

Model Matematika Jumlah Perokok dengan *Nonlinear Incidence Rate* dan Penerapan Denda

Mohammad Soleh¹, Ifnur Haniva²

^{1,2} Jurusan Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. HR. Soebrantas No. 155 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru, 28293
email: ¹msoleh1975@yahoo.co.id, ²ifnurhaniva_iva@yahoo.com,

Abstrak

Pada makalah ini dijelaskan tentang model matematika jumlah perokok dengan laju penyebaran perokok menggunakan *nonlinear incidence rate* dan penerapan denda. Model ini membagi populasi menjadi empat subpopulasi, yaitu perokok potensial, perokok kadang-kadang, perokok berat, dan mantan perokok. Dengan menggunakan efektifitas denda tertentu, dipelajari dinamika jumlah masing-masing subpopulasi dari waktu ke waktu. Selanjutnya dengan menganalisis model yang berbentuk sistem persamaan diferensial diselidiki keberadaan titik ekuilibrium bebas perokok dan titik ekuilibrium endemik perokok. Berdasarkan perhitungan diketahui terdapat tepat satu titik ekuilibrium bebas perokok dan satu titik endemik perokok. Jika syarat terpenuhi, maka titik ekuilibrium bebas perokok atau endemik perokok akan stabil asimtotik.

Kata kunci: model matematika jumlah perokok, stabil asimtotik, titik ekuilibrium

Abstract

In this paper discusses about the mathematical model the number of smokers with *nonlinear incidence rate* and the application of fines. This model divides the population into four subpopulations, potential smokers, occasional smokers, heavy smokers and quit smokers. The results obtained from the analysis of models, there is one free smokers equilibrium state and the one smokers endemic equilibrium state. If the condition are complete, then a free smokers equilibrium state is asymptotically stable and a endemic equilibrium state is asymptotically stable.

Keywords: asymptotically stable, equilibrium state, mathematical model the number of smokers

1. Pendahuluan

Perilaku merokok diberbagai lapisan masyarakat Indonesia sangat tinggi, terutama pada laki-laki mulai dari anak-anak, remaja hingga dewasa. Hal ini sangat mengkhawatirkan, karena kecendrungan merokok terus meningkat dari tahun ke tahun. Berdasarkan hasil analisis Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) tahun 2007 ataupun 2013 dan BPS (Badan Pusat Statistika) tahun 2013 menunjukkan bahwa terjadinya peningkatan jumlah masyarakat Indonesia yang merokok tiap hari dari tahun 2007 ke tahun 2013 (23,7% - 24,3%). Peningkatan konsumsi rokok berdampak pada semakin tingginya masalah kesehatan dan menyebabkan bertambahnya angka kematian akibat rokok.

Pemecahan masalah-masalah yang ada pada jumlah perokok ini, salah satunya dapat di kontrol dan diminimalisir dengan merumuskan strategi model matematika. Beberapa peneliti telah banyak melakukan pengembangan model matematika tentang peningkatan jumlah perokok ini, diantaranya : A. Zeb, G. Zaman, dan S. Momani (2013) yang dalam jurnalnya berjudul "*Square-root Dynamics of Giving up Smoking Model, Applied Mathematical Modelling*". Begitu juga dengan M.V. Anggraini, dkk. (2013) dalam jurnalnya yang berjudul "*Analisis Model Matematika Jumlah Perokok dengan Dinamika Akar Kuadrat*" di mana dalam jurnal tersebut Anggraini melakukan pengembangan model matematika Zeb dkk, pengembangan dilakukan pada bentuk alur model. Kemudian A. Zeb, F. Bibi, G. Zaman (2015) pada jurnalnya yang berjudul "*Optimal Control Strategies in Square-root Dynamics of Smoking Model*". Selanjutnya, Fitri Yessi Jami, dkk (2013) pada jurnalnya yang berjudul "*Model Matematika Pencegahan Pertambahan Jumlah Perokok dengan Penerapan Denda*".

Ketiga penelitian di atas (Zeb dkk, Anggraini, dkk. dan Bibi, dkk) menggunakan dinamika akar kuadrat pada proses penyebaran individu potensial perokok menjadi individu

perokok kadang-kadang. Sedangkan pada penelitian Fitri Yessi Jami, dkk menggunakan proses penyebaran bilinear pada individu potensial perokok menjadi perokok. Proses penyebaran dari suatu kejadian tidak hanya penyebaran bilinear ataupun dinamika akar kuadrat, ada juga *Nonlinear Incidence Rate* dan lain sebagainya. Berdasarkan latar belakang di atas penulis tertarik untuk mengkaji ulang model matematika jumlah perokok pada jurnal Zeb, dkk, namun dengan *Nonlinear Incidence Rate* serta adanya penerapan denda kepada individu yang perokok.

2. Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang digunakan penulis pada tugas akhir ini adalah dengan cara studi literatur, yaitu mempelajari buku-buku atau jurnal-jurnal yang berkaitan dengan pokok permasalahan pada pemodelan matematika, yaitu:

a. Membuat asumsi-asumsi dan parameter-parameter yang digunakan pada model matematika jumlah perokok dengan *nonlinear incidence rate dan penerapan denda*.

b. Diberikan model Zeb, dkk sebagai berikut :

$$\frac{dP}{dt} = \lambda - \beta_1 \sqrt{PL} - (c + \mu) P \quad (1.a)$$

$$\frac{dL}{dt} = \beta_1 \sqrt{PL} - (c + \mu + \gamma) L \quad (1.b)$$

$$\frac{dS}{dt} = \gamma L - (c + \mu + \delta_1) S \quad (1.c)$$

$$\frac{dQ}{dt} = \delta_1 S - (c + \mu) Q \quad (1.d)$$

c. Dari Model Zeb, dkk di atas maka parameter λ akan diganti menjadi b dan parameter $\beta\sqrt{PL}$ akan diganti dengan parameter $\frac{\beta PL}{1+\alpha L}$ pada proses interaksi subpopulasi perokok potensial dengan subpopulasi perokok kadang-kadang.

d. Menyelesaikan sistem persamaan diferensial

e. Menentukan titik ekuilibrium dari model yang dibuat, terdapat titik ekuilibrium bebas perokok dan endemik perokok

f. Menganalisa kestabilan dari titik ekuilibrium yang telah didapat dengan melakukan linearisasi dan menentukan *Matriks Jacobian*, serta menentukan kestabilan menggunakan kriteria Routh-Hurwitz.

g. Membuat simulasi numerik menggunakan *software Maple*.

3. Pembahasan dan Hasil

Model Matematika Jumlah Perokok

Model matematika jumlah perokok dengan *nonlinear incidence rate* dan penerapan denda ini membutuhkan beberapa asumsi yang sesuai dan berhubungan dengan model yang akan diperoleh. Adapun asumsi-asumsi yang digunakan pada model matematika ini adalah sebagai berikut:

a. Populasi bersifat tertutup, pada populasi tidak terjadi proses migrasi sehingga perubahan jumlah populasi hanya disebabkan oleh kelahiran dan kematian.

b. Individu yang masuk ke populasi adalah individu yang berusia ≥ 10 tahun.

c. Individu yang potensial perokok akan menjadi seorang perokok, disebabkan karena adanya interaksi dengan perokok kadang-kadang dan individu akan berhenti merokok jika sebelumnya individu tersebut merupakan perokok berat.

d. Jumlah rokok yang dikonsumsi setiap hari oleh perokok kadang-kadang (1-10 batang/hari) dan perokok berat (>10 batang/hari) tidak dipertimbangkan.

e. Individu yang sudah berhenti merokok tidak akan merokok lagi, karena adanya kesadaran diri oleh individu akan bahaya rokok.

f. Kematian yang disebabkan karena merokok akan terjadi pada perokok aktif maupun perokok pasif.

g. Penularan kebiasaan individu menjadi merokok terjadi karena adanya interaksi antara kelompok perokok potensial dengan perokok kadang-kadang.

h. Efektifitas denda yang diberikan bernilai konstan.

Berdasarkan asumsi-asumsi di atas, maka dapat didefinisikan parameter-parameter yang digunakan pada model matematika jumlah perokok ini adalah sebagai berikut:

Berdasarkan asumsi-asumsi, variabel dan parameter di atas tentang penyebaran jumlah perokok dengan *nonlinear incidence rate* dan penerapan denda pada individu perokok, maka diperoleh model matematika untuk jumlah perokok dengan *nonlinear incidence rate* dan penerapan denda sebagai berikut:

$$\frac{dP}{dt} = b - \frac{\beta PL}{1+\alpha L} (1-h) - (\mu + d)P \quad (2.a)$$

$$\frac{dL}{dt} = \frac{\beta PL}{1+\alpha L} (1-h) - \gamma L (1-h) - (\mu + d)L \quad (2.b)$$

$$\frac{dS}{dt} = \gamma L (1-h) - \delta S (1+h) - (\mu + d)S \quad (2.c)$$

$$\frac{dQ}{dt} = \delta S (1+h) - (\mu + d)Q \quad (2.d)$$

dengan $N = P + L + S + Q$ merupakan jumlah populasi keseluruhan.

Titik Ekuilibrium

Titik ekuilibrium dari Sistem (2) di atas diperoleh dengan menjadikan ruas kanan masing-masing persamaan sama dengan nol, atau $\frac{dP}{dt} = 0, \frac{dL}{dt} = 0, \frac{dS}{dt} = 0, \frac{dQ}{dt} = 0$. Terdapat 2 titik ekuilibrium pada Sistem (2) yang ditentukan dalam dua keadaan, yaitu titik ekuilibrium bebas perokok dan titik ekuilibrium endemik perokok.

Titik Ekuilibrium Bebas Perokok

Dari analisis model diperoleh titik ekuilibrium bebas perokok adalah:

$$(\hat{P}, \hat{L}, \hat{S}, \hat{Q}) = \left(\frac{b}{(\mu+d)}, 0, 0, 0 \right).$$

Titik Ekuilibrium Endemik Perokok

Dari analisis model diperoleh titik ekuilibrium endemik perokok dengan masing-masing P^*, L^*, S^*, Q^* sebagai berikut:

$$P^* = \frac{[(\gamma(1-h)+(\mu+d))(\beta(1-h)+\alpha(\mu+d))] + [\alpha b \beta(1-h) - (\alpha(\mu+d)(\gamma(1-h)+(\mu+d)))]}{\beta(1-h)(\beta(1-h)+\alpha(\mu+d))}$$

$$L^* = \frac{b\beta(1-h) - (\mu+d)[\gamma(1-h)+(\mu+d)]}{\beta(1-h)(\gamma(1-h)+(\mu+d)) + \alpha(\mu+d)[\gamma(1-h)+(\mu+d)]}$$

$$S^* = \frac{\gamma(1-h)(b\beta(1-h) - (\mu+d)[\gamma(1-h)+(\mu+d)])}{(\delta(1+h)+(\mu+d))(\beta(1-h)(\gamma(1-h)+(\mu+d)) + \alpha(\mu+d)[\gamma(1-h)+(\mu+d)])}$$

$$Q^* = \frac{\gamma\delta(1+h)(1-h)(b\beta(1-h) - (\mu+d)[\gamma(1-h)+(\mu+d)])}{(\mu+d)(\delta(1+h)+(\mu+d))(\beta(1-h)(\gamma(1-h)+(\mu+d)) + \alpha(\mu+d)[\gamma(1-h)+(\mu+d)])}$$

Kestabilan Titik Ekuilibrium

Setelah mendapatkan titik ekuilibrium, selanjutnya akan dianalisa kestabilan dari titik ekuilibrium bebas perokok dan endemik perokok. Kestabilan titik ekuilibrium Sistem (2) dapat didekati dengan melakukan linearisasi menggunakan matrik Jacobian, dimana masing-masing fungsi diturunkan secara parsial terhadap variabel pada fungsi tersebut, sehingga diperoleh matrik Jacobian dari Sistem (2), yaitu:

$$J = \begin{bmatrix} -\frac{\beta L}{1+\alpha L} (1-h) - (\mu + d) & -\frac{\beta P}{(1+\alpha L)^2} (1-h) & 0 & 0 \\ \frac{\beta L}{1+\alpha L} (1-h) & \left(\frac{\beta P}{(1+\alpha L)^2} - \gamma \right) (1-h) - (\mu + d) & 0 & 0 \\ 0 & \gamma(1-h) & -\delta(1+h) - (\mu + d) & 0 \\ 0 & 0 & \delta(1+h) & -(\mu + d) \end{bmatrix} \quad (3)$$

Kestabilan Titik Ekuilibrium Bebas Perokok

Teorema 1: Jika $\frac{\beta b}{\gamma(\mu+d)} < 1$, maka titik ekuilibrium bebas perokok stabil asimtotik lokal.

Bukti:

Kestabilan titik ekuilibrium bebas perokok dapat diselidiki dengan cara mensubstitusikan titik ekuilibrium bebas perokok $(\hat{P}, \hat{L}, \hat{S}, \hat{Q}) = \left(\frac{b}{(\mu+d)}, 0, 0, 0 \right)$ ke dalam matriks Jacobian (3), sehingga diperoleh persamaan karakteristiknya, yaitu:

$$(-(\mu + d) - \lambda) \left(\left(\frac{\beta b}{(\mu+d)} - \gamma \right) (1-h) - (\mu + d) - \lambda \right) (-\delta(1+h) - (\mu + d) - \lambda) (-\mu + d - \lambda) = 0$$

0

maka:

$$\lambda_1 = -(\mu + d_1)$$

$$\begin{aligned}\lambda_2 &= -(\mu + d_1) \\ \lambda_3 &= \left(\frac{\beta b}{(\mu + d)} - \gamma \right) (1 - h) - (\mu + d) \\ \lambda_4 &= -\delta (1 + h) - (\mu + d)\end{aligned}$$

Diketahui nilai eigen λ_1, λ_2 , dan λ_4 adalah bernilai negatif, kemudian akan ditunjukkan bahwa $\lambda_3 < 0$.

Pandang

$$\lambda_3 = \frac{\beta b}{(\mu + d)} (1 - h) - \gamma (1 - h) - (\mu + d),$$

diketahui bahwa $\mu + d > 0$, $1 - h > 0$, dan

$$\begin{aligned}\frac{\beta b}{(\mu + d)} (1 - h) - \gamma (1 - h) \\ = \left(\frac{\beta b}{(\mu + d)} - \gamma \right) (1 - h)\end{aligned}$$

Berdasarkan Teorema 4.1 bahwa

$$\frac{\beta b}{\gamma(\mu + d)} < 1 \text{ atau } \beta b < \gamma(\mu + d)$$

dengan demikian, diperoleh

$$\frac{\beta b}{(\mu + d)} - \gamma < 0$$

Jadi, terbukti bahwa

$$\frac{\beta b}{(\mu + d)} (1 - h) - \gamma (1 - h) - (\mu + d) < 0. \blacksquare$$

Sehingga, karena $\lambda_i < 0$ untuk $i = 1, 2, 3, 4$, maka dapat disimpulkan titik ekuilibrium untuk bebas perokok adalah stabil asimtotik lokal yang berarti untuk jangka waktu yang lama populasi akan terbebas dari perokok.

Kestabilan Titik Ekuilibrium Endemik Perokok

Teorema 2 : Jika $\gamma + \frac{\beta L^*}{1 + \alpha L^*} > \frac{\beta P^*}{(1 + \alpha L^*)^2}$ maka titik ekuilibrium endemik perokok stabil asimtotik lokal.

Bukti:

Kestabilan titik ekuilibrium endemik perokok dapat dilihat dengan cara mensubstitusikan titik ekuilibrium endemik perokok (P^*, L^*, S^*, Q^*) ke dalam matriks Jacobian (3), sehingga diperoleh persamaan karakteristiknya yaitu:

$$\begin{aligned} & ((-\delta (1 + h) - (\mu + d) - \lambda)(-\mu + d) - \lambda) \\ & \left[\begin{array}{c} \lambda^2 + \lambda \left(\frac{\beta L^*}{1 + \alpha L^*} (1 - h) + 2(\mu + d) - \frac{\beta P^*}{(1 + \alpha L^*)^2} (1 - h) + \gamma (1 - h) \right) \\ + \left(\frac{\gamma \beta L^*}{1 + \alpha L^*} (1 - h)^2 + \frac{\beta L^*}{1 + \alpha L^*} (1 - h)(\mu + d) - \frac{\beta P^*}{(1 + \alpha L^*)^2} (1 - h)(\mu + d) + \gamma (1 - h)(\mu + d) + (\mu + d)^2 \right) \end{array} \right] = 0 \\ \Leftrightarrow & ((-\delta (1 + h) - (\mu + d) - \lambda)(-\mu + d) - \lambda) \\ & [\lambda^2 + a_1 \lambda + a_2] = 0 \\ \Leftrightarrow & ((-\delta (1 + h) - (\mu + d) - \lambda)(-\mu + d) - \lambda) \\ & r(\lambda) = 0\end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan karakteristik di atas diperoleh nilai untuk λ_1 dan λ_2 , yaitu $\lambda_1 = -\delta (1 + h) - (\mu + d)$ dan $\lambda_2 = -(\mu + d)$ yang mempunyai nilai eigen bernilai negatif. Sedangkan nilai-nilai eigen yang lainnya terdapat pada polinomial $r(\lambda)$. Nilai-nilai eigen yang terdapat pada polinomial $r(\lambda)$ akan bernilai negatif apabila $a_1 > 0$ dan $a_2 > 0$ sesuai kriteria Routh Hurwitz.

Setelah a_1 dan a_2 dianalisa sesuai kriteria Routh-Hurwitz, diperoleh bahwa berdasarkan Teorema (2) $\gamma + \frac{\beta L^*}{1 + \alpha L^*} > \frac{\beta P^*}{(1 + \alpha L^*)^2}$, maka terbukti $a_1 > 0$ dan $a_2 > 0$. \blacksquare

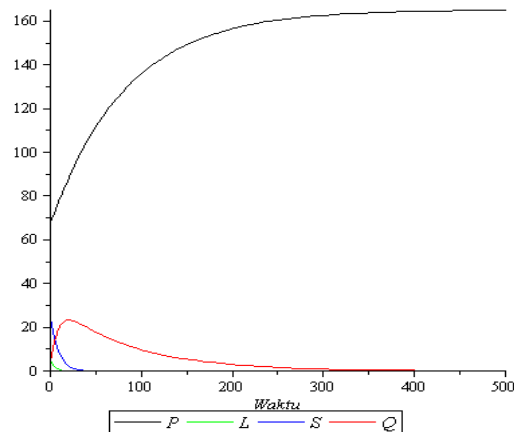
Berdasarkan hasil yang diperoleh terbukti $a_0 > 0, a_1 > 0, \text{ dan } a_2 > 0$, dengan demikian $\lambda_i < 0, i = 1,2,3,4,5$ bernilai negatif, maka dapat disimpulkan titik ekuilibrium endemik perokok adalah stabil asimtotik lokal, yang berarti dalam jangka waktu yang cukup lama populasi tersebut selalu terjadi endemik penyebaran perokok.

4. Simulasi

Simulasi Titik Ekuilibrium Bebas Perokok

Pada simulasi titik ekuilibrium bebas perokok model matematika jumlah perokok dengan *nonlinear incidence rate* dan penerapan denda ini digunakan nilai parameter, yaitu sebagai berikut:

Parameter	Nilai	Sumber
b	2	M.V. Anggraini, dkk (2013)
β	0.0005	Asumsi
μ	0.0021	M.V. Anggraini, dkk (2013)
d	0.01	M.V. Anggraini, dkk (2013)
γ	0.3	Asumsi
δ	0.1	Asumsi
h	0.25	F.Y. Jami (2013)
α	0.01	Asumsi



Gambar 1. Simulasi Titik Ekuilibrium Bebas Perokok

Berdasarkan Gambar 1 jumlah subpopulasi perokok potensial mengalami peningkatan karena adanya penambahan dari individu yang berumur ≥ 10 tahun ke dalam subpopulasi perokok potensial. Subpopulasi perokok kadang-kadang mengalami penurunan menuju angka 0, dikarenakan individu mengalami kematian secara alami ataupun kematian yang disebabkan oleh rokok, selain itu penurunan pada subpopulasi perokok kadang-kadang juga dikarenakan oleh laju perubahan individu perokok kadang-kadang menjadi perokok berat, serta adanya sanksi denda yang diberikan sehingga perokok kadang-kadang memilih untuk berhenti merokok.

Kemudian, subpopulasi perokok berat juga mengalami penurunan menuju angka 0, karena berangsur-angsur perokok berat juga mengalami kematian secara alami dan kematian yang disebabkan oleh rokok, adanya sanksi denda juga membuat laju perubahan individu perokok berat menjadi individu yang berhenti dari kebiasaan merokok. Sedangkan, untuk subpopulasi mantan perokok atau individu yang telah berhenti merokok mengalami kenaikan sampai $t = 20$ karena adanya penambahan individu dari perokok berat yang memilih untuk berhenti dari merokok dan dengan adanya sanksi denda terhadap individu perokok sehingga individu perokok memilih untuk berhenti dari merokok, setelah itu mengalami penurunan menuju 0 karena berangsur-angsur akan mengalami kematian secara alami dan kematian yang disebabkan oleh rokok. Ini berarti, untuk jangka waktu tertentu individu perokok akan berkurang dan menghilang dalam populasi.

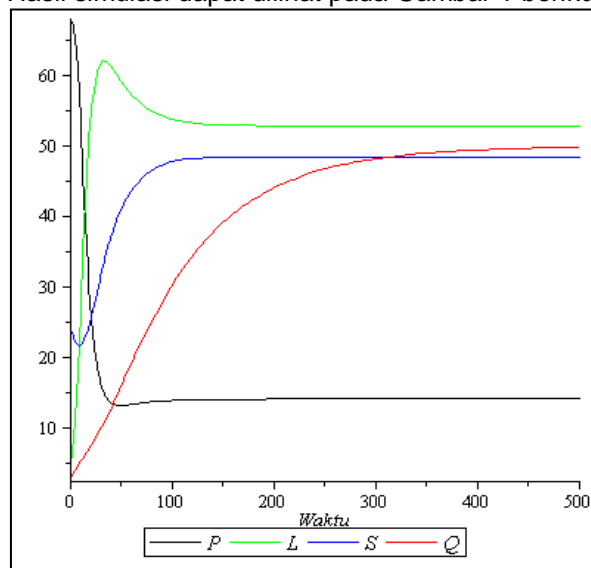
Simulasi Titik Ekuilibrium Endemik Perokok

Pada simulasi titik ekuilibrium endemik perokok model matematika model matematika jumlah perokok dengan *nonlinear incidence rate* dan penerapan denda ini digunakan nilai parameter, yaitu sebagai berikut:

Parameter	Nilai	Sumber
B	2	M.V. Anggraini, dkk (2013)
β	0.005	Asumsi
μ	0.0021	M.V. Anggraini,

		dkk (2013)
d	0.01	M.V. Anggraini, dkk (2013)
γ	0.03	M.V. Anggraini, dkk (2013)
δ	0.01	M.V. Anggraini, dkk (2013)
h	0.25	F.Y. Jami (2013)
α	0.01	Asumsi

Hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 1 berikut:



Gambar 2. Simulasi Titik Ekuilibrium Endemik Perokok

Berdasarkan Gambar 2 jumlah subpopulasi perokok potensial mengalami penurunan karena adanya kontak antara individu perokok potensial dengan individu perokok kadang-kadang sehingga individu perokok potensial menjadi individu perokok kadang-kadang. Selain itu, terjadinya kematian yang disebabkan secara alami ataupun karena rokok membuat subpopulasi perokok potensial juga menurun hingga $t = 40$ yang kemudian mengalami perubahan kenaikan mencapai titik ekuilibrium endemik perokok.

Sedangkan subpopulasi perokok kadang-kadang mengalami kenaikan sampai $t = 30$ karena adanya individu perokok potensial yang telah menjadi perokok kadang-kadang, setelah itu mengalami penurunan disebabkan oleh kematian secara alami ataupun kematian yang disebabkan oleh rokok, serta juga karena adanya penerapan denda bagi individu yang merokok sehingga individu tersebut berhenti dari merokok.

Untuk subpopulasi perokok berat mula-mula mengalami penurunan sampai $t = 10$ karena adanya penerapan denda pada individu perokok dan kematian secara alami ataupun yang disebabkan oleh rokok, kemudian subpopulasi perokok berat mengalami peningkatan yang mengakibatkan jumlah subpopulasi mantan perokok juga akan mengalami peningkatan, ini disebabkan karena individu perokok berat telah berhenti dari kebiasaan merokok. Hal ini menunjukkan individu perokok tidak akan pernah hilang atau dengan kata lain individu perokok akan selalu ada dalam populasi, karena populasi berada dalam kondisi endemik perokok.

5. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

1. Terdapat dua kestabilan titik ekuilibrium pada model matematika jumlah perokok dengan *nonlinear incidence rate* dan penerapan denda, yaitu:
 - a. Titik ekuilibrium bebas perokok stabil asimtotik lokal, berarti untuk jangka waktu yang lama populasi akan terbebas dari perokok.
 - b. Titik ekuilibrium endemik perokok stabil asimtotik lokal, berarti untuk jangka waktu yang lama dalam populasi akan selalu terjadi penyebaran perokok.
2. Pada simulasi dapat disimpulkan bahwa pada keadaan populasi bebas perokok jumlah subpopulasi perokok potensial mengalami peningkatan, sedangkan subpopulasi perokok kadang-kadang dan perokok berat mengalami penurunan sehingga subpopulasi mantan perokok juga mengalami penurunan yang akan membuat populasi terbebas dari perokok. Untuk keadaan populasi endemik perokok jumlah subpopulasi perokok potensial mengalami penurunan, sedangkan jumlah subpopulasi perokok kadang-kadang dan perokok berat mengalami peningkatan begitu juga dengan subpopulasi mantan perokok. Kemudian, interaksi antara individu perokok kadang-kadang dengan individu perokok berat lebih mempengaruhi individu perokok kadang-kadang menjadi perokok berat dibandingkan interaksi antara individu potensial perokok dengan individu perokok kadang-kadang. Adanya penerapan denda bagi individu perokok dapat memperkecil terjadinya penyebaran perokok dan jika efektifitas denda yang diberikan semakin besar, maka akan membuat individu perokok dalam waktu yang lama akan berkurang dalam populasi.

Saran

Penelitian ini membahas tentang model matematika jumlah perokok dengan *nonlinear incidence rate* dan dengan adanya penerapan denda. Bagi pembaca yang tertarik dengan pembahasan ini dapat menambahkan beberapa asumsi, seperti interaksi antara perokok potensial dengan perokok berat atau individu yang telah berhenti merokok dapat menjadi seorang individu perokok kembali, serta bisa menggunakan metode lain dalam proses penyebarannya.

Referensi

- [1] Allen, Linda.J.S. "An Introduction to Mathematical Biology". Pearson, Inggris. 2006.
- [2] Anggraini, M.V. Miswanto, dan Fatmawati. "Analisis Model Matematika Jumlah Perokok dengan Dinamika Akar Kuadrat," Universitas Airlangga. Vol.2, No.2, halaman 10-20. 2013.
- [3] Ginting, M.D.F. "Efektivitas Focus Group Discussion Terhadap Peningkatan Smoking Self Efficacy Pada Kelompok Pria Dewasa Awal Kategori Perokok Sedang," Universitas Sumatera Utara. 2014.
- [4] Jami, Fitri Yessi., M. Subhan, dan R. Sriningsih. "Model Matematika Pencegahan Pertambahan Jumlah Perokok dengan Penerapan Denda," Universitas Negeri Padang. 2013.
- [5] Jumadi. "Model Matematika Penyebaran Penyakit Demam Berdarah Dengue," Departemen Matematika Institut Pertanian Bogor. 2008.
- [6] Kreyszig, E. "Advanced Engineering Mathematics". Edisi ke-10, halaman 1283. John Wiley & Sons. Inc, United States of America. 2011.
- [7] Munir, R. "Metode Numerik". Edisi Revisi, halaman 419. Informatika, Bandung. 2007.
- [8] Radianti, Risyah. "Simulasi Dan Analisa Kestabilan Model Matematika Mengenai Proses Transmisivirus Dengue di Dalam Tubuh Manusia," Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Gunung Djati. 2012.
- [9] Roat, Mas. "Bifurkasi Hopf pada Sistem Predator Prey dengan Fungsi Respon Tipe II," Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam UNY. 2012.
- [10] Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas). "Penggunaan Tembakau". Jakarta: Badan Litbangkes, Depkes RI. 2013.
- [11] Zeb, A., Zaman, Bibi F., dan Momani, S. "Optimal Control Strategies In Square-Root Dynamics Of Smoking Model," Department of Mathematics, COMSATS Institute of Information Technology Abbottabad, Pakistan. 2015.
- [12] <http://www.pojokinfo.com/perilakumerokok> diakses tanggal 3 November 2015