

Model Epidemi SIR Pengguna/Pemain *Mobile Games* Pada Mahasiswa Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sulawesi Barat

Asrul Agus¹, Rahmawati², Fardinah³

^{1,2,3}Program Studi Matematika, Universitas Sulawesi Barat, Indonesia
e-mail: ¹asrulagus06@gmail.com

Abstrak. *Game* saat ini berkembang sangat pesat, tidak hanya sebagai hiburan bahkan *game* kini banyak yang diperlombakan. *Game* semakin mudah untuk diakses oleh berbagai kalangan umur sejak munculnya *mobile games* pada era *mobile phone* seperti sekarang. Oleh karena itu, pada skripsi ini penulis menganalisis model matematika epidemi untuk pemain/pengguna *mobile games*. Model epidemi umumnya digunakan untuk melihat fenomena penyebaran suatu penyakit. Pada penelitian ini, penulis membangun model epidemi SIR untuk pengguna/pemain *mobile games* Mahasiswa FMIPA Unsulbar, kemudian titik kesetimbangan model tersebut yaitu $E(192,0)$ dan bersifat stabil, serta bilangan reproduksi dasar (R_0) sebesar 0,51 yang menunjukkan bahwa tidak akan terjadi endemik dan penyakit akan menghilang secara perlahan seiring berjalannya waktu. Untuk simulasi model, penulis menggunakan program maple.

Kata kunci: ekuilibrium, *mobile games*, model epidemi

Abstract. *Games* are currently developing very rapidly, not only as entertainment, even *games* are now being contested. *Games* are getting easier to be accessed by various age groups since the emergence of *mobile games* in the era of *mobile phones* like now. Therefore, in this thesis the author analyzes the mathematical model of the epidemic for players/users of *mobile games*. Epidemic models are generally used to see the phenomenon of the spread of a disease. In this study, the authors build an SIR epidemic model for *mobile game users/players* of FMIPA Unsulbar students, then the equilibrium point of the model is $E(192,0)$ and is stable, and the basic reproduction number (R_0) is 0,51 which indicates that there will be no endemic and the disease will gradually disappear over time. For model simulation, the author uses the Maple program.

Keywords: epidemic model, equilibrium, *mobile games*

I. PENDAHULUAN

Pemodelan matematika adalah proses penyederhanaan masalah dalam bentuk abstrak suatu fenomena nyata dan dituangkan dalam bentuk matematika [1]. Model matematika melibatkan konsep matematika seperti persamaan, pertidaksamaan, fungsi serta turunan yang melibatkan formulasi matematika secara abstrak, Haberman [2]. Pada proses mengkonstruksi suatu model matematika, fenomena atau masalah yang nantinya menjadi topik akan diimplementasikan dalam bentuk matematika sesuai dengan asumsi yang dibangun, lalu akan dikaji secara matematis untuk memperoleh penyelesaian dan selanjutnya solusi yang diperoleh kemudian diinterpretasikan ke dunia nyata.

Terapan pemodelan matematika dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah di berbagai bidang seperti ekonomi, teknik, sains bahkan dunia kedokteran [2]. Salah satu contoh yang sering ditemui dalam terapan pemodelan matematika yaitu pemodelan penyebaran penyakit pada dunia kedokteran. Model yang sering digunakan yaitu model epidemi.

Model epidemi merupakan model yang mengkaji keterkaitan suatu populasi dalam kejadian epidemi, misalnya penyebaran atau terjangkitnya suatu wabah pada populasi tertentu [1]. Beberapa model epidemi yang terkenal yaitu model epidemi SIR (*Susceptible – Infected – Recovered*), SIRS (*Susceptible – Infected – Removed – Susceptible*), SEIR (*Susceptible – Exposed – Infected – Recovered*) dan masih banyak model epidemi lainnya. Model epidemi ini tidak hanya dapat digunakan untuk penyebaran penyakit dan di dunia kedokteran saja, misalnya saja dapat digunakan untuk memodelkan suatu fenomena sosial seperti ketergantungan terhadap penggunaan *game* secara berlebihan.

Menurut Al. Tridhonanto [13] *game* sudah ditemukan sejak tahun 1962 yang dipelopori oleh Steven Russel, dalam proyeknya yang bernama *Computer Games* dengan salah satu produk andalannya yaitu *StarWars*. Kemudian pada tahun 1980-an muncullah *game* yang terkenal hingga saat ini yaitu *Game Pacman*.

Seiring dengan perkembangannya, kini *game* telah berkembang dengan sangat pesat. Saat ini *game* yang

dapat dimainkan sangatlah bervariasi macamnya, mulai dari *action, fighting, adventure, racing, sport* bahkan *game* strategi. Media yang digunakan untuk bermain *game* pun saat ini sangatlah variatif, mulai dari bermain *game* di computer atau laptop (*PC Games*), *console games* yang dimainkan dengan *PlayStation* atau *Xbox* hingga yang paling mudah diakses saat ini oleh siapapun yaitu *Mobile Games* yaitu *game* yang dimainkan pada ponsel atau perangkat *mobile* [18].

Game dapat menjadi salah satu pilihan untuk mengisi waktu luang dan juga menjadi hiburan tersendiri bagi para pemainnya. Akan tetapi, jika dimainkan secara berlebihan tentunya akan dapat membuang waktu bahkan dalam kasus tertentu penggunaan *game* secara terus-menerus juga dapat mengakibatkan kecanduan pada *game*, yang tentunya akan berdampak negatif bagi penggunaannya. Oleh karena itu, dalam skripsi ini penulis akan membangun model matematika pengguna *game*, terkhusus pada *mobile games*, dengan mengarahkan fenomena pada pengguna *game* ke salah satu model epidemi.

Penelitian mengenai pemodelan *game* ini masih baru dan studi kasusnya pada FMIPA Universitas Sulawesi Barat dengan jumlah Mahasiswa yang tidak banyak, sehingga digunakan model epidemi SIR dengan membagi populasi ke dalam tiga variabel. Dalam kasus ini mahasiswa yang rentan kecanduan memainkan *game* akan dikelompokkan dalam populasi S (*Susceptible*), mahasiswa yang terindikasi kecanduan *game* dikelompokkan dalam populasi (*Infected*), lalu untuk populasi R (*Recovered*) merupakan kelompok mahasiswa yang telah bebas dari indikasi kecanduan *game*. Kemudian, akan dibuat model matematikanya, menganalisis titik kesetimbangan dan juga menentukan bilangan reproduksi dasar pada model tersebut.

II. LANDASAN TEORI

2.1 Model Epidemi SIR

Pada tahun 1927 model epidemiologi SIR pertama kali diperkenalkan oleh Kermack dan MC Kendrick, dengan membagi populasi ke dalam tiga kelas yaitu :

- S : *susceptible*, adalah kelas individu yang rentan terserang penyakit.
- I : *infected*, adalah kelas individu yang terinfeksi dan dapat menyebarkan penyakit ke individu yang rentan.
- R : *recovered*, adalah kelas individu yang diasumsikan telah sembuh atau kekebalan tubuhnya telah kembali normal sehingga kebal terhadap penyakit, [11].

Model epidemi SIR diasumsikan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \frac{dS}{dt} &= -rSI \\ \frac{dI}{dt} &= rSI - aI \\ \frac{dR}{dt} &= aI \end{aligned} \quad (1)$$

dimana :

S = jumlah individu yang rentan dala populasi pada waktu t

- I = jumlah individu yang terinfeksi dalam populasi pada waktu t
- R = jumlah individu yang sembuh dalam populasi pada waktu t
- r = laju penularan penyakit dari *susceptible* menjadi *infeted*
- a = laju kesembuhan dari *infected* menjadi *recovered*

2.2 Sistem Persamaan Diferensial Nonlinear

Persamaan diferensial nonlinear adalah persamaan diferensial biasa yang tak linear. Persamaan diferensial dikatakan nonlinear jika memenuhi salah satu atau lebih dari kriteria berikut, [14] :

- (i) Memuat variabel tak bebas dari turunan-turunannya berpangkat selain satu.
- (ii) Terdapat perkalian dari variabel tak bebas dan/atau turunan-turunannya.
- (iii) Terdapat fungsi transendental dari variabel tak bebas dan turunan-turunannya.

Contoh:

Diberikan sistem persamaan persamaan diferensial nonlinear

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= xy + x \\ \frac{dy}{dt} &= 3x^2 - y \end{aligned} \quad (2)$$

Sistem (2) merupakan sistem persamaan diferensial nonlinear dengan variabel bebas t dan variabel tak bebas x dan y. Sistem (2) dikatakan sistem diferensial nonlinear karena terdapat perkalian antara variabel takbebas x dan y pada persamaan pertama, dan pada persamaan kedua terdapat kuadrat dari variabel tak bebas x.

2.3 Analisis Kestabilan Titik Tetap

Jika \bar{x} adalah titik kesetimbangan dari $\dot{x} = f(x)$, maka persamaan diferensial linear [10]

$$\dot{x} = Df(\bar{x})x$$

disebut persamaan linearisasi dari bidang vektor f pada titik kesetimbangan \bar{x} , dimana $f = (f_1, f_2)$ dan

$$J = Df(\bar{x}) = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial x_1}(\bar{x}) & \frac{\partial f_1}{\partial x_2}(\bar{x}) \\ \frac{\partial f_2}{\partial x_1}(\bar{x}) & \frac{\partial f_2}{\partial x_2}(\bar{x}) \end{bmatrix} \quad (3)$$

Matriks $Df(\bar{x})$ disebut sebagai matriks Jacobian.

Untuk mencari nilai karakteristik matriks Jacobian yang berukuran $n \times n$ maka dapat dituliskan kembali persamaan $Jx = \gamma x$ atau ekuivalen dengan $(\gamma I - J)x = 0$, mempunyai penyelesaian tak nol jika dan hanya jika

$$\det(\gamma I - J) = 0 \quad (4)$$

Persamaan (4) dinamakan persamaan karakteristik dari J dan skalar γ yang memenuhi persamaan (2.8) adalah nilai eigen dari J.

Teorema Olsder dan Woude: Misal diberikan sistem persamaan diferensial nonlinear

$$\dot{x} = f(x) \quad (5)$$

1. Jika semua bagian real nilai eigen matriks Jacobian $J(f(\bar{x}))$ bernilai negatif, maka titik kesetimbangan \bar{x} dari sistem (5) stabil asimtotik lokal.
2. Sementara, jika terdapat paling sedikit satu nilai eigen matriks jacobian $J(f(\bar{x}))$ yang bagian realnya positif maka titik kesetimbangan \bar{x} dari sistem (5) tidak stabil [12].

Menurut Farlow (1994), dimana jika salah satu nilai eigen yang diperoleh bernilai nol ($\gamma_1 = 0, \gamma_2 \neq 1$) maka titik kesetimbangannya akan berada dalam suatu garis. Jika $\gamma_2 < 0$ maka semua solusi yang tidak dimulai dari titik tetap ini cenderung untuk bergerak menuju garis tersebut dan sebaliknya, jika $\gamma_2 > 0$ maka akan bergerak menjauhi garis tersebut.

2.4 Bilangan Reproduksi

Bilangan reproduksi dasar merupakan bilangan yang menunjukkan jumlah individu yang dapat terinfeksi penyakit dari penularan individu yang terinfeksi. Bilangan reproduksi dasar disimbolkan R_0 . Beberapa kondisi yang akan muncul antara lain :

1. Jika $R_0 < 1$, maka penyakit tidak akan menyerang populasi atau akan menghilang.
2. Jika $R_0 = 1$, maka penyakit akan menetap.
3. Jika $R > 1$, maka kemungkinan penyakit menyebar sangat besar atau penyakit akan menjadi wabah, Giessecke [15].

III. METODE

3.1 Data dan Objek Kajian

Penelitian ini bersifat kajian literatur yaitu proses pengumpulan data kemudian menganalisis data tersebut sebagai bahan referensi dari E-book, jurnal ilmiah maupun dari sumber-sumber lain yang berkaitan dengan pemodelan matematika dan materi-materi prasyarat lainnya.

Adapun data yang digunakan yaitu data primer yang diperoleh dari penelitian yang dilakukan di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sulawesi Barat sebagai lokasi dalam pengumpulan literatur untuk penulisan ini dan dilaksanakan pada bulan Maret 2020 – Mei 2020.

3.2 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang diterapkan dalam penelitian ini guna mencapai tujuan penelitian, adalah sebagai berikut:

1. Mengambil data pada Mahasiswa FMIPA Unsulbar, kemudian mengelompokkan ke dalam populasi dengan kriteria :
 - a. Populasi S (*Susceptible*) merupakan seluruh individu yang belum memainkan *game* atau

individu yang sudah memainkan *game* dalam waktu kurang dari 4 jam dalam sehari.

- b. Populasi I (*Infected*) merupakan individu yang terindikasi kecanduan *game* dengan kriteria individu tersebut memainkan *game* 4-5 hari dalam seminggu dan memainkan *game* lebih dari 4 jam dalam setiap harinya [9].
 - c. Populasi R (*Recovered*) merupakan individu yang waktu dalam bermain *game* sudah berkurang dan terbebas dari indikasi kecanduan *game*
2. Membangun model SIR untuk pemain/pengguna *mobile games*.
 - a. Mengasumsikan variabel dan parameter model SIR dengan kriteria pada poin 1.
 - b. Membentuk model SIR pemain/pengguna *mobile games* pada Mahasiswa FMIPA Unsulbar.
 3. Menganalisis model SIR untuk pemain/pengguna *mobile games*.
 - a. Menentukan titik kesetimbangan model SIR pemain/pengguna *mobile games* pada Mahasiswa FMIPA Unsulbar dengan syarat sistem persamaan pada model = 0.
 - b. Menentukan tipe kestabilan titik keseimbangan berdasarkan nilai eigen berdasarkan teorema wolsder dan woude.
 - c. Menentukan bilangan reproduksi dasar (R_0) dengan kriteria
 1. Jika $R_0 < 1$, maka penyakit tidak akan menyerang populasi atau akan menghilang.
 2. Jika $R_0 = 1$, maka penyakit akan menetap.
 3. Jika $R > 0$, maka kemungkinan penyakit menyebar sangat besar atau penyakit akan menjadi wabah, Giessecke [15]
 4. Menarik kesimpulan dan interpretasi solusi yang masih berupa bahasa matematis ke solusi dunia nyata.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Model Epidemii SIR Pengguna/Pemain Mobile Games Pada Mahasiswa FMIPA Unsulbar

Dalam kontruksi model matematika pemain *game*, populasi (N) dibagi menjadi 3 sub populasi yaitu: *Susceptible* ($S(t)$), *Infected* ($I(t)$) dan *Recovered* ($R(t)$).

Populasi S menyatakan jumlah individu yang rentan terindikasi kecanduan *game*, baik yang belum memainkan *game* sama sekali maupun yang sudah memainkan *game* dalam waktu kurang dari 4 jam. Kontak dengan individu yang terindikasi kecanduan *game* akan membuat populasi S berkurang dan masuk ke dalam populasi I. Laju perpindahan individu dari populasi S ke I adalah r.

Populasi I menyatakan individu yang terinfeksi, atau dalam hal ini terindikasi kecanduan *game*, dimana saat bermain *game* dapat menghabiskan waktu berjam-jam bahkan dapat membuat pemainnya lupa akan waktu. Individu yang terinfeksi dapat sembuh secara spontan dengan laju a dan masuk ke dalam populasi R. Hal ini juga menyebabkan berkurangnya populasi I. Individu dalam

populasi R diasumsikan tidak akan kambuh kembali menjadi terinfeksi.

Dari asumsi-asumsi tersebut, dapat dibuat ke dalam diagram alir model epidemi SIR berikut :



Gambar 1. Diagram alir model epidemi SIR pemain *game*

Berdasarkan asumsi dan gambar 1, maka model matematika dari pemain *game* adalah :

$$\begin{aligned} \frac{dS}{dt} &= -rSI \\ \frac{dI}{dt} &= rSI - aI \\ \frac{dR}{dt} &= aI \\ N &= S + I + R \end{aligned} \quad (6)$$

4.2 Penentuan Parameter Model SIR

Data yang digunakan untuk menentukan parameter model SIR merupakan data primer, yang dikumpulkan melalui pengisian kuesioner online di google formulir (dapat dilihat pada lampiran 1) oleh Mahasiswa FMIPA Universitas Sulawesi Barat pada bulan April-Mei tahun 2020.

Tabel 1. Data pengguna/pemain *mobile games* Mahasiswa di FMIPA Universitas Sulawesi Barat bulan April-Mei 2020

Bulan	Jumlah kasus yang ditemukan		
	Individu rentan	Terindikasi kecanduan	Sembuh
April	99	6	2
Mei	98	7	2

Dari tabel 1 diperoleh :

$$\begin{aligned} S(0) &= S(\text{April}) = 99 \\ S(t) &= S(\text{Mei}) = 98 \\ R(t) &= R(\text{Mei}) = 2 \\ N &= 107 \end{aligned}$$

dimana N menyatakan jumlah Mahasiswa FMIPA Universitas Sulawesi Barat, yang berjumlah 107 orang dan

solusi khusus subpopulasi S yaitu $S(t) = S(0)e^{-\frac{R(t)r}{a}}$ [8].

Kemudian disubstitusi nilai variabel dari tabel 4.1 pada solusi khusus subpopulasi S di atas, maka diperoleh

$$\frac{r}{a} = 0,0051 = 5,1 \times 10^{-3}.$$

Dengan asumsi laju kesembuhan seorang yang terinfeksi dalam 4 bulan sebesar $\frac{1}{4}$, diperoleh

$a = 0,25 = 2,5 \times 10^{-1}$ dan $r = 0,0013 = 1,3 \times 10^{-3}$. Artinya, berdasarkan data yang telah dikumpulkan dari Mahasiswa, laju penularan dari individu rentan ke terinfeksi sebesar $1,3 \times 10^{-3}$ dan laju kesembuhan dari individu terinfeksi menjadi sembuh sebesar $2,5 \times 10^{-1}$.

Pada bagian ini, hasil penelitian harus dijelaskan secara jelas dan singkat serta mampu menjawab atau

mendapatkan solusi dari permasalahan dan tujuan yang termuat di bagian pendahuluan. Data yang telah diolah disajikan dalam bentuk tabel, grafik, diagram, gambar yang disertai dengan keterangan yang jelas. Tidak ada kutipan pada bagian ini.

4.3 Penentuan Titik Kesetimbangan

Model matematika yang telah dikonstruksi kemudian dicari titik kesetimbangannya, dengan cara membuat turunan pertamanya sama dengan 0 [6]

$$\begin{aligned} -rSI &= 0 \\ rSI - aI &= 0 \\ aI &= 0 \end{aligned} \quad (7)$$

Selanjutnya akan dicari solusi sistem persamaan (7) sebagai berikut

$$\begin{aligned} rSI - aI &= 0 \\ (rS - a)I &= 0 \end{aligned}$$

Misalkan $rS - a = 0$, maka diperoleh $S = \frac{a}{r}$ dan $I = 0$,

maka $E(S, I) = E(\frac{a}{r}, 0)$. Kemudian disubstitusi nilai parameter yang sebelumnya telah didapat, sehingga titik kesetimbangannya adalah $E(\frac{0,25}{0,0013}, 0) = E(192, 0)$.

Titik kesetimbangan yang diperoleh merupakan suatu keadaan dimana tidak terjadi penyebaran menular dalam populasi, karena jumlah subpopulasi individu yang terinfeksi pada waktu t sama dengan 0. Keadaan ini disebut juga titik bebas penyakit (*diseases free equilibrium*). Pemisahan antara judul utama, sub-judul dan sub-subjudul harus diberi nomor dalam naskah, sebagai contoh sebagai berikut:

4.4 Analisis Kestabilan Titik Kesetimbangan

Nilai eigen dapat digunakan untuk mengetahui kestabilan suatu sistem. Nilai eigen sistem (6) dapat diperoleh dari matriks Jacobiannya, maka matriks Jacobian dari sistem (6) adalah :

$$J = \begin{bmatrix} \frac{\partial S}{\partial S} & \frac{\partial S}{\partial I} & \frac{\partial S}{\partial R} \\ \frac{\partial I}{\partial S} & \frac{\partial I}{\partial I} & \frac{\partial I}{\partial R} \\ \frac{\partial R}{\partial S} & \frac{\partial R}{\partial I} & \frac{\partial R}{\partial R} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -rI & -rS & 0 \\ rI & rS - a & 0 \\ 0 & a & 0 \end{bmatrix}$$

Berdasarkan persamaan (4), maka

$$\det \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ \gamma & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} -rI & -rS & 0 \\ rI & rS - a & 0 \\ 0 & a & 0 \end{pmatrix} = 0$$

$$\det \begin{pmatrix} \gamma & 0 & 0 \\ 0 & \gamma & 0 \\ 0 & 0 & \gamma \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} -rI & -rS & 0 \\ rI & rS - a & 0 \\ 0 & a & 0 \end{pmatrix} = 0$$

$$\det \begin{pmatrix} \gamma + rI & rS & 0 \\ -rI & \gamma - rS + a & 0 \\ 0 & -a & \gamma \end{pmatrix} = 0$$

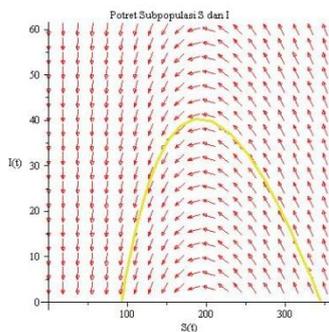
Sehingga dengan mencari nilai determinannya diperoleh nilai eigen sistem (6) yaitu $\gamma_1 = 0$ dan $\gamma_2 = rS - a$. Perhatikan nilai eigen $\gamma_2 = rS - a$ yang memiliki beberapa kondisi yang mungkin, antara lain :

1. $\gamma_2 = rS - a$ akan bernilai positif jika $S > \frac{a}{r}$
2. $\gamma_2 = rS - a$ akan bernilai negatif jika $S < \frac{a}{r}$

Dengan mensubstitusi nilai parameter a , r dan variabel S, maka diperoleh $\gamma_2 = -0,12$. Nilai eigen $\gamma_1 = 0$ menunjukkan arah kestabilan yang netral sepanjang garis sumbu titik kesetimbangan, sedangkan untuk nilai eigen $\gamma_2 = -0,12$ yang bernilai negatif maka semua solusi yang tidak dimulai dari titik tetap ini akan cenderung untuk bergerak menuju garis tersebut. Titik kesetimbangan bebas penyakit (*diseases free equilibrium*) yang diperoleh bersifat semi stabil.

Berikut akan ditampilkan potret fase dari titik kesetimbangan, dimana sebelumnya telah diperoleh bahwa titik kesetimbangan sistem (6) yaitu:

$$E(S, I) = E\left(\frac{a}{r}, 0\right) = E(192, 0)$$



Gambar 2. Potret fase subpopulasi S dan I

Pada gambar 4.2 terdapat beberapa garis merah yang merupakan kemiringan $\frac{dI}{dS}$ dari penyelesaian di setiap titik (S, I) dan bergerak sepanjang titik kesetimbangan (Sumbu S). Berdasarkan gambar 4.2 beberapa kondisi yang terjadi yaitu :

1. Ketika $S > \frac{a}{r}$, maka kemiringan $\frac{dI}{dS}$ akan bergerak menjauhi garis sepanjang titik kesetimbangan. Keadaan seperti ini akan bersifat tidak stabil karena salah satu nilai eigen yang dihasilkan bernilai positif.

2. Ketika $S < \frac{a}{r}$, maka kemiringan $\frac{dI}{dS}$ akan bergerak mendekati garis sepanjang titik kesetimbangan. Keadaan seperti ini akan bersifat stabil karena salah satu nilai eigen yang dihasilkan bernilai negatif, yang berarti bahwa jumlah individu yang rentan dan terinfeksi tidak akan berubah secara signifikan pada daerah stabil tersebut.

4.5 Penentuan Bilangan Reproduksi Dasar (R_0)

Bilangan reproduksi dasar (R_0) dapat dicari dengan menggunakan *next generation matrix*, yang diperoleh dari kelas I pada sistem (6), dapat dituliskan sebagai

$$\dot{I}(t) = \varphi((S, R), I) - \psi((S, R), I)$$

dengan $\varphi = [rSI]$ dan $\psi = [aI]$, maka hasil linearisasi dari φ dan ψ masing-masing adalah $F = [rS]$ dan $V = [a]$, sehingga diperoleh *next generation matrix* berikut

$$K = [rS] \begin{bmatrix} 1 \\ a \end{bmatrix} = \frac{rS}{a}$$

Maka diperoleh untuk nilai (R_0) dari sistem (6) adalah

$$R_0 = \rho(K) = \frac{rS}{a}$$

Di dalam epidemiologi, tingkat penyebaran suatu penyakit dapat menular diukur dengan suatu nilai yang disebut *basic reproduction ratio* (R_0). Agar penyakit tidak menular dan menjadi wabah, maka harus dibuat $R_0 < 1$. Perhatikan $R_0 = \frac{rS}{a}$ yang memiliki beberapa kondisi yang mungkin, antara lain :

1. $R_0 = \frac{rS}{a}$ akan bernilai lebih besar dari 1 ($R_0 > 1$) jika $S > \frac{a}{r}$
2. $R_0 = \frac{rS}{a}$ akan bernilai lebih kecil dari 1 ($R_0 < 1$) jika $S < \frac{a}{r}$

Misalkan dengan menggunakan nilai parameter $r = 0,0019$, $a = 0,1$ ($\frac{a}{r} = 52$) dan $S = 98$ maka diperoleh

$$R_0 = \frac{(0,0019)(98)}{(0,1)} = 1,86$$

Dengan demikian syarat pada poin satu terpenuhi bahwa jika $S > \frac{a}{r}$, akan menghasilkan nilai $R_0 > 1$.

Selanjutnya dengan menggunakan parameter serta variabel dari data tabel 1, diperoleh

$$R_0 = \frac{rS(t)}{a} = \frac{(0,0013)(98)}{(0,25)} = 0,51$$

Sesuai dengan syarat pada poin 2 bahwa $S < \frac{a}{r}$ dan nilai

R_0 yang diperoleh kurang dari 1 ($R_0 < 1$), ini berarti penyakit (dalam hal ini individu yang terindikasi kecanduan *game*) akan menghilang seiring berjalannya waktu. Dengan demikian berdasarkan hasil R_0 yang

diperoleh, untuk membuat $R_0 < 1$ penyebut harus lebih besar dari pembilang. Perlu dilakukan upaya (misalnya dapat berupa sosialisasi akan dampak memainkan *game* secara berlebihan) sehingga diharapkan waktu dalam penggunaan *game* ini dapat berkurang dan membuat laju kesembuhan (a) meningkat. Selain itu laju perpindahan dari populasi S ke I yaitu r juga harus diturunkan agar jumlah populasi yang terinfeksi berkurang dan tidak akan mengakibatkan wabah.

4.6 Interpretasi Model

4.6.1 Interpretasi untuk $R_0 > 1$

Interpretasi model untuk $R_0 > 1$ dapat dilihat pada plot perubahan dari masing-masing subpopulasi S , I dan R . Misalkan diambil nilai parameter serta variabel sebagai berikut :

$$a = 0.1; r = 0,0019$$

$$N = 107$$

$$S(0) = S(\text{April}) = 99$$

$$I(0) = I(\text{April}) = 6$$

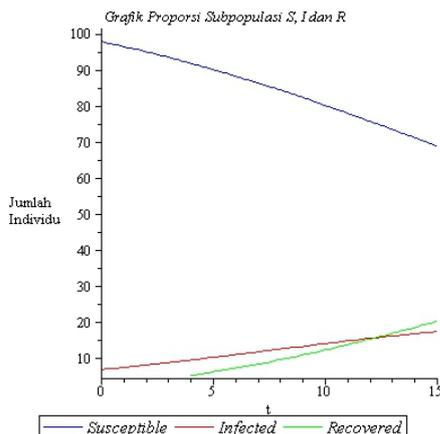
$$R(0) = R(\text{April}) = 2$$

sehingga model pemain/pengguna *mobile games* pada Mahasiswa FMIPA Unsulbar dapat diasumsikan sebagai berikut :

$$\frac{dS}{dt} = -0,0019S(t)I(t);$$

$$\frac{dI}{dt} = 0,0019S(t)I(t) - 0,1I(t);$$

$$\frac{dR}{dt} = 0,1I(t)$$



Gambar 3. Proporsi subpopulasi S, I dan R untuk $R_0 > 1$

Gambar 3 menjelaskan bahwa pada waktu $t \leq 15$, jumlah individu rentan terus berkurang sedangkan jumlah individu terinfeksi terus meningkat seiring berjalannya waktu. Hal ini disebabkan karena individu yang berada dalam subpopulasi rentan telah terinfeksi dan berpindah pada kategori subpopulasi individu terinfeksi, sehingga akan berpotensi menjadi wabah (kondisi ketika $R_0 > 1$).

4.6.2 Interpretasi untuk $R_0 < 1$

Data tabel 1 digunakan pada subbab 4.5 menghasilkan $R_0 < 1$, sehingga data inilah yang akan digunakan untuk menginterpretasikan model matematika. Interpretasi model pada sistem (4.1) dapat dilihat pada plot perubahan dari masing-masing subpopulasi S , I dan R dengan menggunakan nilai parameter serta variabel yang diasumsikan sebagai berikut :

$$a = 0.25; r = 0,0013 \quad I(0) = I(\text{April}) = 6$$

$$N = 107 \quad R(0) = R(\text{April}) = 2$$

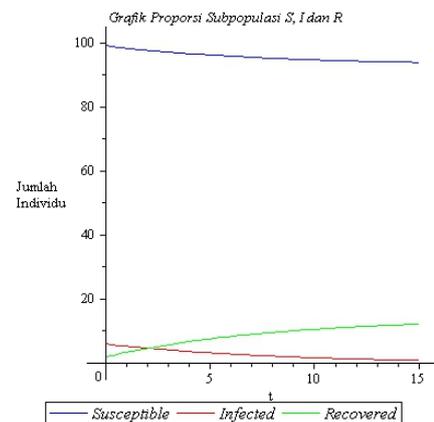
$$S(0) = S(\text{April}) = 99$$

Model pemain/pengguna *mobile games* pada Mahasiswa FMIPA Unsulbar dapat diasumsikan sebagai berikut :

$$\frac{dS}{dt} = -0,0013S(t)I(t);$$

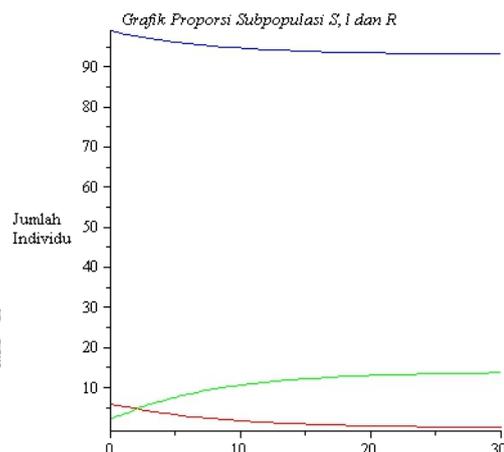
$$\frac{dI}{dt} = 0,0013S(t)I(t) - 0,25I(t);$$

$$\frac{dR}{dt} = 0,25I(t)$$



Gambar 4. Proporsi subpopulasi S, I dan R untuk $0 \leq t \leq 15$

Gambar 4 menjelaskan bahwa pada waktu $t \leq 15$ bulan, jumlah individu rentan dan terinfeksi berkurang sedangkan jumlah individu sembuh terus meningkat seiring berjalannya waktu. Hal ini dikarenakan jumlah individu yang terinfeksi telah sembuh dan berpindah pada kategori subpopulasi sembuh.



Gambar 5. Proporsi subpopulasi S, I dan R untuk $0 \leq t \leq 30$

Gambar 5 menjelaskan bahwa pada saat $t \leq 30$ jumlah individu subpopulasi rentan, terinfeksi dan sembuh tidak mengalami perubahan yang signifikan. Oleh karena itu berdasarkan data yang telah diperoleh, pengguna/pemain *mobile games* pada Mahasiswa FMIPA Unsulbar tidak akan bersifat endemik dan akan berkurang seiring berjalannya waktu.

V. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

1. Hasil model epidemii SIR pengguna/pemain *mobile games* pada Mahasiswa FMIPA Unsulbar diperoleh parameter-parameter sebagai berikut :

$$\frac{dS}{dt} = -0,0013S(t)I(t);$$

$$\frac{dI}{dt} = 0,0013S(t)I(t) - 0,25I(t);$$

$$\frac{dR}{dt} = 0,25I(t)$$

2. Model matematika pada sistem (4.1) menghasilkan satu titik kesetimbangan yaitu $E(S, I) = E(\frac{a}{r}, 0)$ dan

nilai eigen $\gamma_1 = 0$ dan $\gamma_2 = rS - a$. Nilai eigen $\gamma_1 = 0$ menunjukkan arah kestabilan yang netral sepanjang garis sumbu titik kesetimbangan, sedangkan untuk nilai eigen γ_2 diperoleh kondisi bahwa jika $S > \frac{a}{r}$ maka keadaan ini akan bersifat tidak stabil, sedangkan jika $S < \frac{a}{r}$ maka pada keadaan ini

akan bersifat stabil. Dengan mensubstitusii parameter dan variabel pada tabel 1, diperoleh titik kesetimbangan untuk model epidemii SIR pengguna/pemain *mobile games* pada mahasiswa FMIPA Unsulbar yaitu $E(192, 0)$ yang artinya jika populasi mencapai titik kesetimbangan maka tidak akan ada laju perubahan yang terjadi. Nilai eigen yang diperoleh yaitu $\gamma_1 = 0$ dan $\gamma_2 = -0,12$, dimana keadaan ini menunjukkan bahwa titik kesetimbangan yang diperoleh bersifat stabil yang berarti jika populasi mencapai titik kesetimbangan maka infeksi yang terjadi akan hilang secara perlahan sehingga tidak akan terjadi epidemii penyakit pada Mahasiswa FMIPA Unsulbar di masa yang akan datang.

3. Bilangan reproduksi dasar yang diperoleh $R_0 = \frac{rS}{a}$,

memiliki beberapa kondisi antara lain :

- i. $R_0 = \frac{rS}{a}$ akan bernilai lebih besar dari 1 ($R_0 > 1$)

$$\text{jika } S > \frac{a}{r}$$

- ii. $R_0 = \frac{rS}{a}$ akan bernilai lebih kecil dari 1 ($R_0 < 1$)

$$\text{jika } S < \frac{a}{r}$$

sehingga dengan mensubstitusii parameter dan variabel pada tabel 4.1 diperoleh bilangan reproduksi dasar R_0 untuk model epidemii SIR pengguna/pemain *mobile games* pada mahasiswa FMIPA Unsulbar yaitu sebesar 0,51 ($R_0 < 1$), yang menunjukkan bahwa tidak akan terjadi endemik dan seiring berjalannya waktu penyakit akan menghilang.

5.2 Saran

Pada penelitian ini, topik yang dibahas terbilang masih sangat baru sehingga model yang digunakan juga sederhana dan tidak begitu kompleks. Oleh karena itu, dalam penelitian selanjutnya disarankan untuk pengembangan model yang lebih kompleks dan tentunya dengan tambahan asumsi, parameter ataupun variabel. Selain itu, disarankan pula untuk mengambil objek sampel yang lebih luas dan lebih banyak dari sampel pada skripsi ini, agar data yang diperoleh juga lebih beragam.

Game pada dasarnya memiliki sifat menghibur dan juga edukasi. Oleh karena itu, *game* haruslah digunakan dan dimainkan secara bijak serta tidak berlebihan.

VI. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada seluruh civitas akademik FMIPA dan UNSULBAR, terkhusus pada rekan Mahasiswa yang telah membantu sebagai sampel dan juga terima kasih yang setinggi-tingginya kepada dosen pembimbing yang selalu mengiringi dalam menyusun hingga menyelesaikan penelitian ini.

REFERENSI

- [1] Ariesy, D.E., 2018, Pemodelan penyebaran pengguna narkoba, *Jurnal Matematika UNAND*, No.3, Vol.7, 21-26, :<http://jmua.fmipa.unand.ac.id/index.php/jmua/article/download/365/350>.
- [2] Asyabah, Z., Waluya, S.B., Kharis, M., 2018, Pemodelan SIR untuk penyebaran penyakit pertusis dengan vaksinasi pada populasi manusia konstan, *UNNES Journal of Mathematics*, No.1, Vol.7, 96-107, : <https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ujm/article/view/11878>.
- [3] Campbell, S. L., and Haberman, R., 2008, *Introduction to Differential Equations with*

- Dynamical System*, Princeton University Press, New Jersey.
- [4] Driessche and Watmough, 2002, Reproduction numbers and sub threshold endemic equilibria for compartmental models of disease transmission, *Mathematical Biosciences*, Vol. 180, 29–48
- [5] Farlow, S. J., 1994. *An Introduction to Differential Equations and Their Applications*, Mc. Graw-Hill, Inc.
- [6] Haberman, R., 1997, *Mathematical Models An Introduction to Applied Mathematics*, Prentice-Hall, New Jersey.
- [7] Hahn, 1967, *Stability of Motion*, Springer-Verlag, New York.
- [8] Harko, T., Lobo, F.S.N., Mak, M.K., 2014, Exact analytical solutions of the Susceptible-Infected-Recovered (SIR) epidemic model and of the SIR model with equal death and birth rates, *Applied Mathematics and Computation*, https://www.researchgate.net/publication/260679051_Exact_analytical_solutions_of_the_Susceptible-Infected-Recovered_SIR_epidemic_model_and_of_the_SIR_model_with_equal_death_and_birth_rates/link/5b8cc2c54585151fd14479a9/download
- [9] Jaya, E.S., 2018, WHO Tetapkan Kecanduan Game sebagai Gangguan Mental, Bagaimana Gamer Indonesia Bisa Sembuh?, <http://theconversation.com/who-tetapkan-kecanduan-game-sebagai-gangguan-mental-bagaimana-gamer-indonesia-bisa-sembruh-99029>, diakses tgl 20 Februari 2020
- [10] Kocak, H. & J.K. Hole, 1991, *Dynamic and Bifurcation*, Springer – Verlag, New York.
- [11] Murray, J. D., 2002, *Mathematical Biologi An Introduction. Third edition*, Springer-Verlag, New York Berlin Heidelberg.
- [12] Olsder, G. J. & Woude, J.W. van der, 2004, *Mathematical Systems Theory*, Netherland: VVSD.
- [13] Pratama, W., 2014, Game adventure misteri kotak Pandora, *Jurnal Telematika*, No.2, Vol.7, 13-31, : <http://ejournal.amikompurwokerto.ac.id/index.php/telematika/article/view/247>.
- [14] Ross, L., 1984, *Differential Equations*, Ed.3, Springer, New York.
- [15] Tjolleng, A., Komalig, H.A.H., Prang, J.D., 2016, Dinamika perkembangan HIV/AIDS di Sulawesi Utara menggunakan model persamaan diferensial onlinear SIR, *Jurnal Ilmiah Sains*, No.1, Vol.13, 9-14, : <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=9&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKewifyf7c4q7mAhWQ6nMBHQITDSsQFJAie>
- [17] Tridhonanto, A., 2011, *Optimalkan Potensi Anak Dengan Game*, Elex Media Komputindo, Jakarta.
- [18] Wibowo, A. 2017, Ada 4 Jenis dan 11 Genre Game, yang Mana Favorit Kamu?, <https://www.google.com/amp/s/www.pricebook.co.id/article/review/2016/01/26/3593/amp/ada-4-jenis-dan-11-genre-game-yang-mana-favorit-kamu>, diakses tgl 20 Februari 2020.
- [19] Widowati & Sutimin, 2007, *Buku ajar pemodelan matematika*, Semarang: Universitas Diponegoro