PEMODELAN MATEMATIKA PENYEBARAN PERILAKU MEROKOK BERDASARKAN FAKTOR EKONOMI DAN FAKTOR PSIKOLOGI

Desi Marida Babis¹, Elinora Naikteas Bano^{1*}, Sulasri Suddin², Leonardus Frengky Obe¹

¹Program Studi Matematika, Fakultas Pertanian, Universitas Timor, Kefamenanu, TTU-NTT, Indonesia, *email korespondensi: iranaikteas@gmail.com

²Program Studi Pendidikan Matematika, Fakultas Ilmu Pendidikan, Universitas Timor, Kefamenanu, TTU-NTT, Indonesia.

Article Info

Article history:

Received: 21 November 2021

Received in revised form: 30 November 2021

Accepted: 17 Desember 2021

Doi: <https://doi.org/10.32938/slk.v4i2.1541>

Keywords:

Bilangan reproduksi, Faktor ekonomi,

Faktor psikologi,

Merokok

Abstrak

Merokok merupakan aktivitas membakar tembakau kemudian menghisap asapnya dan mengeluarkannya kembali lewat mulut. Peringatan bahaya merokok sudah sering disampaikan, namun perilaku merokok masih sulit untuk dikendalikan hingga saat ini. Data Survei Sosial Ekonomi Nasional, ada peningkatan prevalensi perokok usia lebih dari 15 tahun, yaitu 27%. Pada tahun 2015, sekitar 72 juta dari 184 juta populasi dengan usia lebih dari 15 tahun merupakan perokok. Usia rata-rata mulai merokok setiap hari adalah 17,6 tahun. Hal ini membuktikan bahwa terdapat jutaan orang yang mengonsumsi dan menikmati rokok. Matematika merupakan salah satu ilmu yang dapat menganalisa masalah yang terjadi dalam kehidupan dengan menggunakan pemodelan matematika. Salah satu masalah yang dapat dikaji dengan model matematika adalah penyebaran perilaku merokok. Penelitian ini mengkaji penyebaran perilaku merokok berdasarkan faktor ekonomi dan faktor psikologi. Model ini membagi populasi menjadi 4 subpopulasi yaitu subpopulasi yang berpotensi menjadi perokok (S), subpopulasi yang hanya coba-coba merokok (D), subpopulasi perokok (A), dan yang telah berhenti merokok (R). Kestabilan titik ekuilibrium bebas merokok didapatkan dengan melakukan pelinearan terhadap persamaan yang akan diperoleh matriks Jacobian kemudian akan didapatkan nilai eigen. Bilangan reproduksi dasar yang merupakan ambang batas penyebaran perilaku merokok dimana perilaku merokok akan hilang jika $R_0 < 1$ dan akan endemik saat $R_0 > 1$ © 2021 dipublikasikan oleh JSLK.

1. Pendahuluan

Merokok adalah aktivitas membakar tembakau, kemudian menghisap asapnya dan mengeluarkannya kembali melalui mulut. Perilaku merokok ini dilakukan sebagai suatu cara untuk menikmati tembakau. Merokok telah diketahui menjadi faktor resiko karena mengandung zat-zat kimia yang dapat memperburuk kesehatan. Peringatan bahaya merokok sudah sering disampaikan, namun perilaku merokok masih sulit untuk dikendalikan hingga saat ini.

Data Survei Sosial Ekonomi Nasional (Susenas), ada peningkatan prevalensi perokok usia lebih dari 15 tahun, yaitu 27% (Kementrian Kesehatan RI, 2015). Pada tahun 2015, sekitar 72 juta dari 184 juta populasi dengan usia lebih dari 15 tahun merupakan perokok (WHO, 2015). Usia rata-rata mulai merokok setiap hari adalah 17,6 tahun (WHO, 2018). Hal ini membuktikan bahwa terdapat jutaan orang yang mengonsumsi dan menikmati rokok.

Matematika merupakan salah satu ilmu yang dapat menganalisa masalah yang terjadi dalam kehidupan dengan menggunakan pemodelan matematika. Salah satu masalah yang dapat dikaji dengan model matematika adalah penyebaran perilaku merokok. Penyebaran perilaku merokok dapat dikonstruksi berdasarkan konsep model *Susceptible Infected Recovered* (SIR), yang pertama kali diperkenalkan oleh Kermack McHendrik pada tahun 1927. Model SIR digunakan untuk mengetahui penyebaran perilaku merokok dalam suatu populasi yang akan dibentuk suatu sistem persamaan diferensial yang akan dicari titik ekuilibriumnya. Setelah dicari titik ekuilibriumnya, akan dicari analisis kestabilan terhadap titik ekuilibrium dan bilangan reproduksi dasar, dimana bilangan reproduksi dasar merupakan ambang batas penyebaran perilaku merokok.

Penelitian model penyebaran perilaku merokok sudah diperkenalkan oleh (Govan & Ratianingsih, 2016), dengan memperhatikan faktor biologis dan faktor lingkungan sosial. Secara biologis, nikotin yang terkandung dalam rokok tersebut akan menekan kemampuan otak untuk mengalami kenikmatan, sehingga perokok akan selalu membutuhkan kadar nikotin yang semakin tinggi untuk mencapai tingkat kepuasan dan ketergantungan seseorang pada rokok. Secara umum menurut Kurt Lewin (Komasari & Helmi, 2000) perilaku merokok merupakan fungsi dari lingkungan dan individu yang artinya perilaku merokok selain disebabkan faktor-faktor dari dalam diri, juga disebabkan faktor lingkungan sosial.

Faktor-faktor lain yang mempengaruhi penyebaran perilaku merokok adalah faktor ekonomi dan faktor psikologi. Secara ekonomi, merokok dapat membebani keuangan yang ditanggung oleh perokok karena sudah menjadi kebutuhan pokok dimana jika tuntutan tersebut tidak terpenuhi dapat mempengaruhi kondisi psikologi yang menyebabkan perokok tersebut mengalami perasaan tidak nyaman seperti cemas, merasa tertekan, sulit mengendalikan diri atau mudah marah, mudah putus asa akhirnya depresi. Para pecandu rokok juga memiliki resiko lebih besar untuk mengalami gangguan tidur, penurunan kemampuan mengingat tugas-tugas sederhana, serta mendorong munculnya perilaku kompulsif. Berdasarkan masalah tersebut, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “Pemodelan Matematika Penyebaran Perilaku Merokok Berdasarkan Faktor Ekonomi dan Faktor Psikologi”.

2. Metode

Metode yang digunakan dalam penulisan ini adalah studi pustaka yang diperoleh dari beberapa sumber referensi yaitu buku-buku referensi, jurnal-jurnal ilmiah, dan artikel *web* yang berhubungan dengan penyebaran perilaku merokok. Kajian mengenai model matematika penyebaran perilaku merokok berdasarkan faktor ekonomi dan faktor psikologi bersifat penelitian murni atau penelitian dasar. Langkah-langkah dalam penelitian mengenai model penyebaran perilaku

merokok berdasarkan faktor ekonomi dan faktor psikologi adalah sebagai berikut: menentukan titik ekuilibrium model, menentukan nilai eigen dan vektor eigen, linearisasi, menentukan kestabilan titik ekuilibrium, dan menentukan bilangan reproduksi dasar dengan *Next Generation Matrix*.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Model Matematika Penyebaran Perilaku Merokok

Gambar 1. Model Penyebaran Perilaku Merokok Berdasarkan Faktor Ekonomi dan Faktor Psikologi

Melalui diagram alir pada Gambar 1 populasi manusia dibagi menjadi 4 sub populasi yaitu: subpopulasi yang berpotensi menjadi perokok $S(t)$, subpopulasi yang hanya coba-coba merokok $D(t)$, subpopulasi perokok $A(t)$, dan sub populasi yang sembuh dari pengaruh rokok, dibangun dalam suatu model matematika dalam bentuk sistem persamaan diferensial tak linear sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\frac{dS}{dt} &= C - (\beta A + \mu) S + \epsilon R \\ \frac{dD}{dt} &= \beta S A + \rho_2 A - (\rho_1 + \phi_1 + \mu) D \\ \frac{dA}{dt} &= \rho_1 D - (\mu + v + \phi_2 + \rho_2) A \\ \frac{dR}{dt} &= \phi_1 D + \phi_2 A - (\epsilon + \mu) R\end{aligned}\quad (1)$$

Keterangan:

- μ = Menyatakan laju kematian alami.
- C = Menyatakan individu baru yang masuk ke sub populasi yang berpotensi menjadi perokok.
- β = Menyatakan laju penyebaran perilaku merokok.
- ρ_1 = Menyatakan laju penyebaran perilaku merokok dari subpopulasi coba-coba ke sub populasi perokok (Faktor Ekonomi).
- ρ_2 = Menyatakan laju ketergantungan (Faktor Psikologi).
- v = Menyatakan laju transfer sub populasi penularan.
- ϕ_1 = Laju kesembuhan dari subpopulasi yang hanya coba-coba merokok ke sub populasi yang sembuh dari pengaruh rokok.
- ϕ_2 = Laju kesembuhan dari subpopulasi perokok ke sub populasi yang sembuh dari pengaruh rokok.
- ϵ = Laju penularan dari subpopulasi yang sembuh dari pengaruh rokok ke sub populasi yang berpotensi menjadi perokok.

3.2 Penentuan Titik Ekuilibrium

Titik ekuilibrium diperoleh dengan beberapa tahapan dan salah satunya adalah dengan membuat ruas kiri sistem persamaan (1) sama dengan nol yaitu sebagai berikut:

Menurut (Perko, 2001) titik ekuilibrium diperoleh dengan syarat:

$$\frac{dS}{dt} = \frac{dD}{dt} = \frac{dA}{dt} = \frac{dR}{dt} = 0$$

Sehingga diperoleh dua titik ekuilibrium. Titik ekuilibrium yang pertama menyatakan populasi bebas merokok $T_1 = \left\{ S = \frac{C}{\mu}, D = 0, A = 0, R = 0 \right\}$ dan titik ekuilibrium kedua menyatakan keendemikan perilaku merokok dalam populasi $T_2 = \{S, D, A, R\}$ dengan

$$\begin{aligned} \dot{S} &= \frac{a_0 a_1 - \rho_1 \rho_2}{\beta \rho_1} \\ \dot{D} &= -\frac{a_1 a_2 (\beta \rho_1 C - \mu \rho_1 \rho_2 + \mu a_0 a_1)}{\beta (-a_2 \rho_1 \rho_2 + a_2 a_0 a_1 - \varepsilon a_1 \phi_1 - \varepsilon \rho_1 \phi_2)} \\ \dot{A} &= -\frac{a_2 (-\beta \rho_1 C - \mu \rho_1 \rho_2 + \mu a_0 a_1)}{\beta (-a_2 \rho_1 \rho_2 + a_2 a_0 a_1 - \varepsilon a_1 \phi_1 - \varepsilon \rho_1 \phi_2)} \\ \dot{R} &= -\frac{(-c \mu \beta \rho_1 - \mu \rho_1 \rho_2 + \mu a_0 a_1) (\phi_1 a_1 + \phi_2 \rho_1)}{\beta (-a_2 \rho_1 \rho_2 + a_2 a_0 a_1 - \varepsilon a_1 \phi_1 - \varepsilon \rho_1 \phi_2)} \end{aligned}$$

3.3 Menentukan Bilangan Reproduksi Dasar (R_0)

Bilangan reproduksi dasar didapatkan dengan membangun matriks yang menunjukkan rata rata jumlah individu terinfeksi baru dengan metode *Next Generation Matrix* (NGM) seperti yang tertuang dalam (Driessche & Watmough, 2002). Misalkan $x = (D, A)^T$, sehingga persamaan (1) dapat dituliskan sebagai:

$$\frac{dx}{dt} = F(x) - V(x)$$

dengan $F(x)$ adalah Matriks transmisi yaitu matriks yang terdapat laju individu baru karena kontak dan $V(x)$ adalah Matriks transisi yaitu matriks yang terdapat laju transfer masuk dan keluar sub populasi terinfeksi. Sehingga didapatkan:

$$\begin{aligned} F(x) &= \begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \beta S A \\ 0 \end{bmatrix} \\ V(x) &= \begin{bmatrix} (\rho_1 + \phi_1 + \mu) D - \rho_2 A \\ (\mu + v + \phi_2 + \rho_2) A - \rho_1 D \end{bmatrix} \\ T &= \begin{bmatrix} F_1 D & F_1 A \\ F_2 D & F_2 A \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & \beta S \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \\ \varepsilon &= \begin{bmatrix} V_1 D & V_1 A \\ V_2 D & V_2 A \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} (\rho_1 + \phi_1 + \mu) & -\rho_2 \\ -\rho_1 & (\mu + v + \phi_2 + \rho_2) \end{bmatrix} \end{aligned}$$

Dengan mensubstitusikan titik ekuilibrium bebas merokok pada T dan ε diperoleh :

$$\begin{aligned} T &= \begin{bmatrix} 0 & \frac{\beta C}{\mu} \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, \text{ dan } \varepsilon \\ &= \begin{bmatrix} (\rho_1 + \phi_1 + \mu) & -\rho_2 \\ -\rho_1 & (\mu + v + \phi_2 + \rho_2) \end{bmatrix} \end{aligned}$$

The next generation matrix (NGM) yaitu :

$$\begin{aligned} T \varepsilon^{-1} &= \begin{bmatrix} 0 & \frac{\beta C}{\mu} \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & -\rho_1 \\ \frac{\rho_1 + \phi_1 + \mu}{-\rho_2} & \frac{(\rho_1 + \phi_1 + \mu)(\mu + v + \phi_2 + \rho_2)}{1} \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} -\frac{\beta C \rho_2}{\mu(\rho_1 + \phi_1 + \mu)(\mu + v + \phi_2 + \rho_2)} & \frac{\beta C}{\mu(\mu + v + \phi_2 + \rho_2)} \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

3.4 Ambang batas epidemik (R_0)

Bilangan R_0 yaitu nilai eigen terbesar, sehingga:

$$R_0 = \frac{\beta C \rho_2}{\mu(\rho_1 + \phi_1 + \mu)(\mu + v + \phi_2 + \rho_2)}$$

3.5 Kestabilan Titik Ekuilibrium Bebas Merokok (T_1)

Misalkan ruas kanan persamaan dapat ditulis dalam bentuk:

$$\begin{aligned} \frac{dS}{dt} &= \dot{x}_1 = f_1(x); f_1(S, D, A, R) = C - (\beta A + \mu) S + \varepsilon R \\ \frac{dD}{dt} &= \dot{x}_2 = f_2(x); f_2(S, D, A, R) = \beta S A + \rho_2 A - (\rho_1 + \phi_1 + \mu) D \\ \frac{dA}{dt} &= \dot{x}_3 = f_3(x); f_3(S, D, A, R) = \rho_1 D - (\mu + v + \phi_2 + \rho_2) A \\ \frac{dR}{dt} &= \dot{x}_4 = f_4(x); f_4(S, D, A, R) = \phi_1 D + \phi_2 A - (\varepsilon + \mu) R \end{aligned}$$

Penentuan kestabilan di sekitar titik ekuilibrium bebas merokok (T_1), terlebih dahulu dilakukan pelinearan terhadap persamaan di atas, kemudian diperoleh matriks Jacobi:

$$J = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial S} & \frac{\partial f_1}{\partial D} & \frac{\partial f_1}{\partial A} & \frac{\partial f_1}{\partial R} \\ \frac{\partial f_2}{\partial S} & \frac{\partial f_2}{\partial D} & \frac{\partial f_2}{\partial A} & \frac{\partial f_2}{\partial R} \\ \frac{\partial f_3}{\partial S} & \frac{\partial f_3}{\partial D} & \frac{\partial f_3}{\partial A} & \frac{\partial f_3}{\partial R} \\ \frac{\partial f_4}{\partial S} & \frac{\partial f_4}{\partial D} & \frac{\partial f_4}{\partial A} & \frac{\partial f_4}{\partial R} \end{bmatrix}$$

Nilai eigen dari Matriks J_{T_1} , dapat dicari dengan menentukan $\det(J_{T_1} - \lambda I) = 0$ dengan λ adalah Nilai eigen dan I adalah matriks identitas sehingga diperoleh

$$\det(J_{T_1} - \lambda I) = 0$$

Nilai $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$, dan λ_4 dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= -\mu \\ \lambda_2 &= -\varepsilon + \mu \\ \lambda_3 &= -\mu \sqrt{2(\rho_1 \phi_1 - \rho_1 v - 2\rho_1 \phi_1 - \rho_1 \phi_2 - \rho_1 \mu - \phi_1 v - \phi_1 \phi_2)} \\ &\quad - (\rho_1 + \phi_1 + 2\mu + v + \phi_2 + \rho_2) \\ \lambda_4 &= \frac{2}{-\sqrt{\rho_1^2 + \phi_1^2 + v^2 + \phi_2^2 + \rho_2^2 + 2\rho_1 \phi_1 + 2\rho_1 v - 2\rho_1 \phi_2 + 2\rho_1 \rho_2 - 2\phi_1 \mu - 2\phi_1 v - 2\phi_1 \phi_2}} \end{aligned}$$

Berdasarkan nilai eigen yang didapatkan, diketahui bahwa $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4 < 0$ dan bernilai negatif sehingga jenis kestabilan titik ekuilibrium bebas merokok pada model penyebaran perilaku merokok stabil asimtotik.

3.6 Pengaruh Faktor Ekonomi (ρ_1) dan Faktor Psikologi (ρ_2) yang mempengaruhi Penyebaran Perilaku Merokok

Tabel 1 Pengaruh Faktor Ekonomi (ρ_1) terhadap nilai R_0 .

No.	Jumlah (Orang)	Nilai R_0
1.	0.0002	3444,6
2.	0.0003	3426,37
3.	0.0004	3408,34
4.	0.0005	3390,49
5.	0.0006	3372,84
6.	0.0007	3355,36
7.	0.0008	3338,06

Tabel 2 Pengaruh Faktor Psikologi (ρ_2) terhadap nilai R_0 .

No.	Jumlah (Orang)	Nilai R_0
1.	0.0002	0.586989
2.	0.0003	0.876553
3.	0.0004	1.16354
4.	0.0005	1.44799
5.	0.0006	1.72994
6.	0.0007	2.00941
7.	0.0008	2.28644

Berdasarkan Tabel 1, dapat diperhatikan bahwa pengaruh faktor ekonomi (ρ_1) terhadap penyebaran perilaku merokok semakin menurun dimana semakin banyak perokok maka akan semakin kecil pula nilai R_0 sehingga perilaku merokok akan hilang dari populasi, sedangkan pada Tabel 2 faktor psikologi ρ_2 dapat dilihat bahwa dimana semakin banyak perokok maka akan semakin tinggi pula tingkat depresi yang mempengaruhi psikologi yang menyebabkan nilai R_0 semakin meningkat.

4. Simpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang dilakukan terhadap model matematika penyebaran perilaku merokok berdasarkan faktor ekonomi dan faktor psikologi dapat disimpulkan:

1. Model yang dihasilkan mampu menggambarkan penyebaran perilaku merokok berdasarkan faktor ekonomi dan faktor psikologi.
2. Titik ekuilibrium yang diperoleh ada dua yaitu titik ekuilibrium bebas merokok dan titik ekuilibrium endemik.
3. Pengaruh faktor ekonomi (ρ_1) terhadap penyebaran perilaku merokok semakin menurun dimana semakin banyak perokok maka akan semakin kecil pula nilai R_0 sehingga perilaku merokok akan hilang dari populasi sedangkan faktor psikologi (ρ_2) terhadap penyebaran perilaku merokok sangat besar, dimana semakin banyak perokok maka akan semakin besar pula tingkat depresi yang mempengaruhi Psikologi yang menyebabkan nilai R_0 semakin meningkat.

4. $R_0 > 1$ artinya setiap perokok dapat menularkan perilaku merokoknya kepada lebih dari satu perokok baru sehingga pada akhirnya penyebaran perilaku merokok akan meluas atau endemik.

Pustaka

- Driessche, P. van den & Watmough, J. 2002. Reproduction numbers and sub-threshold endemic equilibria for compartmental models of disease transmission. *Mathematical Biosciences*, 29.
- Govan, G. & Ratianingsih, R. 2016. Membangun Model Penyebaran Perilaku Merokok Berdasarkan Faktor Biologis dan Faktor Lingkungan Sosial. *JURNAL ILMIAH MATEMATIKA TERAPAN*, 13.
- Komasari, D. & Helmi, A.F. 2000. FAKTOR-FAKTOR PENYEBAB PERILAKU MEROKOK PADA REMAJA. *JURNAL PSIKOLOGI*, 37–47.
- Perko, L. 2001. *Differential Equations and Dynamical Systems (Third Edition)*. Berlin-New York: Springer-Verlag New York Berlin Heidelberg.
- WHO, W. 2015. WHO Global Report On Trends In Prevalence Of Tobacco Smoking 2015. *WHO*.
- WHO, W. 2018. Heart Disease and Stroke are the Commonest Ways by Which Tobacco Kills People. *WHO*. Tersedia di http://www.searo.who.int/tobacco/data/ino_rtc_reports.