

Pemodelan Matematika Penyebaran COVID19 Tipe SV_1V_2EIR

Asmaidi¹, T. Sukma Achriadi S²

¹Program Studi Geofisika, Fisika, Universitas Mulawarman, Samarinda
²Program Studi Teknik Informatika, Politeknik Aceh Selatan, Aceh Selatan

E-mail: asmedmat@gmail.com

Received: 21-10-2021

Accepted: 27-12-2021

Published: 29-12-2021

Abstrak

Pemodelan matematika dapat diterapkan diberbagai bidang ilmu seperti bidang sains, sosial, ekonomi, keteknikan maupun bidang ilmu lainnya. Penerapan pemodelan matematika antara lain untuk mendeskripsikan fenomena penyebaran penyakit, pertumbuhan makhluk hidup, perkembangan mikroorganisme, estimasi pemenang dalam pemilihan umum, mendeskripsikan pertumbuhan kurs mata uang, dan lain sebagainya. Dalam penelitian ini dikembangkan model matematika penyebaran COVID19 tipe SV_1V_2EIR dengan mempertimbangkan faktor vaksinasi. Dalam model terdapat 6 populasi manusia yaitu populasi manusia rentan terhadap COVID19 (S), populasi manusia sudah divaksin (V_1), populasi manusia belum divaksin (V_2), Populasi manusia exposed terhadap COVID19 (E), Populasi manusia terinfeksi COVID19 (I), dan populasi manusia sembuh dari COVID19 (R). Jenis penelitian ini termasuk jenis penelitian kajian teori dan terapan matematika. Adapun Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi mencari fenomena nyata yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari, mencari literatur terkait pemodelan matematika, mendefinisikan variabel dan parameter dalam model, membuat asumsi-asumsi, dan membuat model matematika. Pemodelan matematika penyebaran COVID19 tipe SV_1V_2EIR dibuat dengan tujuan untuk pengontrol perilaku populasi dalam pemodelan. Selain itu, pemodelan matematika ini juga sebagai upaya penanggulangan penyebaran COVID19.

Kata kunci: Pemodelan Matematika, COVID19, Vaksinasi

Abstract

Mathematical modeling can be applied to the fields of social science, economics, engineering and other fields of science. The application of mathematical modeling includes describing the phenomenon of the spread of disease, the growth of living things, the development of microorganisms, estimation of succession in general elections, describing the growth of currency exchange rates, and so on. In this study, a mathematical model of the spread of COVID19 was developed by considering the vaccination factor. In the model there are 6 human populations, namely the human population susceptible to COVID19 (S), the human population that has been vaccinated (V_1), the human population that has not been vaccinated (V_2), the human population exposed to COVID19 (E), the human population infected with COVID19 (I), and the human population recovered from COVID19(R). This type of research includes the type of theoretical and applied mathematics research. The steps of this research are looking for literature related to mathematical modeling, defining variables and parameters in the model, making assumptions, and making mathematical models. Mathematical modeling of the spread of COVID19 types was made with the aim of controlling population behavior in modeling. In addition, this mathematical modeling is also an effort to overcome the spread of COVID19.

Keywords: Mathematical Modeling, COVID19, Vaccination

Pendahuluan

Fenomena nyata dalam kehidupan sehari-hari dapat dideskripsikan menggunakan bahasa matematika yang dikenal dengan pemodelan matematika [1], [2]. Pemodelan matematika pertama kali diperkenalkan oleh R. Rose tahun 1911 yang dikenal dengan Model Ross. Hal ini sejalan dengan [3], bahwa pemodelan matematika pertama sekali dikenalkan tahun 1911 oleh Ross yang dikenal dengan model Ross. Selanjutnya MacDonald mengembangkan lebih lanjut model Ross tahun 1957 yang dikenal dengan model Ross-MacDonald. Hingga sekarang ini pemodelan matematika terus diterapkan diberbagai bidang ilmu baik dalam bidang sains, sosial, ekonomi, keteknikan maupun bidang ilmu lainnya.

Penerapan pemodelan matematika dapat digunakan untuk mendeskripsikan fenomena penyebaran penyakit, pertumbuhan makhluk hidup, perkembangan mikroorganisme, estimasi pemenang dalam pemilihan umum, mendeskripsikan pertumbuhan kurs mata uang, dan lain sebagainya.

Dalam tulisan ini dikembangkan model matematika penyebaran COVID19 pada manusia. Dimana dalam model terdapat 6 populasi manusia yaitu populasi manusia rentan terhadap COVID19 (S), populasi manusia sudah divaksin (V_1), populasi manusia belum divaksin (V_2), Populasi manusia exposed terhadap COVID19 (E), Populasi manusia terinfeksi COVID19 (I), dan populasi manusia sembuh dari COVID19 (R). Dalam model terdapat faktor vaksinasi yang merupakan faktor penting untuk menekan angka kematian yang diakibatkan oleh COVID19. Data per tanggal 20 Oktober 2021 jumlah kasus terkonfirmasi positif COVID19 di Indoensia 4.237.201 jiwa dengan 4.077.748 jiwa sembuh dan 143.077 meninggal [4].

Beberapa pemodelan matematika yang digunakan untuk mendeskripsikan penyebaran COVID19 antara lain penelitian yang dilakukan oleh [5], model prediksi jumlah penderita covid-19 dengan laju pertumbuhan tak konstan. Selanjutnya [6], mengembangkan penelitian tentang model matematika penyebaran COVID19 yaitu model berbasis sir dalam prediksi awal penyebaran COVID-19 di daerah istimewa yogyakarta (DIY). Kemudian [7], mengembangkan penelitian tentang *a comparative study of spreading of novel corona virus disease by using fractional order modified SEIR model*. Beberapa penelitian lain yang membahas mengenai COVID19 diantara penelitian [8]–[10].

Berdasarkan penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa pemodelan matematika merupakan bagian penting dalam mencegah penyebaran COVID19. Dimana dengan adanya pemodelan matematika perilaku populasi dalam pemodelan dapat dikontrol. Oleh karena itu, tujuan tulisan ini adalah membangun suatu model matematika untuk memprediksi dan mengontrol penyebaran COVID19 dengan mempertimbangkan faktor vaksinasi.

Metode Penelitian

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini termasuk dalam jenis penelitian kajian teori dan terapan matematika. Fenomena nyata yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari dideskripsikan dalam bentuk Bahasa matematika dan digambarkan dalam suatu diagram kompartmen.

B. Langkah-langkah Penelitian

Adapun Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mencari Fenomena nyata yang sedang terjadi

Fenomena nyata dicari untuk menentukan topik yang diteliti. Fenomena nyata dicari melalui pengamatan baik di media cetak, media elektronik, maupun melalui sosial media.

2. Mencari literatur

Literatur tentang pemodelan matematika diperlukan untuk menambah pemahaman penulis terkait dengan pemodelan matematika yang akan dibuat. Selain itu, literatur berfungsi untuk memperkuat teori-teori yang digunakan dalam pemodelan. Literatur yang digunakan bersumber dari jurnal, buku, prosiding, dan website-website resmi terkait dengan COVID19.

3. Mendefinisikan variabel dan parameter dalam model

Pada tahap ini penulis menentukan variabel dan parameter yang terdapat pada model. Penentuan variabel dan parameter didasarkan pada literatur yang dikaji dan disesuaikan dengan fenomena real yang terjadi dalam kehidupan nyata.

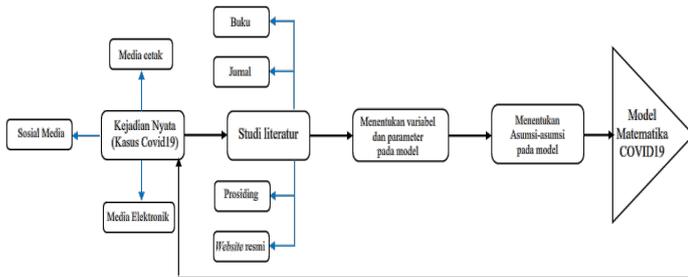
4. Membuat asumsi-asumsi

Berdasarkan variabel dan parameter yang sudah ditentukan. Selanjutnya ditentukan asumsi-asumsi yang digunakan dalam pemodelan matematika.

5. Membuat Model Matematika

Model matematika dibuat sesuai dengan variabel dan parameter serta asumsi-asumsi yang digunakan. Model matematika dibuat sesuai dengan fenomena nyata yang terjadi terkait dengan penyebaran COVID19.

Adapun Langkah-langkah pelaksanaan penelitian digambarkan dalam diagram alir berikut:



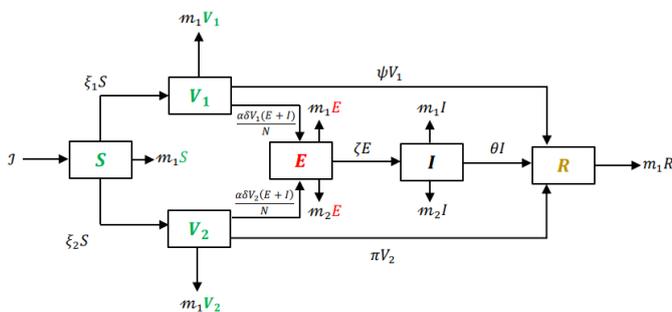
Gambar 1. Diagram alir pelaksanaan penelitian

Hasil dan Diskusi

Pemodelan matematika penyebaran COVID19 yang dibangun dalam penelitian ini terdiri dari 6 populasi dengan asumsi-asumsi sebagai berikut:

- Laju kematian alami terdapat pada setiap populasi manusia.
- Laju kematian yang disebabkan oleh COVID19 hanya terdapat pada populasi eksposed dan populasi terinfeksi.
- Populasi manusia rentan bertambah karena ada kelahiran berupa fungsi konstan
- Populasi manusia sudah divaksin berpindah menjadi populasi eksposed yang disebabkan karena terjadi kontak antara populasi manusia sudah divaksin dengan populasi eksposed dan terinfeksi oleh COVID19, dengan rata-rata kontak (δ) dan tingkat penularan (α).

Adapun pemodelan matematika penyebaran COVID19 adalah sebagai berikut:



Gambar 2. Pemodelan matematika COVID19

Berdasarkan model matematika tersebut dapat dideskripsikan bahwa Populasi manusia rentan (S) bertambah karena ada faktor kelahiran λ dan berkurang karena populasi berpindah menjadi populasi manusia sudah divaksin (V_1) dan belum divaksin (V_2) dengan laju perpindahan masing-masing ξ_1 dan ξ_2 . Selain itu, Populasi manusia rentan (S) berkurang karena adanya kematian alami m_1 . Populasi manusia sudah divaksin (V_1) bertambah karena terjadi perpindahan dari populasi manusia rentan dengan laju perpindahan ξ_1 dan berkurang karena berpindah menjadi populasi manusia *eksposed* yang disebabkan oleh terjadinya kontak dengan populasi *eksposed* dan terinfeksi dengan tingkat penularan dan rata-rata terjadi kontak masing-masing α dan δ dengan kasus baru $\frac{\alpha\delta V_1(E+I)}{N}$. Selain itu, populasi manusia sudah divaksin berkurang karena berpindah menjadi populasi manusia sembuh (R) dan adanya kematian alami dengan laju masing-masing ψ dan m_1 .

Populasi manusia belum divaksin (V_2) bertambah karena terjadi penambahan dari populasi manusia rentan dengan laju perpindahan ξ_2 dan berkurang karena berpindah menjadi populasi manusia *eksposed* yang disebabkan oleh terjadinya kontak dengan populasi *eksposed* dan terinfeksi dengan tingkat penularan dan rata-rata kontak masing-masing α dan δ dengan kasus baru $\frac{\alpha\delta V_2(E+I)}{N}$. Selain itu, populasi manusia belum divaksin berkurang karena berpindah menjadi populasi manusia sembuh (R) dan adanya kematian alami dengan laju masing-masing π dan m_1 .

Populasi manusia *eksposed* (E) bertambah karena terjadi penambahan dari populasi manusia sudah divaksin (V_1) dan belum divaksin (V_2). Populasi manusia *eksposed* berkurang karena adanya kematian alami m_1 , kematian karena COVID19 m_2 . Selain itu, populasi manusia *eksposed* berkurang karena berpindah menjadi populasi manusia terinfeksi (I).

Populasi manusia terinfeksi (I) bertambah karena terjadi penambahan dari populasi manusia *eksposed* dan berkurang karena adanya kematian alami m_1 dan kematian karena COVID19 m_2 . Selain itu, populasi manusia infeksi (I) berkurang karena adanya populasi sembuh dengan laju kesembuhan θI .

Populasi manusia sembuh (R) bertambah karena terjadi penambahan dari populasi manusia terinfeksi (I), populasi manusia sudah di-

vaksin (V_1) dan belum divaksin (V_2). Populasi manusia sembuh berkurang karena adanya kematian alami m_1 .

Tabel 1. Parameter pada Model Matematika

Parameter	Keterangan
J	Laju kelahiran manusia
m_1	Laju kematian alami
m_2	Laju kematian karena COVID19
δ	Rata-rata terjadi kontak
α	Tingkat penularan COVID19 per sekali kontak
ξ_1	Laju perpindahan populasi manusia rentan menjadi populasi manusia sudah divaksin
ξ_2	Laju perpindahan populasi manusia rentan menjadi populasi manusia belum divaksin
ψ	Laju perpindahan populasi manusia sudah divaksin menjadi populasi manusia sembuh
π	Laju perpindahan populasi manusia belum divaksin menjadi populasi manusia sembuh
ς	Laju perpindahan populasi manusia ekposed menjadi populasi manusia terinfeksi
θ	Laju perpindahan populasi manusia terinfeksi menjadi populasi manusia sembuh
g	Proporsi populasi manusia terpapar berpindah menjadi populasi manusia terinfeksi COVID19
h	Proporsi populasi manusia terpapar berpindah menjadi populasi manusia terinfeksi COVID19 tanpa gejala

Berdasarkan pemodelan matematika tersebut diperoleh sistem persamaan diferensial (SPD) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \frac{dS}{dt} &= J - (\xi_1 + \xi_2 + m_1)S \\ \frac{dV_1}{dt} &= \xi_1 S - \left(m_1 + \psi + \frac{\alpha\delta(E+I)}{N} \right) V_1 \\ \frac{dV_2}{dt} &= \xi_2 S - \left(m_1 + \pi + \frac{\alpha\delta(E+I)}{N} \right) V_2 \\ \frac{dE}{dt} &= \frac{\alpha\delta(E+I)}{N} (V_1 + V_2) - (m_1 + m_2 + \varsigma)E \\ \frac{dI}{dt} &= \varsigma E - (m_1 + m_2 + \theta)I \\ \frac{dR}{dt} &= \psi V_1 + \pi V_2 + \theta I - m_1 R \end{aligned} \tag{1}$$

dengan

$$S + V_1 + V_2 + E + I + R = N \tag{2}$$

Simpulan

Pemodelan matematika penyebaran COVID19 terdiri dari 6 populasi yaitu :

- Populasi manusia rentan terhadap COVID19 (S).
- Populasi manusia sudah divaksin (V_1).
- Populasi manusia belum divaksin (V_2).
- Populasi manusia exposed terhadap COVID19 (E).
- Populasi manusia terinfeksi COVID19 (I).
- Populasi manusia sembuh dari COVID19 (R).

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Mulawarman yang telah memberi dukungan dalam penyelesaian penelitian ini. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Koordinator Program Studi Geofisika yang telah banyak membantu dalam pembuatan model matematika ini. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada teman-teman dosen yang sudah banyak memberi semangat dan dukungan dalam penyelesaian penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] S. Side, W. Sanusi, and N. K. Rustan, "Model matematika SIR sebagai solusi kecanduan penggunaan media sosial," *J. Math. Comput. Stat.*, vol. 3, no. 2, p. 126, 2020, doi: 10.35580/jmathcos.v3i2.20124.
- [2] I. Anggriani, S. Nurhayati, and S. Subchan, "Analisis kestabilan model penurunan sumber daya hutan akibat industri," *Limits J. Math. Its Appl.*, vol. 15, no. 1, p. 31, Mar. 2018, doi: 10.12962/limits.v15i1.3560.
- [3] G. A. Ngwa and W. S. Shu, "A mathematical model for endemic malaria with variable human and mosquito populations," *Math. Comput. Model.*, vol. 32, no. 7-8, 2000, doi: 10.1016/S0895-7177(00)00169-2.
- [4] Kementerian Kesehatan RI, "Situasi terkini perkembangan (COVID-19)," *Kemendes*, no. September, 2021.
- [5] S. KHAIRUNNISA, S. BAHRI, and R. LESTARI, "Model prediksi jumlah penderita covid-19 dengan laju

- pertumbuhan tak konstan,” *J. Mat. UNAND*, vol. 9, no. 4, p. 302, 2021, doi: 10.25077/jmu.9.4.302-309.2020.
- [6] F. Adi-Kusumo, N. Susyanto, I. Endrayanto, and A. Meliala, “Model berbasis SIR dalam prediksi awal penyebaran covid-19 di daerah Istimewa Yogyakarta (DIY),” *J. Mat. Thales*, vol. 2, no. 1, pp. 1–10, 2020, doi: 10.22146/jmt.55820.
- [7] H. Alrabaiah, M. Arfan, K. Shah, I. Mahariq, and A. Ullah, “A comparative study of spreading of novel corona virus disease by using fractional order modified SEIR model,” *Alexandria Eng. J.*, vol. 60, no. 1, pp. 573–585, 2021, doi: 10.1016/j.aej.2020.09.036.
- [8] M. I. Afwan, “Pemodelan matematika penyebaran penyakit Covid-19 dengan menggunakan model SIRS,” vol. 4, no. 2, pp. 34–40, 2021.
- [9] S. Annas, M. Isbar Pratama, M. Rifandi, W. Sanusi, and S. Side, “Stability analysis and numerical simulation of SEIR model for pandemic COVID-19 spread in Indonesia,” *Chaos, Solitons & Fractals*, vol. 139, p. 110072, Oct. 2020, doi: 10.1016/j.chaos.2020.110072.
- [10] S. P. Sari and E. Arfi, “Analisis dinamik model SIR pada kasus penyebaran penyakit Corona Virus Disease-19 (COVID-19),” *Indones. J. Appl. Math.*, vol. 1, no. 2, 2021, doi: 10.35472/indojam.v1i2.354.