

Efektivitas Penerapan Protokol Kesehatan 3M pada Penularan Covid-19 dengan Model SEIR di Kota Makassar

The Effectiveness of the Implementation of the 3M Health Protocol on Covid-19 Transmission using SEIR Model in Makassar City

Syafruddin Side^{1*}, Aisyah Mukhlisah Araaf¹⁾, Munadiya Yunadia¹⁾, Nur Qamariah¹⁾, Yusnalia Kadir¹⁾, dan La Ode Salman Yassar²⁾

¹⁾ Jurusan Matematika, Universitas Negeri Makassar

²⁾ Program Studi Statistika, Universitas Negeri Makassar

ABSTRAK

Penelitian ini merupakan kombinasi penerapan protokol kesehatan 3M pada penularan Covid-19 menggunakan model SEIR. Tujuan penelitian ini adalah membangun model matematika SEIR pada penularan Covid-19, mengetahui analisis dan simulasi model matematika SEIR terhadap pencegahan penularan Covid-19 dan mengetahui tingkat efektivitas penerapan protokol kesehatan 3M terhadap pencegahan penularan Covid-19 di Kota Makassar. Penelitian ini adalah penelitian kuantitatif dengan menggunakan data sekunder. Simulasi model SEIR dengan Maple menggunakan data jumlah penduduk kota Makassar, jumlah kasus suspek, positif Covid-19, dan sembuh dari Covid-19 rentang waktu januari 2021 hingga April 2021. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model SEIR dapat digunakan pada pencegahan penularan Covid-19. Hasil analisis model SEIR menunjukkan bahwa nilai bilangan reproduksi dasar $R_0 < 1$ untuk ketiga simulasi dengan presentasi penerapan protokol kesehatan 3M masing-masing 10%, 50% dan 90%. Sedangkan hasil simulasi pada model menunjukkan bahwa makin tinggi presentasi penerapan 3M maka nilai bilangan reproduksi dasar semakin kecil. Ini menunjukkan bahwa penerapan protokol kesehatan 3M terhadap penularan Covid-19 di Kota Makassar efektif, karena mampu meminimalisir laju peningkatan jumlah kasus Covid-19. Hal ini dapat menjadi rujukan bagi Pemerintah Kota Makassar agar penerapan 3M terus dilakukan guna memutus mata rantai penyebaran Covid-19 di Makassar.

Kata kunci: Covid-19, Model SEIR, Protokol kesehatan 3M, Bilangan reproduksi dasar.

ABSTRACT

The aims of this study was to build a SEIR model on Covid-19 transmission, to find out the analysis and simulation of the SEIR mathematical model for the prevention of Covid-19 transmission and to determine the effectiveness of the application of the 3M health protocol recovered Covid-19 from January 2021 to April 2021. The results shown that the

* Korespondensi:

email: syafruddin.side@unm.ac.id

SEIR model can be used to prevent transmission of Covid-19. The results of the analysis of the SEIR model shown that the basic reproduction number $R_0 < 1$ for the three simulations with the presentation of the application of the 3M health protocol were 10%, 50% and 90%, respectively. Meanwhile, the simulation results of the model shown that the higher the 3M application presentation, the smaller the value of the basic reproduction number. This shown that the implementation of the 3M health protocol against Covid-19 transmission in Makassar City is effective, because it is able to minimize the rate of increase in the number of Covid-19 cases. This can be a reference for the Makassar City Government so that the application of 3M continues to be carried out to break the chain of Covid-19 spreading in Makassar.

Keywords: Covid-19, SEIR model, 3M health protocol, Basic reproduction number.

PENDAHULUAN

Covid-19 merupakan virus baru sehingga banyak pihak yang tidak tahu dan tidak mengerti cara penanggulangannya. Virus Covid-19 ini mewabah hampir ke seluruh dunia termasuk Indonesia. Pemerintah Republik Indonesia menerbitkan protokol kesehatan yang akan diterapkan di seluruh Indonesia oleh pemerintah dengan dipandu secara terpusat oleh Kementerian Kesehatan RI (2020).

Wiku Adisasmito seorang ahli dalam bidang kebijakan kesehatan dan penanggulangan penyakit infeksi menegaskan bahwa kedisiplinan menerapkan protokol kesehatan 3M merupakan kontribusi masyarakat terhadap upaya penanganan Covid-19 yang dilakukan pemerintah (Sari, dkk.2021). Menurut survei AC Nielsen bekerja sama dengan UNICEF pada 6 kota besar di Indonesia dengan 2000 responden, mencoba menggali sikap masyarakat terkait praktek pencegahan Covid-19 pada kehidupan sehari-hari. Dari hasil survei ditemukan bahwa perilaku masyarakat terkait 3M secara nyata menunjukkan bahwa 31,5% dari seluruh responden melakukan seluruh perilaku 3M secara disiplin. 36% responden melakukan dua dari tiga perilaku 3M. Sementara 23,2% melakukan satu dari perilaku 3M. Hanya 9.3% responden yang tidak melakukan kepatuhan terhadap 3M (Marzuki, dkk. 2021). Virus corona dapat menyerang seluruh manusia tanpa mengenal usia. Seseorang yang memiliki riwayat penyakit atau sedang hamil dapat lebih mudah tertular virus karena daya tahan tubuhnya lemah. Olehnya itu, orang yang berusia lanjut memiliki potensi lebih besar untuk tertular virus walaupun tidak memiliki riwayat penyakit (Nurislaminingsih, dkk. 2020).

Jumlah kasus positif dan korban meninggal terus bertambah setiap hari, baik dari kalangan masyarakat umum anak-anak, dewasa serta tenaga medis. Sampai ujung Desember 2020 ini, pemerintah Indonesia resmi melaporkan 719.219 kasus positif Covid-19, atau menempati urutan pertama kasus Covid-19 di Asia Tenggara dan menempati urutan ketiga negara di Asia dengan kasus kematian mencapai 21.452 (Marzuki, dkk. 2021). Tercatat tingkat kematian akibat COVID-19 mencapai 8.9% pada akhir Maret 2020 di Indonesia (Setiati & Azwar, 2020). Di Makassar, data terkini Dinas Kesehatan Kota Makassar (2021) menyebutkan, bahwa jumlah kasus aktif naik sebanyak 281 kasus, sehingga jumlah kasus aktif sebanyak 2392 (orang yang masih dirawat/isolasi). Sedangkan jumlah kasus konfirmasi

secara total di Makassar sebanyak 25.160 kasus. Penambahan kasus setiap hari menggambarkan bahwa kepatuhan terhadap protokol kesehatan masih belum efektif dilaksanakan oleh masyarakat (Dinas Kesehatan Kota Makassar, 2021)

Penularan Covid-19 yang sangat pesat membuat semakin banyak peneliti yang mengkaji permasalahan ini, penelitian Sari, dkk. (2021) yang berjudul “Identifikasi Penyebab Ketidakpatuhan Warga terhadap Penerapan Protokol Kesehatan 3M di Masa Pandemi Covid-19” yang menyimpulkan bahwa ketidakpatuhan warga pada penerapan protokol kesehatan 3M berkaitan erat dengan peningkatan jumlah kasus positif Covid-19.

Penelitian model matematika SEIR pada penularan demam berdarah (W. Sanusi, dkk. 2021); Penyebaran tipes (S.Side, dkk. 2021; Nurhaeda, dkk. 2021); Penularan Tuberculosis (Rangkuti, dkk. 2014); Penularan malaria (Hasti, dkk 2021); Penyebaran hepatitis (S.Side, dkk. 2021); Penyebaran rubella (Muh. Asri, dkk. 2021); Permasalahan kecanduan game online (Azwan, dkk. 2021). Sedangkan penelitian model matematika oleh Suwardi Annas, dkk. (2020) berfokus pada simulasi numerik model SEIR pada penyebaran Covid-19 di Indonesia. Selain itu, Model penyebaran Covid-19 yang dilakukan oleh Chayu Yang, dkk. (2020) tentang pemodelan matematika SEIRV di wilayah Wuhan, China dengan mempertimbangkan faktor lingkungan. Penelitian tersebut belum mengaitkan model matematika SEIR dengan masalah penerapan 3M pada pencegahan penularan Covid-19. Oleh karena itu, penelitian ini mengombinasikan masalah penerapan protokol kesehatan 3M terhadap pencegahan penularan Covid-19 di Kota Makassar dengan model matematika SEIR untuk mengetahui laju dan tingkat efektivitas penerapan 3M terhadap pencegahan penularan Covid-19 di Kota Makassar.

METODE PENELITIAN

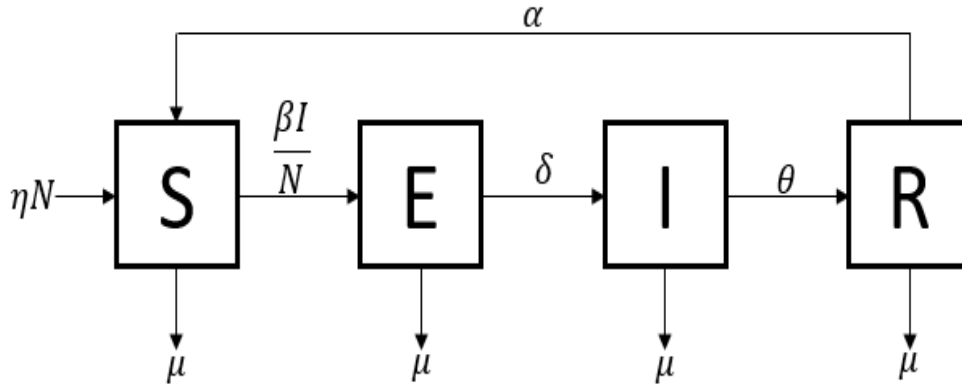
Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif, yaitu proses menemukan pengetahuan menggunakan data berupa angka sebagai alat untuk menganalisis keefektifan penerapan protokol kesehatan 3M untuk pencegahan penularan Covid-19. Model yang digunakan diadopsi dari model (Annas, dkk. 2020) dan (Abdy, dkk. 2021). Data penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh secara blanded dengan tetap mematuhi protokol kesehatan. Simulasi model SEIR pada penerapan protokol kesehatan 3M dengan Maple menggunakan data jumlah penduduk kota Makassar yang diperoleh melalui website resmi BPS Kota Makassar, data jumlah kasus suspek Covid-19 yang diperoleh secara luring, data jumlah positif Covid-19, dan data jumlah masyarakat yang sembuh Covid-19 dalam rentang waktu januari 2021 hingga April 2021 yang diperoleh secara daring.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Model SEIR Efektivitas Penerapan Protokol Kesehatan 3M

Model SEIR efektivitas penerapan protokol kesehatan 3M dibagi dalam empat kelas populasi yaitu populasi rentang terkena Covid-19 dinotasikan dengan *Suspected* (S), masyarakat yang terdata dalam kasus suspek yang sebelumnya merujuk pada Pasien dalam Pengawasan (PDP) masuk kelas bergejala Covid-19 dinotasikan dengan *Exposed* (E),

masyarakat yang positif saat melakukan Swab tes atau *Polymerase Chain Reaction* (PCR) masuk kelas terinfeksi Covid-19 dinotasikan dengan *Infected* (I), dan masyarakat yang negatif saat melakukan tes Swab atau tes PCR masuk kelas sembuh dari Covid-19 dinotasikan dengan *Recovered* (R). Skema model SEIR efektivitas penerapan protokol kesehatan 3M disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema Model SEIR Efektivitas Penerapan Protokol Kesehatan 3M

Tabel 1. Definisi variabel dan parameter model SEIR efektivitas penerapan protokol kesehatan 3M

Variabel / Parameter	Definisi
N	Total populasi Kota Makassar
S	Jumlah populasi Kota Makassar yang berpotensi tertular Covid-19
E	Jumlah populasi yang bergejala Covid-19 di Kota Makassar
I	Jumlah populasi yang terinfeksi Covid-19 di Kota Makassar
R	Jumlah populasi sembuh dari Covid-19 di Kota Makassar
η	Laju populasi yang berada di Kota Makassar
μ_2	Laju populasi yang meninggal pada tiap kelas populasi
α	Efektivitas penerapan 3M terhadap penularan Covid-19
β	Laju perpindahan populasi dari kelas berpotensi tertular Covid-19 (<i>susceptible</i>) ke kelas bergejala Covid-19 (<i>Exposed</i>)
δ	Laju perpindahan populasi dari kelas bergejala Covid-19 (<i>Exposed</i>) ke kelas terinfeksi Covid-19 (<i>Infected</i>)
θ	Laju perpindahan populasi dari kelas terinfeksi Covid-19 (<i>Infected</i>) ke kelas sembuh Covid-19 (<i>Recovered</i>)

Berdasarkan skema model SEIR efektivitas penerapan protokol kesehatan 3M, dapat ditafsirkan ke dalam model matematika yaitu persamaan diferensial non-linear sebagai berikut:

$$\frac{dS}{dt} = \eta N - \left[\mu + \alpha + \frac{\beta I}{N} \right] S \quad (1)$$

$$\frac{dE}{dt} = \frac{\beta I S}{N} - (\mu + \delta) E \quad (2)$$

$$\frac{dI}{dt} = \delta E - (\mu + \theta) I \quad (3)$$

$$\frac{dR}{dt} = \theta I + \alpha S - \mu R \quad (4)$$

Misalkan $\frac{S}{N} = s, \frac{E}{N} = e, \frac{I}{N} = i, \frac{R}{N} = r$, maka Persamaan (1)-(4) dapat dituliskan kembali sebagai Persamaan (5)-(8).

$$\frac{ds}{dt} = \eta - [\mu + \alpha + \beta i]s \quad (5)$$

$$\frac{de}{dt} = \beta i s - (\mu + \delta)e \quad (6)$$

$$\frac{di}{dt} = \delta e - (\mu + \theta)i \quad (7)$$

$$\frac{dr}{dt} = \theta i + \alpha s - \mu r \quad (8)$$

Persamaan (5)-(8) merupakan bentuk model SEIR pada penularan Covid-19.

Titik Keseimbangan Endemik

Titik keseimbangan endemik Model SEIR efektivitas penerapan protokol kesehatan 3M diperoleh dengan memisalkan $\frac{ds}{dt} = \frac{de}{dt} = \frac{di}{dt} = \frac{dr}{dt} = 0$ sehingga diperoleh Persamaan (9)–(12).

$$\frac{ds}{dt} = \eta - [\mu + \alpha + \beta i]s = 0 \quad (9)$$

$$\frac{de}{dt} = \beta i s - (\mu + \delta)e = 0 \quad (10)$$

$$\frac{di}{dt} = \delta e - (\mu + \theta)i = 0 \quad (11)$$

$$\frac{dr}{dt} = \theta i + \alpha s - \mu r = 0 \quad (12)$$

Akibatnya, diperoleh Persamaan (13)-(16) sebagai titik keseimbangan endemik model SEIR efektivitas penerapan protokol kesehatan 3M dengan menggunakan Maple 13.

$$s = \frac{\mu^2 + \mu\delta + \theta\mu + \theta\delta}{\beta\delta} \quad (13)$$

$$e = \frac{\beta\delta\eta - \alpha\theta\delta - \mu^3 - \delta\mu^2 - \alpha\mu^2 - \mu^2\theta - \delta\theta\mu - \alpha\mu\delta - \alpha\theta\mu}{\beta\delta(\mu + \delta)} \quad (14)$$

$$i = \frac{\beta\delta\eta - \alpha\theta\delta - \mu^3 - \delta\mu^2 - \alpha\mu^2 - \mu^2\theta - \delta\theta\mu - \alpha\mu\delta - \alpha\theta\mu}{\beta(\mu^2 + \mu\delta + \theta\mu + \theta\delta)} \quad (15)$$

$$r = \frac{\beta\delta^2\theta\eta + 2\alpha\mu^3\theta + \alpha\mu^4 + 2\alpha\mu^3\delta + \alpha\mu^2\delta^2 + 3\alpha\mu^2\delta\theta + \alpha\theta^2\delta\mu + \alpha\theta^2\mu^2 + \alpha\theta\delta^2\mu - \mu^3\delta\theta - \theta^2\mu^2\delta - \mu^2\delta^2\theta - \theta^2\delta^2\mu}{\beta(\mu^2 + \mu\delta + \theta\mu + \theta\delta)} \quad (16)$$

Titik Keseimbangan Bebas Penyakit Covid-19

Titik keseimbangan bebas penyakit pada Model SEIR penerapan protokol kesehatan 3M dilakukan dengan memisalkan $\frac{ds}{dt} = \frac{de}{dt} = \frac{di}{dt} = \frac{dr}{dt} = 0$. Titik keseimbangan diperoleh dengan asumsi bahwa $I = 0$ yang berarti tidak ada individu positif Covid-19 sehingga diperoleh:

$$E_0(S, E, I, R) = \left(\frac{\eta}{\alpha + \beta + \mu}, \frac{\eta\beta}{\alpha\mu + \alpha\delta + \beta\mu + \mu^2 + \mu\delta}, 0, \frac{\alpha\eta}{\alpha\mu + \beta\mu + \mu^2} \right) \quad (17)$$

Kestabilan Titik Keseimbangan Model SEIR

Kestabilan titik kesetimbangan model SEIR efektivitas penerapan protokol kesehatan 3M diperoleh dengan menentukan matriks Jacobian Persamaan (5)-(8) yaitu:

$$J = \begin{bmatrix} -\alpha - \mu & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\mu - \delta & 0 & 0 \\ 0 & \delta & -\mu - \delta & 0 \\ \alpha & 0 & 0 & -\mu \end{bmatrix} \dots\dots\dots (18)$$

Selanjutnya dicari nilai eigen dari matriks Jacobian dengan rumus $\det(\lambda I - A) = 0$ dimana I adalah matriks identitas.

$$\begin{vmatrix} -\alpha - \beta - \mu - \lambda & 0 & 0 & 0 \\ \beta & -\mu - \delta - \lambda & 0 & 0 \\ 0 & \delta & -\mu - \theta - \lambda & 0 \\ \alpha & 0 & \theta & -\mu - \lambda \end{vmatrix} = 0 \dots\dots\dots (19)$$

Sehingga diperoleh nilai eigen:

$$\lambda_1 = -\mu, \lambda_2 = -\mu - \theta, \lambda_3 = -\mu - \delta, \text{ dan } \lambda_4 = -\alpha - \mu$$

Karena setiap nilai eigen real adalah negative ($\lambda_j < 0$) untuk setiap $j = 1, 2, 3, 4$, maka titik kesetimbangan model SEIR efektivitas penerapan protokol kesehatan 3M bersifat stabil asimptotik.

Bilangan Reproduksi Dasar

Bilangan reproduksi dasar diperoleh dari hasil $\det(\lambda I - A)$ yang dijabarkan menggunakan Maple, sehingga diperoleh rumus bilangan reproduksi dasar (R_0) pada Persamaan (20)

$$R_0 = \frac{\delta\beta\eta}{(\delta+\mu)(\theta+\mu)(\alpha+\mu)} \dots\dots\dots (20)$$

Simulasi Numerik Model SEIR pada Penyebaran Covid-19 dengan Protokol 3M

Simulasi model dilakukan dengan menggunakan Maple dan memberikan nilai pada setiap parameter. Nilai parameter α mengindikasikan tingkat efektifitas penerapan protokol kesehatan 3M pada penularan Covid-19, sedangkan nilai parameter lainnya ditentukan sehingga diperoleh $R_0 > 1$ seperti pada Tabel 2. $R_0 > 1$ mengindikasikan bahwa terjadi penularan Covid-19 dari satu individu ke individu lain.

Tabel 2. Nilai variabel dan Parameter

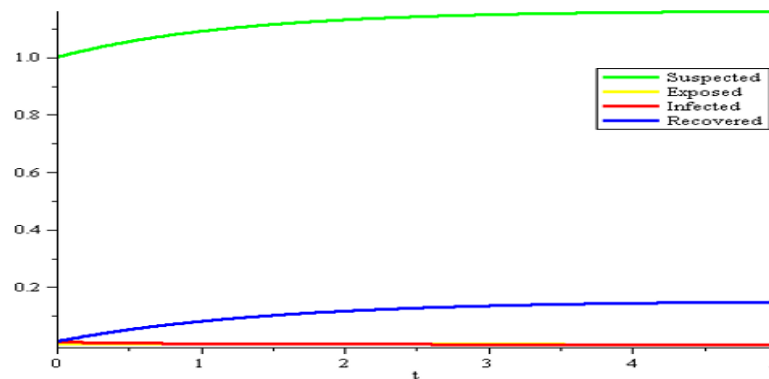
Variabel	Nilai	Parameter	Simulasi 1	Simulasi 2	Simulasi 3
s	$\frac{1508000}{1508000}$	η	1	1	1
e	$\frac{2881}{1508000}$	μ	0,76	0,6	0,4
i	$\frac{14497}{1508000}$	α	0,1	0,5	0,9
r	$\frac{16233}{1508000}$	β	0,9	0,5	0,1

	δ	0,39	0,8	0,95
	θ	0,5	0,8	0,95
R_0		0.2817	0.1886	0.0401

Simulasi Model SEIR Efektivitas Penerapan 3M pada Penularan Covid-19 di Kota Makassar

Simulasi 1.

Simulasi Model SEIR pada tingkat efektivitas penerapan protokol kesehatan 3M sebesar 10% dan menggunakan nilai variabel dan parameter yang ada pada Tabel 2. Hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 2.

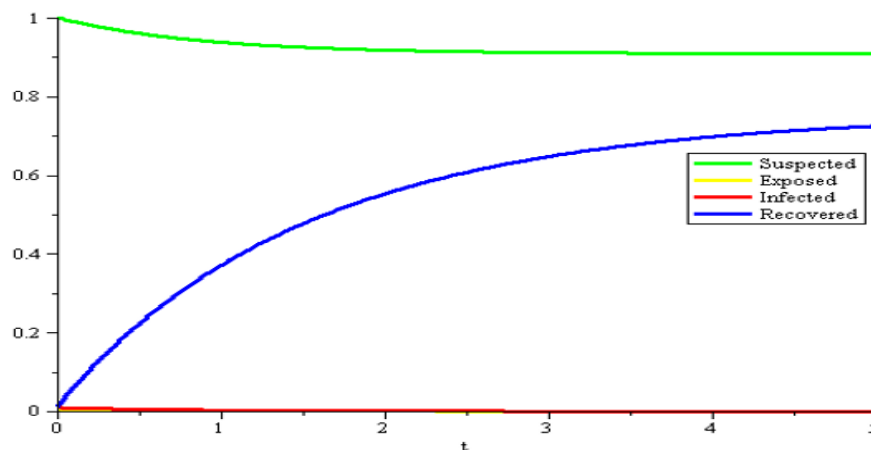


Gambar 2. Prediksi jumlah populasi suspected, exposed, infected dan recovered Covid-19 dengan tingkat efektivitas penerapan protokol kesehatan 3M sebesar 10%

Gambar 2 menunjukkan jumlah masyarakat yang berada pada subpopulasi *suspected* dan *recovered* mengalami peningkatan secara signifikan dari waktu ke waktu, sedangkan jumlah masyarakat yang *Exposed* dan terinfeksi (*Infected*) mengalami penurunan secara perlahan.

Simulasi 2

Simulasi Model SEIR pada tingkat efektivitas penerapan protokol kesehatan 3M sebesar 50% dan menggunakan nilai variabel dan parameter yang ada pada Tabel 2. Hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 3.

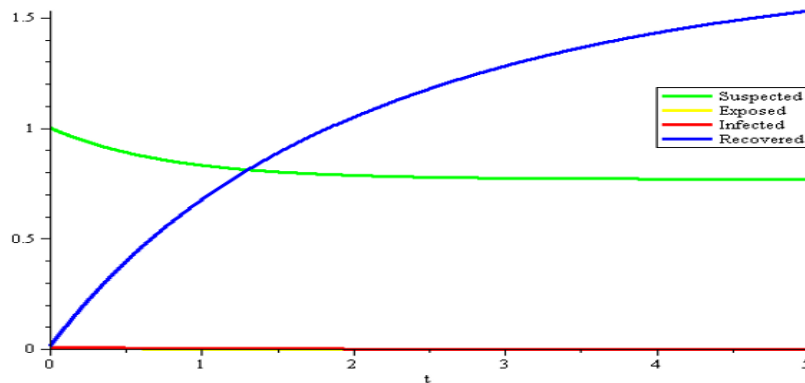


Gambar 3. Prediksi jumlah populasi suspected, exposed, infected dan recovered Covid-19 dengan tingkat efektivitas penerapan protokol kesehatan 3M sebesar 50%

Gambar 3 menunjukkan jumlah masyarakat yang berada pada subpopulasi *recovered* mengalami peningkatan yang sangat drastis dari waktu ke waktu. Selain itu, jumlah masyarakat yang berada pada subpopulasi *suspected*, *Exposed* dan terinfeksi (*Infected*) mengalami penurunan dan dapat dilihat pula bahwa jumlah subpopulasi *Exposed* dan terinfeksi (*Infected*) lebih rendah dibandingkan dengan simulasi dengan tingkat efektivitas penerapan protokol kesehatan 3M sebesar 10%.

Simulasi 3.

Simulasi Model SEIR pada tingkat efektivitas penerapan protokol kesehatan 3M sebesar 90% dan menggunakan nilai variable dan parameter yang ada pada Tabel 2. Hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Prediksi jumlah populasi suspected, exposed, infected dan recovered Covid-19 dengan tingkat efektivitas penerapan protokol kesehatan 3M sebesar 90%

Gambar 4 menunjukkan jumlah masyarakat yang berada pada subpopulasi *recovered* mengalami peningkatan yang sangat drastis dari waktu ke waktu. Selain itu, jumlah masyarakat yang berada pada subpopulasi *suspected*, *Exposed* dan terinfeksi (*Infected*) mengalami penurunan dan dapat dilihat pula bahwa jumlah subpopulasi *Exposed* dan terinfeksi (*Infected*) merupakan yang paling rendah dibandingkan jumlah subpopulasi *Exposed* dan terinfeksi (*Infected*) kedua simulasi lainnya.

Hasil penelitian model matematika penularan Covid-19 oleh (Abdy, 2021) menghasilkan model SIR menggunakan pendekatan teori Fuzzy, sedangkan hasil penelitian (Annas, 2020) adalah model SEIR penularan Covid-19 di Indonesia dengan pengaruh vaksinasi dan simulasi prediksi jumlah kasus Covid-19 di Indonesia. Sedangkan hasil penelitian ini, dibangun model SEIR pada penularan Covid-19 dengan melihat tingkat efektivitas penerapan protokol kesehatan 3M sebesar 10%, 50% dan 90%, dimana hasil analisis dan simulasi model SEIR pada efektivitas penerapan protokol kesehatan 3M terhadap penularan Covid-19 di Kota Makassar menunjukkan bahwa semakin tinggi penerapan protokol kesehatan 3M, maka angka penyebaran Covid-19 semakin menurun.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi tingkat efektivitas penerapan protokol Kesehatan 3M maka semakin meningkat proporsi populasi yang sembuh dari Covid-19. Proporsi populasi kelas recovered pada tingkat

efektivitas penerapan protokol Kesehatan 3M sebesar 0.1 mencapai 50% hingga bulan keempat. Proporsi populasi kelas recovered pada tingkat efektivitas penerapan protokol kesehatan 3M sebesar 0.5 mencapai 70% hingga bulan keempat. Proporsi populasi kelas *recovered* pada tingkat efektivitas penerapan protokol kesehatan 3M sebesar 0.9 mencapai 12% hingga bulan keempat. Hasil analisis dan simulasi model SEIR pada efektivitas penerapan 3M terhadap penularan Covid-19 di Kota Makassar menunjukkan bahwa apabila efektivitas tinggi maka angka penyebaran Covid-19 semakin kecil sehingga meminimalisir penularan Covid-19 di Kota Makassar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Kemendikbudristek yang telah membiayai riset ini. Terima kasih juga kepada Universitas Negeri Makassar yang telah mensupport riset ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdy, M., Side, S., Annas, S., Nur, W., & Sunusi, W. 2021. *An SIR epidemic model for Covid-19 spread with fuzzy parameter: the case of Indonesia*. Advances in Difference Equations. 2021(1):1-17
- Annas, S., Pratama, M. I., Rifandi, M., Sanusi, W., & Side, S. 2020. *Stability analysis and numerical simulation of SEIR model for pandemic Covid-19 spread in Indonesia*. Chaos, Solitons & Fractals. 139: 110072.
- Azwan Anwar, R Syam, MI Pratama, S Side., 2021. SEIRS model analysis for online game addiction problem of mathematics students. Journal of Physics: Conference Series 1918 (4), 042024.
- Dinas Kesehatan Kota Makassar. 2021. *Info penanggulangan Covid-19 Kota Makassar*. <https://infocorona.makassar.go.id/>. Diakses tanggal 14 Februari 2021.
- Hasti Maryam, M Abdy, S Side., 2021. SEIAS-SEI model on asymptomatic and super infection malaria with imperfect vaccination. Journal of Physics: Conference Series 1918 (4), 042028.
- Kementerian Kesehatan RI. 2020. *Lakukan protokol kesehatan ini jika mengalami gejala Covid-19*. <http://sehatnegeriku.kemkes.go.id/baca/rilis-media/20200316/4033408/lakukan-protokol-kesehatan-jika-mengalami-gejala-Covid-19/>. Diakses tanggal 14 Februari 2021.
- Marzuki, dkk. 2021. *Covid-19 Seribu Satu Wajah*. Yayasan Kita Menulis.
- Muh. Asri, S Sidjara, W Sanusi, S Side, MI Pratama., 2021. Analysis and Solution of The SEIRS Model for The Rubella Transmission with Vaccination Effect using Runge-Kutta Method. Journal of Physics: Conference Series 1899 (1), 012090.
- Nurhaeda, S Anas and S Side., 2021. Analysis and simulation of mathematical model for typhus disease in Makassar. Journal of Physics: Conference Series 1918 (4), 042025.
- Nurislaminingsih, R. 2020. *Layanan pengetahuan tentang COVID-19 di lembaga Informasi*. Tik Ilmeu Jurnal Ilmu Perpustakaan dan Informasi. 4(1): 19-38.

- Sari, R. K. 2021. *Identifikasi penyebab ketidakpatuhan warga terhadap penerapan protokol kesehatan 3M di masa pandemi Covid-19 (Studi kasus pelanggar protokol kesehatan 3M di Ciracas Jakarta Timur)*. Jurnal Akrab Juara. 6(1):84-94.
- Setiati, S. & Azwar, M. K. 2020. *COVID-19 and Indonesia*. Acta Medica Indonesiana. 52(1):84-89.
- S Side, M Abdy, F Arwadi, W Sanusi., 2021. SEIRI Model analysis using the mathematical graph as a solution for Hepatitis B disease in Makassar. Journal of Physics: Conference Series 1899 (1), 012091.
- S Side, N Badwi, M Abdy, W Sanusi., 2021., SEIR Model and Simulation for Typus Disease. Journal of Physics: Conference Series 1752 (1), 012003.
- W Sanusi, Badwi, N., Zaki, A., Pratama, M.I., Side., 2021. Analysis and Simulation of SIRS Model for Dengue Fever Transmission in South Sulawesi, Indonesia. Journal of Applied Mathematics 2021 (2021, 2918080), 1-8
- Yang, C. & Wang, J. 2020. *A mathematical model for the novel coronavirus epidemic in Wuhan, China*. Mathematical Biosciences and Engineering. 17(3): 2708-2724.
- YM Rangkuti, MS Sinaga, F Marpaung, S Side, 2014. *A VSEIR model for transmission of tuberculosis (TB) disease in North Sumatera, Indonesia*. AIP Conference proceedings 1635 (1), 201-208