

## Model Matematika Jumlah Perokok yang Dipengaruhi Faktor Migrasi dengan Dinamika Akar Kuadrat pada Kondisi *Relapse*

Tria Agus Krisan<sup>#1</sup>, Media Rosha<sup>\*2</sup>

<sup>#</sup>*Student of Mathematics Department Universitas Negeri Padang, Indonesia*

<sup>#</sup>*Lecturer of Mathematics Department Universitas Negeri Padang, Indonesia*

*Jl. Prof. Hamka, Padang, Sumatera Barat, Indonesia 25131*

[triaaguskrisan16@gmail.com](mailto:triaaguskrisan16@gmail.com)

[mediarosha@gmail.com](mailto:mediarosha@gmail.com)

**Abstract**—Smoking is a habit that some people likes, but it causes health, economic, social, and environmental burdens not only for smokers but also for others. This study describes a mathematical model of the number of smokers which is influenced by the distribution factor of smokers using the dynamics of the square root in the relapse condition. The population was divided into three subpopulations, namely potential smokers, light smokers and heavy smokers. Based on the results of model analysis, it was found that one endemic equilibrium point of smokers was stable. Environmental influences make there always interactions between potential smokers and light smokers so that there are always smokers. The smaller the interaction between potential smokers and light smokers, the smaller the number of light smokers and heavy smokers.

**Keywords**—Mathematical Model, Smoker Population, Asymptotically Stable, Equilibrium Point.

**Abstrak**—Merokok termasuk kebiasaan yang disukai oleh sebagian masyarakat, namun merokok menimbulkan beban kesehatan, ekonomi, sosial dan lingkungan bukan saja bagi perokok tetapi juga bagi orang lain. Penelitian ini menjelaskan tentang model matematika jumlah perokok yang dipengaruhi faktor migrasi dengan laju penyebaran perokok menggunakan dinamika akar kuadrat pada kondisi *relapse*. Populasi dibagi menjadi tiga subpopulasi, yaitu perokok potensial, perokok ringan, dan perokok berat. Berdasarkan hasil analisis model diperoleh satu titik ekuilibrium endemik perokok stabil. Pengaruh lingkungan membuat selalu ada interaksi antara perokok potensial dengan perokok ringan sehingga selalu terdapat perokok. Semakin kecil interaksi antara perokok potensial dengan perokok ringan maka semakin kecil pula jumlah perokok ringan, dan perokok berat.

**Kata kunci**—Model Matematika, Populasi Perokok, Stabil Asimtotik, Titik Ekuilibrium.

### PENDAHULUAN

Merokok menyebabkan beban kesehatan, ekonomi, sosial dan lingkungan bukan saja bagi perokok tetapi juga bagi orang lain. Rokok merupakan salah satu hasil tembakau yang dimaksudkan untuk dibakar, dihisap dan dihirup termasuk rokok putih, rokok kretek, cerutu atau bentuk lainnya yang asapnya mengandung nikotin, tar dan karbon monoksida, dengan atau tanpa bahan tambahan [1].

Jumlah perokok kini mencapai 1,2 milyar orang di seluruh dunia dan 800 juta di antaranya berada di negara berkembang. Berdasarkan riset Atlas Tobacco, pada 2016 jumlah perokok mencapai hampir 55 juta orang di Indonesia dan berada dalam tren meningkat. Jumlah ini membuat Organisasi Kesehatan Dunia (WHO)

mengatakan Indonesia sebagai negara ketiga dengan jumlah perokok terbanyak di dunia setelah Cina dan India [2]. Peningkatan konsumsi rokok berdampak pada makin tingginya beban penyakit akibat rokok dan bertambahnya angka kematian akibat rokok. Peningkatan konsumsi rokok juga mengakibatkan udara disekitar lebih panas dari biasanya, hal ini menandakan bahwa udara tercemar karena rokok [3].

Kebiasaan merokok sangat sulit dihilangkan dan jarang diakui sebagai suatu kebiasaan buruk. Berdasarkan laporan WHO pada 2018 menunjukkan bahwa 30,4 persen perokok Indonesia pernah mencoba berhenti, namun hanya 9,5 persen di antaranya yang sukses [4]. Dilihat dari presentase diatas banyak perokok Indonesia yang mencoba berhenti merokok namun hanya sedikit yang berhasil terbebas dan mempertahankan masa bebas

merokok. Perokok yang berhenti merokok akan berpotensi kembali menjadi perokok, yang kebanyakan pada akhirnya akan kembali lagi merokok, dimana kondisi ini disebut dengan *relapse*.

Banyak faktor yang menyebabkan terjadinya kondisi *relapse* pada perokok. Salah satunya adalah karena kecanduan nikotin yang ada dalam tubuh si perokok [5]. Perokok yang berhenti merokok kadar nikotin dalam darahnya akan menurun. Hal ini akan menyebabkan perokok tersebut mengalami *withdrawal symptoms* (gejala putus zat). Perokok yang berhenti merokok sangat rentan untuk merokok kembali. Untuk mencegah terjadinya *withdrawal symptoms* tersebut, umumnya si perokok yang berhenti merokok akan merokok kembali (*relapse*) untuk memperoleh efek kenyamanan dari zat nikotin.

Beberapa peneliti telah mengembangkan model matematika tentang peningkatan jumlah perokok, salah satunya jurnal yang berjudul Model Matematika Jumlah Perokok dengan Dinamika Akar Kuadrat dan Faktor Migrasi [6]. Dimana dalam jurnal tersebut menggunakan dinamika akar kuadrat pada proses penyebaran individu potensial perokok menjadi perokok ringan dan menambahkan faktor migrasi tiap kompartmen.

Berdasarkan penjelasan diatas peneliti tertarik untuk membahas peningkatan jumlah perokok dengan memodelkannya ke dalam model matematika. Dengan mengkonstruksikan kembali model M. Soleh dengan membagi populasi menjadi 3 kelompok, yaitu populasi perokok potensial, populasi perokok ringan, dan populasi perokok berat. Hal ini dikarenakan pada kenyataannya akan sulit bagi seorang perokok benar-benar berhenti dari kebiasaan merokok (berhenti permanen), dan akhirnya merokok kembali (*relapse*).

#### METODE PENELITIAN

Penelitian ini adalah penelitian dasar. Metode yang digunakan peneliti adalah dengan cara studi literatur, yaitu mempelajari buku-buku atau jurnal-jurnal yang berkaitan dengan permasalahan pada model matematika jumlah perokok yang dipengaruhi faktor migrasi dengan dinamika akar kuadrat pada kondisi *relapse*. Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian yaitu:

1. Melihat dan mempelajari permasalahan dari perkembangan jumlah perokok.
2. Menentukan faktor-faktor apa saja yang harus diperhatikan dari perkembangan jumlah perokok.
3. Dari faktor-faktor tersebut dapat kita tentukan asumsi-asumsi, variabel, parameter yang dapat membantu dalam pembentukan model matematika jumlah perokok.
4. Membentuk model matematika jumlah perokok yang dipengaruhi faktor migrasi dengan dinamika akar kuadrat pada kondisi *relapse*.
5. Melakukan analisis terhadap model yang dibentuk dengan menentukan titik kesetimbangan dan kestabilan dari titik kesetimbangan serta melakukan simulasi.

6. Menginterpretasikan hasil analisis dari model matematika tersebut.
7. Membuat kesimpulan.

#### HASIL DAN PEMBAHASAN

##### A. Model Matematika Jumlah Perokok

Berdasarkan langkah-langkah dalam membentuk model matematika, langkah pertama yang dilakukan adalah menyatakan permasalahan pada dunia nyata ke bentuk permasalahan matematika. Langkah ini dilakukan dengan menentukan faktor yang dianggap penting atau sesuai dengan permasalahan. Meliputi identifikasi variabel, parameter dan membentuk hubungan antar variabel dan parameter tersebut.

Variabel yang digunakan untuk membentuk model matematika jumlah perokok yang dipengaruhi faktor migrasi dengan dinamika akar kuadrat pada kondisi *relapse* adalah Kelompok individu perokok potensial ( $P$ ), yaitu individu yang belum pernah merokok dan berpotensi menjadi perokok, ataupun individu yang pernah merokok, yang kembali rentan untuk merokok, Kelompok individu perokok ringan ( $L$ ), yaitu individu yang melakukan kebiasaan atau aktivitas merokok tidak setiap hari ataupun yang merokok setiap hari ( $\leq 10$ btg/hari), Kelompok individu perokok berat ( $S$ ), yaitu individu yang melakukan kebiasaan atau aktivitas merokok setiap hari ( $\geq 10$  btg/hari). Parameter yang digunakan adalah :

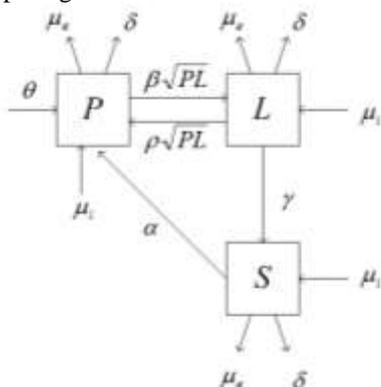
- $\mu_i$  : Laju imigrasi populasi
- $\mu_e$  : Laju emigrasi populasi
- $\delta$  : Laju kematian alami
- $\theta$  : Individu yang berumur  $\geq 10$  tahun
- $\gamma$  : Laju berkurangnya perokok ringan
- $\beta$  : Laju berkurangnya perokok potensial
- $\alpha$  : Laju berhenti merokok pada perokok berat
- $\rho$  : Laju berhenti merokok pada perokok ringan

Langkah selanjutnya menentukan asumsi yang akan digunakan dalam membentuk model matematika jumlah perokok yang dipengaruhi faktor migrasi dengan dinamika akar kuadrat pada kondisi *relapse*. Berdasarkan permasalahan yang diamati, asumsi yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Populasi bersifat terbuka, yaitu dalam populasi terjadi proses migrasi.
2. Recruitment yang masuk pada potensial perokok adalah individu yang berusia  $\geq 10$  tahun.
3. Adanya proses kematian alami dalam populasi jumlah perokok dengan laju kematian konstan.
4. Kematian karena rokok diabaikan, karena ada disetiap kompartmen, dianggap sama dengan kematian alami.
5. Individu yang potensial perokok akan menjadi seorang perokok, disebabkan karena adanya interaksi dengan perokok ringan, sedangkan individu perokok

- ringankan menjadi seorang perokok berat apabila terjadinya interaksi secara intens antara keduanya.
- Selalu terdapat interaksi antara individu perokok potensial dan perokok ringan, yaitu  $\sqrt{PL} \neq 0$  artinya  $P \neq 0$  dan  $L \neq 0$ .
  - Kategori perokok ringan adalah orang yang merokok tidak setiap hari atau merokok setiap hari ( $\leq 10$  btg/hari), sedangkan perokok berat adalah orang yang merokok setiap hari ( $> 10$  btg/hari).
  - Individu yang telah berhenti merokok, baik pada perokok ringan maupun perokok berat tidak memiliki kekebalan permanen untuk tidak merokok, mereka sangat rentan untuk merokok kembali sehingga dapat kembali menjadi individu yang berpotensi menjadi perokok, dan dimungkinkan akan mengalami *relapse*.

Dengan adanya variabel, parameter, dan asumsi yang telah dijelaskan, maka dapat digambarkan diagram model matematika jumlah perokok yang dipengaruhi faktor migrasi dengan dinamika akar kuadrat pada kondisi *relapse*, seperti gambar 1.



Gambar. 1 Bagan Kondisi Kompartemen Diagram Jumlah Perokok

Berdasarkan Gambar 1, maka dapat diformulasikan bentuk model matematika jumlah perokok yang dipengaruhi faktor migrasi dengan dinamika akar kuadrat pada kondisi *relapse* sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \frac{dP}{dt} &= \theta + \alpha S + (\rho - \beta)\sqrt{PL} + (\mu_i - \mu_e - \delta)P \\ \frac{dL}{dt} &= (\beta - \rho)\sqrt{PL} + (\mu_i - \mu_e - \delta - \gamma)L \\ \frac{dS}{dt} &= \gamma L + (\mu_i - \mu_e - \delta - \alpha)S \end{aligned}$$

Untuk mempermudah dalam analisis maka akan dimisalkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} A_1 &= \mu_i - \mu_e - \delta \\ A_2 &= \mu_i - \mu_e - \delta - \gamma \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan persamaan karakteristik sebagai berikut:

$$\lambda^3 + \lambda^2 \left( -A_3 - \frac{3A_2}{2} - \frac{(\rho - \beta)(\beta - \rho)}{2A_2} - A_1 \right) + \lambda \left( \frac{3A_2 A_3}{2} + \frac{(\rho - \beta)(\beta - \rho) A_3}{2A_2} + \frac{(\rho - \beta)(\beta - \rho)}{2} + A_1 A_3 + \frac{3A_1 A_2}{2} \right) + \left( \frac{-(\rho - \beta)(\beta - \rho) A_3}{2} - \frac{3A_1 A_2 A_3}{2} + \frac{(\beta - \rho)^2 \gamma \alpha}{2A_2} \right)$$

$$A_3 = \mu_i - \mu_e - \delta - \alpha$$

Sehingga diperoleh sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \frac{dP}{dt} &= \theta + \alpha S + (\rho - \beta)\sqrt{PL} + A_1 P \\ \frac{dL}{dt} &= (\beta - \rho)\sqrt{PL} + A_2 L \\ \frac{dS}{dt} &= \gamma L + A_3 S \end{aligned}$$

## B. Analisis Model Matematika Jumlah Perokok

Dalam analisis model matematika jumlah perokok yang dipengaruhi faktor migrasi dengan dinamika akar kuadrat pada kondisi *relapse* akan dicari titik tetap, analisis kestabilan dari titik tetap, dan melakukan simulasi dari analisis model matematika tersebut.

### 1. Titik Tetap Endemik Perokok $e_* = (P^*, L^*, S^*)$

Dalam pemodelan matematika jumlah perokok yang dipengaruhi faktor migrasi dengan dinamika akar kuadrat pada kondisi *Relapse* diperoleh satu titik tetap endemik perokok, ini berarti suatu keadaan dalam kelompok individu selalu ada perokok karena adanya interaksi antara perokok potensial dengan perokok ringan. Titik tetap endemik perokok dapat diartikan bahwa terdapat sejumlah individu yang terpengaruh merokok pada populasi. Secara matematis dapat diekspresikan dengan  $P > 0, L > 0$ , dan  $S > 0$ . Sehingga diperoleh titik tetap endemik perokok adalah:

$$\begin{aligned} P^* &= \frac{-\theta((A_2)^2 A_3)}{((A_2)^2 A_3 A_1 - \gamma \alpha (\beta - \rho)^2 + (\beta - \rho)(\rho - \beta) A_3 A_2)} \\ L^* &= \frac{-\theta A_3 (\beta - \rho)^2}{((A_2)^2 A_3 A_1 - \gamma \alpha (\beta - \rho)^2 + (\beta - \rho)(\rho - \beta) A_3 A_2)} \\ S^* &= \frac{\gamma \theta (\beta - \rho)^2}{((A_2)^2 A_3 A_1 - \gamma \alpha (\beta - \rho)^2 + (\beta - \rho)(\rho - \beta) A_3 A_2)} \end{aligned}$$

### 2. Kestabilan Titik Tetap Endemik Perokok

Titik tetap dikatakan stabil jika semua nilai eigen dari matriks *Jacobian* pada titik tetap endemik perokok bernilai negatif. Titik tetap endemik perokok adalah  $e_* = (P^*, L^*, S^*)$ . Matriks *Jacobian* dari titik tetap  $e_*$  adalah:

$$J = \begin{bmatrix} \frac{(\rho - \beta)(\beta - \rho)}{2A_2} + A_1 & \frac{A_2(\rho - \beta)}{2(\beta - \rho)} & \alpha \\ \frac{(\beta - \rho)^2}{2A_2} & \frac{3A_2}{2} & 0 \\ 0 & \gamma & A_3 \end{bmatrix}$$

Persamaan ini dapat dituliskan dalam suatu persamaan karakteristik yang berbentuk  $\lambda$  yaitu:

$$a_0\lambda^3 + a_1\lambda^2 + a_2\lambda + a_3 = 0$$

dengan

$$a_0 = 1$$

$$a_1 = -A_3 - \frac{3A_2}{2} - \frac{(\rho - \beta)(\beta - \rho)}{2A_2} - A_1$$

$$a_2 = \frac{3A_2A_3}{2} + \frac{(\rho - \beta)(\beta - \rho)A_3}{2A_2} + \frac{(\rho - \beta)(\beta - \rho)}{2} + A_1A_3 + \frac{3A_1A_2}{2}$$

$$a_3 = \frac{-(\rho - \beta)(\beta - \rho)A_3}{2} - \frac{3A_1A_2A_3}{2} + \frac{(\beta - \rho)^2\gamma\alpha}{2A_2}$$

Selanjutnya analisis kestabilan dapat dicari dengan menggunakan kriteria *Routh-Hurwitz*. Dengan persamaan karakteristiknya adalah:

$$\lambda^k + a_1\lambda^{k-1} + a_2\lambda^{k-2} + \dots + a_k = 0$$

Untuk  $k = 3$  diperoleh kriteria sebagai berikut:

$$a_1 > 0, \quad a_3 > 0, \quad a_1a_2 > a_3$$

Maka untuk persamaan karakteristik  $a_0\lambda^3 + a_1\lambda^2 + a_2\lambda + a_3 = 0$  dapat diperoleh sebagai berikut:

Asumsikan  $A_1, A_2, A_3$  bernilai negatif, karena  $\mu_i < \mu_e$ .

Maka:

$$a_1 = -A_3 - \frac{3A_2}{2} - \frac{(\rho - \beta)(\beta - \rho)}{2A_2} - A_1 > 0$$

Karena  $-A_3 > 0, -\frac{3A_2}{2} > 0, -\frac{(\rho - \beta)(\beta - \rho)}{2A_2} > 0, \text{ dan } -A_1 > 0$ .

Maka  $a_1 > 0$ .

$$a_3 = \frac{-(\rho - \beta)(\beta - \rho)A_3}{2} - \frac{3A_1A_2A_3}{2} + \frac{(\beta - \rho)^2\gamma\alpha}{2A_2} > 0$$

Karena  $\frac{-(\rho - \beta)(\beta - \rho)A_3}{2} > 0, -\frac{3A_1A_2A_3}{2} > 0, \frac{(\beta - \rho)^2\gamma\alpha}{2A_2} < 0$

$$\frac{(\beta - \rho)^2\gamma\alpha}{2A_2} < \frac{-(\rho - \beta)(\beta - \rho)A_3}{2} - \frac{3A_1A_2A_3}{2}$$

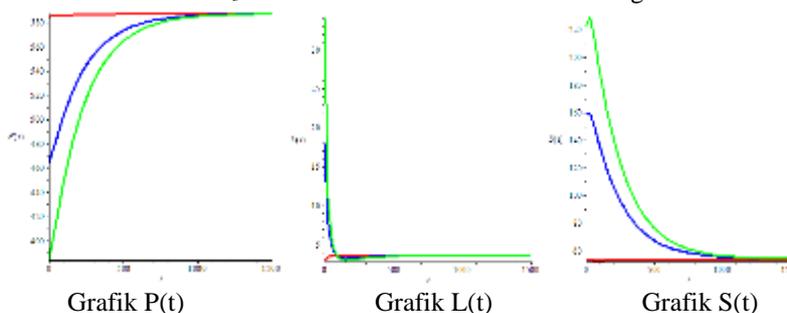
Maka  $a_3 > 0$ .

$$a_1a_2 > a_3$$

Karena  $a_1, a_2$  bernilai positif semua, sedangkan  $a_3$  terdapat nilai negatif.

Maka perkalian  $a_1a_2 > a_3$ .

Dari hasil yang diperoleh bahwa  $a_1 > 0, a_3 > 0$ ,



Gambar. 2 Trayektori Disekitar Titik Endemik Perokok

$a_1a_2 > a_3$ , maka syarat kestabilan *Routh Hurwitz* telah terpenuhi, dimana koefisien bernilai positif dan dengan kata lain nilai eigen dari persamaan karakteristik diatas bernilai negatif atau mempunyai bagian real bernilai negatif. Dapat disimpulkan bahwa titik tetap endemik perokok stabil.

### 3. Simulasi Kestabilan Model Matematika Jumlah Perokok

Simulasi numerik pada model matematika jumlah perokok yang dipengaruhi faktor migrasi dengan dinamika akar kuadrat pada kondisi *relapse* memberikan gambaran yang lebih jelas. Simulasi dilakukan dengan menggunakan software Maple 17 dengan memberikan nilai untuk masing-masing parameter.

#### a. Simulasi model matematika dengan titik tetap endemik perokok

Akan disimulasikan untuk keadaan ada individu yang terpengaruh perilaku merokok sehingga parameter yang digunakan adalah:

TABEL 1  
PARAMETER UNTUK TITIK TETAP ENDEMIK PEROKOK

parameter	Nilai
$\alpha$	0,001
$\beta$	0,006
$\delta$	0,0021
$\gamma$	0,06
$\rho$	0,001
$\theta$	2
$\mu_i$	0,001
$\mu_e$	0,002

Dari nilai parameter di atas dihitung nilai titik tetap endemik perokok yang dipengaruhi faktor migrasi dengan dinamika akar kuadrat pada kondisi *relapse* yaitu  $e_0(585, 3, 54)$ . Dalam simulasi titik tetap endemik perokok yang dipengaruhi faktor migrasi dengan dinamika akar kuadrat pada kondisi *relapse* digunakan tiga nilai awal sebagai berikut:

$$P(0) = 585, L(0) = 3, S(0) = 54,$$

$$P(0) = 465, L(0) = 18, S(0) = 159$$

$$P(0) = 385, L(0) = 34, S(0) = 223$$

Berdasarkan nilai parameter dan nilai awal di atas diperoleh grafik dari masing-masing kelompok terhadap waktu  $t$  adalah sebagai berikut:

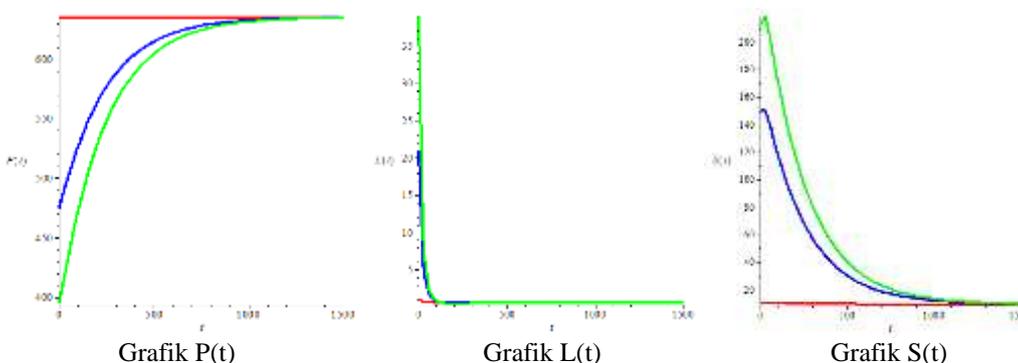
Berdasarkan gambar 2 kurva merah mewakili titik tetap endemik perokok yang dipengaruhi faktor migrasi dengan dinamika akar kuadrat pada kondisi *relapse*, sedangkan kurva biru, dan hijau adalah kurva dengan nilai awal yang berbeda. Arah gerak dari kurva biru dan hijau terhadap kurva merah inilah yang nanti akan menentukan stabil atau tidaknya pada titik tetap perokok yang dipengaruhi faktor migrasi dengan dinamika akar kuadrat pada kondisi *relapse*. Kemudian dapat diperhatikan bahwa titik tetap  $e_* = (P^*, L^*, S^*)$  merupakan titik tetap yang stabil karena trayektori (kurva biru dan hijau) dari masing-masing grafik bergerak mendekati titik tetap endemik yang ditunjukkan oleh kurva merah.

b. *Simulasi model matematika dengan titik tetap endemik perokok mengubah parameter  $\beta$  menjadi  $\beta = 0,003$*

Akan disimulasikan untuk keadaan ada individu yang terpengaruh perilaku merokok dengan menggunakan tabel 1 tapi mengubah nilai parameter  $\beta$  menjadi  $\beta = 0,003$  sehingga diperoleh nilai titik tetap endemik perokok yaitu  $e_0(635, 1, 10)$ . Dalam simulasi titik tetap endemik perokok yang dipengaruhi faktor migrasi dengan dinamika akar kuadrat pada kondisi *relapse* digunakan tiga nilai awal sebagai berikut:

- $P(0) = 635, L(0) = 1, S(0) = 10$
- $P(0) = 475, L(0) = 21, S(0) = 150$
- $P(0) = 395, L(0) = 39, S(0) = 212$

Berdasarkan nilai parameter dan nilai awal di atas diperoleh grafik dari masing-masing kelompok terhadap waktu adalah:



Gambar. 3 Trayektori Disekitar Titik Endemik Perokok Dengan  $\beta = 0,003$

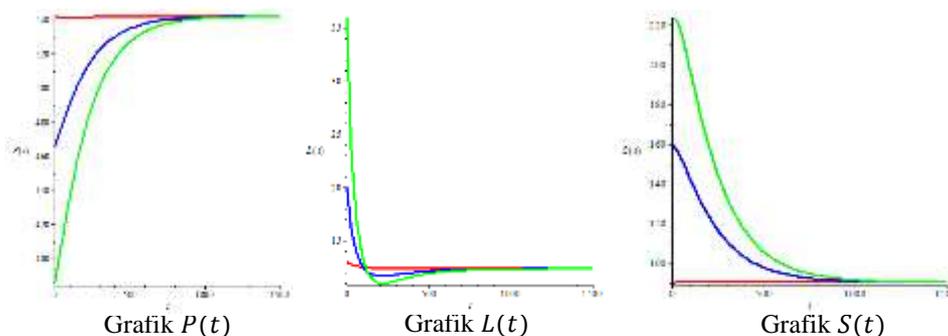
Berdasarkan gambar 3 kurva merah mewakili titik tetap endemik perokok yang dipengaruhi faktor migrasi dengan dinamika akar kuadrat pada kondisi *relapse*, sedangkan kurva biru, dan hijau adalah kurva dengan nilai awal yang berbeda. Perhatikan bahwa titik tetap  $e_* = (P^*, L^*, S^*)$  merupakan titik tetap yang stabil asimtotik karena trayektori (kurva biru dan hijau) dari masing-masing grafik bergerak mendekati titik tetap endemik yang ditunjukkan oleh kurva merah.

Akan disimulasikan untuk keadaan ada individu yang terpengaruh perilaku merokok dengan menggunakan tabel 1 tapi mengubah nilai parameter  $\gamma$  menjadi  $\gamma = 0,03$  sehingga diperoleh nilai titik tetap endemik perokok yaitu  $e_0(542, 13, 90)$ . Dalam simulasi titik tetap endemik perokok yang dipengaruhi faktor migrasi dengan dinamika akar kuadrat pada kondisi *relapse* digunakan tiga nilai awal sebagai berikut:

- $P(0) = 542, L(0) = 13, S(0) = 90$
- $P(0) = 465, L(0) = 20, S(0) = 160$
- $P(0) = 385, L(0) = 36, S(0) = 224$

c. *Simulasi model matematika dengan titik tetap endemik perokok mengubah parameter  $\gamma$  menjadi  $\gamma = 0,03$*

Berdasarkan nilai parameter dan nilai awal di atas diperoleh grafik dari masing-masing kelompok terhadap waktu  $t$  adalah:



Gambar. 4 Trayektori Disekitar Titik Endemik Perokok Dengan  $\beta = 0,004$

Berdasarkan gambar 4 kurva merah mewakili titik tetap endemik perokok yang dipengaruhi faktor migrasi dengan dinamika akar kuadrat pada kondisi *relapse*, sedangkan kurva biru, dan hijau adalah kurva dengan nilai awal yang berbeda. Perhatikan bahwa titik tetap  $e_* = (P^*, L^*, S^*)$  merupakan titik tetap yang stabil asimtotik karena trayektori (kurva biru dan hijau) dari masing-masing grafik bergerak mendekati titik tetap endemik yang ditunjukkan oleh kurva merah. Titik tetap  $e_* = (P^*, L^*, S^*)$  yang stabil. Terlihat bahwa semakin kecil nilai parameter  $\gamma$  maka semakin besar jumlah perokok, hal ini berarti semakin kecil laju berkurangnya perokok ringan maka semakin meningkat jumlah perokok. Baik perokok ringan maupun perokok berat.

### C. Interpretasi Model Matematika Jumlah Perokok

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa selalu adanya interaksi antara perokok potensial dengan perokok ringan dapat mempengaruhi jumlah perokok ringan dan perokok berat. Semakin tinggi laju berkurangnya perokok potensial maka semakin tinggi pula jumlah perokok ringan dan perokok berat. Hal ini merupakan salah satu yang membuat jumlah perokok semakin bertambah, karena interaksi antara perokok potensial dan perokok ringan sulit dihilangkan, maka dengan mengurangi interaksi antara perokok potensial dengan perokok ringan dapat memperkecil jumlah individu perokok ringan maupun jumlah individu perokok berat.

Selain selalu adanya interaksi antara perokok potensial dengan perokok ringan, faktor yang membuat jumlah perokok mengalami peningkatan adalah karena laju berkurangnya perokok ringan hal ini membuat jumlah populasi pada perokok meningkat, terlihat pada simulasi ketika nilai  $\gamma$  diubah menjadi lebih kecil maka nilai pada perokok bertambah. Hal ini berarti semakin banyak laju berkurangnya perokok ringan maka semakin kecil jumlah

populasi perokok. Dan faktor lain yang membuat jumlah perokok meningkat karena adanya imigrasi pada setiap populasi.

### SIMPULAN

Dari pembahasan yang telah dilakukan, maka diperoleh model matematika jumlah perokok yang dipengaruhi faktor migrasi dengan dinamika akar kuadrat pada kondisi *relapse* yang berbentuk sistem persamaan diferensial. Terdapat satu titik tetap endemik perokok. Berdasarkan simulasi dapat dilihat selalu adanya interaksi antara orang yang berpotensi untuk merokok dengan perokok ringan dan seorang yang telah berhenti merokok berpotensi kembali untuk merokok sehingga kembali menjadi perokok (*relapse*) menyebabkan individu tidak akan pernah hilang atau dengan kata lain individu perokok akan selalu ada dalam populasi. Mengurangi interaksi antara perokok potensial dengan perokok ringan dapat memperkecil jumlah individu perokok ringan maupun jumlah individu perokok berat.

### REFERENSI

- [1] Anwar, Andi Awaliya, dkk. 2019. *Kawasan Tanpa Rokok Di Fasilitas Umum*. Ponorogo: Uwais Inspirasi Indonesia.
- [2] Infodatin. 2015. *Perilaku Merokok Masyarakat Indonesia*. Kementerian Republik Indonesia. Diakses online 28 Oktober 2019. <https://www.kemkes.go.id/download.php?file=download/pusdatin/infodatin/infodatin-hari-tanpa-tembakau-sedunia.pdf>
- [3] Wahyuni, Esti, M. Subhan, & Media Rosha. 2018. *Model Matematika Penanggulangan Pencemaran Udara dengan Penanaman Pohon*. UNP Journal of Mathematics, vol 1.
- [4] Fernandez, Noviarizal. 2019. *Ternyata Hanya 9,5 Persen Perokok yang Sukses Berhenti Merokok*. Diakses online 3 Juni 2020. <https://lifestyle.bisnis.com/read/20190318/220/901266/ternyata-hanya-95-persen-perokok-yang-sukses-berhenti-merokok>
- [5] Aswan. 2018. *Pembatasan Dinamika Merokok dengan Menggunakan Pendekatan Model Matematika*. Skripsi. Fakultas Sains dan Teknologi, Matematika, UIN Alauddin Makassar.
- [6] Soleh, Mohammad & Delli Sazmita. 2017. *Model Matematika Jumlah Perokok dengan Dinamika Akar Kuadrat dan Faktor Migrasi*. UIN Sultan Syarif Kasim Riau.