Model Matematika Dinamika Populasi Perokok dengan Faktor Edukasi dan *Candy Treatment*

Anissa Dwi Wjayanti¹, Sutriany Nteseo², Nur Aini³, Dennynatalis Taha⁴

^{1,2,3,4} Jurusan Matematika, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Gorontalo,
Jl. Prof. Dr. Ing. B. J. Habibie, Tilongkabila, Kabupaten Bone Bolango, Gorontalo 96119, Indonesia

Email Korespondensi: anissadwiwijayanti@gmail.com

ABSTRAK

Rokok oleh sebagian orang sudah menjadi kebutuhan hidup yang tidak bisa ditinggalkan dalam kehidupan sehari-hari. Banyak penelitian ilmiah telah membuktikan bahwa rokok merupakan faktor risiko utama dari penyakit jantung, kanker, penyakit paru, dan penyakit lainnya. Kegiatan penyuluhan kesehatan tentang bahaya rokok perlu dilakukan agar pengetahuan masyarakat bertambah, dan diharapkan mampu merubah perilakunya untuk tidak merokok. Selain itu, upaya yang dapat dilakukan untuk menghilangkan kebiasaan merokok adalah dengan menggunakan terapi pengganti nikotin yang tersedia dalam beberapa bentuk salah satunya permen karet. Terapi ini dapat mengurangi keinginan untuk kembali merokok setelah berhenti merokok. Untuk menyelesaikan masalah terkait populasi perokok digunakan konsep pemodelan matematika yang mampu memberikan solusi pencegahan pertambahan jumlah perokok. Model ini disebut model matematika dinamika populasi perokok dengan faktor edukasi dan *candy treatment*. Dari hasil analisis diperoleh dua titik tetap yaitu titik tetap bebas perokok (E_0) dan titik tetap endemik (E_1). Untuk mengamati dinamika populasi perokok ditinjau dari nilai bilangan reproduksi dasar (R_0). Pada kondisi $R_0 < 1$ menunjukkan bahwa penyebaran populasi perokok tidak terjadi dan kondisi $R_0 > 1$ menunjukkan bahwa perilaku merokok tidak akan menghilang dari populasi serta menyebabkan epidemi dalam populasi. Dengan memperbanyak kegiatan edukasi berupa penyuluhan kesehatan kepada masyarakat dan memperbesar tingkat efektifitas dari terapi permen (*Candy Treatment*) maka nilai dari bilangan reproduksi dasar akan semakin kecil yang menunjukkan berkurangnya epidemi dalam populasi.

Kata Kunci:

Model Matematika; Populasi Perokok; Edukasi; *Candy Treatment*

---

1. Pendahuluan

Masalah semakin meningkatnya penyebaran populasi perokok dapat mengancam kelangsungan hidup. Merokok dapat menyebabkan perubahan struktur dan fungsi saluran napas dan jaringan paru-paru. Akibat perubahan anatomi saluran napas, pada perokok akan timbul perubahan pada fungsi paru-paru dengan segala macam gejala klinisnya [1]. Berbagai penelitian ilmiah telah membuktikan bahwa rokok merupakan faktor risiko utama dari penyakit jantung, kanker, penyakit paru kronik dan diabetes militus, dan penyakit lainnya antara lain seperti fertilitas, impotensi. Dampak rokok terhadap kesehatan tubuh tidak hanya dirasakan oleh para perokok aktif, tetapi juga dirasakan oleh perokok pasif, yaitu mereka yang tidak merokok tetapi ikut menghisap asap rokok. Rokok merupakan penyebab utama penyakit di seluruh dunia yang sebenarnya dapat dilakukan berbagai upaya pencegahan

Penelitian yang berhubungan dengan perokok sudah dilakukan oleh beberapa orang dan beberapa penelitian menawarkan pendekatan matematika pada populasi perokok yaitu melalui konsep pemodelan matematika. Pemodelan matematika merupakan salah satu alat yang dapat membantu mempermudah penyelesaian masalah dalam kehidupan nyata. Masalah-masalah tersebut dapat dibawa ke dalam model matematis dengan menggunakan asumsi-asumsi tertentu. Dari model yang akan dicari solusinya, baik dengan cara analisis maupun secara numerik [2][3]. Konsep pemodelan matematika digunakan untuk mengetahui dinamika pada suatu penyakit yakni menggunakan matematika pada konsep penyakit tersebut beserta penyebarannya. Terkait penyebaran populasi perokok dapat dilihat dalam [4][5].

Tidak hanya penyebaran populasi perokok, upaya pencegahan pertambahan populasi perokok juga direpresentasikan dalam sebuah model matematika. Salah satunya adalah penelitian yang dibahas dalam [6] yang mengembangkan model matematika pencegahan pertambahan populasi perokok dengan mempertimbangkan faktor penerapan denda. Berdasarkan penelitian tersebut ditunjukkan bahwa efektivitas denda perlu ditingkatkan untuk mencegah bertambahnya populasi perokok.

Selain itu, model matematika terkait dengan perokok juga dibahas dalam [7] yang membentuk dua model matematika yaitu model matematika populasi perokok dengan denda sebagai faktor utama dan model matematika populasi perokok dengan denda bukan sebagai faktor utama. Dari hasil penelitian tersebut disimpulkan bahwa untuk menghilangkan populasi perokok diperlukan usaha untuk menekan laju kontak atau interaksi dan meningkatkan efektivitas denda. Model terbaru terkait populasi perokok dapat terdapat pada [8] yang menggunakan model tipe SEIRS.

Adapun pada penelitian ini, kami juga menggunakan konsep pemodelan matematika untuk melihat dinamika populasi perokok dengan mempertimbangkan faktor edukasi dan pengobatan berupa terapi permen (*Candy Treatment*). Edukasi merupakan faktor penting dalam upaya pencegahan pertambahan populasi perokok karena seiring bertambahnya pengetahuan masyarakat akan bahaya rokok, sikap menjadi positif dan diharapkan mampu merubah perilaku masyarakat untuk tidak merokok [9]. Selain itu, perlu dilakukan pengobatan berupa terapi pengganti nikotin berbentuk permen karet untuk menghilangkan kebiasaan merokok serta dapat mengurangi keinginan untuk kembali merokok setelah berhenti merokok. Oleh karena itu, pemodelan matematika mampu memberikan solusi untuk mengurangi jumlah populasi perokok. Selanjutnya model ini disebut model matematika dinamika populasi perokok dengan faktor edukasi dan *Candy Treatment*.

Tujuan penelitian ini yaitu untuk melihat dinamika populasi perokok dengan adanya faktor edukasi dan *Candy Treatment*.

2. Metode

Metode yang digunakan adalah metode penelitian studi literatur dengan melakukan kajian terhadap buku, jurnal dan artikel-artikel ilmiah yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan. Adapun langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini adalah:

1. Membentuk model matematika
2. Menentukan Titik tetap
3. Melakukan analisis kestabilan titik tetap

4. Menentukan bilangan reproduksi dasar
5. Simulasi dan interpretasi

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Model Matematika

Pada model ini digunakan beberapa variabel yaitu P kelompok individu potensial merokok, yaitu orang yang belum pernah merokok dan berpotensi menjadi perokok. E kelompok individu perokok ringan yaitu orang yang kadang-kadang merokok dalam jumlah sedikit. S kelompok individu perokok berat yaitu orang yang sering merokok dalam jumlah yang banyak. Q kelompok individu yang sehat atau telah berhenti merokok.

Asumsi yang digunakan sebagai berikut

1. Populasi bersifat tertutup, yang berarti tidak ada perpindahan baik masuk maupun keluar dari populasi tersebut
2. Adanya kematian alami pada masing-masing populasi dan adanya kematian karena penyakit yang ditimbulkan oleh rokok pada kelompok individu perokok berat
3. Kelompok individu potensial merokok dapat menjadi individu yang sehat karena adanya penyuluhan akan bahayanya merokok bagi kesehatan
4. Terapi permen diberikan kepada kelompok individu perokok berat dan keampuhan terapi permen adalah 100%, hal ini berarti setiap individu yang telah mendapatkan terapi permen akan sembuh dari kebiasaan merokok
5. Kelompok individu perokok ringan (perokok kadang-kadang) dapat sembuh dari kebiasaan merokok karena adanya kesadaran pengaruh rokok bagi kesehatan
6. Kebiasaan merokok pada individu yang telah berhenti merokok tidak akan kambuh lagi sehingga tidak dapat dimasukkan kedalam individu perokok potensial.

Berdasarkan asumsi-asumsi tersebut, maka skema model matematika dinamika populasi perokok dengan faktor edukasi dan *Candy Treatment* dapat dilihat pada Gambar 1.

Gambar 1. Model matematika dinamika populasi perokok dengan faktor edukasi dan *Candy Treatment*

Berdasarkan skenario pada Gambar 1, diperoleh model matematika sebagai berikut:

$$\begin{cases} \frac{dp}{dt} = (1 - \alpha)b - c\phi ps - \mu p \\ \frac{de}{dt} = c\phi ps - (\beta + \varepsilon + \mu)e \\ \frac{ds}{dt} = \beta e - (\gamma + \theta + \mu + d)s \\ \frac{dq}{dt} = \alpha b + \varepsilon e + (\gamma + \theta)s - \mu q \end{cases} \quad (1)$$

Adapun parameter yang digunakan pada persamaan (1) disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Keterangan parameter

Parameter	Keterangan
b	Tingkat Kelahiran
μ	Tingkat Kematian Alami
d	Tingkat kematian karena penyakit yang ditimbulkan oleh rokok
α	Faktor edukasi berupa penyuluhan kesehatan
θ	Terapi permen
c	Terjadinya kontak/ interaksi dengan individu perokok
ϕ	Tingkat perubahan individu rentan menjadi perokok ringan
β	Tingkat perubahan perokok ringan menjadi perokok berat
ε	Tingkat kesembuhan perokok ringan
γ	Tingkat kesembuhan perokok berat

Untuk mempermudah analisis, maka dilakukan penyederhanaan model dengan memisalkan:

$$\begin{aligned} x &= \beta + \varepsilon + \mu \\ y &= \gamma + \theta + \mu + d \\ z &= \gamma + \theta \end{aligned}$$

Sehingga persamaan (1) dapat ditulis sebagai berikut :

$$\begin{cases} \frac{dp}{dt} = (1 - \alpha)b - c\phi ps - \mu p \\ \frac{de}{dt} = c\phi ps - xe \\ \frac{ds}{dt} = \beta e - ys \\ \frac{dq}{dt} = \alpha b + \varepsilon e + zs - \mu q \end{cases} \quad (2)$$

3.2. Analisis Model

3.2.1 Penentuan Titik Tetap

Berdasarkan model pada persamaan (2) diperoleh dua jenis titik tetap yaitu :

1. Titik tetap bebas perokok

Titik tetap bebas perokok terjadi jika $e = 0$, dan $s = 0$ yang menunjukkan tidak terdapat populasi perokok

$$E_0 = \left(-\frac{b(\alpha - 1)}{\mu}, 0, 0, \frac{\alpha b}{\mu}\right)$$

2. Titik tetap endemik

$$E_1 = \left(\frac{xy}{\beta c \phi}, -\frac{m}{c \phi x \beta}, -\frac{m}{c \phi xy}, -\frac{b \beta c \phi n - \mu xy o}{c \phi xy \beta \mu}\right)$$

dengan

$$m = \alpha b \beta c \phi - b \beta c \phi + \mu xy$$

$$n = \alpha \beta z + \alpha \varepsilon y - \alpha xy - \beta z - \varepsilon y$$

$$o = \beta z + \varepsilon y$$

3.2.2 Analisis Kestabilan Titik Tetap

Model matematika dinamika populasi perokok dengan faktor edukasi dan *candy treatment* merupakan sistem persamaan diferensial non-linear. Untuk menganalisis kestabilan titik tetap suatu sistem persamaan diferensial nonlinear, dapat dilakukan dengan melinearkan persamaan diferensialnya. Analisis kestabilan titik tetap dapat ditentukan dengan cara menentukan nilai eigen dari matriks Jacobian sistem. Matriks Jacobian dari sistem adalah:

$$\begin{bmatrix} -c\phi s - \mu & 0 & -c\phi p & 0 \\ c\phi s & -x & c\phi p & 0 \\ 0 & \beta & -y & 0 \\ 0 & \varepsilon & z & -\mu \end{bmatrix}$$

Untuk memperoleh kestabilan sistem dititik E_0 terlebih dahulu dilakukan pelinearan disekitar titik tetap E_0 sehingga diperoleh matriks Jacobi untuk titik tetap bebas perokok

$$J(E_0) = \begin{bmatrix} -\mu & 0 & \frac{c\phi b(\alpha - 1)}{\mu} & 0 \\ 0 & -x & -\frac{c\phi b(\alpha - 1)}{\mu} & 0 \\ 0 & \beta & -y & 0 \\ 0 & \varepsilon & z & -\mu \end{bmatrix} \quad (3)$$

Dari persamaan (3) diperoleh persamaan karakteristik

$$\det(\lambda I - JE_0) = 0$$

Dari persamaan karakteristik diperoleh nilai-nilai eigen dari matriks $J(E_0)$, yaitu :

$$\lambda_1 = -\mu$$

$$\lambda_2 = -x$$

$$\lambda_3 = -y$$

$$\lambda_4 = -\mu$$

Dari nilai eigen yang diperoleh, ditunjukkan bahwa $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$ bernilai negatif atau $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4 < 0$ sehingga titik tetap bebas perokok dikatakan stabil.

Untuk memperoleh kestabilan sistem dititik E_1 terlebih dahulu dilakukan pelinearan disekitar titik tetap E_1 sehingga diperoleh matriks Jacobi dengan sebagai berikut:

$$J(E_1) = \begin{bmatrix} \frac{m}{xy} - \mu & 0 & -\frac{xy}{\beta} & 0 \\ \frac{m}{xy} & -x & \frac{xy}{\beta} & 0 \\ 0 & \beta & -y & 0 \\ 0 & \varepsilon & z & -\mu \end{bmatrix} \quad (4)$$

Dari persamaan (3) diperoleh persamaan karakteristik

$$\det(\lambda I - J(E_1)) = 0$$

Dari persamaan karakteristik diperoleh nilai-nilai eigen dari matriks $J(E_0)$, yaitu:

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= \frac{m}{xy} - \mu \\ \lambda_2 &= -x \\ \lambda_3 &= -y \\ \lambda_4 &= -\mu \end{aligned}$$

Karena $\lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$ bernilai negatif, maka titik tetap endemik perokok akan stabil jika λ_1 bernilai negatif. Berdasarkan analisis λ_1 bernilai negatif jika $\alpha < 1$

3.2.3 Bilangan Reproduksi Dasar (R_0)

Bilangan reproduksi dasar diperoleh dengan menggunakan metode matriks *next generation*. Dari model yang telah dibentuk diperoleh bilangan reproduksi dasar sebagai berikut:

$$R_0 = \frac{\beta c \phi b (1 - \alpha)}{\mu(\beta + \varepsilon + \mu)(\gamma + \theta + \mu + d)} \quad (5)$$

3.3 Simulasi dan Interpretasi Model

Simulasi dilakukan dengan menggunakan nilai parameter yang terdapat pada Tabel 2 dan Tabel 3. Nilai-nilai tersebut diperoleh berdasarkan data sekunder dan beberapa nilai parameter digunakan berdasarkan asumsi. Untuk melihat dinamika populasi berdasarkan nilai-nilai parameter yang telah ditentukan dapat menggunakan software Maple dengan nilai awal $p(0) = 500$, $e(0) = 350$, $s(0) = 100$, $q(0) = 295$.

Tabel 2. Nilai-nilai parameter

Parameter	Keterangan	Nilai Parameter 1	Nilai Parameter 2	Sumber
b	Tingkat Kelahiran	0.091	0.091	[4]
μ	Tingkat Kematian Alami	0.031	0.031	[4]
d	Tingkat kematian karena penyakit yang ditimbulkan oleh rokok	0.045	0.045	[4]
α	Faktor edukasi berupa penyuluhan kesehatan	0.75	0.015	Asumsi
θ	Terapi permen	0.8	0.035	Asumsi

Tabel 2. Nilai-nilai parameter

Parameter	Keterangan	Nilai Parameter 1	Nilai Parameter 2	Sumber
c	Terjadinya kontak/ interaksi dengan individu perokok	0.515	0.515	[4]
ϕ	Tingkat perubahan individu rentan menjadi perokok ringan	0.35	0.35	Asumsi
β	Tingkat perubahan perokok ringan menjadi perokok berat	0.08	0.08	Asumsi
ε	Tingkat kesembuhan perokok ringan	0.025	0.025	Asumsi
γ	Tingkat kesembuhan perokok berat	0.051	0.051	Asumsi

Berdasarkan nilai-nilai parameter pada Tabel 2, diperoleh dua kondisi yaitu $R_0 < 1$ dan $R_0 > 1$. Dinamika populasi perokok dengan dua kondisi tersebut disajikan dalam gambar berikut

Gambar 2. Dinamika populasi pada kondisi $R_0 < 1$ dan $R_0 > 1$

Simulasi model untuk nilai-nilai parameter pada Tabel 2. memberikan bilangan reproduksi dasar (R_0) sebesar 0.08393948974 untuk nilai parameter 1 dan 1.892462430 untuk nilai parameter 2. Dilihat dari Gambar 2, pada kondisi $R_0 < 1$ grafiknya akan menuju disekitar titik tetap bebas perokok E_0 ($p = 0.7338709677, e = 0, s = 0, q = 2.201612903$). Hal ini dapat dikatakan bahwa penyebaran populasi perokok tidak

terjadi atau populasi perokok akan menghilang. Sedangkan pada kondisi $R_0 > 1$ grafiknya menuju di sekitar titik tetap endemik yaitu $E_1(p = 1.527877947, e = 0.3108145855, s = 0.1534886842, q = 0.7204964994)$. Hal ini menunjukkan bahwa perilaku merokok tidak akan menghilang dari populasi serta menyebabkan epidemi dalam populasi. Nilai $R_0 > 1$ berarti setiap perokok dapat menularkan perilaku merokoknya kepada lebih dari satu perokok baru sehingga pada akhirnya penyebaran perilaku merokok yang meluas. Dari nilai R_0 dapat kita lihat bahwa faktor edukasi dan *candy treatment* berpengaruh pada populasi perokok. Jika parameter untuk edukasi dan *candy treatment* diperbesar atau ditingkatkan maka bilangan reproduksi dasar akan semakin kecil dan sebaliknya. Sehingga, agar penyebaran populasi perokok tidak terjadi dan menyebabkan epidemi diperlukan usaha untuk meningkatkan kegiatan edukasi kepada semua masyarakat dan meningkatkan efektivitas dari *candy treatment* tersebut.

4. Kesimpulan

Dengan meningkatkan kegiatan edukasi kepada semua masyarakat dan meningkatkan efektivitas dari *candy treatment* maka R_0 akan semakin kecil yang menunjukkan berkurangnya epidemi dalam populasi sehingga pertambahan populasi perokok dapat dicegah.

Referensi

- [1] A. S. Mangoenprasodjo, *Sehat Tanpa Rokok*. Yogyakarta: Pradipta, 2005.
- [2] A. Fasnaini N., "Pemodelan Matematikandan Studi Keseimbangan pada Penyebaran Pengaruh Perilaku Merokok Menggunakan Tipe SEIR," Universitas Lampung, 2018.
- [3] Hanisar, "Pemodelan Matematika Tipe SEIR pada Populasi perokok," Universitas Halu Oleo, 2016.
- [4] Govan, R. Rina, and P. J.W, "Membangun Model Penyebaran Perilaku Merokok Berdasarkan Faktor Biologis dan Faktor Lingkungan Sosial," *Ilm. Mat. dan Terap.*, vol. 13, no. 2, pp. 35–47, 2016.
- [5] Kasbawati, "Model Matematika Kecanduan Terhadap Rokok," *Mat. Stat. dan Komputasi*, vol. 14, no. 1, pp. 28–36, 2017.
- [6] Jami, F. Y., Subhan, Muhammad, and R. Sriningsih, "Model Matematika Pencegahan Pertambahan Jumlah Perokok dengan Penerapan Denda," *UNP J. Math.*, vol. 2, no. 1, pp. 15–19, 2013.
- [7] R. Trihartanto, Supriyono, and M. Kharis, "Model Matematika Populasi Perokok pada Daerah yang Menerapkan Denda," *J. Math.*, vol. 7, no. 1, pp. 1–17, 2018.
- [8] R. Pomalingo, R. Resmawan, and N. Nurwan, "Analisis Dinamik Model Matematika Penyebaran Populasi Perokok," *J. Mat. Integr.*, vol. 15, no. 2, pp. 111–119, 2019.
- [9] Soetjiningsih, *Tumbuh Kembang Remaja dan Permasalahannya*. Jakarta: Sagung Seto, 2004.