UNPjoMath Vol.4 No 2 September 2021
ISSN:997 235516589 40-45

Model Matematika Penyebaran Virus Komputer dengan Eksistensi *Programmer* Virus

Meri Mulyani[#1], Media Rosha[*2], Riry Sriningsih[*3]

[#]*Student of Mathematics Department State University of Padang, Indonesia*
[*]*Lecturers of Mathematics Department State University of Padang, Indonesia*

[1]mey.merry62@ymail.com
[2]mediarosha@gmail.com
[3]srirysriningsih@yahoo.com

Abstract – On the article discussed the mathematical model SIRI (Susceptible, Infected, Recovered, and Infected) to describe the propagation behavior of computer virus under existence virus programmer. Based on the analysis, model has two the equilibrium points that are disease-free equilibrium point and endemic equilibrium point. Existence and stability of the equilibrium point was determined by the basic reproductive number. Disease-free equilibrium point always there and stable if the basic reproductive number is smaller than one, whereas endemic equilibrium point exists and stable only if the basic reproductive number is greater than one. Based on these results and a parameter analysis, the numerical simulation to illustrate the analytic results obtained.

Keywords – Mathematical Model, Virus Programmer, Equilibrium Point, Stability, Basic Reproductive Number

Abstrak **-** Pada artikel ini dibahas model matematika tipe SIRI (*Susceptible Infected Recovered Infected)* untuk menggambarkan penyebaran virus komputer dengan eksistensi *programmer* virus. Dari hasil analisis, titik tetap yang diperoleh adalah titik bebas penyakit dan endemik. Syarat keberadaan dan kestabilan titik tetap ditentukan oleh bilangan reproduksi dasar. Titik tetap bebas penyakit stabil jika bilangan reproduksi dasar lebih kecil dari satu, sedangkan titik tetap endemik stabil jika bilangan reproduksi dasar lebih besar dari satu. Berdasarkan hasil dan analisis parameter, dilakukan simulasi numerik untuk mengilustrasikan hasil analisis yang diperoleh.

Kata Kunci – Model Matematika, Programmer Virus, Titik Tetap, Kestabilan, Bilangan Reproduksi Dasar

PENDAHULUAN

Virus komputer sering meresahkan *user*. Virus komputer adalah program komputer yang dapat menyebabkan kerusakan pada data dan sistem operasi komputer, membuat kinerja komputer menjadi lambat, dan dapat menghilangkan atau menyembunyikan data [1]. Sebagian *programmer* membuat program virus komputer untuk menggangu seseorang atau sekelompok *user* terkait dengan kepentingan pribadi *programmer* virus atau pihak tertentu.

Kemajuan teknologi menghasilkan berbagai varian virus dengan daya rusak yang berbeda-beda. Eksistensi *programmer* virus diberbagai belahan dunia semakin meningkat. Data yang diperoleh dari *Panda Security* pada tahun 2015, perusahaan keamanan internet itu berhasil mendeteksi 84 juta virus baru lintas *platform*. Jumlah virus baru yang lahir tahun 2015 diklaim 9 juta lebih banyak dari tahun 2014, dan setiap harinya diperkirakan muncul 230.000 virus baru[3].

Komputer yang terinfeksi virus dapat diatasi dengan menghapus virus menggunakan program antivirus atau tanpa menggunakan program antivirus. Antivirus dapat mengatasi infeksi virus komputer dan memberikan kekebalan kepada komputer terhadap virus yang terdaftar pada *database definition virus* pada antivirus. Untuk mencegah kekalahan antivirus dari serangan virus maka *user* harus sering memperbarui persenjataan program antivirus dengan melakukan *update* antivirus. Kebutuhan sebagian besar *user* terhadap internet mempermudah *programmer* virus dalam menyebarkan virus kepada *user*. Eksistensi *programmer* virus dalam menciptakan virus baru yang lebih dulu beredar dibandingkan *virus definition* dari suatu perusahaan antivirus membuat komputer rentan terinfeksi.

Untuk melihat bagaimana bentuk model penyebaran virus komputer dapat dilakukan dengan memodelkan penyebaran ke bentuk model matematika dan dari hasil analisisnya dapat diketahui variabel yang dapat dikontrol untuk menghambat penyebaran virus komputer. Dengan mengetahui keterkaitan antar faktor tersebut diharapkan dapat mempermudah dalam memahami pola penyebarannya. Pada model ini, komputer dibagi menjadi 3 kelompok, yaitu kelompok komputer sehat tetapi dapat terinfeksi virus (*susceptible*), kelompok komputer yang terinfeksi virus (*infected*) dan kelompok individu kebal terhadap jenis virus tertentu (*recovered*).

Berbeda dengan model matematika penyebaran virus komputer yang sebelumnya telah diteliti oleh Gan *et al*, dimana intervensi manusia dengan melakukan *update* antivirus yang dapat mempengaruhi penyebaran virus komputer, model matematika penyebaran virus komputer ini mempertimbangan eksistensi *programmer* virus dalam penciptaan virus baru yang dapat membuat komputer kebal terinfeksi kembali. Pemodelan ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi pihak-pihak terkait untuk menjadi perhatian dan dapat mengambil kebijakan yang tepat untuk mengurangi penyebaran virus komputer.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian teoritis. Metode yang digunakan adalah analisis permasalahan yang dibahas dengan teori-teori yang relevan berdasarkan pada tinjauan kepustakaan. Langkah kerja yang akan dilaksanakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mempelajari sumber pustaka yang berkaitan dengan fenomena penginfeksian virus komputer terhadap komputer dan cara kerja antivirus.
2. Menentukan asumsi untuk pembentukan model matematika penyebaran virus komputer dengan eksistensi *programmer* virus.
3. Menentukan variabel dan parameter untuk pembentukan model matematika penyebaran virus komputer dengan eksistensi *programmer* virus.
4. Membentuk model matematika penyebaran virus komputer dengan eksistensi *programmer* virus.
5. Menganalisis model matematika penyebaran virus komputer dengan eksistensi *programmer* virus.
6. Menginterpretasikan hasil analisis model matematika penyebaran virus komputer dengan eksistensi *programmer* virus.
7. Menarik kesimpulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Formulasi Model

Model Matematika penyebaran virus komputer dengan eksistensi *programmer* virus dimodelkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\frac{dS}{dt} &= \delta-\alpha_1 SI-\delta S-\beta SI+\gamma_2 I\\ \frac{dI}{dt} &= \beta SI+\sigma R-\gamma_2 I-\gamma_1 I-\delta I \qquad (1)\\ \frac{dR}{dt} &= \gamma_1 I+\alpha_1 SI-\delta R-\sigma R\end{aligned}$$

Dengan S,I,R mewakili banyaknya populasi *susceptible, infected, recovered.* Jika *N* adalah proporsi jumlah seluruh populasi N = S+I+R, maka $S+I+R=1$ sehingga sistem (1) dapat direduksi menjadi

$$\begin{aligned}\frac{dI}{dt} &= \beta I-\beta I^2-\beta IR+\sigma R-\gamma_2 I-\gamma_1 I-\delta I\\ \frac{dR}{dt} &= \gamma_1 I+\alpha_1 I-\alpha_1 I^2-\alpha_1 RI-\sigma R-\delta R\end{aligned}$$

Parameter yang digunakan adalah δ yaitu tingkat pengaksesan atau pemutusan koneksi internet, β yaitu tingkat kejadian infeksi virus komputer melalui internet, γ_2 yaitu tingkat pemulihan komputer terinfeksi tanpa antivirus sehingga menjadi komputer rentan, γ_1 yaitu tingkat pembaharuan antivirus pada komputer terinfeksi menjadi komputer kebal karena bertambahnya *database* virus, σ yaitu tingkat penciptaan virus oleh *programmer* virus, dan α_1 yaitu tingkat intervensi *user* dengan memperbaharui antivirus sehingga komputer rentan bisa menjadi komputer kebal.

B. Bilangan Reproduksi Dasar dan Titik Tetap

Bilangan reproduksi dasar didefinisikan sebagai rasio yang menunjukkan jumlah individu *susceptible* yang dapat menderita penyakit yang disebabkan oleh satu individu *infected*.

Bilangan reproduksi dasar yang diperoleh dari model (1) yaitu:

$$R_0=\frac{\sigma\alpha_1+\beta\sigma+\beta\delta}{\gamma_2\sigma+\delta\sigma+\gamma_2\delta+\delta^2+\gamma_1\delta} \qquad (2)$$

Jika $R_0<1$ maka model mempunyai titik tetap tunggal yaitu titik kesembangan bebas penyakit

$$E_0=(0,0) \qquad (3)$$

Jika $R_0>1$ model juga memiliki titik tetap endemik

$$E^*=\left(I^*,R^*\right)$$

dengan

$$I^*=\frac{a-b}{c} \qquad (4)$$

$$R^*=\frac{\left(\frac{a-b}{c}\right)\left(\beta\left(\frac{a-b}{c}\right)+d\right)}{-\beta\left(\frac{a-b}{c}\right)+\sigma} \qquad (5)$$

Dimana

$a=\sigma\alpha_1+\beta\sigma+\beta\delta$

$$b=\gamma_2\sigma+\delta\sigma+\gamma_2\delta+\delta^2+\gamma_1\delta$$
$$c=\left(\sigma+\gamma_2+\delta+\gamma_1\right)+\beta\left(\gamma_1+\sigma+\delta\right)$$
$$d=-\beta+\gamma_2+\gamma_1+\delta$$

C. Analisis Kestabilan Titik Tetap

Untuk melihat kestabilan dari titik tetap sistem dapat ditentukan berdasarkan nilai-nilai eigen dari matriks Jacobinya.

1. Kestabilan Titik Tetap Bebas Penyakit $E_0=(0,0)$

Matriks Jacobian untuk titik tetap bebas penyakit adalah:

$$J(E_0)=\begin{bmatrix}\beta-(\gamma_1+\gamma_2+\delta) & \gamma_1+\alpha_1\\ \sigma & -(\delta+\sigma)\end{bmatrix}$$

Untuk menentukan nilai eigen dari matriks Jacobian tersebut dapat dilakukan dengan menyelesaikan persamaan $\det\left(\lambda I-J(E_0)\right)=0$.

$$\begin{vmatrix} \lambda-(\beta-(\gamma_1+\gamma_2+\delta)) & -(\gamma_1+\alpha_1) \\ -\sigma & \lambda-(\delta+\sigma) \end{vmatrix} = 0 \qquad (6)$$

Dari persamaan (6) diperoleh persamaan karakteristik

$$\lambda^2+\lambda(-\beta+\gamma_1+\gamma_2-\sigma)+(-\beta+\gamma_1+\gamma_2+\delta)(-(\delta+\sigma))-\sigma(\gamma_1+\alpha_1)=0$$

Misalkan

$p = -\beta+\gamma_1+\gamma_2-\sigma$

$q = \delta+\sigma$

$r = \gamma_1+\alpha_1$

Maka persamaan karakteristik menjadi:

$$\lambda^2+p\lambda-(pq+\sigma r)=0$$

Diperoleh nilai eigen sebagai berikut:

$$\lambda_1=\frac{-p+\sqrt{p^2+4(pq+\sigma r)}}{2}$$

$$\lambda_2=\frac{-p-\sqrt{p^2+4(pq+\sigma r)}}{2}$$

Agar λ_1 bernilai negatif, maka $p > 0$ dan $p > \sqrt{p^2+4(pq+\sigma r)}$. Diketahui bahwa $\delta,\beta,\gamma_2,\gamma_1,\alpha_1,\sigma > 0$.

Karena $p > 0$ maka $-\beta+\gamma_1+\gamma_2-\sigma > 0$ akibatnya $\gamma_1+\gamma_2 > \beta+\sigma$.

Karena $\sqrt{p^2+4(pq+\sigma r)} > 0$ maka $p > 0$, akibatnya $-p+\sqrt{p^2+4(pq+\sigma r)} < 0$.

Jadi $p > \sqrt{p^2+4(pq+\sigma r)}$ sehingga $p^2 > p^2+4(pq+\sigma r)$. Ini berarti bahwa $4(pq+\sigma r) < 0$.

Dengan $\sqrt{p^2+4(pq+\sigma r)} > 0$ maka λ_2 bernilai negatif.

Karena $\lambda_1 <0$ dan $\lambda_2 <0$, maka diperoleh kesimpulan titik tetap bebas penyakit $E_0=(0,0)$ akan ada dan stabil pada saat $R_0<1$, $\gamma_1+\gamma_2 > \beta+\sigma$ dan $4(pq+\sigma r) < 0$.

2.Kestabilan Titik Tetap Endemik $E^*=(I^*,R^*)$

Matriks Jacobian untuk titik tetap endemik adalah :

$$J(E^*)=\begin{bmatrix} \beta-2\beta\left(\frac{a-b}{c}\right)-\beta\frac{\left(\frac{a-b}{c}\right)\left(\beta\left(\frac{a-b}{c}\right)+d\right)}{-\beta\left(\frac{a-b}{c}\right)+\sigma}-\gamma_2-\delta-\gamma_1 & \gamma_1+\alpha_1-2\alpha_1-\alpha_1\frac{\left(\frac{a-b}{c}\right)\left(\beta\left(\frac{a-b}{c}\right)+d\right)}{-\beta\left(\frac{a-b}{c}\right)+\sigma} \\ -\beta\left(\frac{a-b}{c}\right)+\sigma & -\alpha_1\left(\frac{a-b}{c}\right)-\delta-\sigma \end{bmatrix} \qquad (7)$$

Untuk menentukan nilai eigen dari matriks Jacobian tersebut dapat dilakukan dengan menyelesaikan persamaan $\det\left(\lambda I-J(E^*)\right)=0$.

$$\begin{vmatrix} \lambda-\beta+2\beta\left(\frac{a-b}{c}\right)+\beta\frac{\left(\frac{a-b}{c}\right)\left(\beta\left(\frac{a-b}{c}\right)+d\right)}{-\beta\left(\frac{a-b}{c}\right)+\sigma}+\gamma_2+\delta+\gamma_1 & -\gamma_1-\alpha_1+2\alpha_1+\alpha_1\frac{\left(\frac{a-b}{c}\right)\left(\beta\left(\frac{a-b}{c}\right)+d\right)}{-\beta\left(\frac{a-b}{c}\right)+\sigma} \\ \beta\left(\frac{a-b}{c}\right)-\sigma & \alpha_1\left(\frac{a-b}{c}\right)+\delta+\sigma \end{vmatrix}=0 \qquad (8)$$

Dari persamaan (8) diperoleh persamaan karakteristik

$$\lambda^2+a_1\lambda+a_2=0$$

Dimana

$a_1= S+P$

$a_2= SP-RQ$

$$P = 2\beta\left(\frac{a-b}{c}\right)+\beta\frac{\left(\frac{a-b}{c}\right)\left(\beta\left(\frac{a-b}{c}\right)+d\right)}{-\beta\left(\frac{a-b}{c}\right)+\sigma}+d,$$

$$Q = -\gamma_1-\alpha_1+2\alpha_1\left(\frac{a-b}{c}\right)+\alpha_1\frac{\left(\frac{a-b}{c}\right)\left(\beta\left(\frac{a-b}{c}\right)+d\right)}{-\beta\left(\frac{a-b}{c}\right)+\sigma},$$

$R = \beta\left(\frac{a-b}{c}\right)-\sigma$, dan

$S = \alpha_1\left(\frac{a-b}{c}\right)+\delta+\sigma$

sehingga persamaan menjadi:

$$\begin{vmatrix} \lambda+P & Q \\ R & \lambda+S \end{vmatrix}=0$$

Didapatkan persamaan karakteristik

$$\lambda^2+a_1\lambda+a_2=0$$

Dengan

$a_1= S+P$

$a_2= SP-RQ$

Diperoleh nilai eigen sebagai berikut:

$$\lambda_1=\frac{-a_1+\sqrt{a_1^2-4a_2}}{2}$$

$$\lambda_2=\frac{-a_1-\sqrt{a_1^2-4a_2}}{2}$$

Agar λ_1 bernilai negatif, maka $a_1 > 0$ dan $a_1 > \sqrt{a_1^2-4a_2}$.

Diketahui bahwa $\delta,\beta,\gamma_2,\gamma_1,\alpha_1,\sigma > 0$.

Karena $a_1 > 0$ maka $S+P > 0$ akibatnya $S > -P$.

ini berarti $\alpha_1\left(\frac{a-b}{c}\right)+\delta+\sigma > -\left(2\beta\left(\frac{a-b}{c}\right)+\beta\frac{\left(\frac{a-b}{c}\right)\left(\beta\left(\frac{a-b}{c}\right)+d\right)}{-\beta\left(\frac{a-b}{c}\right)+\sigma}+d\right)$

Karena $\sqrt{a_1^2-4a_2} > 0$ maka $a_1 > 0$, akibatnya $-a_1+\sqrt{a_1^2-4a_2} < 0$. Jadi $a_1 > \sqrt{a_1^2-4a_2}$ sehingga $a_1^2 > a_1^2-4a_2$. Ini berarti bahwa $4a_2 > 0$.

ISSN:997 235516589 40-45

Dengan $\sqrt{a_1^2-4a_2} > 0$ maka λ_2 bernilai negatif .
Karena λ_1 <0 dan λ_2 <0, maka diperoleh kesimpulan titik tetap endemik $E^*=\left(I^*,R^*\right)$ akan stabil pada saat $R_0>1$,

$$\alpha_1\left(\frac{a-b}{c}\right)+\delta+\sigma > -\left(2\beta\left(\frac{a-b}{c}\right)+\beta\frac{\left(\frac{a-b}{c}\right)\left(\beta\left(\frac{a-b}{c}\right)+d\right)}{-\beta\left(\frac{a-b}{c}\right)+\sigma}+d\right) \text{ dan}$$

$4a_2 > 0$.

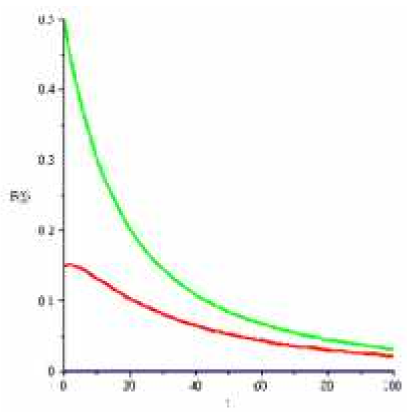
C. Simulasi Kestabilan Model Penyebaran Virus Komputer Dengan Eksistensi *Programmer* Virus

1. Simulasi dalam keadaan bebas penyakit

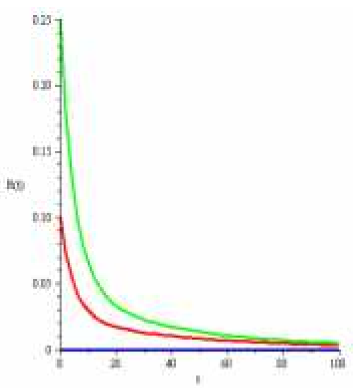
Simulasi dalam keadaan ini menggunakan parameter sebagai berikut:

$\beta = 0.1$; $\delta = 0.1$; $\alpha_1 = 0.02$; $\gamma_1 = 0.01$; $\gamma_2 = 0.02$; $\sigma = 0.1$

Diperoleh nilai $R_0 = 0.8800$
diperoleh nilai $R_0<1$ dan $E_0 = (0,0)$
nilai awal:
$I(0) = 0$; $R(0) = 0$
$I(0) = 0.15$;$R(0) = 0.1$
$I(0) = 0.5$;$R(0) = 0.25$
Berdasarkan parameter dan nilai awal di atas diperoleh grafik dari masing-masing kelas pada sistem (2) terhadap waktu t sebagai berikut:



Grafik I(t)



Grafik R(t)

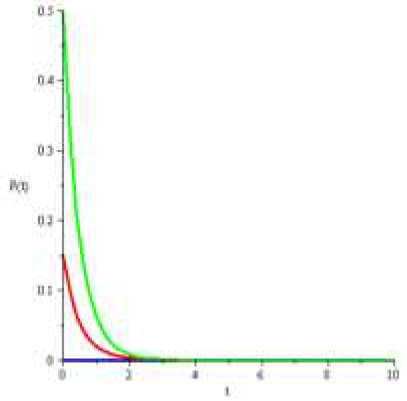
Gambar 1. Trayektori di Sekitar Titik Tetap Bebas Penyakit

Dari gambar 1, kurva biru merupakan titik tetap bebas penyakit $E_0 = (0,0)$, sedangkan kurva hijau dan merah adalah kurva dengan nilai awal yang berbeda. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa kurva hijau dan merah bergerak mendekati kurva biru. Ini berati bahwa titik tetap bebas penyakit $E_0 = (0,0)$ merupakan titik tetap yang stabil asimtotik. Titik tetap yang stabil dan nilai $R_0<1$ menunjukkan bahwa tidak terjadi penyebaran virus komputer.

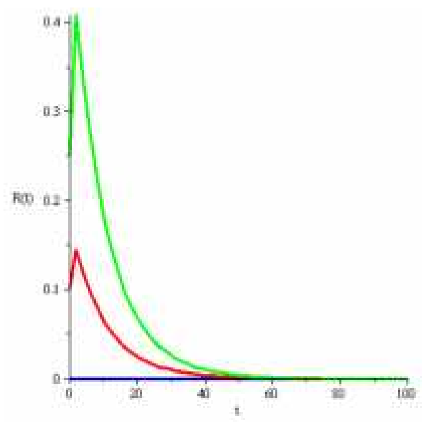
Jika pemulihan komputer terinfeksi dengan antivirus dan tanpa antivirus ditingkatkan hingga 100% dan tingkat penciptaan virus baru oleh *programmer* virus ditekan hingga 0%, maka simulasi dalam keadaan ini menggunakan parameter sebagai berikut:

$\beta = 0.1$; $\delta = 0.1$; $\alpha_1 = 0.02$; $\gamma_1 = 1$; $\gamma_2 = 1$; $\sigma = 0$

Diperoleh nilai $R_0 = 0.04761904762$
diperoleh nilai $R_0<1$ dan $E_0 = (0,0)$
nilai awal:
$I(0) = 0$; $R(0) = 0$
$I(0) = 0.15$;$R(0) = 0.1$
$I(0) = 0.5$;$R(0) = 0.25$
Berdasarkan parameter dan nilai awal di atas diperoleh grafik dari masing-masing kelas pada sistem (2) terhadap waktu t sebagai berikut:



Grafik I(t)



Grafik R(t)

Gambar 2. Trayektori di Sekitar Titik Tetap Bebas Penyakit dengan $\gamma_1 = 1$; $\gamma_2 = 1$; $\sigma = 0$

UNPjoMath Vol.4 No 2 September 2021
ISSN:997 235516589 40-45

Dari gambar 2 di atas, dapat dilihat bahwa kurva hijau dan merah bergerak mendekati kurva biru. Ini berati bahwa dengan peningkatan pemulihan komputer terinfeksi dengan antivirus dan tanpa antivirus dan penekanan eksistensi *programmer* virus, maka tidak terjadi penyebaran virus komputer.

2. Simulasi dalam keadaan terdapat penyakit

Simulasi dalam keadaan ini menggunakan parameter sebagai berikut:

$\beta = 0.1$; $\delta = 0.1$; $\alpha_1 = 0.2$; $\alpha_2 = 0.4$; $\gamma_1 = 0.1$;$\gamma_2 = 0.02$;$\sigma = 0.2$

Diperoleh nilai $R_0 = 1.521739130$, dan nilai awal yang digunakan sebagai berikut:

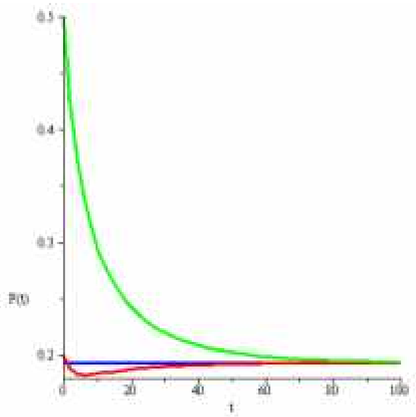
$I(0) = 0.1935483871$; $R(0) = 0.1493087557$

$I(0) = 0.2$;$R(0) = 0.1$

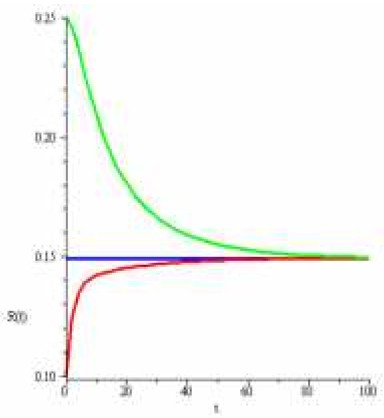
$I(0) = 0.5$;$R(0) = 0.25$

Diperoleh $R_0 > 1$ dan $E^* = (0.1935483871, 0.1493087557)$

Berdasarkan parameter dan nilai awal di atas diperoleh grafik dari masing-masing kelas pada sistem (2) terhadap waktu t sebagai berikut:



Grafik I(t)



Grafik R(t)

Gambar 3. Trayektori di Sekitar Titik Tetap Endemik

Dari gambar 3 di atas, kurva biru merupakan titik tetap endemik $E^* = (I^*, R^*)$, sedangkan kurva hijau dan merah adalah kurva dengan nilai awal yang berbeda. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa kurva hijau dan merah bergerak mendekati kurva biru. Ini berati bahwa titik tetap endemik $E^* = (I^*, R^*)$merupakan titik tetap yang stabil asimtotik. Titik tetap yang stabil dan nilai $R_0 > 1$ menunjukkan bahwa terjadi penyebaran virus komputer.

D. Interpretasi Model Matematika Penyebaran Virus Komputer Dengan Eksistensi Programmer Virus

Dari persamaan $R_0 < 1$ dapat dilihat bahwa untuk mengendalikan penyebaran virus komputer maka tingkat pembaruan antivirus pada komputer rentan harus lebih kecil dibandingkan pemulihan komputer terinfeksi tanpa antivirus dan pengaksesan internet, ini berarti *user* harus lebih sering memulihkan komputer tanpa antivirus untuk meminimalkan penggunaan internet. Tingkat penginfeksian virus komputer melalui internet dengan penciptaan virus-virus baru oleh *programmer* virus dan pengaksesan internet, harus lebih kecil dibandingkan dengan pemulihan komputer terinfeksi dengan antivirus dan tanpa antivirus. Meningkatkan pemulihan komputer terinfeksi baik dengan antivirus atau tanpa antivirus dapat dilakukan dengan mengedukasikan *user* terkait program komputer dan penginfeksian virus komputer serta pencegahannya. Meningkatkan tingkat pemutusan internet dapat dilakukan dengan mengefisienkan penggunaan internet sehingga komputer tidak lama terkoneksi dengan internet. Tingkat penginfeksian komputer rentan melalui internet dapat dikurangi dengan meningkatkan kewaspadaan dalam *surfing* dan *diving* internet dengan tidak sembarang men-*download software*, *freeware*, dan *shareware*, dan dari *attachment* pada e-mail. Pembaruan dilakukan melalui koneksi internet sedangkan internet sendiri adalah media penyebaran virus komputer maka diperlukan cara pembaruan antivirus yang lebif efektif dengan mengurangi pengaksesan internet atau dengan perlindungan dari antivirus saat pembaruan antivirus dilakukan. Tingkat penciptaan virus baru oleh *programmer* virus dapat dikurangi dengan memperhatikan kehidupan *programmer* dan pembinaan karakter *programmer* dengan penerapan hukum yang holistik dalam mengatur segala permasalahan masyarakat secara totalitas, dan aparat penegak hukum melaksanakan tugas dengan adil. Penting pula memperhatikan jalinan kerjasama antar negara sebab penyebaran virus melalui internet dapat melibatkan *programmer* dari berbagai Negara.

SIMPULAN

Dinamika penyebaran virus komputer dengan eksistensi *programmer* virus dipengaruhi oleh tingkat pengaksesan atau pemutusan koneksi internet (δ), tingkat kejadian infeksi virus komputer melalui internet (β), tingkat pemulihan komputer terinfeksi tanpa antivirus sehingga menjadi komputer rentan (γ_2), parameter yang mengukur eksistensi *user* dalam memperbarui antivirus sehingga komputer rentan bisa menjadi komputer kebal (α_1) , tingkat penciptaan virus oleh *programmer* virus (σ), dan tingkat pembaharuan antivirus pada komputer terinfeksi menjadi komputer kebal karena bertambahnya *database* virus (γ_1). Agar penyebaran virus komputer berkurang maka tingkat pembaruan antivirus pada komputer rentan harus lebih kecil dibandingkan pemulihan komputer terinfeksi tanpa antivirus dan pemutusan koneksi internet, ini berarti *user* harus lebih sering memulihkan komputer tanpa antivirus untuk meminimalkan penggunaan internet. Tingkat eksistensi *programmer* virus dan pengaksesan internet, harus lebih kecil dibandingkan dengan pemulihan komputer terinfeksi dengan antivirus dan tanpa antivirus. Dengan mengontrol nilai $\sigma, \alpha_1 \gamma_2, \gamma_1, \delta, \beta$ dapat memperkecil terjadinya endemi.

REFERENSI

[1]Andi dan MADCOMS. (2011). *Langkah Cerdas Membasmi Virus Komputer*. Yogyakarta: ANDI; Madiun: MADCOMS.

[2]Mulyani, Meri. (2016). *Model Matematika Penyebaran Virus Komputer Dengan Eksistensi Programmer Virus.*Universitas Negeri Padang.

[3]Biantoro, Brami. (2016). *Ngeri, ini data mencengangkan soal virus komputer di tahun 2015*. **http://www.merdeka.com/teknologi/ngeri-ini-data-mencengangkan-soal-virus-komputer-di-tahun-2015.html, diakses tanggal 18 Juli 2016**