

ORIGINAL ARTICLE

Penyebaran Penyakit Menular Virus COVID-19 Varian Omicron di Indonesia dengan Model *Susceptible Vaccinated Infected Recovered* (SVIR)

Ghufron Musta'in^{1*} | Anas Ivanni¹ | Febri Heryo Yudanto¹

¹ Progam Studi Matematika FMIPA Universitas Sebelas Maret

*Corresponding Author: ghufronmustain27@student.uns.ac.id

ARTICLE INFORMATION

Article history

Received (July 25th, 2022)

Revised (October 03rd, 2022)

Accepted (October 10th, 2022)

Keywords

Covid-19; Indonesia;

Omicron; SVIR;

ABSTRACT

Coronavirus Disease 2019 or COVID-19 is an infectious disease caused by the Severe Respiratory Syndrome Coronavirus-2/SARS CoV-2 and was first identified in Wuhan, China. Until now, the spread of the virus is increasingly widespread and even begun to evolve into various variants, one of which is the Omicron variant. According to WHO, the Omicron variant of the COVID-19 virus should be watched out for considering the fast transmission rate and the severe symptoms. It was recorded that until April 15, 2022, Indonesia became the country with the highest number of positive cases of the Omicron variant of COVID-19 in Southeast Asia. The spread of infectious diseases can be represented through the Susceptible Vaccinated Infected Recovered (SVIR) model. In this study, the SVIR to determine the distribution pattern and interpretation of the model on the spread of the Omicron variant of the COVID-19 virus. Then, the model was applied to cases of COVID-19 of the Omicron variant in Indonesia, using daily data from March 2021 to April 15, 2022. The pattern of spread obtained shows that patients with the Omicron variant of COVID-19 are experiencing a downward trend. It is estimated that on January 3, 2023, there will be no more COVID-19 sufferers from the Omicron variant. So it is predicted that the target of being free of COVID-19 for the Omicron variant can be achieved.

Jurnal Ilmiah Keperawatan is a peer-reviewed journal published by Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Hang Tuah Surabaya (STIKES Hang Tuah Surabaya).

This journal is licensed under the [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Website: <http://journal.stikeshangtuah-sby.ac.id/index.php/IJKSHT>

E-mail: jurnalilmiahkeperawatan.sht@gmail.com

Introduction

Coronavirus Disease 2019 atau yang dikenal sebagai COVID-19 merupakan penyakit menular yang disebabkan oleh virus *Severe Respiratory Syndrome Coronavirus-2/SARSCoV-2*. Menurut *World Health Organization* (WHO) (2022), penularan virus ini terjadi akibat kontaminasi udara dengan percikan ludah batuk ataupun bersin dari penderita COVID-19 sehingga individu lain yang berada di sekitarnya dapat ikut tertular. Penularan COVID-19 juga dapat melalui kontak erat seperti berjabat tangan dan menyentuh permukaan benda yang terkontaminasi. Individu yang terkontaminasi virus ini ditandai dengan gejala-gejala flu biasa seperti batuk, pilek, demam tinggi, sakit tenggorokan, gangguan pernapasan, letih dan lesu, hingga komplikasi berat (pneumonia atau sepsis). Menurut WHO (2022) dan Susilo (2020), penyebaran penyakit ini dapat dicegah dengan rajin mencuci tangan menggunakan air dan sabun minimal 20 detik, mengenakan masker, serta menghindari kerumunan dan bersentuhan dengan orang lain secara langsung.

Penyakit COVID-19 pertama kali terjadi di kota Wuhan, China pada bulan Desember 2019. Kemudian dengan cepat penyakit ini menyebar ke berbagai negara melalui penularan antar manusia. Pada 26 Januari 2022, terkonfirmasi lebih dari 352.796.704 individu terinfeksi COVID-19 di 227 negara dengan 5.600.434 dinyatakan meninggal sehingga WHO mendeklarasikan kasus COVID-19 ini sebagai pandemi (Hui, 2020). Disisi lain selain penyebaran penyakit yang meluas, virus COVID-19 mulai berevolusi menjadi berbagai varian salah satunya varian



This is an Open Access article
Distributed under the terms of the
[Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Omicron. Menurut Dinas Kesehatan Provinsi Bali (2022), varian ini tercatat pertama kali muncul di Afrika Selatan dan mulai menyebar ke seluruh dunia tidak terkecuali Indonesia. Berdasarkan laporan dari Satgas Penanganan COVID-19, per 24 Januari 2022 telah terjadi 1.620 kasus COVID-19 varian Omicron di Indonesia.

Menyikapi hal tersebut dilakukan sejumlah upaya diantaranya merepresentasikan penyebaran penyakit ke dalam model matematika. Model tersebut dapat digunakan untuk mengetahui penyebaran penyakit menular berdasarkan perubahan sesaat banyaknya penderita penyakit. Cooper dkk. (2020) menggunakan model SIR untuk meneliti penyebaran COVID-19. Model *Susceptible Infected Recovered* (SIR) merupakan model penyakit menular yang pertama kali diteliti oleh Hetchcote (2000) dengan asumsi populasi konstan. Populasi dalam model SIR tersebut dibagi menjadi tiga kelompok, yakni individu kelompok yang sehat tetapi rentan terinfeksi penyakit disebut sebagai susceptible atau S, individu kelompok yang dinyatakan terinfeksi penyakit sebagai infected atau I, dan individu kelompok yang telah sembuh serta memperoleh kekebalan disebut sebagai recovered atau R.

Pada penelitian ini, model SIR untuk penyebaran penyakit COVID-19 tersebut dikembangkan menjadi model *susceptible vaccinated infected recovered* (SVIR) karena adanya program vaksinasi. Penerapan model ini akan dilakukan terhadap penyebaran penyakit COVID-19 varian Omicron di Indonesia. Setelah itu akan dilakukan estimasi nilai-nilai parameter berdasarkan data-data yang telah diperoleh. Metode Runge-Kutta orde empat akan digunakan dalam menentukan penyelesaian model SVIR tersebut. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah menentukan model penyebaran penyakit menular dengan vaksinasi pada penerapan kasus COVID-19 varian Omicron di Indonesia dan menentukan perkiraan waktu penurunan penyebaran penyakit untuk individu kelompok S dan kenaikan kesembuhan untuk individu kelompok R.

Methods

Penelitian ini menggunakan metode penelitian berupa studi literatur dan terapan. Studi literatur dilakukan dengan cara menentukan data penelitian dan langkah-langkah penelitian. Data Penelitian yang digunakan yaitu data sekunder harian dari bulan November 2021 sampai tanggal 15 April 2022, yang diperoleh dari *website* Satgas Penanganan COVID-19 dan Badan Pusat Statistik (BPS). Kemudian langkah-langkah penelitian dilakukan berupa studi literatur tentang penyakit COVID-19 varian Omicron, mengembangkan dan mengubah asumsi pada model *SIR*, membentuk individu kelompok *vaccinated* atau *V* sehingga diperoleh model *SVIR*, menentukan parameter dan variabel serta hubungan antara keduanya pada model *SVIR*. Data harian bulan November 2021 sampai tanggal 15 April 2022 dibagi menjadi dua bagian yaitu sebagai data *training* dan data *testing*. Data *training* yaitu dari bulan November 2021 sampai tanggal 5 April 2022, digunakan untuk mengestimasi nilai awal model dan nilai parameter pada model *SVIR* sebelumnya. Sedangkan data *testing* yaitu pada tanggal 6 April sampai tanggal 15 April 2022 digunakan untuk mengevaluasi keakuratan model. Selanjutnya dengan menggunakan metode Runge-Kutta orde empat ditentukan penyelesaian sistem masalah nilai awal. Penyelesaian pada rentang data *testing* dibandingkan dengan data asli pada rentang yang sama. Berdasarkan penyelesaian tersebut dibuat interpretasinya berupa grafik penyelesaian dalam bentuk *scatter plot*, sehingga diperoleh pola penyebaran COVID-19 varian Omicron di Indonesia.

Results and Discussion

Pada bagian hasil dan pembahasan akan dibahas mengenai perumusan model *SVIR*, penerapan model *SVIR* pada kasus COVID-19 varian Omicron di Indonesia, pola penyebaran penyakit, dan interpretasi dari penerapan model tersebut.

1. Model *SVIR*



Model *SIR* oleh Hethcote (2000) merupakan dasar dalam perumusan model *SVIR*. Pada model tersebut, populasi dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu *susceptible*, *infected*, dan *recovered*. Individu kelompok *susceptible* atau *S* adalah mereka yang sehat tetapi rentan terinfeksi penyakit, individu kelompok *infected* atau *I* adalah mereka yang dinyatakan terinfeksi penyakit, dan individu kelompok *recovered* atau *R* adalah mereka yang telah sembuh serta memperoleh kekebalan. Pada model *SIR* tersebut juga Hethcote (2000) mengasumsikan keadaan populasi yang konstan dengan hanya melibatkan laju kelahiran dan laju kematian yang memiliki nilai yang sama tanpa melibatkan faktor migrasi. Sama dengan penelitian Hethcote (2000), pada penelitian ini akan digunakan asumsi yang sama untuk keadaan populasi namun dengan asumsi kematian yang berbeda, yaitu kematian alami dan kematian akibat penyakit. Jika μ adalah laju kelahiran/kematian alami maka terjadi penambahan sebesar μN dan pengurangan sebesar μS untuk individu kelompok *S*. Oleh karena itu, perubahan sesaat banyaknya individu kelompok *S* pada model *SIR* tidak mengalami perubahan sebagai berikut.

$$\frac{dS}{dt} = \mu N - \beta \frac{SI}{N} - \mu S$$

Jika α adalah laju kematian akibat penyakit maka terjadi pengurangan sebesar αI untuk individu kelompok *I*. Jika γ adalah laju kesembuhan setelah terinfeksi maka terjadi pengurangan juga sebesar γI untuk individu kelompok *I* sedangkan terjadi penambahan sebesar γI untuk individu kelompok *R*. Oleh karena itu, perubahan sesaat banyaknya individu kelompok *I* dan banyaknya individu kelompok *R* pada model *SIR* mengalami perubahan sebagai berikut.

$$\frac{dI}{dt} = \beta \frac{SI}{N} - \gamma I - \mu I - \alpha I, \quad \frac{dR}{dt} = \gamma I - \mu R$$

Dalam rangka mencegah penyebaran penyakit menular lebih luas maka pemerintah melakukan pemberian vaksinasi kepada seluruh masyarakat. Dengan mempertimbangkan pemberian vaksinasi, diperhatikan bahwa pada penelitian ini akan terdapat individu kelompok baru yakni *vaccinated* atau *V*. Adapun pemberian vaksinasi ini ditujukan kepada setiap individu kelompok *S* yang rentan terinfeksi penyakit. Jika σ adalah laju vaksinasi maka terjadi pengurangan sebesar σS untuk individu kelompok *S* sedangkan terjadi penambahan sebesar σS untuk individu kelompok *V*. Hal ini berakibat persamaan (1) mengalami perubahan menjadi.

$$\frac{dS}{dt} = \mu N - \beta \frac{SI}{N} - \mu S - \sigma S$$

Meski seorang individu telah menerima vaksinasi tetap dapat dimungkinkan untuk terinfeksi penyakit. Apabila hal ini terjadi maka terjadi kegagalan vaksin. Jika o adalah laju kegagalan vaksin maka terjadi pengurangan sebesar $o \frac{VI}{N}$ untuk individu kelompok *V* sedangkan terjadi penambahan sebesar $o \frac{VI}{N}$ untuk individu kelompok *I*. Sama seperti kelompok lainnya, individu kelompok *V* juga dimungkinkan terjadi kasus kematian secara alami sehingga individu kelompok *V* berkurang sebesar μV . Oleh karena itu, diperoleh formulasi perubahan sesaat banyaknya individu kelompok *V* dan perubahan persamaan (2) sebagai berikut.

$$\frac{dV}{dt} = \sigma S - o \frac{VI}{N} - \mu V, \quad \frac{dI}{dt} = \beta \frac{SI}{N} + o \frac{VI}{N} - \gamma I - \mu I - \alpha I$$

Asumsi lain yang juga diberikan pada penelitian ini adalah kekebalan sementara pada individu kelompok *R*. Hal ini berarti individu kelompok *R* akan kembali menjadi individu kelompok *S* saat masa kekebalannya berakhir. Jika θ adalah laju imunitas maka terjadi pengurangan sebesar θR untuk individu kelompok *R* sedangkan terjadi penambahan sebesar θR



untuk individu kelompok S . Dengan demikian perubahan sesaat banyaknya individu kelompok S dan R dapat dituliskan sebagai berikut.

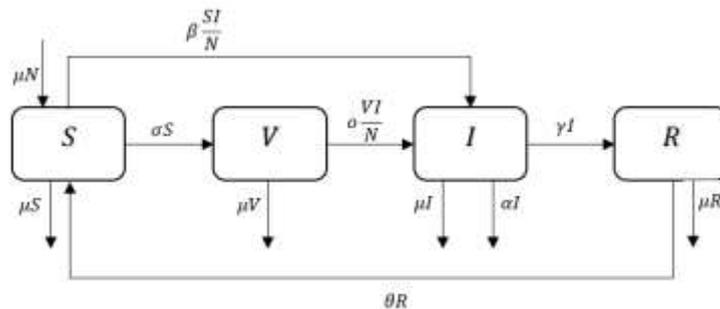
$$\frac{dS}{dt} = \mu N + \theta R - \beta \frac{SI}{N} - \mu S - \sigma S, \frac{dR}{dt} = \gamma I - \theta R - \mu R$$

Berdasarkan persamaan (4) dan (5) diperoleh model $SVIR$ sebagai berikut.

$$\frac{dS}{dt} = \mu N + \theta R - \beta \frac{SI}{N} - \mu S - \sigma S, \frac{dV}{dt} = \sigma S - o \frac{VI}{N} - \mu V, \frac{dI}{dt} = \beta \frac{SI}{N} + o \frac{VI}{N} - \gamma I - \mu I - \alpha I, \frac{dR}{dt} = \gamma I - \theta R - \mu R,$$

Dengan $S(0) \geq 0, V(0) \geq 0, I(0) > 0, R(0) \geq 0$ dan $\mu, \beta, \sigma, o, \gamma, \alpha, \theta > 0$. Ketujuh parameter tersebut adalah laju kelahiran/kematian alami, laju kontak, laju kegagalan vaksinasi, laju efektivitas vaksinasi, laju kesembuhan, laju kematian akibat penyakit, dan laju imunitas. Diperhatikan bahwa model (6) merupakan sistem persamaan diferensial nonlinear orde satu dengan empat variabel terikat S, V, I, R dan variabel bebas t .

Selanjutnya, dinamika populasi model $SVIR$ ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Dinamika Populasi Model $SVIR$

2. Penerapan

Penerapan model $SVIR$ (6) pada penyebaran penyakit COVID-19 varian Omicron di Indonesia menggunakan data harian tanggal 27 November 2021-15 April 2022 sebagai pengukur keakuratan model. Diperoleh hasil estimasi parameter, yaitu $\mu = 0.00004684$, $\beta = 0.05895564$, $\sigma = 0.00205380$, $o = 0.00839138$, $\gamma = 0.06609257$, $\alpha = 0.00086603$, dan $\theta = 0.03$. Data pada tanggal 27 November 2021 dijadikan nilai awal. Nilai parameter dan nilai awal disubstitusikan ke persamaan (6) sehingga diperoleh model $SVIR$ pada penyebaran penyakit COVID-19 varian Omicron sebagai berikut

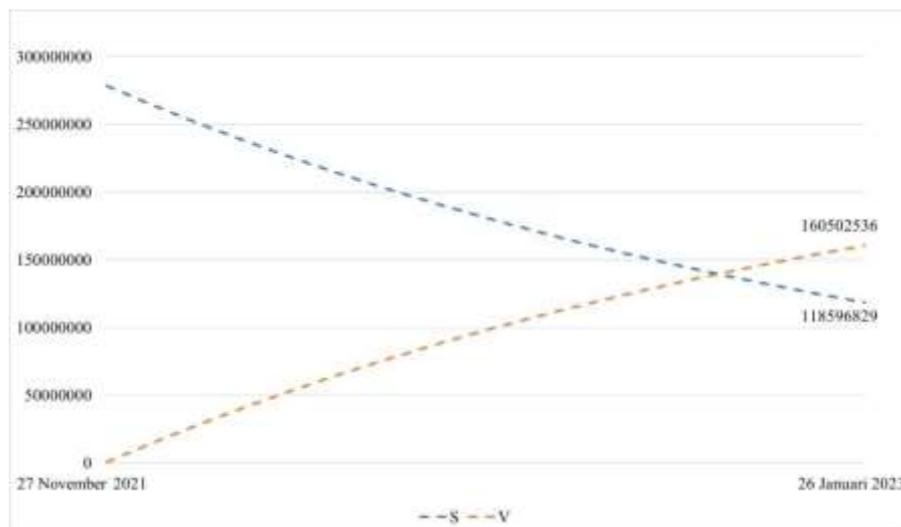
$$\begin{aligned} \frac{dS}{dt} &= 0.00004684N + 0.03R - 0.05895564 \frac{SI}{N} - 0.00004684S - 0.00205380S, \frac{dV}{dt} \\ &= 0.00205380S - 0.00839138 \frac{VI}{N} - 0.00004684V, \frac{dI}{dt} \\ &= 0.05895564 \frac{SI}{N} + 0.00839138 \frac{VI}{N} - 0.06609257I - 0.00004684I - 0.00086603I, \frac{dR}{dt} \\ &= 0.06609257I - 0.03R - 0.00004684R, \end{aligned}$$

Dengan nilai awal

$$S(0) = 278260910, V(0) = 830467, I(0) = 8226, R(0) = 260$$

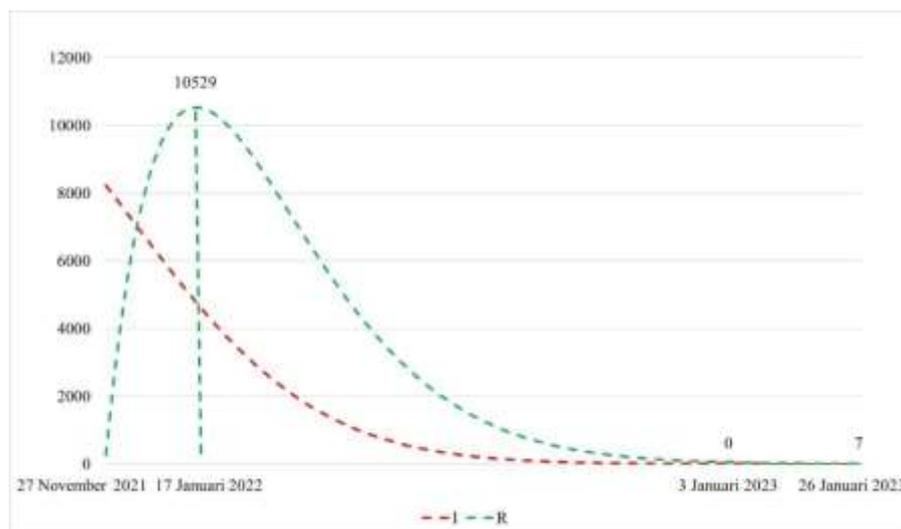
Selanjutnya ditentukan penyelesaian pendekatan dari sistem persamaan diferensial (7) terhadap nilai awal (8) dengan metode Runge-Kutta orde empat untuk 425 hari pertama terhitung sejak 27 November 2021 hingga 26 Januari 2023. Adapun hasil dari penyelesaian tersebut direpresentasikan dalam bentuk grafik sebagai berikut.





Gambar 2. Grafik Banyaknya Individu Kelompok S dan V

Diperhatikan bahwa pada Gambar 2 menunjukkan banyaknya individu kelompok S mengalami penurunan setiap waktunya hingga 26 Januari 2023 mencapai 118596829 individu. Diperhatikan juga bahwa pada Gambar 2 menunjukkan banyaknya individu kelompok V mengalami kenaikan setiap waktunya hingga 26 Januari 2023 mencapai 160502536 individu.



Gambar 3. Grafik Banyaknya Individu Kelompok I dan R

Terlihat pada Gambar 3, banyaknya individu kelompok I atau individu yang terinfeksi COVID-19 varian Omicron mengalami penurunan setiap waktunya hingga mencapai 0 individu setelah 402 hari sejak 27 November 2021 atau pada 3 Januari 2023. Selain itu, diperkirakan juga bahwa individu kelompok terinfeksi yang mengalami kesembuhan atau individu kelompok R mengalami kenaikan mencapai 10529 individu setelah 51 hari sejak 27 November 2021 atau pada 17 Januari 2022, kemudian mengalami penurunan hingga 26 Januari 2023 mencapai 7 individu. Dengan demikian diperkirakan pada 3 Januari 2023 sudah tidak terdapat lagi penderita COVID-19 varian Omicron sehingga diprediksi target bebas COVID-19 varian Omicron dapat tercapai.

Conclusion

Berdasarkan hasil dan pembahasan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Persamaan (6) adalah model *SVIR* untuk model penyebaran penyakit menular dengan vaksinasi. Model ini merupakan sistem persamaan diferensial nonlinear orde satu dengan variabel terikat S, V, I , dan R serta variabel bebas t .
2. Persamaan (7) adalah model *SVIR* dengan nilai parameter yang telah ditentukan sebelumnya berdasarkan data harian penyebaran penyakit COVID-19 varian Omicron di Indonesia tanggal 27 November 2021 hingga 15 April 2022.
3. Berdasarkan hasil penyelesaian persamaan (7) terhadap nilai awal (8) dengan metode Runge-Kutta orde empat diperoleh pola penyebaran COVID-19 varian Omicron di Indonesia hingga tanggal 26 Januari 2023 menunjukkan penurunan untuk individu kelompok S dan kenaikan untuk individu kelompok R

References

- Cooper, I., Mondal, A., & Antonopoulos, C. G. (2020). A SIR model assumption for the spread of COVID-19 in different communities. *Chaos, Solitons & Fractals*, 139, 110057.
- COVID-19, Satuan Tugas Penanganan, *Peta Sebaran*, <https://covid19.go.id/peta-sebaran> pada 21 Maret 2022.
- Dinas Kesehatan Provinsi Bali. (2022). Omicron Sebagai Salah Satu Varian Terbaru Covid-19. Diakses dari <https://diskes.baliprov.go.id/omicron-kenali-lebih-jauh/> pada 18 Juni 2022.
- Hethcote, H. W. (2000). The mathematics of infectious diseases. *SIAM review*, 42(4), 599-653.
- Hui, D. S., Azhar, E. I., Madani, T. A., Ntoumi, F., Kock, R., Dar, O., ... & Petersen, E. (2020). The continuing 2019-nCoV epidemic threat of novel coronaviruses to global health—The latest 2019 novel coronavirus outbreak in Wuhan, China. *International journal of infectious diseases*, 91, 264-266.
- Susilo, A., Rumende, C. M., Pitoyo, C. W., Santoso, W. D., Yulianti, M., Herikurniawan, H., ... & Yuniastuti, E. (2020). Coronavirus disease 2019: Tinjauan literatur terkini. *Jurnal penyakit dalam Indonesia*, 7(1), 45-67.
- Statistic, Corona, *Statistik Corona Seluruh Indonesia*, <https://datastudio.google.com/u/0/reporting/fda876a7-3eb2-4080-92e8-679c93d6d1bd/page/3cjTB>, diakses pada 21 Maret 2022.
- WHO. Coronavirus Disease (COVID-2019) Situation Reports 70. Diakses dari <https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200330-sitrep-70-Covid-19.pdf?sfvrsn=7e0fe3f82> pada 18 Juni 2022.
- WHO. Coronavirus Disease (COVID-2019) Situation Reports 73. Diakses dari <https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200221-sitrep-73-covid19.pdf> pada 18 Juni 2022.
- WHO. Infection Prevention during Transfer and Transport of Patients with Suspected COVID-19 Requiring Hospital Care. Diakses dari <https://iris.wpro.who.int/bitstream/handle/10665.1/14504/COVID-19-infection-prevention-during-transfer-and-transport-eng.pdf> pada 18 Juni 2022

