MATHunesa
Jurnal Ilmiah Matematika
e-ISSN : 2716-506X | p-ISSN : 2301-9115

Volume 09 No 01
Tahun 2021

ANALISIS PERTAMBAHAN PASIEN POSITIF DAN PASIEN SEMBUH COVID-19 DI JAWA TIMUR MENGGUNAKAN METODE RANTAI *MARKOV*

Gita Dwi Safitri
Jurusan Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : gita.17030214013@mhs.unesa.ac.id

Yuliani Puji Astuti, S.Si., M.Si.
Jurusan Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya
e-mail **: yulianipuji@unesa.ac.id**

Abstrak

Penyakit *coronavirus* atau yang juga dikenal dengan COVID-19 merupakan penyakit baru yang ditemukan pada akhir tahun 2019 lalu disebabkan oleh virus yang disebut SARS-CoV-2. Pertama Kasus penyakit ini ditetapkan pada 31 Desember 2019 di Wuhan, China dan menyebar ke seluruh penjuru negara. Penelitian ini menggunakan metode rantai *Markov* digunakan dalam pemodelan jumlah pertambahan pasien positif dan sembuh COVID-19 di Jawa Timur. Rantai *Markov* adalah metode yang digunakan untuk memodelkan variabel acak secara acak atau menyatakan nilai yang berubah dari waktu ke waktu. Penelitian ini menghitung kemungkinan terjadinya penambahan pasien positif dan pasien sembuh COVID-19 pada keadaan *steady state* atau suatu keadaan pada jangka waktu lama. 9 *state* telah dibentuk, yang meliputi range jumlah penambahan pasien positif dan pasien sembuh COVID-19. Berdasarkan perhitungan rantai *Markov* pada keadaan *steady state* diperoleh bahwa probablitas penambahan pasien positif tertinggi yaitu pada penambahan pasien sebanyak 222 hingga 295 pasien dengan probabilitas sebesar 0.285872, apabila rataan penambahan pasien positif dihitung mencapai angka 253 orang, sedangkan probabilitas pasien sembuh tertinggi yaitu pada penambahan pasien sebanyak 296 hingga 369 pasien dengan probabilitas sebesar 0.383893 apabila rataan penambahan pasien sembuh nya dihitung maka mencapai angka 223 orang. Jadi dari kedua probabilitas tertinggi dapat disimpulkan bahwa pada interval waktu yang sama, probabilitas tertinggi pasien sembuh pada interval yang lebih besar dari probabilitas penambahan pasien positif. Ini berarti tingkat kesembuhan dapat lebih tinggi daripada tingkat penambahan pasien. Dengan meningkatkan kewaspadaan dan kedisiplinan mengatasi penyebaran virus dengan 3M. Penambahan penderita akibat virus COVID-19 akan dapat ditekan jumlahnya terutama jika vaksin segera diberikan.

Kata kunci: COVID-19, Rantai Markov, Steady State

Abstract

Coronavirus disease or also known as COVID-19 is a new disease that was discovered at the end of 2019 and is caused by a virus called SARS-CoV-2. The first case of this disease was determined on December 31, 2019 in Wuhan, China and spread throughout the country. This study uses the Markov chain method used in modeling the number of additional positive and cured patients with COVID-19 in East Java. The Markov chain is a method used to model random variables at random or express values that change over time. This study calculates the possibility of adding positive patients and patients recovering from COVID-19 in a steady state or a condition for a long time. 9 states have been formed, covering the range of the number of additional positive patients and patients cured of COVID-19. Based on the calculation of the Markov chain at a steady state, it is found that the highest probability of adding positive patients is the addition of 222 to 295 patients with a probability of 0.285872, if the average number of positive patients is calculated to reach 253 people, while the highest probability of patients recovering is the addition of patients. 296 to 369 patients with a probability of 0.383893 if the average addition of recovered patients is calculated, it will reach 223 people. So from the second highest probability it can be concluded that at the same time interval, the highest probability of the patient recovering at an interval that is greater than the probability of adding positive patients. This means the cure rate can be higher than the patient additive rate. By increasing awareness and discipline in dealing with the spread of the virus with 3M. The number of additional sufferers due to the COVID-19 virus will be reduced, especially if the vaccine is given immediately.

Keywords : COVID-19, Markov Chain, Steady State.

1. PENDAHULUAN

Penyakit Coronavirus (COVID-19) yaitu penyakit menular dan fatal oleh virus SARSCoV-2. Virus SARSCoV-2 merupakan virus corona yang baru ditemukan. Gejala umum yang ditimbulkan dari virus ini adalah infeksi saluran pernapasan, demam, batuk kering dan kelelahan. Pertama kali virus ini muncul tepatnya ada di Wuhan, China pada tanggal 1 Desember 2019. Dan pada tanggal 11 Maret 2020 itu ditetapkan pandemi oleh Organisasi Kesehatan Dunia. (WHO)

Virus ini diyakini menyebar melalui percikan pernapasan yang diproduksi di tubuh manusia saat batuk. Fenomena ini terjadi saat bersin dan pada pernapasan normal. Virus bisa menyebar dengan menyentuh permukaan benda yang terkontaminasi. Virus corona dapat menyebar melalui sentuhan pada wajah seseorang tersebut. Selain di China, virus ini cepat menyebar diberbagai belahan negara salah satunya Indonesia.

Sejak pemerintah Indonesia menetapkan penyakit *coronavirus* 2019 (COVID-19) sebagai bencana nasional pada 2 Maret 2020, setiap aspek masyarakat berubah drastis. Pada tanggal 26 November 2020 kasus terjangkit COVID-19 terus meningkat, menurut data di Indonesia terdapat 517.000 pasien terjangkit virus COVID-19, 434.000 pasien sembuh dan 16.352 pasien meninggal dunia. Sedangkan kasus yang ada di Jawa Timur yaitu 59.800 pasien positif virus COVID-19, 52.827 pasien sembuh dan 4.249 pasien meninggal dunia.

Rantai Markov memiliki berbagai macam aplikasi, salah satu aplikasinya adalah memodelkan penyebaran virus. Banyak penelitian terkait rantai Markov dan penularan virus telah dilakukan, diantaranya penularan D. citrus pada tumbuhan (Gibson, 1997), pandemi virus H1N1(Lemey, P., Suchard, M., & Rambaut, 2009), dan kasus virus ebola (Merler, S dkk., 2015). Dalam studi ini, titik waktu berkelanjutan dapat dimodelkan pada rantai Markov dan digunakan dalam alat kalibrasi untuk memodelkan penyebaran virus besar.

Pada studi ini menggunakan metode rantai *Markov* dalam pemodelan jumlah pertambahan pasien positif dan sembuh COVID-19 perharinya mulai tanggal 1 April 2020 – 30 November 2020. Rantai *Markov* adalah metode atau cara dalam memodelkan secara stokastik keadaan dari waktu kewaktu atau perubahan nilai suatu variabel. Studi ini menghitung kemungkinan terjadinya penambahan pasien positif dan pasien sembuh COVID-19 pada keadaan *steady state*.

2. KAJIAN TEORI

2.1 Proses stokastik

Proses stokastik $X = \{\mathrm{X(t)}, \mathrm{t} \in \mathrm{T}\}$ merupakan kumpulan variabel acak, variabel acak ini memetakan suatu ruang *state* atau ke ruang keadaan lainnya ke suatu ruang contoh. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa, untuk setiap nilai t di himpunan indeks $T, X(t)$ merupakan peubah acak. Untuk t dalam waktu, $X(t)$ merupakan *state* atau proses pada waktu t. Oleh karena itu, $X = \{X(t), t \in T\}$ merupakan proses *state* x dalam waktu t, jika kejadian $\{X(t) = x\}$ sudah terjadi (Ross, 2012)

2.2 Rantai *Markov*

Rantai *Markov* dapat didefinisikan sebagai model stokastik yang mendeskripsikan urutan dari semua kemungkinan kejadian yang memberikan probabilitas dari setiap kejadian tergantung hanya pada keadaan tertentu yang dicapai pada kejadian sebelumnya (Norris, 1998). Model stokastik ini dapat berupa model waktu diskrit atau model waktu kontinu.

Misalkan $\{X(n), n = 0,1,2, \dots \}$ merupakan proses stokastik waktu diskrit dengan parameter waktu (n) dengan nilai $n = 0,1,2, \dots$ dan ruang *state* $i = 0,1,2, \dots$. Dengan kata lain, $X(n) = i$ mendefinisikan bahwa proses dalam *state* i pada waktu . Jika kemungkinan di masa depan $(n + 1)$ dalam *state* j hanya bergantung pada kondisi *state* i pada waktu n. Maka proses tersebut disebut rantai *Markov* waktu diskrit. Probabilitasnya dinotasikan dengan P_{ij} . Kita sebut P_{ij} sebagai probabilitas transisi (Osaki, 1992) yang menentukan probabilitas transisi dari *state* atau keadaan i ke *state* j.

Semua kumpulan probabilitas transisi P_{ij} dari setiap kemungkinan *state* i dan *state* j sebagai matriks P. Dapat ditulis sebagai berikut

$$P = [P_{ij}]$$
$$= \begin{bmatrix} P_{11} & P_{21} & P_{13} & \cdots \\ P_{21} & P_{22} & P_{23} & \cdots \\ P_{31} & P_{32} & P_{33} & \cdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \end{bmatrix}$$

Dimana $P_{ij} \geq 0$ dan $\sum P_{ij} = 1$, $\forall i, j = 1,2,3$ ... untuk setiap i, j adalah keadaan diskrit (Shamshad et al., 2005)

Jika probabilitas transisi di masa depan tidak bergantung pada masa sekarang, maka prosesnya disebut keadaan *steady state* pada rantai *Markov*

2.3 *State ergodic*

Sebuah rantai *Markov* dapat dianalisis jika mempunyai *state* yang bersifat *ergodic* yaitu *aperiodic*, *recurrent*, dan *communicate*

Suatu proses dalam rantai *Markov* disebut tidak dapat direduksi (irreducible) jika dan hanya jika proses tersebut hanya memiliki 1 kelas komunikasi. Dengan kata lain, semua *state* bagian dalam proses tersebut terhubung sehingga mereka dapat transit dari setiap *state* bagian ke setiap *state* bagian lainnya dalam langkah yang memungkinkan.

State i dapat dikatakan *aperiodic* jika dan hanya jika $d\ (i)\ =\ 1$, $d\ (i)$ dirumuskan oleh $d(i) =\ gcd\ \{n|n \geq 1\ , P_{ii}{}^{(n)} > 0\}$ dimana P_{ii} menyatakan bahwa probabilitas *state* i kembali ke *state* i

Dengan kata lain, $d\ (i)$ adalah pembagi persekutuan besar (*great common divisor*) dari semua kemungkinan n yang membuat proses dalam keadaan i bisa kembali ke kondisi yang sama i dengan n langkah.

State i dapat dikatakan *recurrent* jika dimulai pada proses dari keadaan *state* i dan akan kembali pada keadaan *state* i . dapat didefinisikan sebagai berikut

$f_{ii} = \sum_{n=1}^{\infty} f_{ii}{}^{n} = f_{ii}{}^{1} + f_{ii}{}^{2} + f_{ii}{}^{3} \ldots$

Keadaan i *recurrent* jika peluang dari $f_{ii}\ =\ 1$

State i dikatakan positif *recurrent* jika $\mu i\ <\ \infty$, dimana μi mewakili waktu berulang rata-rata *state*.

State i, j dapat dikatakan *communicate* jika i dapat diakses dari j dan j dapat diakses dari i . $j\ \rightarrow i$ dan $i\ \rightarrow j$ maka $i\ \leftrightarrow j$

Jenis keadaan :

1. $i\ \leftrightarrow i$, untuk setiap i (*refleksif*)
2. $i\ \leftrightarrow j$ maka $j\ \leftrightarrow\ i$ (*symetrik*)
3. $i\ \leftrightarrow j, j\ \leftrightarrow k$ maka $i\ \leftrightarrow k$ (*transitive*)

3. METODE PENELITIAN

Untuk mencapai tujuan dari suatu studi yang telah ditetapkan maka disusun prosedur penelitian sebagai berikut:

1. Pengumpulan data

   Pengambilan data didapatkan pada web https://COVID19.go.id/peta-sebaran(*Peta Sebaran*, n.d.)

   Data yang diambil adalah data pasien positif dan pasien sembuh COVID-19 di Jawa Timur per harinya. Data yang digunakan yaitu bulan April-November selama 8 bulan.

   Pada tanggal 28 April hingga 8 Juni terdapat kebijakan pemerintah yang menetapkan PSBB tahap 1 di Jawa Timur pada tanggal 28 April 2020 – 11 Mei 2020

   PSBB tahap 2 di Jawa Timur pada tanggal 12 Mei 2020 – 25 Mei 2020

   PSBB tahap 3 di Jawa Timur pada tanggal 26 Mei 2020 – 8 Juni 2020

   total data pada studi ini yaitu 244 data pasien sembuh dan pasien positif COVID-19.

2. Penyusunan State

   Sebuah rantai *Markov* dapat dianalisis jika mempunyai *state* yang bersifat *ergodic* yaitu *aperiodic*, *recurrent*, dan *communicate*. saat pembentukan *state*, jika *state* tersebut tidak memenuhi sifat *ergodic* maka harus diulang dalam pembentukan *state* nya dan dicek kembali apakah sudah bersifat *ergodic*. Pada kasus ini dapat dibentuk 9 *state* dapat dilihat pada tabel 1. *State* tersebut bersifat *ergodic*

3. Matriks Probabilitas Transisi

   Probabilitas transisi adalah perubahan dari satu *state* ke *state* lainnya pada waktu berikutnya, merupakan proses acak atau random yang diwakili oleh probabilitas.

   Kita tentukan P_{ij} sebagai probabilitas pada penambahan pasien positif dan pasien sembuh COVID-19 di *state* i pada $x + t$ dan berjalan hingga *state* j.

   kita dapat menunjukkan bahwa $S_1, S_2, \ldots, S_n$ yaitu *state* penambahan jumlah pasien . dan vektor S $=\ [S_1\ S_2\ S_3 \ldots S_n\ ]$ disebut distribusi *steady state* untuk rantai *Markov*.

   $$S_1\ + S_2 +\ S_3 + \ldots + S_n\ \ =\ 1$$

   Dalam hal ini kita menggunakan rantai *Markov* diskrit dalam memprediksi nilai atau vektor S dari waktu $t\ =\ 1,2,3, \ldots, n$ dimana n adalah bilangan besar $(n\ \rightarrow\ \infty\ )$

   $$S^{(2)}\ =\ S^{(1)}P_{ij}$$
   $$S^{(3)}\ =\ S^{(2)}P_{ij}$$
   $$\ldots$$
   $$S^{(n)}\ =\ S^{(n-1)}P_{ij}$$

   Berdasarkan Tabel 1 kita menggunakan 9 *state* pertambahan pasien COVID-19. Untuk matriks vektor sebagai S dan matriks probabilitas transisi P_{ij} dapat dituliskan sebagai berikut

$$P_{ij} = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \cdots & P_{19} \\ P_{21} & P_{22} & \cdots & P_{29} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{91} & P_{92} & \cdots & P_{99} \end{bmatrix}$$

4. Probabilitas Steady State

   Stedy state adalah suatu kondisi keseimbangan pada rantai *Markov*. Dikatakan *steady state* yaitu jika sesuatu terjadi setelah proses *Markov* berjalan selama beberapa siklus, maka nilai probabilitas suatu *state* bernilai tetap.

   Dalam bentuk matriks dapat ditulis

$$\mathrm{S} = [S_1\, S_2\, S_3 \ldots S_9] \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \cdots & P_{19} \\ P_{21} & P_{22} & \cdots & P_{29} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{91} & P_{92} & \cdots & P_{99} \end{bmatrix}$$

Dari hasil perkalian matriks diatas diperoleh persamaan – persamaan berikut :

$$S_1 = S_1\, P_{11} + S_2\, P_{21} + S_3\, P_{31} + S_4\, P_{41} + S_5\, P_{51} + S_6\, P_{61} + S_7\, P_{71} + S_8\, P_{81} + S_9\, P_{91}$$

$$S_2 = S_1\, P_{12} + S_2\, P_{22} + S_3\, P_{32} + S_4\, P_{42} + S_5\, P_{52} + S_6\, P_{62} + S_7\, P_{72} + S_8\, P_{82} + S_9\, P_{92}$$

$$S_3 = S_1\, P_{13} + S_2\, P_{23} + S_3\, P_{33} + S_4\, P_{43} + S_5\, P_{53} + S_6\, P_{63} + S_7\, P_{73} + S_8\, P_{83} + S_9\, P_{93}$$

$$S_4 = S_1\, P_{14} + S_2\, P_{24} + S_3\, P_{34} + S_4\, P_{44} + S_5\, P_{54} + S_6\, P_{64} + S_7\, P_{74} + S_8\, P_{84} + S_9\, P_{94}$$

$$S_5 = S_1\, P_{15} + S_2\, P_{25} + S_3\, P_{35} + S_4\, P_{45} + S_5\, P_{55} + S_6\, P_{65} + S_7\, P_{75} + S_8\, P_{85} + S_9\, P_{95}$$

$$S_6 = S_1\, P_{16} + S_2\, P_{26} + S_3\, P_{36} + S_4\, P_{46} + S_5\, P_{56} + S_6\, P_{66} + S_7\, P_{76} + S_8\, P_{86} + S_9\, P_{96}$$

$$S_7 = S_1\, P_{17} + S_2\, P_{27} + S_3\, P_{37} + S_4\, P_{47} + S_5\, P_{57} + S_6\, P_{67} + S_7\, P_{77} + S_8\, P_{87} + S_9\, P_{97}$$

$$S_8 = S_1\, P_{18} + S_2\, P_{28} + S_3\, P_{38} + S_4\, P_{48} + S_5\, P_{58} + S_6\, P_{68} + S_7\, P_{78} + S_8\, P_{88} + S_9\, P_{98}$$

$$S_9 = S_1\, P_{19} + S_2\, P_{29} + S_3\, P_{39} + S_4\, P_{49} + S_5\, P_{59} + S_6\, P_{69} + S_7\, P_{79} + S_8\, P_{89} + S_9\, P_{99}$$

Selanjutnya menentukan nilai vektor S. Nilai pada masing - masing S_1, $S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7, S_8, S_9$ akan menjadi peluang terjadinya penambahan pasien positif dan pasien sembuh COVID-19 pada keadaan *steady state* atau jangka waktu yang lama.

4. PEMBAHASAN

Dalam penyusunan prediksi pertambahan jumlah pasien posif dan pasien sembuh COVID-19 dengan menggunakan metode rantai *Markov*. Pada penyusunan tersebut menggunakan data pasien COVID-19 di Jawa Timur pada 1 April 2020 – 30 November 2020. Rantai *Markov* dapat dianalisis jika mempunyai *state* bersifat *ergodic* yaitu jika memenuhi 3 syarat *recurrent, aperiodic* dan *communicate*. Klasifikasi *state* didasarkan pada persyaratan terpenuhi atau tidaknya dalam persyaratan *Markov* Chain yang *ergodic*. Sebuah *state* dibentuk oleh *Trial and error*, dan state akhirnya ditemukan. Analis *absorbing chain* mensyaratkan bahwa sebuah *state* tidak perlu meninjau keadaan di masa mendatang.Model *absorbing chain* tidak dapat digunakan untuk menganalisis data. Untuk mengatasi masalah tersebut dapat digunakan suatu metode pendekatan dimana beberapa keadaan yang mewakili peningkatan pasien positif dan pasien sembuh COVID-19 dapat dibentuk.. Tabel 1 menampilkan range yang digunakan dalam perhitungan rantai *Markov*.

Tabel 1 Range Penambahan Jumlah Pasien COVID-19

Range Jumlah Penambahan Pasien (orang)	*State*
0 – 73	1
74 – 147	2
148 – 221	3
222 – 295	4
296 – 369	5
370 – 443	6
444 – 517	7
518 – 591	8
≥ 592	9

Dalam penelitian ini digunakan 9 *state* dengan kasus jumlah penambahan pasien positif dan pasien sembuh COVID-19 di Jawa Timur. Setelah data tersebut diartikan pada kelompok *state* di Tabel 1 selanjutnya pencatatan frekuensi transisi terkait penambahan pasien positif COVID-19 ditulis pada Tabel 2 dan Tabel 3 merupakan frekuensi transisi dari penambahan pasien sembuh COVID-19

Tabel 2 . Frekuensi Transisi Pasien Positif COVID-19

	STATE 1	STATE 2	STATE 3	STATE 4	STATE 5	STATE 6	STATE 7	STATE 8	STATE 9
STATE 1	30	6	3	0	0	0	0	0	0
STATE 2	5	7	1	2	2	1	2	0	0
STATE 3	1	2	4	10	1	0	2	0	0
STATE 4	2	1	6	33	19	3	0	0	0
STATE 5	0	0	4	17	25	9	3	0	0
STATE 6	0	2	0	2	6	12	3	1	2
STATE 7	0	2	0	1	4	4	0	0	0
STATE 8	0	0	0	1	0	0	0	0	0
STATE 9	0	0	0	0	1	0	1	0	0

Tabel 3 . Frekuensi Transisi Pasien Sembuh COVID-19

	STATE 1	STATE 2	STATE 3	STATE 4	STATE 5	STATE 6	STATE 7	STATE 8	STATE 9
STATE 1	65	5	0	1	0	0	0	0	0
STATE 2	3	7	5	2	0	1	0	0	0
STATE 3	1	3	3	8	0	1	1	0	0
STATE 4	1	3	3	11	14	1	0	1	0
STATE 5	0	0	3	11	34	9	2	0	1
STATE 6	0	0	2	1	8	7	4	2	1
STATE 7	0	0	0	0	4	4	4	0	0
STATE 8	0	0	0	0	0	1	2	0	0
STATE 9	0	0	0	0	1	1	0	0	0

Berdasarkan data pasien positif COVID-19 di Jawa Timur didapatkan frekuensi transisi pasien positif COVID-19 pada tabel 2 . Selanjutnya dihitung nilai probabilitas setiap *state* nya dari tabel 2. Kemudian didapatkan nilai probabilitas setiap *state* nya dan ditampilkan dalam bentuk matriks P . yang dinamakan matriks probabilitas

$$P = \begin{bmatrix} 0,7692 & 0,1538 & 0,0769 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,25 & 0,35 & 0,05 & 0,1 & 0,1 & 0,05 & 0,1 & 0 & 0 \\ 0,05 & 0,1 & 0,2 & 0,5 & 0,05 & 0 & 0,1 & 0 & 0 \\ 0,0312 & 0,0156 & 0,0937 & 0,5156 & 0,2968 & 0,0468 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,0689 & 0,2931 & 0,4310 & 0,1551 & 0,0517 & 0 & 0 \\ 0 & 0,0714 & 0 & 0,0714 & 0,2142 & 0,4285 & 0,1071 & 0,0357 & 0,0714 \\ 0 & 0,1818 & 0 & 0,0909 & 0,3636 & 0,3636 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,5 & 0 & 0,5 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Berdasarkan matriks probabilitas pasien positif COVID-19 didapatkan persamaan-persamaan sebagai berikut

$$S_1 = 0,7692\, S_1 + 0,25\, S_2 + 0,05\, S_3 + 0,0312\, S_4$$

$$S_2 = 0,1538\, S_1 + 0,35\, S_2 + 0,1\, S_3 + 0,0156\, S_4 + 0,0714\, S_6 + 0,1818\, S_7$$

$$S_3 = 0,0769\, S_1 + 0,05\, S_2 + 0,2\, S_3 + 0,0937\, S_4 + 0,0689\, S_5$$

$$S_4 = 0,1\, S_2 + 0,5\, S_3 + 0,5156\, S_4 + 0,2931\, S_5 + 0,0714\, S_6 + 0,0909\, S_7 + S_8$$

$$S_5 = 0,1\, S_2 + 0,05\, S_3 + 0,2968\, S_4 + 0,4310\, S_5 + 0,2142\, S_6 + 0,3636\, S_7 + 0,5\, S_9$$

$$S_6 = 0,05\, S_2 + 0,0468\, S_4 + 0,1551\, S_5 + 0,4285\, S_6 + 0,3636\, S_7$$

$$S_7 = 0,1\, S_2 + 0,1\, S_3 + 0,0517\, S_5 + 0,1071\, S_6 + 0,5\, S_9$$

$$S_8 = 0,0357\, S_6$$

$$S_9 = 0,0714\, S_6$$

$$S1 + S2 + S3 + S4 + S5 + S6 + S7 + S8 + S9 = 1$$

Dengan menganalisis klasifikasi *state* rantai *Markov* ini, diperoleh hasil bahwa rantai *Markov* bersifat *ergodic* yaitu *recurrent*, *aperiodic* dan *communicate*. Jadi, kita dapat melanjutkan menganalisis keadaan *steady state* pada rantai *Markov* dengan menggunakan bantuan *Microsoft Exel* didapatkan keadaan *steady state* untuk setiap *state* nya pada kasus harian pasien positif COVID-19 adalah

$$\begin{aligned} S_1 &= 0.115204 \\ S_2 &= 0.072598 \\ S_3 &= 0.071744 \\ S_4 &= 0.285872 \\ S_5 &= 0.262991 \\ S_6 &= 0.130858 \\ S_7 &= 0.046717 \\ S_8 &= 0.004672 \\ S_9 &= 0.009343 \end{aligned}$$

Menurut hasil perhitungan, probabilitas pada penambahan pasien COVID-19 per harinya yang berpotensi cukup tinggi adalah *state* 1 dengan penambahan pasien positif COVID-19 sebanyak 0 hingga 73 pasien, pada *state* 4 dengan penambahan pasien positif COVID-19 sebanyak 222 hingga 295 pasien, pada *state* 5 dengan penambahan pasien positif COVID-19 sebanyak 296 hingga 369 pasien, dan pada *state* 6 dengan penambahan pasien positif COVID-19 sebanyak 370 hingga 443 pasien.

Sedangkan untuk matriks probabilitas pasien sembuh COVID-19, didapatkan dari frekuensi transisi pasien sembuh COVID-19 pada Tabel 3. Selanjutnya dihitung nilai probabilitas setiap *state* nya dari Tabel 2. Kemudian didapatkan nilai probabilitas setiap *state*nya dan ditampilkan dalam bentuk matriks P yang dinamakan matriks probabilitas.

$$
P=\begin{bmatrix}
0{,}9155 & 0{,}0704 & 0 & 0{,}0140 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0{,}1666 & 0{,}3888 & 0{,}2777 & 0{,}1111 & 0 & 0{,}5555 & 0 & 0 & 0 \\
0{,}0588 & 0{,}1764 & 0{,}1764 & 0{,}4705 & 0 & 0{,}0588 & 0{,}0588 & 0 & 0 \\
0{,}0294 & 0{,}0882 & 0.0882 & 0{,}3235 & 0{,}4117 & 0{,}0294 & 0 & 0{,}0294 & 0 \\
0 & 0 & 0{,}05 & 0{,}1833 & 0{,}5666 & 0{,}15 & 0{,}0333 & 0 & 0{,}0166 \\
0 & 0 & 0{,}08 & 0{,}04 & 0{,}32 & 0{,}28 & 0{,}16 & 0{,}08 & 0.04 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}3076 & 0{,}3076 & 0{,}3076 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}3333 & 0{,}6667 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}5 & 0{,}5 & 0 & 0 & 0
\end{bmatrix}
$$

Dari matriks probabilitas pasien sembuh didapatkan persamaan-persamaan sebagai berikut

$$S_1 = 0{,}9155\, S_1 + 0{,}1666\, S_2 + 0{,}0588\, S_3 + 0{,}0294\, S_4$$

$$S_2 = 0{,}0704\, S_1 + 0{,}3888\, S_2 + 0{,}1764\, S_3 + 0{,}0882\, S_4$$

$$S_3 = 0{,}2777\, S_2 + 0{,}1764\, S_3 + 0{,}0882\, S_4 + 0{,}05\, S_5 + 0{,}08\, S_6$$

$$S_4 = 0{,}0140\, S_1 + 0{,}1111\, S_2 + 0{,}4705\, S_3 + 0{,}3235\, S_4 + 0{,}1833\, S_5 + 0{,}04\, S_6$$

$$S_5 = 0{,}4117\, S_4 + 0{,}5666\, S_5 + 0{,}32\, S_6 + 0{,}3076\, S_7 + 0{,}5\, S_9$$

$$S_6 = 0{,}5555\, S_2 + 0{,}0588\, S_3 + 0{,}0294\, S_4 + 0{,}15\, S_5 + 0{,}28\, S_6 + 0{,}3076\, S_7 + 0{,}3333\, S_8 + 0{,}5\, S_9$$

$$S_7 = 0{,}0588\, S_3 + 0{,}0333\, S_5 + 0{,}16\, S_6 + 0{,}3076\, S_7 + 0{,}6667\, S_8$$

$$S_8 = 0{,}0294\, S_4 + 0{,}08\, S_6$$

$$S_9 = 0{,}0166\, S_5 + 0{,}04\, S_6$$

$$S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5 + S_6 + S_7 + S_8 + S_9 = 1$$

Dengan menganalisis klasifikasi *state* rantai *Markov* ini, diperoleh hasil bahwa rantai *Markov* bersifat *ergodic* yaitu *recurrent*, *aperiodic* dan *communicate*. Jadi, kita dapat melanjutkan menganalisis keadaan *steady state* pada rantai *Markov* dengan menggunakan bantuan Microsoft Exel didapatkan keadaan *steady state* untuk setiap *state* nya pada kasus harian pasien sembuh COVID-19 adalah

$$
\begin{aligned}
S_1 &= 0.006047 \\
S_2 &= 0.048281 \\
S_3 &= 0.076651 \\
S_4 &= 0.176443 \\
S_5 &= 0.383893 \\
S_6 &= 0.18707 \\
S_7 &= 0.087606 \\
S_8 &= 0.020153 \\
S_9 &= 0.013855
\end{aligned}
$$

Tabel 4 **Probabilitas Kenaikan Pasien Sembuh COVID-19 Pada Keadaan *Steady State***

Range jumlah penambahan pasien (orang)	Probabilitas pasien positif	Probabilitas pasien sembuh
0 – 73	0.115204	0.006047
74 – 147	0.072598	0.048281
148 – 221	0.071744	0.076651
222 – 295	0.285872	0.176443
296 – 369	0.262991	0.383893
370 – 443	0.130858	0.18707
444 – 517	0.046717	0.087606
518 – 591	0.004672	0.020153
≥ 592	0.009343	0.013855

Menurut hasil perhitungan, probabilitas jumlah pasien COVID-19 per harinya yang berpotensi cukup tinggi adalah *state* 4 dengan penambahan jumlah pasien sembuh COVID-19 sebanyak 222 hingga 295 pasien, pada *state* 5 dengan penambahan jumlah pasien sembuh COVID-19 sebanyak 296 hingga 369 pasien, dan pada *state* 6 dengan penambahan jumlah pasien sembuh COVID-19 sebanyak 370 hingga 443 pasien.

5. PENUTUP

Simpulan

Probablitas penambahan pasien positif COVID-19 tertinggi yaitu pada penambahan pasien sebanyak 222 hingga 295 pasien dengan probabilitas sebesar 0.285872. Apabila dihitung rata-rata, jumlah pasien positif COVID-19 akan mencapai 253 orang. Sedangkan probabilitas pasien sembuh COVID-19 tertinggi yaitu pada penambahan pasien sebanyak 296 hingga 369 pasien dengan probabilitas sebesar 0.383893 apabila dihitung rata-rata, jumlah pasien sembuh COVID-19 akan mencapai 223 orang. Jadi dari kedua probabilitas tertinggi dapat disimpulkan bahwa pada interval waktu yang sama. Probabilitas tertinggi pasien sembuh pada interval yang lebih besar dari probabilitas penambahan pasien. Ini berarti tingkat kesembuhan dapat lebih tinggi daripada tingkat penambahan pasien. Dengan meningkatkan kewaspadaan dan kedisiplinan mengatasi penyebaran virus dengan 3M. Penambahan penderita akibat virus COVID-19 akan dapat ditekan jumlahnya, terutama jika vaksin segera diberikan.

Saran

Dalam penelitian dilakukan pembatasan data yakni hanya data pasien positif dan pasien sembuh COVID – 19 di Jawa Timur selama 8 bulan. Pada penelitian selanjutnya diharapkan dapat melakukan analisis yang sama dengan penambahan data agar dapat menambah akurasi model.

DAFTAR PUSTAKA

Gibson, G. J. (1997). *Markov* Chain Monte Carlo Methods for Fitting Spatiotemporal Stochastic Models in Plant Epidemiology. *Journal of the Royal Statistical Society: Series C*.

Lemey, P., Suchard, M., & Rambaut, A. (2009). Reconstructing the Initial Global Spread of a Human Influenza Pandemic: A Bayesian Spatial-temporal Model for the Global Spread of H1N1pdm. *PLoS Currents*.

Merler, S., Ajelli, M., Fumanelli, L., Gomes, M. F. C., Piontti, A. P. y, Rossi, L., Chao, D. L., Longini, I. M., Halloran, M. E., & Vespignani, A. (2015). Spatiotemporal Spread of the 2014 Outbreak of Ebola Virus Disease in Liberia and the Effectiveness of Non-pharmaceutical Interventions: A Computational Modelling Analysis. *Lancet Infectious Diseases*.

Norris, J. R. N. and J. R. (1998). *Markov chains* (number 2). Cambridge university press.

Osaki, S. (1992). Applied Stochastic System Modeling. *Springer-Verlag*.

Peta Sebaran. (n.d.). Retrieved December 1, 2020, from https://COVID19.go.id/peta-sebaran

Ross, S. M. (2012). Introduction to Probability Model. *Pearson Education, Inc. America.*

Shamshad, A., Bawadi, M. A., Wan Hussin, W. M. A., Majid, T. A., & Sanusi, S. A. M. (2005). First and second order *Markov* chain models for synthetic generation of wind speed time series. *Energy*, *30*(5), 693–708. https://doi.org/10.1016/j.energy.2004.05.026