

Model Matematika Penyebaran *Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus (MERS-CoV)*

Suci Okta Eriza¹, Muhammad Subhan²

^{1,2}Prodi Matematika, Fakultas Matematika Ilmu Pengetahuan dan Alam Universitas Negeri Padang (UNP)

Article Info

Article history:

Received February 19, 2021

Revised October 23, 2023

Accepted March 20, 2024

Keywords:

Mathematical Model

Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus

Kata Kunci:

Model Matematika

Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus

ABSTRACT

Middle East Respiratory Syndrome - Corona Virus (MERS-CoV) is a subtype of the corona virus that can infect humans. This disease can be transmitted between humans also a public health problem. This study aims to form a mathematical model for the spread of MERS-CoV, then analyze and interpret the results of the analysis obtained from the model. This type of research is basic research. The method used is a theoretical method, namely analyzing relevant theories with the spread of MERS-CoV. Based on the results of the analysis, two fixed points were obtained, namely a fixed point free and a fixed point for the spread of MERS-CoV. The stability in this model is stable at both fixed points of spread of MERS-CoV. The high rate of movement of susceptible individuals to exposed individuals and the rate of movement of exposed individuals to become infected resulted in MERS-CoV outbreaks in the population.

ABSTRAK

Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus (MERS-CoV) merupakan suatu sub tipe dari virus corona yang dapat menginfeksi manusia. Penyakit ini dapat menular antar manusia juga merupakan masalah kesehatan masyarakat. Penelitian ini bertujuan untuk membentuk model matematika penyebaran MERS-CoV kemudian menganalisis serta menginterpretasikan hasil analisis yang diperoleh dari model tersebut. Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian dasar. Metode yang digunakan adalah metode teoritis yaitu menganalisa teori-teori yang relevan dengan MERS-CoV. Berdasarkan hasil analisis diperoleh dua titik tetap yaitu titik tetap bebas dan titik tetap endemik penyebaran MERS-CoV. Kestabilan pada model ini adalah stabil pada kedua titik tetap penyebaran MERS-CoV. Tingginya tingkat perpindahan individu rentan menjadi individu terpapar dan tingkat perpindahan individu terpapar menjadi terinfeksi mengakibatkan MERS-CoV mewabah pada populasi.

This is an open access article under the [CC BY-SA](#) license.



Penulis pertama/sesuai:

(Suci Okta Eriza)

Prodi Matematika, Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang, Jl. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar barat, Padang Utara, Padang, 25171

Email: sucioktaeriza31@gmail.com

Padang, Sumatera Barat



1. PENDAHULUAN

Penyebaran penyakit yang disebabkan oleh virus merupakan ancaman yang berarti di bidang kesehatan, sosial, dan ekonomi masyarakat. Virus merupakan parasit atau makhluk hidup yang kehidupannya bergantung pada makhluk hidup lain, berukuran mikroskopik (tidak dapat dilihat oleh mata) yang menginfeksi sel organisme biologis. Virus sering diperdebatkan statusnya sebagai makhluk hidup karena ia tidak dapat menjalankan fungsi biologisnya secara bebas [1].

Terdapat banyak penyakit yang disebabkan oleh virus, salah satunya *Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus* (MERS-CoV) yaitu suatu subtipe baru dari virus corona yang belum pernah ditemukan menginfeksi manusia sebelumnya. Virus ini dapat menimbulkan kesakitan maupun kematian pada manusia dan hewan dengan gejala ringan sampai berat. Kebanyakan pasien *Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus* (MERS-CoV) mengalami gangguan pernafasan akut yang parah dengan gejala demam, batuk dan sesak [2].

Penularan *Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus* (MERS-CoV) ini terdiri atas dua jenis, yang pertama adalah penularan dari hewan ke manusia, dan yang kedua adalah penularan dari manusia ke manusia [3].

Menurut *World Health Organization* (WHO), secara global, 2506 kasus telah dilaporkan dengan 862 kasus mengalami kematian. Mencegah atau membatasi penularan infeksi di sarana pelayanan kesehatan memerlukan penerapan prosedur dan protokol yang disebut sebagai “pengendalian” [4].

Penyebaran penyakit *Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus* (MERS-CoV) juga berpengaruh terhadap sektor ekonomi yang diakibatkan oleh perubahan perilaku individu sebagai respon terhadap penyebaran penyakit ini [5].

Sampai sekarang, masih belum ditemukan antivirus untuk mencegah penyebaran dari *Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus* (MERS-CoV) ini. Namun, *World Health Organization* (WHO) menyebut para ahli sedang mengembangkan beberapa vaksin dan perawatan yang spesifik untuk penyakit ini. Satu-satunya tindakan pencegahan yang diambil untuk membatasi penyebaran penyakit ini adalah isolasi dan rawat inap pasien yang terinfeksi.

Untuk dapat melihat gambaran tentang bagaimana penyebaran *Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus* (MERS-CoV) dibutuhkan suatu cara untuk dapat mengetahui bagaimana pengaruh penyebaran tersebut. Oleh karena itu, permasalahan ini dimodelkan ke dalam matematika untuk memalahami bagaimana pengaruh penyebaran *Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus* (MERS-CoV) [6].

Dalam penelitian ini, model matematika yang digunakan adalah Model SEIR. Model ini mempertimbangkan bahwa adanya periode exposed atau tersembunyi dari penyakit [7].

Penelitian ini bertujuan untuk membentuk model matematika penyebaran *Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus* (MERS-CoV) kemudian menganalisis model tersebut serta menginterpretasikan hasil analisis yang diperoleh dari model tersebut.

2. METODE

Penelitian yang dilakukan adalah penelitian dasar, menggunakan metode teoritis dengan menganalisis teori – teori yang sesuai dengan masalah yang diangkat dalam penelitian ini.

Langkah – langkah yang dilakukan untuk memperoleh jawaban dari permasalahan tersebut adalah :

1. Mengidentifikasi masalah sesungguhnya yang akan diangkat dalam penelitian yaitu tentang penyebaran *Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus* (MERS-CoV).
2. Mengumpulkan teori-teori yang sesuai dengan masalah penyebaran *Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus* (MERS-CoV).
3. Menentukan metode yang akan digunakan dalam penyelesaian masalah penyebaran *Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus* (MERS-CoV).
4. Membentuk model matematika dengan terlebih dahulu menentukan variabel, parameter serta asumsi yang berkaitan dengan masalah penyebaran *Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus* (MERS-CoV).



5. Menganalisis model matematika penyebaran *Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus* (MERS-CoV) yang telah diperoleh dengan menentukan titik tetap model, serta menentukan kestabilan titik tetap tersebut.
6. Menginterpretasikan hasil analisis dari model matematika penyebaran *Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus* (MERS-CoV) yang diperoleh.
7. Membuat kesimpulan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Model Matematika Penyebaran *Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus* (MERS-CoV)

Model matematika pengaruh penyebaran *Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus* (MERS-CoV) dibentuk dengan lima variabel yaitu :

- S = Kelompok individu yang sehat namun rentan terhadap infeksi *Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus* (MERS-CoV) (Individu)
- E = Kelompok individu yang terpapar infeksi tetapi belum dapat menularkan *Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus* (MERS-CoV) kepada individu lain (Individu)
- I = Kelompok individu yang terinfeksi dan dapat menularkan *Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus* (MERS-CoV) kepada individu lain (Individu)
- H = Kelompok individu yang dirawat di rumah sakit karena infeksi *Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus* (MERS-CoV) (Individu)
- R = Kelompok individu yang telah sembuh dari infeksi *Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus* (MERS-CoV) (Individu)

Sedangkan parameter yang digunakan yaitu :

- θ = Tingkat kelahiran individu (Individu/hari)
- β = Tingkat perpindahan individu rentan menjadi individu terpapar *Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus* (MERS-CoV) (Individu/hari)
- α = Tingkat perpindahan individu trpapar menjadi individu terinfeksi *Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus* (MERS-CoV) (Individu)
- K = Tingkat kematian individu terinfeksi *Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus* (MERS-CoV) (Individu/hari)
- η = Tingkat perpindahan individu terinfeksi *Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus* (MERS-CoV) menjadi individu dirawat di rumah sakit (Individu/hari)
- L = Tingkat kematian individu yang dirawat di rumah sakit (Individu/hari)
- γ = Tingkat kesembuhan dari individu yang terinfeksi *Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus* (MERS-CoV) (Individu/hari)
- ϵ = Tingkat kesembuhan dari individu yang dirawat
- μ = Tingkat kematian alami (Individu/hari)

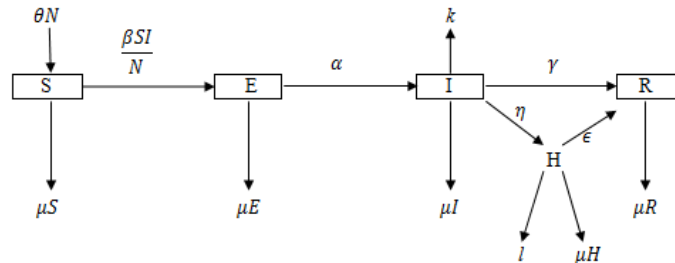
Dalam pemodelan ini asumsi yang digunakan yaitu:

1. Populasi tertutup, artinya tidak ada individu yang melakukan imigrasi dan emigrasi.
2. Populasi konstan.
3. Setiap individu yang lahir rentan terhadap infeksi *Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus* (MERS-CoV).
4. Individu rentan yang telah terinfeksi akan mengalami masa inkubasi dan berada pada kelompok individu terpapar sebelum masuk ke individu yang terinfeksi *Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus* (MERS-CoV).
5. Adanya individu terinfeksi *Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus* (MERS-CoV) yang dirawat di rumah sakit.
6. Adanya kematian alami yang terjadi dalam setiap populasi.
7. Adanya kematian yang dikarenakan adanya individu yang terinfeksi *Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus* (MERS-CoV).



8. Individu yang telah sembuh memiliki kekebalan terhadap *Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus* (MERS-CoV).

Berdasarkan asumsi-asumsi di atas, maka dapat disusun diagram model matematika [8] penyebaran *Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus* (MERS-CoV) seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Pemodelan Matematika Penyebaran *Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus* (MERS-CoV)

Berdasarkan Gambar 1, dapat disusun model matematika penyebaran *Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus* (MERS-CoV), berupa Sistem Persamaan Diferensial [9] sebagai berikut:

$$\frac{dS}{dt} = \theta N - \frac{\beta SI}{N} - \mu S \quad (1)$$

$$\frac{dE}{dt} = \frac{\beta SI}{N} - (\alpha + \mu)E \quad (2)$$

$$\frac{dI}{dt} = \alpha E - (\gamma + k + \eta + \mu)I \quad (3)$$

$$\frac{dH}{dt} = \eta I - (l + \epsilon + \mu)H \quad (4)$$

$$\frac{dR}{dt} = \gamma I + \epsilon H - \mu R \quad (5)$$

Titik tetap dari (1) – (5) diperoleh ketika

$$\frac{dS}{dt} = 0, \frac{dE}{dt} = 0, \frac{dI}{dt} = 0, \frac{dH}{dt} = 0, \frac{dR}{dt} = 0$$

sehingga diperoleh :

$$\frac{dS}{dt} = \theta N - \frac{\beta SI}{N} - \mu S = 0 \quad (6)$$

$$\frac{dE}{dt} = \frac{\beta SI}{N} - (\alpha + \mu)E = 0 \quad (7)$$

$$\frac{dI}{dt} = \alpha E - (\gamma + k + \eta + \mu)I = 0 \quad (8)$$

$$\frac{dH}{dt} = \eta I - (l + \epsilon + \mu)H = 0 \quad (9)$$

$$\frac{dR}{dt} = \gamma I + \epsilon H - \mu R = 0 \quad (10)$$

3.2. Analisis Model Matematika Penyebaran *Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus* (MERS-CoV)



3.2.1. Titik Tetap Model Matematika Penyebaran *Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus (MERS-CoV)*

Menganalisis kestabilan suatu sistem memerlukan titik tetap dari sistem persamaan diferensial [10]. Dengan melakukan analisis terhadap persamaan (6) – (10) di atas diperoleh dua titik tetap model yaitu:

- a. Titik tetap bebas $P_0 = S_0, E_0, I_0, H_0, R_0$

$$S_0 = \frac{\theta N}{\mu}$$

$$E_0 = 0$$

$$I_0 = 0$$

$$H_0 = 0$$

$$R_0 = 0$$

- b. Titik tetap endemik $P_1 = S^*, E^*, I^*, H^*, R^*$

$$S^* = \frac{(\alpha + \mu)(\gamma + k + \eta + \mu)N}{\alpha\beta}$$

$$E^* = \frac{1}{\alpha} \left(\frac{\mu N(\alpha\beta - (\alpha + \mu)(\gamma + k + \eta + \mu))}{\beta(\alpha + \mu)} \right)$$

$$I^* = \frac{\mu N(\alpha\beta - (\alpha + \mu)(\gamma + k + \eta + \mu))}{\beta(\alpha + \mu)(\gamma + k + \eta + \mu)}$$

$$H^* = \frac{\eta}{l + \epsilon + \mu} \left(\frac{\mu N(\alpha\beta - (\alpha + \mu)(\gamma + k + \eta + \mu))}{\beta(\alpha + \mu)(\gamma + l + \eta + \mu)} \right)$$

$$R^* = \frac{\gamma}{\mu} \left(\frac{\mu N(\alpha\beta - (\alpha + \mu)(\gamma + k + \eta + \mu))}{\beta(\alpha + \mu)(\gamma + k + \eta + \mu)} \right) + \frac{\epsilon}{\mu} \left(\frac{\eta}{l + \epsilon + \mu} \left(\frac{\mu N(\alpha\beta - (\alpha + \mu)(\gamma + k + \eta + \mu))}{\beta(\alpha + \mu)(\gamma + k + \eta + \mu)} \right) \right)$$

- c. Bilangan Reproduksi Dasar (R_0)

Bilangan reproduksi dasar adalah ukuran untuk menjadi ambang batas yang digunakan untuk mengetahui apakah dalam satu populasi terjadi endemik atau tidak [11]. Bilangan reproduksi

dasar dinotasikan sebagai R_0 [12]. Infeksi akan terjadi ketika $\frac{dE}{dt} > 0$ sehingga diperoleh

$$\beta - \frac{(\alpha + \mu)(\gamma + k + \eta + \mu)}{\alpha} > 0$$

$$\beta > \frac{(\alpha + \mu)(\gamma + k + \eta + \mu)}{\alpha}$$

$$\alpha\beta > (\alpha + \mu)(\gamma + k + \eta + \mu)$$

$$\frac{\alpha\beta}{(\alpha + \mu)(\gamma + k + \eta + \mu)} > 1$$

Maka

$$R_0 = \left[\frac{\alpha\beta}{(\alpha + \mu)(\gamma + d_1 + \eta + \mu)} \right] \quad (11)$$

3.2.1. Uji Kestabilan Model Matematika Penyebaran *Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus (MERS-CoV)*

Analisis pada kestabilan titik tetap model matematika penyebaran MERS-CoV dapat ditentukan dengan cara memakai nilai eigen dari matriks Jacobian [13] sistem (6) – (10) yang diperoleh:



$$j[P] = \begin{bmatrix} -\frac{\beta I}{N} - \mu & 0 & -\frac{\beta S}{N} & 0 & 0 \\ \frac{\beta I}{N} & -\alpha + \mu & \frac{\beta S}{N} & 0 & 0 \\ 0 & \alpha & -(\gamma + k + \eta + \mu) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \eta & -(l + \epsilon + \mu) & 0 \\ 0 & 0 & \gamma & \epsilon & -\mu \end{bmatrix}$$

Karena terdapat dua jenis titik tetap, maka analisis kestabilan titik tetap juga dilakukan pada kedua titik tetap tersebut.

- a. Analisis kestabilan titik tetap bebas penyebaran *Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus (MERS-CoV)*

$$P_0 = \left(\frac{\theta N}{\mu}, 0, 0, 0, 0 \right)$$

Kestabilan titik tetap bebas pada penyebaran *Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus (MERS-CoV)* membutuhkan nilai eigen [14] matriks Jacobian yang diperoleh yaitu:

$$j[P_0] = \begin{bmatrix} -\mu & 0 & -\frac{\beta \theta}{\mu} & 0 & 0 \\ 0 & -\alpha + \mu & \frac{\beta \theta}{\mu} & 0 & 0 \\ 0 & \alpha & -(\gamma + k + \eta + \mu) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \eta & -(l + \epsilon + \mu) & 0 \\ 0 & 0 & \gamma & \epsilon & -\mu \end{bmatrix}$$

Maka didapat persamaan karakteristik yaitu:

$$(\lambda + \mu) (\lambda + \mu)(\lambda + A_3) \left(((\lambda + A_1)(\lambda + A_2)) - \frac{\alpha \beta \theta}{\mu} \right) = 0$$

Sehingga nilai eigen yang didapat adalah sebagai berikut :

$$\lambda_{1,2} = -\mu, \lambda_3 = -(l + \epsilon + \mu)$$

$$\lambda_{4,5} = -\frac{((\alpha + \mu)(\gamma + k + \eta + \mu)) \pm \sqrt{((\alpha + \mu)(\gamma + k + \eta + \mu))^2 - 4 \left(((\alpha + \mu)(\gamma + k + \eta + \mu)) - \frac{\alpha \beta \theta}{\mu} \right)}}{2}$$

$\lambda_{4,5}$ bernilai negatif jika memenuhi syarat $(\alpha + \mu)(\gamma + k + \eta + \mu) > \frac{\alpha \beta \theta}{\mu}$ maka $\lambda_{4,5} < 0$.

Karena nilai eigen semuanya bernilai negatif maka titik tetap bebas pada penyebaran MERS-CoV stabil asimtotik.

- b. Analisis kestabilan titik tetap endemik *Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus (MERS-CoV)*

$$P_1 = S^*, E^*, I^*, H^*, R^*$$

Titik tetap akan stabil jika semua nilai eigen dari matriks jacobian bernilai negatif. Matriks jacobian dari titik tetap endemik adalah :

$$J[P_1] = \begin{bmatrix} -\left(\frac{\theta \alpha \beta - (\alpha + \mu)(\gamma + k + \eta + \mu)}{(\alpha + \mu)(\gamma + k + \eta + \mu)} \right) & 0 & -\frac{(\alpha + \mu)(\gamma + k + \eta + \mu)N}{\alpha} & 0 & 0 \\ \left(\frac{\theta \alpha \beta - (\alpha + \mu)(\gamma + k + \eta + \mu)}{(\alpha + \mu)(\gamma + k + \eta + \mu)} \right) & -(\alpha + \mu) & \frac{(\alpha + \mu)(\gamma + k + \eta + \mu)N}{\alpha} & 0 & 0 \\ 0 & \alpha & -(\gamma + k + \eta + \mu) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \eta & -(l + \epsilon + \mu) & 0 \\ 0 & 0 & \gamma & \epsilon & -\mu \end{bmatrix}$$

Maka didapat persamaan karakteristik yaitu :



$$(\lambda + \mu)(\lambda + l + \epsilon + \mu)(\lambda + ((\alpha + \mu)))(\lambda + \left(\frac{\theta\alpha\beta - (\alpha + \mu)(\gamma + k + \eta + \mu)}{(\alpha + \mu)(\gamma + k + \eta + \mu)} \right) + \mu)(\lambda + (\gamma + k + \eta + \mu)) + \alpha((\lambda + \left(\frac{\theta\alpha\beta - (\alpha + \mu)(\gamma + k + \eta + \mu)}{(\alpha + \mu)(\gamma + k + \eta + \mu)} \right) + \mu)) - \frac{(\alpha + \mu)(\gamma + k + \eta + \mu)N}{\alpha} \left(\frac{(\alpha + \mu)(\gamma + k + \eta + \mu)N}{\alpha} \right) \left(\frac{\theta\alpha\beta - (\alpha + \mu)(\gamma + k + \eta + \mu)}{(\alpha + \mu)(\gamma + k + \eta + \mu)} \right)$$

3.2.3. Simulasi Kestabilan Titik Tetap Model Matematika Penyebaran Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus (MERS-CoV)

Simulasi kestabilan titik tetap model dilakukan dengan membentuk trayektori dari beberapa kondisi awal yang berbeda dan menggunakan nilai parameter yang telah ditentukan.

1. Simulasi Model Matematika dengan Titik Tetap Bebas

Akan disimulasikan untuk keadaan tidak ada individu yang terpengaruh Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus MERS-CoV sehingga parameter yang digunakan berdasarkan [15] adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Parameter untuk Titik Tetap Bebas Penyebaran MERS-CoV

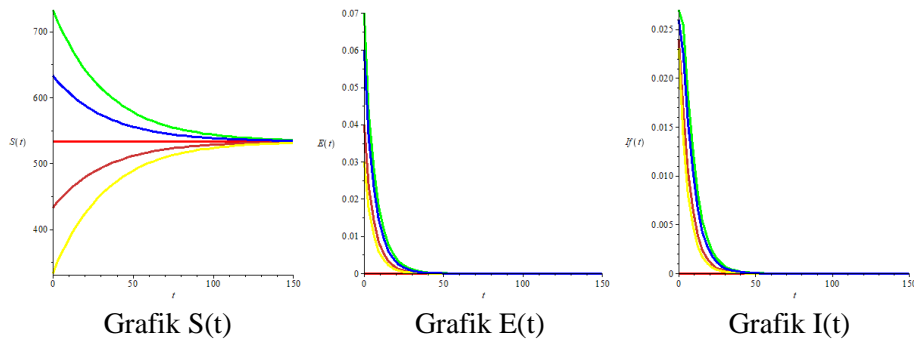
Parameter	Nilai
N	1.000
θ	0,016
β	0,200
α	0,200
k	0,070
η	0,250
l	0,070
γ	0,070
ϵ	0,140
μ	0,030

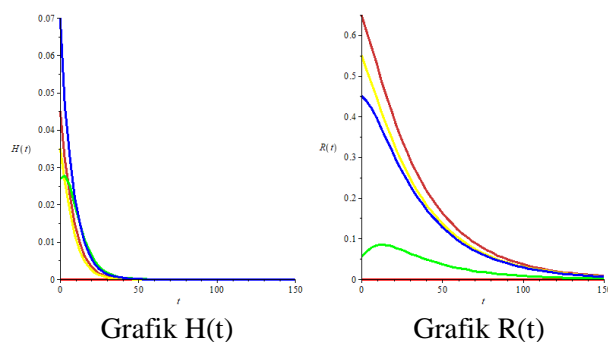
Dari nilai parameter pada Tabel 1 terlebih dahulu dihitung nilai R_0 yang diperoleh :

$$R_0 = 0,4140786749$$

Diperoleh $R_0 < 1$. Kemudian dihitung nilai titik tetap bebas dari penyebaran Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus (MERS-CoV) pada waktu t yaitu $P_0 = (533, 0, 0, 0, 0)$.

Berdasarkan nilai parameter diperoleh grafik dari masing-masing kelompok terhadap waktu t seperti pada Gambar 2.





Gambar 2. Trayektori di Sekitar Titik Tetap Bebas dari Penyebaran *Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus (MERS-CoV)*

Dapat dilihat bahwa titik tetap $P_0 = \left(\frac{\theta N}{\mu}, 0, 0, 0, 0, 0 \right)$ merupakan titik tetap bebas penyebaran MERS-CoV yang stabil karena trayektori dari masing-masing grafik bergerak mendekati titik tetap bebas dari penyebaran MERS-CoV yang ditunjukkan oleh kurva. Jadi titik tetap $P_0 = \left(\frac{\theta N}{\mu}, 0, 0, 0, 0, 0 \right)$ yang stabil dapat diartikan bahwa ketika terjadi penyebaran MERS-CoV dalam waktu tertentu akan menghilang.

2. Simulasi Model Matematika dengan Titik Tetap Bebas dari *Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus (MERS-CoV)*

Akan disimulasikan untuk keadaan ada individu yang terpengaruh *Middle East Respiratory Syndrome-Corona Virus (MERS-CoV)* sehingga parameter yang digunakan berdasarkan [15] adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Parameter untuk Titik Endemik Penyebaran MERS-CoV

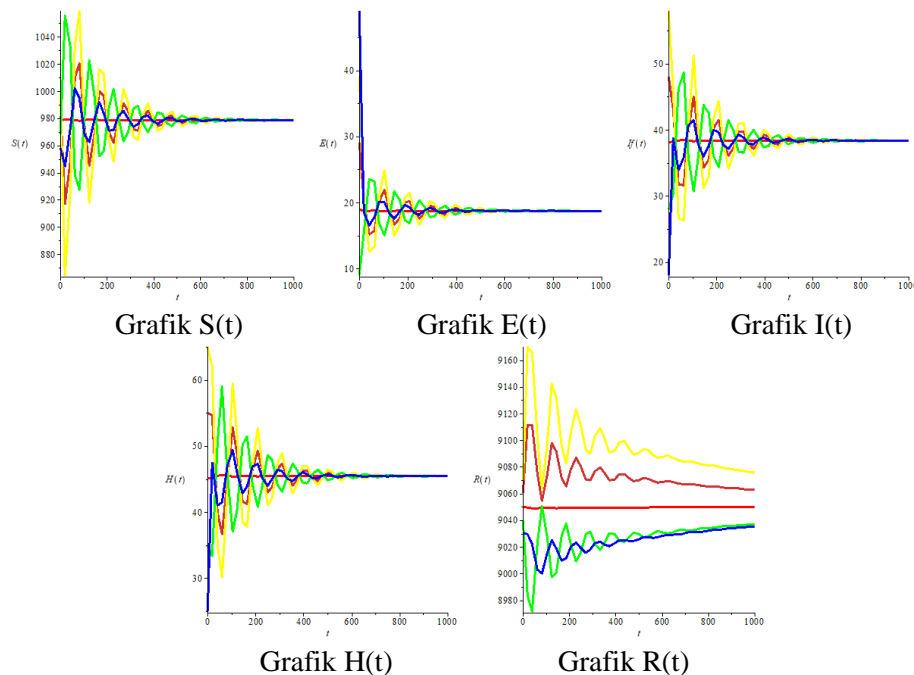
Parameter	Nilai
N	1.000
θ	0,016
β	0,800
α	0,400
k	0,070
η	0,250
l	0,070
γ	0,070
ϵ	0,140
μ	0,001

Dari nilai parameter di atas terlebih dahulu dihitung nilai R_0 yang diperoleh:

$$R_0 = 1,021740727$$

Diperoleh $R_0 > 1$. Kemudian dihitung nilai titik tetap endemik dari penyebaran MERS-CoV yaitu $P_1 = (978, 19, 38, 45, 9050)$.

Berdasarkan nilai parameter di atas diperoleh grafik dari masing-masing kelompok terhadap waktu t seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Trayektori di Sekitar Titik Tetap Endemik dan Penyebaran *Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus (MERS-CoV)*

Berdasarkan Gambar 3, kurva merah mewakili titik endemik dari penyebaran MERS-CoV. Nanti akan menentukan stabil atau tidak dari penyebaran MERS-CoV pada masing-masing grafik. Titik tetap $P_1 = (S^*, E^*, I^*, H^*, R^*)$ yang stabil dapat diartikan bahwa ketika terjadi penyebaran MERS-CoV dalam suatu populasi maka jumlah setiap kelompok akan kembali ke keadaan awal.

3.2.4. Interpretasi Model Matematika Penyebaran *Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus (MERS-CoV)*

Berdasarkan hasil analisis diperoleh:

$$R_0 = 1,021740727$$

Artinya 1 individu yang terinfeksi bisa menularkan kepada sekitar 1 individu lainnya. Jika berlanjut, hal ini akan menyebabkan *Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus (MERS-CoV)* bisa menjadi wabah. Maka agar *Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus (MERS-CoV)* tidak semakin mewabah, tingkat perpindahan individu rentan menjadi individu terpapar (β) dan tingkat perpindahan individu terpapar menjadi terinfeksi (α) harus semakin rendah. Sehingga individu yang sembuh akan semakin tinggi.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis diperoleh dua titik tetap yaitu titik tetap bebas dari penyebaran *Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus (MERS-CoV)* dan titik tetap endemik penyebaran *Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus (MERS-CoV)*. Kestabilan pada model ini adalah stabil pada kedua titik tetap penyebaran *Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus (MERS-CoV)*. Tingginya tingkat perpindahan individu rentan menjadi individu terpapar dan tingkat perpindahan individu terpapar menjadi terinfeksi mengakibatkan *Middle East Respiratory Syndrome – Corona Virus (MERS-CoV)* mewabah pada populasi.

REFERENSI

- [1] O. D. Suprobawati & Iis Kurniati. 2018. *Virologi*. Jakarta : Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- [2] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 2013. *Pedoman Umum Kesiapsiagaan Menghadapai Middle East Respiratory Syndrome-Corona-Virus (MERS-CoV)*. Jakarta : Direktorat Jendral PP dan PL.



-
- [3] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 2017. *Pedoman Kesiapsiagaan Menghadapi Middle East Respiratory Syndrome MERS di Indonesia*. Jakarta : Direktorat Jendral Pencegahan dan Pengendalian Penyakit.
 - [4] World Health Organization. 2015. *Corona-Virus*. www.who.int. Diakses pada tanggal 10 Maret 2020.
 - [5] B. K.Lazarus. 2017. *The Influence of Middle East Respiratory Syndrome*. Surabaya : Universitas Airlangga.
 - [6] Widowati & Sutimin. 2007. *Buku ajar Pemodelan Matematika Jurusan Matematika*. Universitas Diponegoro.
 - [7] F. R. Giordano, W. D. Mauric dan F. P. William. 2003. *A First Course in Mathematical Modelling*. USA : Thomson Learning.
 - [8] R. Media. 2013. *Pemodelan Matematika*. Jurusan Matematika Universitas Negeri Padang.
 - [9] H. Steven. 2008. *Differential Equations for Dummies*. Indiana : Wiley Publishing.
 - [10] I. J. Ripno. 2012. *Pemodelan Matematika Aplikasi dan Terapannya*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
 - [11] F. Brauer, Driessche. P.V.D., Wu. J. 2008. *Mathematical Epidemiology*. Springer. Verlag Berlin: Heidelberg.
 - [12] O. Diekmann dan J. A. P. Heesterbeek. 2000. *Mathematical Epidemiology of Infectious Diseases*. Chicester : John Wiley and Sons.
 - [13] P., Lawrence. 2001. *Differential Equation and Dynamical System: Third Edition*. New York: Springer.
 - [14] H. Anton dan Rorres, C. 2004. *Aljabar Linear Elementer Versi Aplikasi Edisi 8 Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
 - [15] N. S. Alshakhoury. 2017. *Mathematical modeling and control of MERS-COV epidemics (Doctoral dissertation)*.