, K. *et al.* (2020) 'Analisis pertambahan pasien COVID-19 di Indonesia menggunakan metode Rantai Markov', *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 9(2), pp. 69–76. doi: 10.26593/jrsi.v9i2.3998.69-76.
- Hiller, F. . (2008) *Introduction to Operation Research Eight Edition*. Yogyakarta: ANDI.
- Kurniawan, F. A. (2018) 'Aplikasi Markov Chain untuk memprediksi tekanan darah', *Incom Tech, Jurnal Telekomunikas dan Komputer*, 8(2), pp. 103–120. doi: 10.22441/incomtech.v8i2.4087.
- Masuku, F. N., Langi, Y. A. . and Mongi, C. (2018) 'Analisis Rantai Markov untuk memprediksi perpindahan konsumen maskapai penerbangan rute Manado-Jakarta', *Jurnal Ilmiah Sains*, 18(2), pp. 75–79. doi: 10.35799/jis.18.2.2018.20495.
- Mulyono, S. (2007) *Riset Operasi*. Jakarta: Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- Nurhamiddin, F. and Sulisa, F. M. (2019) 'Peramalan cuaca menggunakan metode Rantai Markov (studi kasus: rekaman cuaca harian di kantor BMKG kota Ternate)', *Jurnal Biosainstek*, 2(1), pp. 16–22. doi: 10.52046/biosainstek.v2i01.312.
- Putri, N. N. and Muliawati, T. (2021) 'Analisis Rantai Markov dalam memprediksi status pasien COVID-19 di Indonesia', *Indonesian Journal of Applied Mathematics*, 1(2), pp. 44–50. doi: 10.35472/indojam.v1i2.352.

Rosalindari, A., Sufri and Kholijah, G. (2021) 'Prediksi predikat kelulusan mahasiswa dengan Rantai Markov dan faktor-faktor yang mempengaruhi Indeks Prestasi Mahasiswa', *Journal of Mathematics Education*, 7(1), pp. 39–48.

Safitri, G. D. (2021) 'Analisis pertambahan pasien positif dan pasien sembuh COVID-19 di Jawa Timur menggunakan metode Rantai Markov', *Jurnal Ilmiah Matematikca*, 09(01), pp. 164–165.

Satuan Tugas Penanganan COVID-19 (2021) *Data national kasus COVID-19*. Available at: <https://covid19.go.id/>.

Sazali, A., Setiadji, B. H. and Haryadi, B. (2019) 'Aplikasi model Rantai Markov dalam pengelolaan jalan di kabupaten Bangka Barat', *Rekayasa: Journal of Science and Technology*, 12(2), pp. 141–150. doi: 10.21107/rekayasa.v12i2.5907.

Side, S., Irma, S. and Sukarna (2014) 'Aplikasi analisis Rantai Markov untuk memprediksi status pasien Rumah Sakit Umum Daerah Kabupaten Barru', *Online Jurnal of Natural Science*, 3(3), pp. 313–321. Available at: <http://jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php/ejurnalfmipa/article/view/3341/2380>.

Srinadi, I. G. A. M. (2013) *Pengantar Proses Stokastik*. Bali: Fakultass MIPA, Jurusan Matematika Universitas Udayana.

Susdarwono, E. T. (2021) 'Rantai Markov dalam penentuan Market Share dan Equilibrium: studi kasus pedagang cilok di Alun-Alun kabupaten Pematang', *Jurnal Pendidikan Matematika (Kudus)*, 4(2), pp. 1–18. doi: 10.21043/jmtk.v4i1.10160.

Winston, W. L. (2004) *Operations research*. Fourth, *Mathematics in Science and Engineering*. Fourth. Canada: Thomson Learning Academic. doi: 10.1016/S0076-5392(08)62705-8.

World Health Organization (WHO) (2021) *Coronavirus disease (COVID-19)*. Available at: https://www.who.int/health-topics/coronavirus#tab=tab_3.