PEMODELAN VEISV DENGAN PENANGGULANGAN KARANTINA DAN VAKSINASI PADA PENYEBARAN VIRUS KOMPUTER

Ridwan Gunawan, Hagni Wijayanti*
Program Studi Matematika, Universitas Pakuan
*email: hagnijantix@unpak.ac.id

Diterima: 26 Februari 2021, disetujui: 4 Maret 2021, dipublikasi: 29 Maret 2021

Abstract**:** *At this time computers and the Internet has become our daily needs, If the computer or the Internet network is disrupted, then it will interfere with our daily productivity. Usually computers and Internet will be disrupted if attacked by a virus, it can anticipate the computer's interference so as not to happen mass destruction on the computer or barriers to our daily productivity, we need to know the pattern of the spread of the Internet virus. Mathematical modelling can be one method to know the pattern of the spread of computer virus, so that if there is increasing the spread can be minimized. The models used in this study are VEISV models with Quarantine and Vaccination Enhancement. From the model get a reproduction number. Based on stability analysis of fixed point with criterion of Routh-Hurtwitz obtained first fixed point and second fixed point, then done arrangement of syntax to know rate of spread of computer virus. From the analysis results obtained the pattern of the spread of computer virus on virus free condition and virus infected.*
Keywords*: Computer Virus, Quarantine and Vaccination, VEISV.*

Abstrak: Pada saat ini komputer dan internet sudah menjadi kebutuhan kita sehari-hari, jika komputer atau jaringan internet terganggu, maka hal tersebut akan menggangu produktivitas kita sehari-hari. Biasanya komputer dan internet akan mengalami gangguan jika terserang oleh virus, sehingga supaya tidak terjadi kerusakan secara masal pada komputer atau hambatan pada produktivitas sehari-hari, perlu diketahui pola penyebaran virus internet tersebut. Pemodelan matematika dapat menjadi salah satu metode untuk mengetahui pola penyebaran virus komputer sehingga jika terjadi peningkatan penyebaran dapat diminimalisir. Model yang digunakan pada penelitian ini adalah model VEISV dengan penanggunlangan Karantina dan Vaksinasi. Dari model tersebut dapatkan suatu bilangan reproduksi. Berdasarkan analisis kesetabilan titik tetap dengan kriteria Routh-Hurtwitz didapatkan titik tetap pertama dan titik tetap kedua, kemudian dilakukan penyusunan syntax untuk mengetahui laju penyebaran virus komputer. Dari hasil analisis diperoleh pola laju penyebaran virus komputer pada kondisi bebas virus dan terinfeksi virus.
Kata Kunci: Karantina dan Vaksinasi, VEISV, Virus Komputer.

OPEN ACCESS
Interval is licensed under

PENDAHULUAN

Seiring perkembangan zaman, kemajuan teknologi komputer dan telekomunikasi, serta dikembangkannya teknologi *software, hardware* dan jaringan komputer yang semakin canggih menjadikan komputer alat penting bagi seluruh umat manusia sebagai keperluan dalam kehidupan sehari-hari. Di sisi lain, dengan berkembangnya teknologi komputer yang semakin canggih, maka perkembangan virus komputer pun menjadi semakin canggih dalam perusakan dan penyebarannya (Soleh & Pakpahan, 2015).

Cara berkembang dari virus tersebut dapat menggandakan atau menyalin dirinya sendiri dan menyebar dengan cara menyisipkan salinan dirinya ke dalam program atau dokumen lain dan dapat dianalogikan dengan virus biologis yang menyebar dengan cara menyisipkan dirinya sendiri ke sel makhluk hidup serta sifatnya dapat merusak misalnya dengan merusak data pada dokumen, membuat pengguna komputer merasa terganggu dengan keberadaannya dalam sebuah sistem komputer, maupun tidak menimbulkan efek merusak sama sekali (Yang, 2012).

Pada saat ini virus tersebut dianggap sebagai salah satu senjata yang paling berbahaya. Penyebarannya memiliki pengaruh besar pada dunia komputer. Berbagai upaya dilakukan untuk mengatasi masalah penyebaran virus pada komputer, salah satunya dengan menginstal aplikasi antivirus. Penggunaan antivirus juga memiliki kelemahan, karena antivirus membutuhkan pembaharuan file secara periodik agar dapat bekerja optimal. Pada kenyataannya, pengaruh dari manusia memainkan peran penting dalam memperlambat penyebaran virus komputer. Kesamaan antara penyebaran virus biologis dengan virus komputer mendorong para peneliti untuk mengadopsi model epidemi ke lingkungan jaringan. Jurnal tentang virus komputer yang telah dimodelkan dengan model epidemi VEISV, seperti pada jurnal (Javidi & Nyamorady, 2014) yang menggunakan model VEISV untuk mengukur apakah sudah terjadi epidemi atau endemi dalam sebuah jaringan komputer dengan melihat bilangan reproduksi rasionya (R_0).

Adapun penelitian tentang penyebaran virus yang behubungan model VEISV telah diteliti oleh Mohammad Soleh tahun 2015, yaitu untuk memperoleh kesetabilan titik *equilibrium* bebas virus (Soleh & Pakpahan, 2015). Penelitian tentang penyebaran virus yang berhubungan dengan karantina dan vaksinasi pada virus komputer juga telah diteliti oleh Fengwei Wang dan Fang Yang tahun 2014, yang memperoleh titik *equilibrium* dan titik *global Stability* (Wang. 2016), kemudian (Gao & Zhuang, 2020) melakukan analisis dan mengontrol strategi untuk stabilitas virus pada jaringan seluler melalui model VEIQS, lalu pada tahun yang sama (Selvam, 2020) melakukan penelitian dengan model yangsama untuk memepelajari perilaku virus komputer pada jaringan nirkabel.

Pada penilitian ini tidak hanya menentukan titik *equilibrium*, titik bebas virus atau titik terancam virus dan menganalisis kesetabilan titik tetap, tetapi juga melihat dan menganalisis pola perkembangan virus pada saat terjadi pandemi ($R_0>1$) ataupun saat terjadi endemi ($R_0<1$) dengan metode simulasi menggunakan program komputer. Jika dilihat dari beberapa studi kasus jurnal diatas dan objek penilitian yaitu virus pada jaringan komputer maka model yang cocok penilitian ini adalah model VEISV dengan pengulangan Karantina dan Vaksinasi agar dapat menaggulangi sebuah epidemi didalam jaringan tersebut. Berdasarkan latar belakang tersebut maka digunakan adalah maka judul yang diambil dalam penelitian ini adalah Pemodelan VEISV dengan Penanggulangan Karantina dan Vaksinasi pada Penyebaran Virus Komputer.

OPEN ACCESS
Interval is licensed under

METODOLOGI PENELITIAN

Deskripsi Model

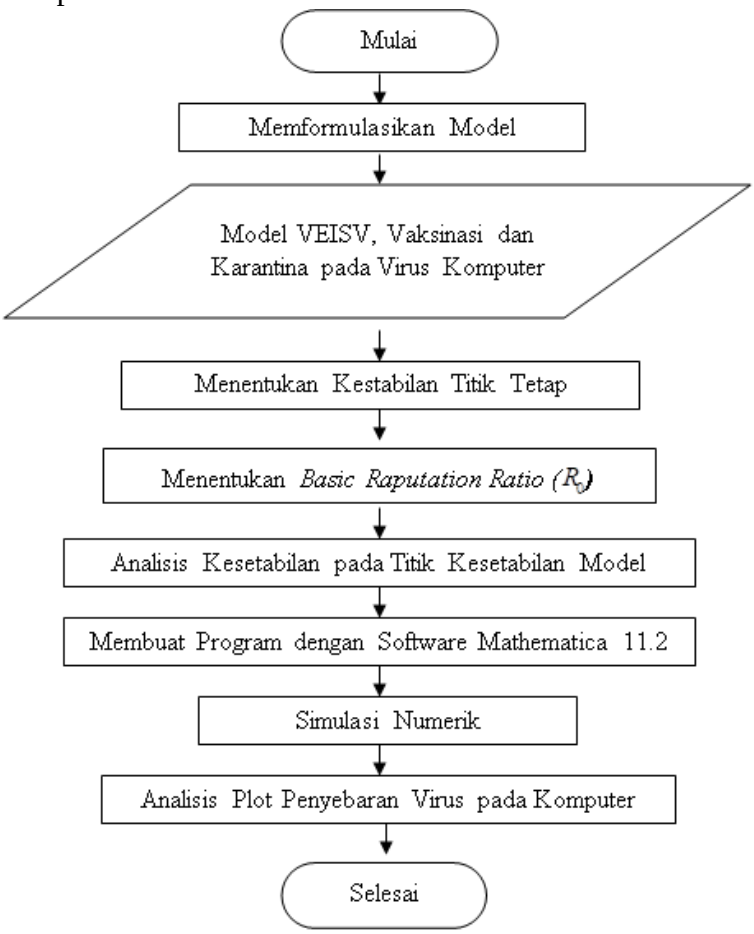
Menurut Javidi Pada Tahun 2014, VEISV adalah model penyebaran virus yang membagi empat kelompok host, yang mana host merupakan banyaknya komputer yang terhubung atau terkoneksi ke internet. Adapun 4 host yang dimaksud adalah kelas vulnerable (V) merupakan kelas yang berisikan host yang rentan terhadap virus, exposed (E) yaitu anggota host yang terjangkit virus tapi belum dapat menularkan virus, infectible (I) yaitu berisikan host yang telah terinfeksi virus dan mampu menularkan virus, secured (S) yaitu kelas yang berisikan host yang telah terlindungi oleh virus. Pada model tersebut asumsi yang diberikan adalah laju model laju perkembangan virus nonmononic dan untuk menentukan kestabilan titik kesetimbangan ditentukan oleh bilangan produksi dasar, yaitu bilangan yang menentukan ada atau tidaknya penyebaran virus pada suatu host (Javidi and Nyamorady, 2014).

Data

Data yang digunakan untuk penelitian model VEISV adalah data parameter dari jurnal yang berjudul *Stability Analysis of a Worm Propagation Model with Quarantine and Vaccination* (Wang dan Yang, 2014).

Tahapan Analisis

Rangkaian tahapan pemodelan virus komputer dengan menggunakan model VEISV diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Rangkaian Tahap Analis.

OPEN ACCESS
Interval is licensed under

Berikut keterangan diagram alir tahap analisis:

1. Memformulasikan model penyebaran virus computer
   Tahap ke-1 membuat model baru yaitu model dari penyebaran virus pada komputer dengan merekontruksi model VEISV dengan menambhakan karantina dan vaksinasin kemudian ditetapkan parameter-parameter yang berkaitan dengan penyebaran virus komputer, dan membuat diagram komprator, serta membuat sistem persamaan diferensial umum dari parameter-parameter tersebut.
2. Model VEISV, Vaksinasi dan Karantina pada Virus computer
   Hasil output tahap pertama menghasilkan model penyebaran virus komputer yang di dapat dari memformulasikan model VEISV dengan menjadi model VEISV, Karantina dan Vaksinasi.
3. Menentukan Titik Tetap
   Pada tahap ke-3 dilakukan analisis titik tetap dari persamaan yang telah didapat pada tahap ke-1 dengan cara mencari nilai eigen dari masing-masing titik tetap kemudian melakukan analisis menggunakan karakteristik Routh-Hurwitz.
4. Menentukan Basic Reproduction Ratio
   Pada tahap ke-4 menentukan basic reproduction ratio untuk mengukur laju pertumbuhan *host vulnerable* yang dapat terjangkit virus komputer.
5. Analisis Kestabilan pada Titik Kesetimbangan Model
   Analisis kestabilan dilakukan terhadap kedua titik tetap model VEISV penyebaran virus komputer yang diperoleh pada tahap 4. Analisis kestabilan titik tetap diawali dengan pelinieran terhadap sistem persamaan di sekitar titik tetap tersebut menggunakan matriks Jacobian (J)
6. Membuat program dengan menggunakan software mathematica 11.2
   Tahap 6 dilakukan penyusunan program dengan software mathematica 11.2 berdasarkan informasi-informasi yang didapat dari tahap 1 sampai dengan tahap 5.
7. Simulasi Numerik Menggunakan software Mathematica 11.2
   Pada tahap ke-7 membuat program dialakukan dengan penyusunan syntax program menggunakan software Mathematica 11.2 untuk mengetahui laju penyebaran virus komputer pada saat R0 > 1 dan R0 <1 dengan parameter yang digunakan.
8. Analisi Penyebaran Virus
   Pada tahap ke-8 ini adalah analisis yaitu tahap untuk menganalisi pola perkembangan atau laju perpindahan virus agar bisa mengantisipasi perkembangan virus itu sendiri.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Model Penyebaran Virus Pada Komputer

Pembuatan model penyebaran virus komputer dapat dilakukan dengan menentukan kompartemennya terlebih dahulu (Zhu, 2012), adapun kompartemen yang dibentuk sebagai berikut:

- Vulnarable merupakan kelompok host yang rentan terhadap virus.
- Exposed merupakan host yang terjangkit virus tetapi belum dapat menularkan virus.
- Infectible merupakan host yang infeksi virus dan mampu menularkan virus.
- Secured merupakan host yang telah terlindungi dari virus.

OPEN ACCESS
Interval is licensed under CC BY NC

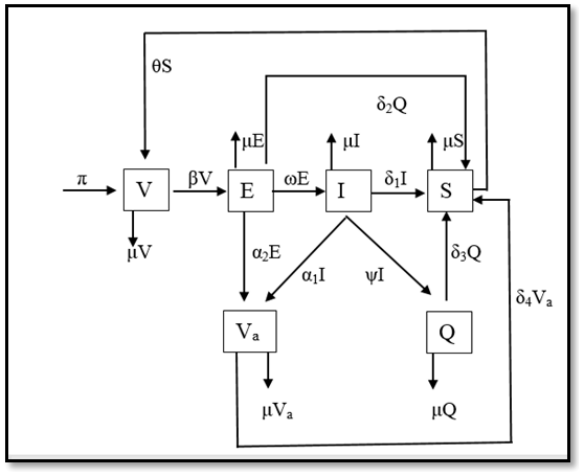
- Vaccination merupakan host yang telah terjangkit virus dan diberikan vaksin virus.
- Quarantine merupakan host yang terjangkit virus dan telah dikarantina.

Setelah kompartemennya ditetapkan maka model penyebaran virus komputer dapat dibentuk dengan asumsi-asumsi sebagai berikut:

- Populasi tertutup.
- Setiap host mempunyai peluang yang sama untuk memasuki kelompok vulnarable, exposed, infectible, vaccination, dan quarantine.
- Semua jenis virus dianggap sama.
- Pada semua kelompok dapat terjadi kerusakan secara alami.

Memformulasikan Model Penyebaran Virus Komputer.

Rekontruksi kompartemen model VEISV menurut (Toutonji, 2012) adalah dengan mengelompokan jumlah host menjadi 4 subpopulasi: jumlah individu yang rentan terhadap terekena virus komputer (V), jumlah host terkspos virus komputer (E), jumlah host terinfeksi virus komputer (I), dan jumlah host aman dari virus komputer (S) Kemudian ditambahkan 2 *host* baru yaitu jumlah host yang divaksinasi (Va), jumlah host yang dikarantina (Q). Kompartemen dan asumsi-asumsi yang sudah ditetapkan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Model Penyebaran Virus Komputer

Berdasarkan proses pembentukan model yang telah dilakukan maka model VEISV, Karantina dan Vaksinasi pada penyebaran virus komputer membentuk sistem persamaan diferensial sebagai berikut:

$$\frac{dV}{dt} = \pi + \theta S - V(\beta + \mu) \quad (1)$$

$$\frac{dE}{dt} = \beta V - E(\omega + \delta_2 + \alpha_2 + \mu) \quad (2)$$

$$\frac{dI}{dt} = \omega E - I(\psi + \delta_1 + \alpha_1 + \mu) \quad (3)$$

$$\frac{dVa}{dt} = \alpha_2 E + \alpha_1 I - Va(\delta_4 + \mu) \quad (4)$$

OPEN ACCESS
Interval is licensed under

$$\frac{dQ}{dt} = \psi I - Q(\delta_3 + \mu) \quad (5)$$

$$\frac{dS}{dt} = \delta_1 I + \delta_2 E + \delta_3 Q + \delta_4 Va + \theta S - \mu S \quad (6)$$

dengan N = V+E+I+Va+Q+S

Keterangan :

$\frac{dV}{dt}$ =	Laju kelompok *host vulnarable* terhadap waktu	V =	Kelompok *host vulnerable*
$\frac{dE}{dt}$ =	Laju kelompok *host exposed* terhadap waktu	*E* =	Kelompok *host exposed*
$\frac{dI}{dt}$ =	Laju kelompok *host infectious* terhadap waktu	*I* =	Kelompok *host infectious*
$\frac{dVa}{dt}$ =	Laju kelompok *host vaccination* terhadap waktu	*Va* =	Kelompok *host vaccination*
$\frac{dQ}{dt}$ =	Laju kelompok *host quarantine* terhadap waktu	*Q* =	Kelompok *host quarantine*
$\frac{dS}{dt}$ =	Laju kelompok *host secured* terhadap waktu	*S* =	Kelompok *host secured*

Titik Tetap Model Penyebaran Virus Komputer

Menurut (Geethamalini, 2019) Titik kesetimbangan dapat diperoleh dengan beberapa tahapan dan salah satunya adalah dengan membuat ruas kiri sistem persamaan (1) - (6) sama dengan nol. Dari persamaan (1) - (6) diasumsikan proporsi host yang tereskpos dianggap sama dengan nol atau karena tidak ada komputer yang terjangkit virus.

- Titik Tetap Pertama Model

Dilakukan penyederhanaan sistem persamaan diferensial Model Penyebaran Virus Komputer pada V_0 dan E_0 kemudian nilai-nilai yang diperoleh disubstitusikan ke dalam persamaan $\frac{dI}{dt} = 0,\ \frac{dVa}{dt} = 0,\ \frac{dQ}{dt} = 0$ dan sehingga titik tetap yang diperoleh dapat ditulis $T_1 = (\frac{\pi}{\mu}, 0,0,0,0,0)$

- Titik Tetap Kedua Model

Dilakukan penyederhanaan sistem persamaan diferensial Model Penyebaran Virus Komputer dengan $V_0 \neq 0,\ E_0 \neq 0,\ I_0 \neq 0, Va_0 \neq 0, Q_0 \neq 0$ dan $S_0 \neq 0$, dengan demikian didapatkan titik tetap kedua yaitu :

$T_2 = (V^*, E^*, I^*, S^*, Va^*, Q^*, S^*)$

dengan :

$$V^* = \frac{\pi}{\beta + \mu - \frac{\beta\theta A}{(\theta - \mu)B}}$$

$$E^* = \frac{\pi\beta}{B\left(\beta + \mu - \left(\beta + \mu - \frac{\beta\theta A}{(\theta - \mu)B}\right)\right.}$$

OPEN ACCESS
Interval is licensed under

$$I^* = \frac{\pi\omega\beta}{\left(BC\left(\beta+\mu-\frac{\beta\theta A}{(\theta-\mu)B}\right)\right)}$$

$$Va^* = \frac{\left(\pi\beta(\theta+\mu)\begin{pmatrix}\alpha_2(\delta_1+\mu+\psi)+\\ \alpha_1(\alpha_2+\omega)\end{pmatrix}\right)}{(\delta_4-\mu)CB\left(\beta+\mu-\frac{\beta\theta A}{(\theta-\mu)B}\right)}$$

$$Q^* = \frac{\pi\beta\psi\omega}{(\delta_3+\mu)CB\left(\beta+\mu-\frac{\beta\theta A}{(\theta-\mu)B}\right)}$$

$$S^* = \frac{\pi\beta+A}{(\theta-\mu)C\left(\beta+\mu-\frac{\beta\theta A}{(\theta-\mu)C}\right)}$$

Keterangan :

$$A = -\delta_2 + \frac{\delta_1\omega}{(\alpha_1+\delta_1+\mu+\psi)} - \frac{\delta_3\psi\omega}{(\delta_3+\mu)(\alpha_1+\delta_1+\mu+\psi)} - \frac{\delta_4(\alpha_2\begin{pmatrix}\alpha_2(\delta_1+\mu+\mu)+\\ \alpha_1(\alpha_2+\omega)\end{pmatrix}}{(\delta_2-\mu)(\alpha_1+\delta_1+\mu+\psi)}$$

$$B = \alpha_2+\delta_2+\mu+\omega$$

$$C = \alpha_1+\delta_1+\mu+\psi$$

Bilangan Reproduksi Dasar ($\Re_0$)

Berdasarkan persamaan (1) – (6) dapat ditentukan bilangan reproduksi dasar sebagai berikut:

$$R_0 = \frac{C(\theta-\mu)\left(\beta+\mu-\frac{A\beta\theta}{C\beta-C\mu}\right)\pi}{\mu(A+\beta\pi)} \qquad (7)$$

Analisis Kestabilan Titik Tetap Model

Menurut (Wang, 2016) Analisis kestabilan dilakukan terhadap kedua titik tetap model penyebaran virus komputer yaitu pada titik tetap pertama dan titik tetap kedua yang ditunjukkan secara berturut-turut pada persamaan (3) dan (4) pada kondisi $\Re_0 < 1$ dan $\Re_0 > 1$ yang dimulai dengan pembentukan matriks *Jacobian* (*J*).

Analisis Kestabilan Titik Tetap Pertama

Kestabilan titik tetap pertama dibentuk oleh nilai *eigen* matriks *J* (Parsamanesh & Mehrshad, 2019), nilai eigen dari matrik *J* pada penelitian (Gunawan R, Wijayanti H, 2018) adalah $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5$ dan λ_6 yang. jika tanda 6 nilai *eigen* bernilai negatif atau $\lambda_i < 0$ untuk *i= 1,2,3,4.5,6* maka titik tetap T_0 bersifat asimtotik. Perolehan nilai *eigen* dari matriks *J* dilakukan dengan menggunakan $\det(\lambda I - J) = 0$ sehingga diperoleh persamaan karakteristik sebagai berikut :

$$\lambda^3 + \alpha_1\lambda^2 + \alpha_2\lambda + \alpha_3 = 0 \qquad (8)$$

OPEN ACCESS
Interval is licensed under

dengan :

$$a_1 = \delta_4 + 2\mu + \beta + \delta_3 + \mu^2$$

$$\alpha_2 = \delta_4\beta + \beta\mu + \delta_4\delta_3 + \mu\delta_3 + \beta\delta_3 + \delta_4\mu + \mu^2 + \beta\mu$$

$$\alpha_3 = \delta_4\beta\delta_3 + \beta\mu\delta_3 + \delta_4\beta\mu + \beta\mu - \beta\mu\delta_3\alpha_2\delta_4 + \omega\delta_3\theta - \mu\theta\omega$$

Berdasarkan persamaan (6) diketahui bahwa tanda dari nilai eigen (λ_1) yaitu negatif. Titik tetap pertama bersifat stabil asimtotik jika λ_1, λ_2, dan λ_3 bernilai negatif, menurut kriteria *Routh-Hurwitz* λ_1, λ_2, dan λ_3 akan bertanda negatif jika $a_1 > 0$, dan $a_2 > 0$.

Analisis Kesatabilan Titik Tetap Pertama pada kondisi $\mathfrak{R}_0 < 1$

Berdasarkan beberapa pembuktian pada (Gunawan R, 2018) dapat disumpulkan bahwa nilai $a_1 > 0, a_2 > 0$ dan $a_3 > 0$ maka nilai dari $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5$ dan λ_6 akan bernilai negatif pada saat $R_0<1$ dengan demikian titik tetap pertama T_1 stabil asimtotik pada saat $R_0<1$ yaitu kondisi bebas virus computer (Hernández G, 2017).

Analisis Kestabilan Titik Tetap Pertama pada kondisi $\mathfrak{R}_0 > 1$

Beberapa perhitungan dapat disimpukan bahwa nilai $a_1 < 0, a_2 < 0$ dan $a_3 < 0$ maka nilai dari $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5$ dan λ_6 akan bernilai positif pada saat $R_0>1$ dengan demikian titik tetap kedua T_2 stabil asimtotik pada saat $R_0>1$ yaitu kondisi terinfeksi virus computer (Hernández G, 2017).

Pembuatan Program Menggunakan *Software Mathematica 11.2*

Pembuatan program dengan menggunakan *software mathematica 11.2* dilakukan dengan mendeklarasikan parameter yang digunakan yaitu $\pi, \beta, \omega, \delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \mu, \theta, \psi$ pada lembar kerja *software mathematica 11.2* pendeskripsikan parameter serta batasan pada *software mathematica 11.2* dan membuat *syntax* untuk memproleh plot grafik penyebaran virus computer (Uçar, 2020).

Simulasi Numerik

Simulasi numerik dilakukan menggunakan program mathematica 11.2 dan dengan memeberikan nilai-nilai untuk masing-masing parameter sesuai dengn kondisi nilai R0. Simulasi ini diberikan untuk memeberikan gambaran dari eksistensi dan kesetabilan dari titik-titik kesetimbangan penyebaran virus pada komputer. Dalam penelitian in dianalisi penyebaran virus komputer untuk dua keadaan yang berbeda, yaitu saat keadaan bebas virus dan saat keadaan terdapat virus.

Simulasi Dalam Keadaan Tidak Terinfeksi Virus

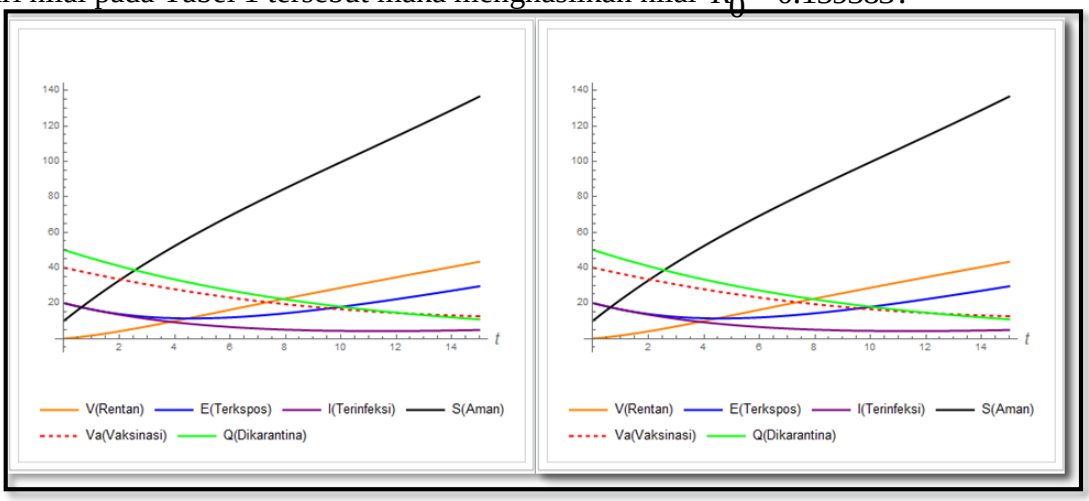
Simulasi pertama dalam keadaan tidak terinfeksi virus menggunakan syarat awal yaitu nilai awal pada saat *host* rentan V(0)=0, nilai awal pada saat *host* terekspos E(0)=20, nilai awal pada saat *host* infeksi I(0)=20, nilai awal pada saat *host* vaksinasi Va(0)=40, nilai awal pada saat *host* karantina Q(0)=50, nilai awal pada saat *host* aman S(0)=10. Sedangkan nilai-nilai paramter yang diberikan untuk membuat simulasi dari model penyebaran virus komputer dapat dilihat pada Tabel 1.

OPEN ACCESS
Interval is licensed under

Tabel 1. Nilai-nilai Parameter Untuk Simulasi Pertama pada Model Saat $R_0 < 1$

Parameter	Nilai Simulasi 1	Nilai Simulasi 2
π	0.10	0.10
β	0.20	0.09
ω	0.05	0.05
δ_1	0.12	0.12
θ	0.112	0.212
δ_2	0.04	0.02
α_2	0.03	0.03
δ_4	0.20	0.09
α_1	0.02	0.02
ψ	0.02	0.02
δ_3	0.02	0.02
μ	0.088	0.088

Dari nilai pada Tabel 1 tersebut maka menghasilkan nilai $R_0 = 0.159383$.



Gambar 3. Penyebaran Virus Komputer pada $R_0 < 1$ Simulasi Pertama.

Gambar 3 menujukan bahwa host yang aman akan semakin mengikat, host yang terinfeksi maupun tervaksinasi akan menurun karena pada kondisi ini tidak ada virus yang menyebar dalam populasi. Kelompok host exposed yang ditunjukan pada garis warna biru pada menit-menit pertama mengalami penurunan sampai menit ke delapan, pada saat menit ke delapan mulai naik sampai menit ke 15.

Kelompok host quarantine yang ditunjukan pada garis warna hijau terlihat konstan pada saat host 0 sampai dengan menit ke 15, itu berarti tidak ada host yang dikarantina dan sampai dengan menit ke 15. Kelompok host vactination yang ditunjukan pada garis warna merah putus-putus menujukan bahwa kolmpok host yang divaksinasi sangat sedikit yang divaksinasi sampai pada menit ke 15, host yang divaksinasi mulai meningkat

OPEN ACCESS
Interval is licensed under

walaupun kurang sigifikan, begitupun dengan host infective sangat sedikit yang terinfeksi sampai pada menit ke 15, host yang terinfeksi mulai meningkat walaupun kurang sigifikan

Simulasi Dalam Keadaan Terinfeksi Virus

Simulasi pertama dalam keadaan virus endemik menggunakan syarat awal yaitu nilai awal pada saat *host* rentan V(0)=10, nilai awal pada saat *host* terekspos E(0)=35, nilai awal pada saat *host* infeksi I(0)=20, nilai awal pada saat *host* vaksinasi Va(0)=5, nilai awal pada saat *host* karantina Q(0)=5, nilai awal pada saat *host* aman S(0)=15. Nilai-nilai parameter yang diberikan untuk membuat simulasi dari model penyebaran virus komputer, disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Nilai-nilai parameter untuk Simulasi model saat $R_0 > 1$ pertama

Parameter	Keterangan	Nilai
π	Proporsi *host* rentan per menit	0.01
β	Proporsi *host* rentan ke *host* terekspos	0.18
ω	Proporsi *host* terekspos ke *host* terinfeksi	0.106
δ_1	Proporsi *host* infeksi ke *host* aman	0.04
θ	Proporsi *host* aman ke *host* rentan	0.001
δ_2	Proporsi *host* terekspos ke *host* aman	0.072
α_2	Proporsi *host* terekspos ke *host* vaksinasi	0.09
δ_4	Proporsi *host* vaksinasi ke *host* aman	0.06
α_1	Proporsi *host* infeksi ke *host* vaksinasi	0.093
ψ	Proporsi *host* infeksi ke *host* karantina	0.025
δ_3	Proporsi *host* karantina ke *host* aman	0.02
μ	Proporsi *host* yang mengalami kerusakan alami	0.088

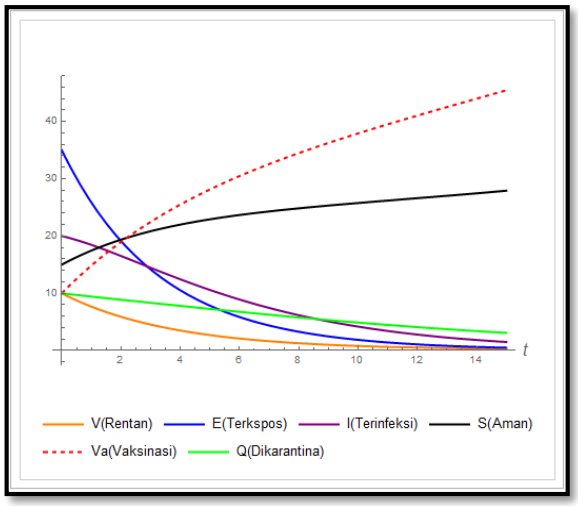
Dari nilai pada Tabel 2 tersebut maka menghasilkan nilai $R_0 = 1.82656$

Simulasi dalam kedaan bebas ini dapat ditujukan dengan menggunakan program *mathematica 11.2.* Gambar 3. Penyebran Virus Komputer pada $R_0 > 1$

Gambar 4 menujukan bahwa kelompok *host secured* yang ditujukan pada garis warna hitam mengalami kenaikan walaupun tidak terlalu signifikan sampai dengan menit ke 15 sehingga jumlah *host* yang aman atau tidak terinfeksi dari virus akan semakin banyak. Kelompok *host vulnarable* yang ditunjukan pada garis warna jingga mengalami penurunan sampai menit ke 15, sehingga dapat disimpulkan *host vulnarable* atau komputer yang rentan menurun.

Kelompok *host exposed* yang ditunjukan pada garis warna biru mengalami penurunan secara siginifikan, setelah *host* teresebut berinteraksi dengan *host* vaksinasi sehingga *host* vaksinasi semakin meningkat dan *host* yang terekspose semakin menurun konstan sampai menit ke 15, dengan demikian banyaknya *host* yang terinfeksi semakin menurun. Kelompok *host quarantine* yang ditunjukan pada garis warna hijau terlihat menurun sampai menit ke 15, itu berarti *host* yang dikarantina tidak bertambah sampai menit ke 15.

OPEN ACCESS
Interval is licensed under



Gambar 4. Penyebaran Virus Komputer pada Saat $R_0 > 1$ Simulasi Pertama.

Kelompok *host vactination* yang ditunjukan pada garis warna merah putus-putus menujukan bahwa kolmpok *host* yang divaksinasi meningkat secara signifikan sampai pada menit ke 3 mengalami interaksi dengan *host* yang terinfeksi sehingga *host* yang difaksinasi akan semakin betambah dan *host* yang terinfeksi semakin berkurang, maka berarti *host* yang divaksinasi mulai meningkat sangat sigifikan, begitupun dengan *host infective* yang ditunjukan oleh garis warna ungu pada menit 3 mengalami interaksi dengan *host* vaksinasi sehingga *host* yang terinfeksi semakin berkurang dan *host* vaksinasi semakin bertambah sampai pada menit ke 15, setalah itu *host* yang terinfeksi tersebut 0 pada menit ke 15.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi dengan program penyebaran virus komputer dari sistem persamaan diferensial diatas dengan menggunakan software mathematica 11, didapatkan pola penyebaran virus komputer, baik pada saat virus komputer endemik ataupun tidak endemik, host yang terinfeksi dan host yang terekspos akan tetap menjadi nol dan mendekati nol, karena host tersebut berinteraksi dengan vaksinasi dan karantina, maka mengakibatkan host vaksinasi atau host karantina naik secara konstan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Soleh, M., & Pakpahan, S. R. (2015). Analisis Kestabilan Model Veisv Penyebaran Virus Komputer Dengan Pertumbuhan Logistik. *Jurnal Sains Matematika Dan Statistika*, *1*(2), 27. https://doi.org/10.24014/jsms.v1i2.1956.

[2] Yang, X., Mishra, B. K., Liu, Y. (2012). Computer virus: Theory, model, and methods. *Discrete Dynamics in Nature and Society*. 2012. https://doi.org/10.1155/2012/473508.

[3] Javidi, M., Nyamorady, N. (2014). Stability analysis of a novel VEISV propagation model of computer worm attacks. *World J. Model. Simul.* 10(3): 163–174.

[4] Wang, F., Yang, F., Wang, C., Zhao, D., & Zhang, Y. (2016). Stability analysis of a worm propagation model with quarantine and vaccination. *International Journal of Network Security*. 18(3): 493–500.

[5] Gao, Q., Zhuang, J. (2020). Stability analysis and control strategies for worm attack

OPEN ACCESS
Interval is licensed under

in mobile networks via a VEIQS propagation model. *Applied Mathematics and Computation*. 368. https://doi.org/10.1016/j.amc.2019.124584.

[6] Selvam, A. G. M., Winster, S. G., Janagaraj, R., Jones, G. M. (2020). Modeling Worm Proliferation in Wireless Sensor Networks with Discrete Fractional Order System. *International Journal of Recent Technology and Engineering*. 8(5): 1815-1820. https://doi.org/10.35940/ijrte.e4594.018520.

[7] Zhu, Q., Yang, X., Ren, J. (2012). Modeling and analysis of the spread of computer virus. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*. 17(12): 5117–5124. https://doi.org/10.1016/j.cnsns.2012.05.030.

[8] Toutonji, O. A., Yoo, S. M., Park, M. (2012). Stability analysis of VEISV propagation modeling for network worm attack. *Applied Mathematical Modelling*. 36(6): 2751–2761. https://doi.org/10.1016/j.apm.2011.09.058.

[9] Geethamalini, S., Balamuralitharan, S., Radha, M., Geetha, V., Rathinasamy, A. (2019). Stability analysis of deterministic SEIA worm model by reproductive number. *AIP Conference Proceedings*. 2112(June). https://doi.org/10.1063/1.5112229.

[10] Parsamanesh, M., Mehrshad, S. (2019). Stability of the equilibria in a discrete-time sivs epidemic model with standard incidence. *Filomat*. 33(8): 2393–2408. https://doi.org/10.2298/FIL1908393P.

[11] Gunawan R, Wijayanti, H, Setyaningsih, S. (2018). *Pemodelan VEISV dengan Penanggulangan Karantina dan Vaksinasi pada Penyebaran Virus Komputer*. 51.

[12] Hernández, G. J. D., Martín del Rey, A., & Hernández Encinas, L. (2017). Study of the stability of a SEIRS model for computer worm propagation. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*. 479: 411–421. https://doi.org/10.1016/j.physa.2017.03.023.

[13] Uçar, S. (2020). Analysis of a basic seira model with atangana-baleanu derivative. *AIMS Mathematics*. 5(2): 1411–1424. https://doi.org/10.3934/math.2020097.

OPEN ACCESS
Interval is licensed under