MATHunesa
Jurnal Ilmiah Matematika
e-ISSN : 2716-506X | p-ISSN : 2301-9115

Volume 10 No 02
Tahun 2022

MODEL DINAMIKA KECANDUAN *GAME ONLINE* PADA GAWAI

Yohanes Billy Surya Wijaya
Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : yohanes.18069@mhs.unesa.ac.id

Dimas Avian Maulana
Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : dimasmaulana@unesa.ac.id

Abstrak

Perkembangan internet yang sangat pesat menyebabkan semakin banyaknya hal yang dapat dilakukan di internet, salah satunya adalah bermain *game online.* Bermain *game online* memiliki dampak positif maupun negatif untuk masyarakat. Dampak positifnya, kita semakin mudah untuk berkomunikasi dengan orang-orang dari berbagai tempat, melatih sportivitas, serta mengasah kreativitas. Di sisi lain dampak negatifnya adalah terjadinya kecanduan yang menyebabkan pemain *game online* menjadi lupa waktu dan abai terhadap tanggung jawabnya bahkan hingga mengabaikan tugas sekolah maupun pekerjaan. Penelitian ini bertujuan untuk meninjau permasalahan kecanduan *game online* menggunakan model matematika. Model matematika yang digunakan adalah model SEAR dengan empat kompartemen yaitu *susceptible, exposed, addicted* dan *recovery.* Populasi penelitian ini dibatasi untuk kasus kecanduan *game online* pada gawai serta mengabaikan faktor adanya pemain profesional (*e-sport).* Dari model kemudian ditentukan titik kesetimbangan bebas penyakit dan titik kesetimbangan endemik yang kemudian dianalisis kestabilannya. Selanjutnya, diperoleh bilangan reproduksi dasar $R_0 = 1.27$, yang berarti terjadi kecanduan *game online* pada masyarakat. Berdasarkan hasil simulasi numerik menggunakan *python,* diperoleh bahwa adanya kasus kecanduan *game online* ketika individu sudah memasang *game online* pada gawai pribadi. Di sisi lain, ketika laju individu yang memasang *game online* pada gawai pribadi rendah, terjadi penurunan populasi individu yang kecanduan bermain *game online.* Hal ini dapat diartikan, adanya kecenderungan terjadinya kecanduan bermain *game online* ketika individu telah memasang dan bermain *game online* pada gawai milik mereka pribadi.
Kata Kunci: *Game Online*, Model Matematika, Kecanduan

Abstract

The rapid development of the internet has led to more and more things that can be done on the internet, one of which is playing online games. Playing online games has both positive and negative impacts on society. The positive impact is that it is easier for us to communicate with people from various places, practice sportsmanship, and hone creativity. On the other hand, the negative impact is the occurrence of addiction which causes online game players to lose track of time and neglect their responsibilities and even neglect schoolwork and work. This study aims to review the problem of online game addiction using a mathematical model. The mathematical model used is the SEAR model with four compartments, namely susceptible, exposed, addicted and recovery. The population of this study is limited to cases of addiction to online games on devices and ignores the factor of having professional players (e-sports). From the model, a disease-free equilibrium point and an endemic equilibrium point were determined which were then analyzed for stability. Furthermore, the basic reproduction number is $R_0 = 1.27$, *which means that online game addiction occurs in the community. Based on the results of numerical simulations using python, it was found that there were cases of online game addiction when individuals already installed online games on their personal devices. On the other hand, when the rate of individuals who install online games on personal devices is low, there is a decrease in the population of individuals who are addicted to playing online games. This can be interpreted, there is a tendency to become addicted to playing online games when individuals have installed and played online games on their personal devices.*
Keywords: *Game Online, Mathematical Model, Addiction*

PENDAHULUAN

Dalam beberapa tahun terakhir, *game online* mengalami perkembangan yang sangat pesat di seluruh dunia (Statista, 2021). Perkembangan *game online* yang begitu cepat dan tinggi ini disebabkan oleh semakin mudahnya akses internet dan didapatkannya *device* seperti laptop, *PC* maupun *smartphone* yang mendukung untuk digunakan bermain *game online.*

Pesatnya perkembangan *game online* memiliki dampak positif maupun negatif untuk masyarakat. Salah satu dampak positif perkembangan *game online* ini adalah maraknya *e-sport* yang membuat orang tidak hanya sekedar bermain *game* namun juga dapat menghasilkan pendapatan dengan menjadi *profesional player.* Dampak positif lainnya yaitu memudahkan untuk berkomunikasi dan menjalin relasi dengan orang lain di seluruh penjuru dunia.

Meskipun perkembangan *game online* memiliki banyak sisi positif, namun tidak dapat dipungkiri bahwa tidak sedikit pula dampak negatif yang dihasilkan, salah satunya adalah kecanduan *game online* atau *Internet Gaming Disorder* (IGD). IGD sudah ditetapkan oleh *World Health Organization (*WHO) sebagai salah satu bentuk penyakit/gangguan yang nyata(Li & Guo, 2019). Menurut WHO, IGD didefinisikan sebagai penggunaan internet secara terus-menerus untuk terlibat dalam *game online* dengan *player* lain yang menyebabkan gangguan atau penderitaan signifikan secara klinis (WHO, 2020). Oleh sebab itu, diperlukan solusi untuk mengatasi kecanduan *game online.*

Permasalahan kecanduan *game online* sendiri telah diteliti oleh banyak peneliti dari berbagai bidang, salah satunya dari bidang sosial. Sebagai contoh, Eryzal Novrialdy pada tahun 2019 meneliti tentang dampak kecanduan *game online* pada remaja sekaligus cara pencegahannya (Novrialdy, 2019). Utami dkk pada tahun 2020 melakukan penelitian mengenai pengaruh kecanduan *game online* terhadap kemampuan penyesuaian sosial pada remaja (Utami & Hodikoh, 2020).

Tidak hanya peneliti di bidang sosial, permasalahan kecanduan *game online* juga menarik peneliti di bidang matematika untuk meninjau permasalahan ini. Peneliti di bidang matematika sebelumnya telah melakukan beragam penelitian dalam menganalisis karakteristik dari permasalahan kecanduan, mulai dari kecanduan rokok, penyalahgunaan narkoba hingga kecanduan alkohol. Sebagai contoh, Mochamad Abrori pada tahun 2016 melakukan pemodelan matematika untuk menentukan jumlah alkohol sebagai komponen utama minuman keras dalam tubuh pengkonsumsinya (Abrori, 2016). Side dkk pada tahun 2020 melakukan penelitian mengenai kecanduan terhadap sosial media dengan menggunakan model matematika SIR(Side et al., 2020), sedangkan permasalahan mengenai kecanduan *game online* sendiri sebelumnya telah diteliti oleh Tingting Li & Youming Guo pada tahun 2019. Tingting Li & Youming Guo memodelkan permasalahan kecanduan *game online* dengan menggunakan 4 kompartemen yaitu *Susceptible, Infective, Professional* serta *Quitting* (Li & Guo, 2019). Pada tahun 2021, Hiromi Seno memodelkan permasalahan kecanduan *game online* dalam 3 kompartemen yaitu *Moderate, Addictive* dan *Recovery/Under Treatment* (Seno, 2021).

Penelitian ini merupakan modifikasi dari penelitian serupa sebelumnya yaitu penelitian dari Li & Guo (2019). Dalam penelitian ini digunakan model 4 kompartemen SEAR (*Susceptible, Exposed, Addictive, Recovered)*. Model SEAR ini merupakan modifikasi model matematika pada penelitian Li & Guo (2019) dengan populasi penelitian diperkecil hanya untuk *game onlline* pada gawai/*smartphone* serta mengabaikan faktor pemain *game online* profesional (*e-sport)***.**

KAJIAN TEORI

KECANDUAN *GAME ONLINE*

Kecanduan *game online* merupakan sebuah gangguan mental yang dapat terlihat dari adanya dorongan untuk bermain *game online* hingga lupa waktu bahkan mengabaikan aktivitas lain dan tanggung jawab seperti pekerjaan maupun tugas sekolah. Individu yang menderita kecanduan *game online* dapat mengalami gangguan psikologis lain, seperti gangguan kecemasan dan depresi (Alodokter, 2020).

Seseorang dapat disebut sebagai pecandu *game online* apabila memenuhi kriteria kecanduan *game online* yaitu penggunaan yang berlebihan. Menurut Li & Guo (2019), berdasarkan intensitas penggunaan, bermain *game online* dapat digolongkan kedalam 3 bagian, yaitu:

1. *Healthy Game,* dengan waktu penggunaan 3 jam per hari
2. *Fatigue Game,* dengan waktu penggunaan 3-5 jam per hari
3. *Unhealthy Game,* dengan waktu penggunaan lebih dari 5 jam per hari

TITIK KESETIMBANGAN

Titik kesetimbangan adalah titik yang tidak terpengaruh dengan perubahan waktu, yang berarti ketika $t = 1,2,\dots,n$ titik tersebut memiliki nilai yang tetap (Mujiyanti, 2019). Titik kesetimbangan bisa didapatkan dengan cara mengambil turunan pertama sama dengan nol dari suatu persamaan diferensial (Utari, 2017). Titik $\bar{x} \in R^n$ disebut titik kesetimbangan (equilibrium point) dari $\dot{x}$ = ($\bar{x}$) jika memenuhi (x) = 0, dimana

$$f(x) = \begin{bmatrix} f_1(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ f_2(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ \vdots \\ f_n(x_1, x_2, \dots, x_n) \end{bmatrix}.$$

Sebagai contoh, diberikan sebuah sistem persamaan diferensial sebagai berikut:

$$\frac{dx}{dt} = f(x, y),$$
$$\frac{dy}{dt} = g(x, y).$$

Suatu titik (x_0, y_0) dapat disebut sebagai titik kesetimbangan pada sistem tersebut, jika memenuhi syarat $f(x_0, y_0) = 0$ serta $g(x_0, y_0) = 0$. Sepasang fungsi konstanta $x(t) = x_0$ dan $y(t) = y_0$ adalah solusi kesetimbangan dari sistem tersebut, dikarenakan turunan suatu konstanta sama dengan nol. (Campbell & Haberman, 2008).

KESTABILAN TITIK KESETIMBANGAN

Kestabilan titik kesetimbangan dapat digunakan untuk mengetahui sifat dari solusi sistem persamaan diferensial. Semakin stabil suatu sistem, maka semakin kecil peluang terjadinya perubahan perilaku pada solusi sistem, ketika terdapat perturbasi pada sistem. Namun ketika sistem tidak stabil, adanya sedikit perubahan pada sistem dapat mengakibatkan perubahan besar pada perilaku solusi sistem.(Mujiyanti, 2019)

Kestabilan titik kesetimbangan $\bar{x}$ dapat ditentukan dengan menggunakan nilai-nilai eigen, yaitu λ_i dimana $i = 1,2,\dots,n$ yang didapatkan dari persamaan karakteristik. Kestabilan titik kesetimbangan secara umum memiliki beberapa sifat , yaitu :

1. Stabil, apabila:
   a) Setiap nilai eigen real bernilai negatif ($\lambda_i < 0$ untuk semua i)
   b) Setiap komponen real dari nilai eigen kompleks, bernilai lebih kecil atau sama dengan nol ($Re(\lambda_i) \leq 0$ untuk semua i)
2. Tidak stabil, apabila:
   a) Ada nilai eigen real yang bernilai positif ($\lambda_i > 0$ untuk semua i).
   b) Ada komponen real dari nilai eigen kompleks, yang bernilai lebih besar dari nol ($Re(\lambda_i) > 0$ untuk semua i).

BILANGAN REPRODUKSI DASAR

Bilangan reproduksi dasar (dinotasikan R_0) merupakan ambang batas penyebaran suatu wabah penyakit yang terjadi karena adanya individu terinfeksi pada suatu populasi yang mana individu-individunya rentan untuk terinfeksi (van den Driessche, 2017). Bilangan reproduksi dasar ditentukan untuk menganalisis apakah terjadi wabah/endemik pada suatu wilayah atau tidak. Bilangan reproduksi dasar (R_0) memiliki sejumlah kondisi yang akan terjadi, sebagai berikut:

1. Apabila $R_0 < 1$, maka tidak terjadi wabah/endemik.
2. Apabila $R_0 > 1$, maka terjadi wabah/endemik (Mujiyanti, 2019)

NEXT GENERATION MATRIX

Next Generation Matrix (NGM) merupakan salah satu metode yang dapat digunakan dalam menetapkan bilangan reproduksi dasar. Langkah pertama dalam menggunakan NGM yaitu dengan melinierisasi subsistem kecanduan menjadi matriks Jacobian (J) serta mensubstitusi titik kesetimbangan bebas penyakit ke matriks J. Kemudian, dekomposisi matriks J untuk menentukan matriks transmisi (F) dan matriks transisi (V). Selanjutnya, menentukan invers dari matriks transisi (V^{-1}). Langkah-langkah tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut

$$x = (F - V)x$$

Dimana $F = \frac{\partial F_i}{\partial x_j}(x_0, y_0)$ dan $V = \frac{\partial V_i}{\partial x_j}(x_0, y_0)$ dapat dinyatakan menjadi $K = FV^{-1}$ (van den Driessche & Watmough, 2002). Langkah terakhir yaitu dengan mencari akar karakteristik terbesar dari FV^{-1} (Manaqib et al., 2021).

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian dengan mengkaji studi literatur yang membahas tentang penggunaan model matematika sebagai solusi kecanduan *game online.* Penelitian ini merupakan modifikasi dari penelitian Li & Guo (2019), dengan perbedaan batasan masalah, kompartemen serta model yang digunakan. Dalam penyelesaian penelitian ini dilakukan beberapa tahapan. Adapun tahapan-tahapan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Melakukan studi literatur dari beragam sumber seperti jurnal dan artikel yang membahas

tentang kecanduan *game online*.
2. Menentukan batasan masalah serta mengkonstruksi model.
3. Melakukan analisis pada model dengan menentukan titik keseimbangan, analisis kestabilan titik keseimbangan serta menentukan bilangan reproduksi dasar.
4. Menentukan nilai parameter serta nilai awal yang akan digunakan.
5. Melakukan simulasi numerik dari model matematika menggunakan *Python*.
6. Mengintrepetasikan hasil simulasi numerik.
7. Menarik kesimpulan.

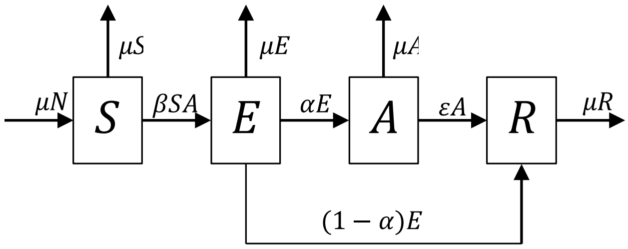
HASIL DAN PEMBAHASAN

KONSTRUKSI MODEL

Pada penelitian ini, digunakan beberapa asumsi untuk pembentukan model, yaitu sebagai berikut:

1. Populasi dibagi menjadi 4 subpopulasi yaitu *Susceptible, Exposed, Addicted* dan *Recovery.*
2. Subpopulasi *susceptible* disimbolkan S, merupakan orang-orang yang pernah bermain *game online* pada *device* orang lain, namun tidak memiliki *game online* pada *device* miliknya sendiri.
3. Subpopulasi *exposed* disimbolkan E, merupakan orang yang memiliki *game online* pada *device* pribadi dan bermain *game online* kurang dari 5 jam per hari
4. Subpopulasi *addicted* disimbolkan A, merupakan orang yang memiliki *game online* pada *device* pribadi dan bermain *game online* lebih dari 5 jam per hari
5. Subpopulasi *recovery* disimbolkan R, merupakan orang yang sudah berhenti bermain *game online*/sudah *uninstall game online* pada *device* miliknya.
6. Individu pada subpopulasi *susceptible* berpotensi berpindah/masuk pada subpopulasi *exposed* apabila berinteraksi dengan orang yang kecanduan *game online* (*addicted*)
7. Dikarenakan pada subpopulasi *susceptible* hanya pernah memainkan *game online* pada *device* orang lain dan bukan milik sendiri maka dapat diasumsikan pula bahwa mereka bermain *game online* dibawah 5 jam/hari dan hanya beberapa kali memainkan *game online*.
8. Individu pada subpopulasi *exposed* berpotensi berpindah/masuk dalam sub populasi *addicted* apabila berinteraksi dengan orang yang sudah kecanduan *game online* (*addicted*).
9. Total populasi, disimbolkan dengan N(t) memiliki persamaan $N(t) = S(t) + E(t) + A(t) + R(t)$

Berdasarkan asumsi-asumsi yang telah dijabarkan dapat diilustrasikan sebuah diagram kompartemen yaitu sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram Kompartemen Model SEAR

Berdasarkan diagram kompartemen diatas, maka model SEAR dapat dirumuskan dalam sistem persamaan diferensial sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\frac{dS}{dt} &= \mu N - \beta SA - \mu S\\ \frac{dE}{dt} &= \beta SA - \alpha E - (1-\alpha)E - \mu E\\ \frac{dA}{dt} &= \alpha E - \varepsilon A - \mu A \qquad (1)\\ \frac{dR}{dt} &= \varepsilon A + (1-\alpha)E - \mu R\end{aligned}$$

Adapun parameter-parameter yang digunakan dalam model SEAR adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Keterangan Parameter

Parameter	Keterangan	Syarat
μ	Laju Kelahiran Alami dan Laju Kematian Alami	$\mu > 0$
β	Laju individu rentan menjadi individu yang memainkan *game online* pada *device* pribadi	$\beta > 0$
α	Laju Individu yang menjadi kecanduan *game online*	$\alpha > 0$
ε	Laju individu yang berhenti bermain *game online* / sembuh dari kecanduan *game online*	$\varepsilon > 0$

TITIK KESETIMBANGAN

Titik kesetimbangan model dapat diperoleh dengan cara membuat persamaan pada sistem yang telah didapatkan sebelumnya sama dengan nol. Dengan demikian, titik kesetimbangan model SEAR dapat diperoleh dengan menyelesaikan persamaan $\frac{dS}{dt} = \frac{dE}{dt} = \frac{dA}{dt} = \frac{dR}{dt} = 0$. Sehingga, diperoleh dua titik kesetimbangan sebagai berikut.

Titik kesetimbangan bebas penyakit, yaitu $E_0 = (S^*, E^*, A^*, R^*)$, dimana

$$S^* = 1,$$
$$E^* = 0,$$
$$A^* = 0,$$
$$R^* = 0.$$

Titik Kesetimbangan Endemik, yaitu $E_1 = (S^{**}, E^{**}, A^{**}, R^{**})$, dimana

$$S^{**} = \frac{\varepsilon\mu + \mu^2 + \varepsilon + \mu}{\alpha\beta},$$
$$E^{**} = \frac{\mu(\alpha\beta - \varepsilon\mu - \mu^2 - \varepsilon - \mu)}{\alpha(\mu + 1)\beta},$$
$$A^{**} = \frac{\mu(\alpha\beta - \varepsilon\mu - \mu^2 - \varepsilon - \mu)}{\beta(\varepsilon\mu + \mu^2 + \varepsilon + \mu)},$$
$$R^{**} = -\frac{(\alpha\mu - \varepsilon - \mu)(\alpha\beta - \varepsilon\mu - \mu^2 - \varepsilon - \mu)}{\alpha(\mu + 1)(\varepsilon + \mu)\beta}.$$

BILANGAN REPRODUKSI DASAR

Bilangan reproduksi dasar (dinotasikan R_0) dapat diperoleh dengan menggunakan metode *Next Generation Matrix*. Matriks *Next Generation Matrix* dibangun menggunakan kompartemen yang kecanduan yaitu kompartemen A, sebagai berikut:

$$\frac{dA}{dt} = \alpha E - \varepsilon A - \mu A$$

Dekomposisi matriks Jacobian menjadi matriks transmisi (dilambangkan dengan F) serta matriks transisi (dilambangkan dengan V). Sehingga didapatkan matriks F serta matriks V sebagai berikut:

$$F = \begin{bmatrix} 0 & \beta \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$V = \begin{bmatrix} 1 + \mu & 0 \\ -\alpha & \varepsilon + \mu \end{bmatrix}$$

Untuk mencari *Next Generation Matrix*, dibutuhkan invers dari V(dilambangkan dengan V^{-1}), sehingga didapatkan:

$$V^{-1} = \begin{bmatrix} \frac{1}{1 + \mu} & 0 \\ \frac{\alpha}{(1 + \mu)(\varepsilon + \mu)} & \frac{1}{\varepsilon + \mu} \end{bmatrix}$$

Maka diperoleh konstruksi *Next Generation Matrix* sebagai berikut:

$$FV^{-1} = \begin{bmatrix} \frac{\beta\alpha}{(1 + \mu)(\varepsilon + \mu)} & \frac{\beta}{\varepsilon + \mu} \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Selanjutnya, dengan menyelesaikan persamaan $det(\lambda I - FV^{-1}) = 0$, dapat diperoleh nilai eigen. Bilangan reproduksi dasar didapatkan dari nilai eigen dominan, sehingga diperoleh bilangan reproduksi dasar sebagai berikut:

$$R_0 = \frac{\beta\alpha}{\mu^2 + \varepsilon\mu + \varepsilon + \mu}$$

Ketika $R_0 < 1$, maka sistem dikatakan stabil asimtotik menuju titik kesetimbangan bebas penyakit, yang berarti populasi individu yang kecanduan *game online* akan menghilang dari populasi. Sebaliknya, ketika $R_0 > 1$, maka sistem dikatakan stabil asimtotik menuju titik kesetimbangan endemik, yang berarti populasi individu yang kecanduan *game online* akan selalu ada dan cenderung meningkat.

ANALISIS TITIK KESETIMBANGAN

Kestabilan titik kesetimbangan dapat diperoleh berdasarkan nilai eigen. Nilai eigen sendiri didapatkan dengan melinierisasi sistem di sekitar titik kesetimbangan. Dengan melinierisasi sistem persamaan (1), maka diperoleh matriks Jacobian sebagai berikut:

$$J = \begin{bmatrix} -\beta A - \mu & 0 & -\beta S & 0 \\ \beta A & -1 - \mu & \beta S & 0 \\ 0 & \alpha & -(\varepsilon + \mu) & 0 \\ 0 & 1 - \alpha & \varepsilon & -\mu \end{bmatrix}$$

Dikarenakan model SEAR memiliki 2 titik keseimbangan, maka akan dilakukan analisis kestabilan pada 2 titik kesetimbangan tersebut, yaitu titik kesetimbangan bebas penyakit serta titik kesetimbangan endemik.

ANALISIS KESTABILAN TITIK KESETIMBANGAN BEBAS PENYAKIT

Pada tahap ini, dengan melinierisasi sistem (1) di sekitar titik kesetimbangan bebas penyakit $E_0 = (S^*, E^*, A^*, R^*) = (1,0,0,0)$, maka diperoleh matriks Jacobian sebagai berikut:

$$J(E_0) = \begin{bmatrix} -\mu & 0 & -\beta & 0 \\ 0 & -1 - \mu & \beta & 0 \\ 0 & \alpha & -(\varepsilon + \mu) & 0 \\ 0 & 1 - \alpha & \varepsilon & -\mu \end{bmatrix}$$

Persamaan karakteristik dari matriks $\boldsymbol{J(E_0)}$ adalah $det(\lambda I - J(E_0)) = 0$

$$det\begin{bmatrix} \lambda+\mu & 0 & -\beta & 0 \\ 0 & \lambda+1+\mu & \beta & 0 \\ 0 & \alpha & \lambda+\varepsilon+\mu & 0 \\ 0 & 1-\alpha & \varepsilon & \lambda+\mu \end{bmatrix} = 0$$

$(\lambda+\mu)(-\alpha\beta\lambda-\alpha\beta\mu+\varepsilon\lambda^2+2\varepsilon\lambda\mu+\varepsilon\mu^2+\lambda^3+3\lambda^2\mu+3\lambda\mu^2+\mu^3+\varepsilon\lambda+\varepsilon\mu+\lambda^2+2\lambda\mu+\mu^2)=0$

Berdasarkan persamaan karakteristik tersebut, didapatkan nilai eigen sebagai berikut:

$$\lambda_1 = -\mu$$
$$\lambda_2 = -\frac{1}{2}\varepsilon-\mu-\frac{1}{2}+\frac{1}{2}\sqrt{4\alpha\beta+\varepsilon^2-2\varepsilon+1}$$
$$\lambda_3 = -\frac{1}{2}\varepsilon-\mu-\frac{1}{2}-\frac{1}{2}\sqrt{4\alpha\beta+\varepsilon^2-2\varepsilon+1}$$

Dengan demikian, titik kesetimbangan bebas penyakit E_0 akan stabil asimtotik apabila

- $4\alpha\beta+\varepsilon^2 > 2\varepsilon+1$
- $\varepsilon+2\mu+1 > \sqrt{4\alpha\beta+\varepsilon^2-2\varepsilon+1}$

ANALISIS KESTABILAN TITIK KESETIMBANGAN ENDEMIK

Pada tahap ini, dengan melinierisasi sistem (1) di sekitar titik kesetimbangan endemik $E_1 = (S^{**}, E^{**}, A^{**}, R^{**})$, maka diperoleh matriks Jacobian sebagai berikut:

$$J(E_1) = \begin{bmatrix} -\frac{\mu(\alpha\beta-\varepsilon\mu-\mu^2-\varepsilon-\mu)}{(\varepsilon\mu+\mu^2+\varepsilon+\mu)}-\mu & 0 & -\frac{\varepsilon\mu+\mu^2+\varepsilon+\mu}{\alpha} & 0 \\ \frac{\mu(\alpha\beta-\varepsilon\mu-\mu^2-\varepsilon-\mu)}{(\varepsilon\mu+\mu^2+\varepsilon+\mu)} & -1-\mu & \frac{\varepsilon\mu+\mu^2+\varepsilon+\mu}{\alpha} & 0 \\ 0 & \alpha & -(\varepsilon+\mu) & 0 \\ 0 & 1-\alpha & \varepsilon & -\mu \end{bmatrix}$$

Persamaan karakteristik dari matriks $J(E_1)$ adalah $det(\lambda I - J(E_1)) = 0$

$$det\begin{bmatrix} \lambda+\frac{\mu(\alpha\beta-\varepsilon\mu-\mu^2-\varepsilon-\mu)}{(\varepsilon\mu+\mu^2+\varepsilon+\mu)}+\mu & 0 & -\frac{\varepsilon\mu+\mu^2+\varepsilon+\mu}{\alpha} & 0 \\ \frac{\mu(\alpha\beta-\varepsilon\mu-\mu^2-\varepsilon-\mu)}{(\varepsilon\mu+\mu^2+\varepsilon+\mu)} & \lambda+1+\mu & \frac{\varepsilon\mu+\mu^2+\varepsilon+\mu}{\alpha} & 0 \\ 0 & \alpha & \lambda+\varepsilon+\mu & 0 \\ 0 & 1-\alpha & \varepsilon & \lambda+\mu \end{bmatrix} = 0$$

$$\frac{1}{(1+\mu)(\varepsilon+\mu)}\Big(\big(\mu^5+(2\varepsilon+2)\mu^4+(-\alpha\beta+\varepsilon^2+2\lambda^2+4\varepsilon+1)\mu^3+\big(\lambda^3+(3\varepsilon+3)\lambda^2+2\alpha\beta\lambda-(\varepsilon+1)(\alpha\beta-2\varepsilon)\big)\mu^2+\big((\varepsilon+1)\lambda^3+(\alpha\beta+\varepsilon^2+4\varepsilon+1)\lambda^2+\beta\alpha(\varepsilon+1)\lambda-\beta\alpha\varepsilon+\varepsilon^2\big)\mu+\lambda^2\varepsilon(\lambda+\varepsilon+1)\big)(\lambda+\mu)\Big)=0$$

Berdasarkan persamaan karakteristik diatas, diperoleh salah satu nilai eigen $\lambda = -\mu$.

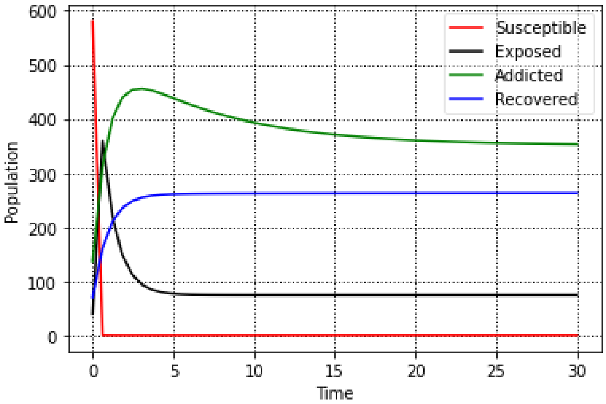
SIMULASI NUMERIK

Pada tahap ini dilakukan simulasi numerik menggunakan nilai parameter sebagai berikut:

Tabel 2. Nilai Parameter

Parameter	Nilai	Keterangan
μ	0.1	(Mujiyanti, 2019)
β	0.3	(Li & Guo, 2019)
α	0.7	Asumsi
ε	0.05	(Irwan et al., 2019)

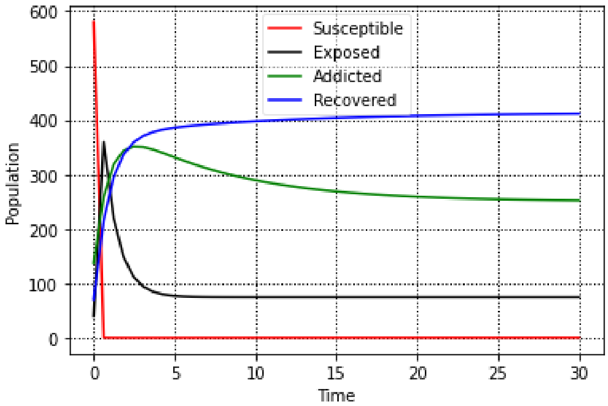
Berdasarkan nilai parameter diatas, didapatkan nilai $R_0 = 1.27$ yang mana berarti nilai $R_0 > 1$ sehingga sistem akan stabil asimtotik menuju titik kesetimbangan endemik. Nilai awal yang akan digunakan diambil dari artikel rujukan (Li&Guo, 2019) dengan $S(0) = 580, E(0) = 40, A(0) = 138, R(0) = 71$. Rentang waktu yang digunakan adalah 30 hari.



Gambar 2. Grafik Simulasi Model SEAR untuk $\alpha = 0.7$

Berdasarkan Gambar 2, populasi *susceptible* mengalami penurunan drastis pada hari pertama. Populasi *exposed* mengalami kenaikan menjadi 360 pada hari kedua kemudian mengalami penurunan menuju 80 pada hari kelima dan stabil setelah hari kelima hingga hari ketiga puluh. Populasi *addicted* mengalami kenaikan drastis menuju 450 pada hari ketiga kemudian berangsur-angsur mengalami penurunan menuju 360 pada hari kedua puluh lima dan stabil setelah hari kedua puluh lima hingga hari hari ketiga puluh. Populasi *recovered* mengalami kenaikan menuju 260 pada hari kelima dan stabil hingga hari ketiga puluh. Artinya, ketika individu sudah pernah bermain *game online* pada *device* orang lain, mereka akan cenderung untuk memasang *game online* pada gawai mereka sendiri. Hal ini terlihat dari grafik *susceptible* yang menurun drastis pada hari pertama dan kenaikan drastis pada hari kedua. Dari grafik juga dapat disimpulkan bahwa ketika individu sudah memasang *game online* pada gawai milik sendiri, mereka cenderung mengalami kecanduan dalam bermain *game online*. Hal ini dapat dilihat dari kenaikan drastis pada grafik *addicted*. Di sisi lain, grafik *recovered* juga mengalami kenaikan. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian populasi individu yang sudah memasang *game online* pada gawai pribadi, berhenti/mencopot *game online* mereka.

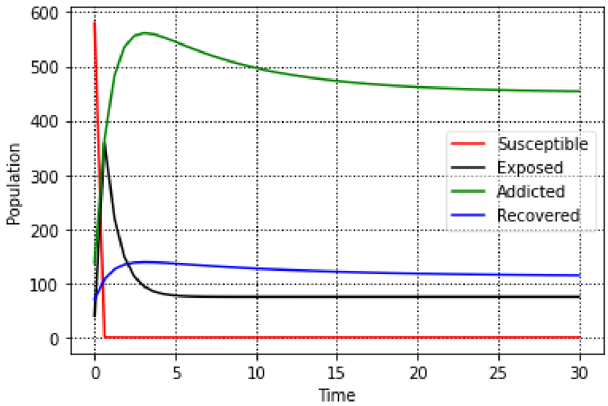
Selanjutnya, dilakukan simulasi kedua dengan mengubah nilai parameter α menjadi $\alpha = 0.5$ dan nilai parameter yang lain tetap. Berdasar perubahan nilai parameter ini, didapatkan nilai $R_0 = 0.909$ yang mana berarti nilai $R_0 < 1$ sehingga sistem akan stabil asimtotik menuju titik kesetimbangan bebas penyakit.



Gambar 3. Grafik Simulasi Model SEAR untuk $\alpha = 0.5$

Berdasarkan Gambar 3, populasi *susceptible* mengalami penurunan drastis pada hari pertama. Populasi *exposed* mengalami kenaikan menjadi 360 pada hari kedua kemudian mengalami penurunan menuju 80 pada hari kelima dan stabil setelah hari kelima hingga hari ketiga puluh. Populasi *addicted* mengalami kenaikan menuju 350 pada hari ketiga kemudian berangsur-angsur mengalami penurunan menuju 250 pada hari kedua puluh lima dan stabil setelah hari kedua puluh lima hingga hari hari ketiga puluh. Populasi *recovered* berangsur-angsur mengalami kenaikan menuju 410 pada hari kedua puluh lima dan stabil hingga hari ketiga puluh. Dari hasil simulasi ini, dapat diartikan bahwa lebih banyak individu yang berhenti/mencopot *game online* daripada individu yang mengalami kecanduan bermain *game online*. Hal ini terlihat dari grafik *recovered* yang terus mengalami kenaikan dan grafik *addicted* yang berangsur-angsur mengalami penurunan hingga berada dibawah grafik *recovered* yang mana jumlah individu yang telah berhenti bermain dan mencopot *game online* dari gawai pribadi lebih banyak daripada jumlah individu yang mengalami kecanduan.

Kemudian, dilakukan simulasi ketiga dengan mengubah nilai parameter α menjadi $\alpha = 0.9$ dan nilai parameter yang lain tetap. Berdasar perubahan nilai parameter ini, didapatkan nilai $R_0 = 1.63$ yang mana berarti nilai $R_0 > 1$ sehingga sistem akan stabil asimtotik menuju titik endemik.



Gambar 4. Grafik Simulasi Model SEAR untuk $\alpha = 0.9$

Berdasarkan Gambar 4, populasi *susceptible* mengalami penurunan drastis pada hari pertama. Populasi *exposed* mengalami kenaikan menjadi 360 pada hari kedua kemudian mengalami penurunan menuju 80 pada hari kelima dan stabil setelah hari kelima hingga hari ketiga puluh. Populasi *addicted* mengalami kenaikan drastis menuju 560 pada hari ketiga kemudian berangsur-angsur mengalami penurunan menuju 460 pada hari kedua puluh lima dan stabil setelah hari kedua puluh lima hingga hari hari ketiga puluh. Populasi *recovered* mengalami kenaikan menuju 150 pada hari ketiga kemudian berangsur-angsur mengalami penurunan menuju 120 pada hari kedua puluh lima dan stabil setelah hari kedua puluh lima hingga hari ketiga puluh. Artinya, ketika individu sudah pernah bermain *game online* pada gawai orang lain, mereka akan cenderung untuk memasang *game online* pada gawai mereka sendiri. Ketika individu sudah memasang *game online* pada gawai pribadi, mereka cenderung mengalami kecanduan dalam bermain *game online*. Hal ini dapat dilihat pada grafik, yang mana populasi individu yang memasang *game online* dan mengalami kecanduan mengalami kenaikan yang sangat tinggi sedangkan populasi individu yang berhenti bermain/telah mencopot *game online* dari gawai pribadi mengalami penurunan apabila dibandingkan dengan hasil simulasi sebelumnya. Tingginya selisih antara grafik *addicted* dengan grafik *recovered* menunjukkan terjadinya kecanduan bermain *game online* yang tinggi pada masyarakat.

Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan bahwa adanya kecenderungan terjadinya kecanduan ketika individu telah memasang dan bermain *game online* pada gawai pribadi. Pada penelitian ini, faktor adanya pemain profesional (*e-sport)* tidak dimasukkan. Sedangkan, pada penelitian Tingting Li & Youming Guo (2019), populasi penelitian tidak dibatasi untuk kecanduan *game online* pada gawai, namun juga pada perangkat yang lain seperti *PC* dan laptop. Selain itu, pada penelitian Tingting Li & Youming Guo (2019) faktor adanya pemain profesional (*e-sport)* dimasukkan serta dipertimbangkannya adanya laju perpindahan dari individu *susceptible* menjadi indidividu profesional (*e-sport).*

PENUTUP

SIMPULAN

Penelitian ini mengonstruksi model 4 kompartemen SEAR (*Susceptible, Exposed, Addicted, Recovery)* dalam menganalisis permasalahan kecanduan *game online.* Penelitian ini merupakan modifikasi dari penelitian Tingting Li & Youming Guo (2019) dengan membatasi masalah pada permasalahan kecanduan *game online* di gawai serta tidak melibatkan faktor pemain profesional (*e-sport).* Dari hasil penelitian didapatkan titik kesetimbangan bebas penyakit $E_0 = (1,0,0,0)$,titik kesetimbangan endemik $E_1 = (S^{**}, E^{**}, A^{**}, R^{**}) = \left(\frac{\varepsilon\mu+\mu^2+\varepsilon+\mu}{\alpha\beta}, \frac{\mu(\alpha\beta-\varepsilon\mu-\mu^2-\varepsilon-\mu)}{\alpha(\mu+1)\beta}, \frac{\mu(\alpha\beta-\varepsilon\mu-\mu^2-\varepsilon-\mu)}{\beta(\varepsilon\mu+\mu^2+\varepsilon+\mu)}, -\frac{(\alpha\mu-\varepsilon-\mu)(\alpha\beta-\varepsilon\mu-\mu^2-\varepsilon-\mu)}{\alpha(\mu+1)(\varepsilon+\mu)\beta}\right)$ serta bilangan reproduksi dasar $R_0 = \frac{\beta\alpha}{\mu^2+\varepsilon\mu+\varepsilon+\mu}$.

Berdasarkan hasil penelitan yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa ketika individu telah mencoba bermain *game online* pada gawai orang lain ada kecenderungan untuk memasang *game online* pada gawai mereka sendiri. Hal ini terlihat dari grafik simulasi, yang mana terjadi penurunan drastis pada grafik *susceptible* dan kenaikan pada grafik *exposed* pada selang waktu awal. Selanjutnya grafik *exposed* mengalami penurunan dan terjadi kenaikan drastis pada grafik *addicted* yang mana berarti dapat disimpulkan bahwa ada kecenderungan terjadinya kecanduan ketika individu telah memasang dan bermain *game online* pada gawai pribadi. Selain itu, dari hasil penelitian dapat disimpulkan pula bahwa semakin tinggi laju individu yang memasang *game online* pada gawai pribadi semakin tinggi pula tingkat kecanduan *game online* yang terjadi. Hal ini terlihat dari hasil simulasi pertama dan ketiga, dimana ketika laju individu yang memasang *game online* pada gawai pribadi tinggi, populasi individu yang kecanduan *game online* juga tinggi. Sebaliknya, ketika laju individu yang memasang *game online* pada gawai pribadi rendah, terjadi penurunan pada populasi individu yang kecanduan *game online.* Hal ini terlihat dari hasil simulasi kedua, dimana ketika laju individu yang memasang *game online* pada gawai pribadi rendah, populasi individu yang mengalami kecanduan *game online* juga rendah.

SARAN

Untuk penelitian tentang kecanduan *game online* selanjutnya, dapat digunakan data primer atau menggunakan model matematika yang memperhatikan populasi pemain profesional (*e-sport)* berdasarkan faktor usia maupun gender, sehingga didapatkan hasil yang semakin mendekati keadaan sesungguhnya.

DAFTAR PUSTAKA

Abrori, M. (2016). *Model Matematika Minuman Keras* (Vol. 5, Issue 1). www.fourier.or.id

Alodokter. (2020). *Ini Ciri-Ciri Kecanduan Game Online dan Cara Mengatasinya*. https://www.alodokter.com/ini-ciri-ciri-kecanduan-game-online-dan-cara-mengatasinya

Campbell, S. L., & Haberman, R. (2008). *Introduction to Differential Equations with Dynamical Systems*. Princeton University Press. https://doi.org/10.1515/9781400841325

Irwan, M., Irwan, I., & Jusrawati, J. (2019). Model Matematika Penyakti Diabetes Melitus. *Jurnal VARIAN*, *2*(2), 68–72. https://doi.org/10.30812/varian.v2i2.385

Li, T., & Guo, Y. (2019). Stability and optimal control in a mathematical model of online game addiction. *Filomat*, *33*(17), 5691–5711. https://doi.org/10.2298/FIL1917691L

Manaqib, M., Azizah, M., Hartati S., E., Pratiwi, S., & Maulana, R. A. (2021). ANALISIS MODEL MATEMATIKA PENYEBARAN PENYAKIT COVID-19 DENGAN LOCKDOWN DAN KARANTINA. *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika Dan Terapan*, *15*(3), 479–492. https://doi.org/10.30598/barekengvol15iss3pp479-492

Mujiyanti. (2019). *Pemodelan Penyakit Middle East Respiratory Syndrome Corona Virus (Mers-CoV)* *dengan Matematika Penyebaran Penggunaan Masker Kesehatan dan Vaksinasi*. http://repository.uinjkt.ac.id/dspace/bitstream/123456789/48405/1/MUJIYANTI-FST.pdf

Novrialdy, E. (2019). Kecanduan Game Online pada Remaja: Dampak dan Pencegahannya. *Buletin Psikologi*, *27*(2), 148. https://doi.org/10.22146/buletinpsikologi.47402

Seno, H. (2021). A mathematical model of population dynamics for the internet gaming addiction*. *Nonlinear Analysis: Modelling and Control*, *26*(5), 861–883. https://doi.org/10.15388/namc.2021.26.24177

Side, S., Sanusi, W., Rustan, N. K., Matematika, J., Matematika, F., & Pengetahuan, I. (2020). Model Matematika SIR Sebagai Solusi Kecanduan Penggunaan Media Sosial. In *Journal of Mathematics* (Vol. 3, Issue 2). http://www.ojs.unm.ac.id/jmathcos

Statista. (2021). *Online gaming - statistics & facts*. https://www.statista.com/topics/1551/online-gaming/#dossierKeyfigures

Utami, T. W., & Hodikoh, A. (2020). Kecanduan Game Online Berhubungan dengan Penyesuaian Sosial pada Remaja. *Jurnal Keperawatan*, *12*(1), 17–22.

Utari, I. A. P. A. (2017). *ANALISIS STABILITAS DAN PERSISTENSI MODEL MATEMATIKA PADA IMUNOTERAPI BCG DALAM KANKER KANDUNG KEMIH SUPERFICIAL*. SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY SURABAYA.

van den Driessche, P. (2017). Reproduction numbers of infectious disease models. *Infectious Disease Modelling*, *2*(3), 288–303. https://doi.org/10.1016/j.idm.2017.06.002

van den Driessche, P., & Watmough, J. (2002). Reproduction numbers and sub-threshold endemic equilibria for compartmental models of disease transmission. *Mathematical Biosciences*, *180*(1–2), 29–48. https://doi.org/10.1016/S0025-5564(02)00108-6

WHO. (2020). *Addictive behaviours: Gaming disorder*. https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/addictive-behaviours-gaming-disorder