Ekologia, Vol. 14 No.2 ,Oktober 2014:17-24

PENDUGAAN PARAMETER MODEL PENINGKATAN POPULASI PEROKOK DENGAN METODE DEKOMPOSISI ADOMIAN MULTISTAGE

Hagni Wijayanti[1] dan Fajar Delli Wihartiko[2]
[1.2] Program Studi Matematika, FMIPA Universitas Pakuan, Bogor

E-mail : hagnizantix@gmail.com

ABSTRACT

The prevalence of smoking in Indonesia over the years tend to experience increased. Increasing cigarette consumption in Indonesia will affect public health conditions and demanding high fees from the public, so that the necessary control of the consumption of cigarettes wisely. The smoking prevalence of the problem, can be made a mathematical formulation. There are three parameters involved, namely the active smoker population, the population of smokers and potential smokers who've stopped population, along with the change in time. Identify the parameter is very important, because it can show how the problem of the prevalence of smokers. In this study used method of Multistage Adomian Decomposition (MADM) which gives the solution of the model population increase smokers as solution series t (time) for each subinterval m during the period from [0, T]. The resolution of the model and the simulation model do with programming in Mathematica version 8.

Key words : method of *Multistage Adomian Decomposition* (MADM), prevalence of smokers

PENDAHULUAN

Rokok adalah produk berbahaya dan aditif yang merupakan penyebab kematian terbesar yang dapat dicegah di dunia. Menurut data dari *World Health Organization* (WHO), satu dari 10 kematian orang dewasa disebabkan oleh konsumsi rokok dan tiap tahun rokok menyebabkan kematian 5,4 juta orang (Soewarta Kosen, 2007).

Perokok di Indonesia menduduki peringkat ketiga terbesar di dunia setelah Cina dan India. Prevalensi merokok di Indonesia dari tahun ke tahun pun cenderung mengalami peningkatan. Hal ini dapat dilihat dari Riskesdas tahun 2007, penduduk Indonesia berusia >15 tahun yang merokok setiap hari sebanyak 27,2%, yang kadang-kadang (tidak setiap hari) merokok sebanyak 6,1%, mantan perokok sebesar 3,7 % dan yang tidak merokok sebesar 63%. Sedangkan menurut hasil Riskesdas 2010, penduduk Indonesia berusia >15 tahun yang merokok setiap hari sebanyak 28,2%, yang kadang-kadang (tidak setiap hari) merokok sebanyak 6,5%, mantan perokok sebesar 5,4% dan yang tidak merokok sebesar 59,9%%. Dibandingkan tahun 2007, pada tahun 2010 terlihat adanya prevalensi merokok penduduk berusia >15 tahun yang meningkat (TCSC-IAKMI, 2011).

Permasalahan prevalensi merokok, dapat dibuat sebuah formulasi matematika guna melihat interaksi antara populasi perokok aktif, populasi perokok potensial dan populasi perokok yang sudah berhenti, seiring dengan perubahan waktu. Model dinamik untuk masalah populasi perokok pertama kali diperkenalkan oleh Castillo-Garsow, Jordan-Salivia dan Rodriguez-Herrera. Model ini membagi populasi dalam 3 kelompok populasi, yaitu populasi perokok potensial, populasi perokok aktif, dan populasi berhenti merokok. Penelitian perlu dilakukan untuk memahami bagai-mana masalah prevalensi merokok, sehingga dapat diambil langkah bijak untuk mengendalikan konsumsi rokok.

Pemodelan matematika adalah alat yang ampuh yang dapat digunakan untuk menganalisis dan menjelaskan masalah prevalensi merokok yaitu dinamika dari masing-masing kelompok populasi. Pendugaan parameter perokok potensial, populasi perokok aktif, dan populasi berhenti merokok dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai metode. Dalam penelitian ini akan menggunakan metode Dekomposisi Adomian Multistage (MADM) yang diharapkan dapat memberikan solusi dari model peningkatan populasi perokok sebagai solusi seri t (waktu) untuk setiap m subinterval selama periode [0, T]. Penyelesaian model dan simulasi model dilakukan dengan pemrograman pada Mathematica versi 8. Hasil yang diperoleh dapat dianalisis untuk menentukan kesesuaian dalam menggu-nakan MADM.

Model Peningkatan Populasi Perokok

Gunawan dan Nurtamam (2008) membuat model peningkatan populasi perokok berupa tiga persamaan yang berbentuk taklinear dengan populasi tertutup. Sifat tertutup dari sistem tersebut dikarenakan populasi dikelompokkan pada populasi kelompok umur tertentu.

Beberapa batasan yang digunakan dalam mengkontruksi model peningkatan populasi perokok oleh Gunawan dan Nurtamam (2008) adalah:

1. Banyaknya populasi setiap saat $N(t)$ adalah konstan
2. Populasi dalam sistem dibedakan menjadi tiga kelompok, yaitu populasi perokok potensial $x^*(t)$, populasi perokok aktif $y^*(t)$ dan populasi yang berhenti merokok $z^*(t)$. Dengan demikian, $N(t) = x^*(t) + y^*(t) + z^*(t)$
3. Orang yang berhenti merokok dimungkinkan untuk kembali menjadi perokok.
4. Penambahan jumlah perokok aktif diakibatkan oleh adanya kontak atau interaksi antara perokok potensial $x^*(t)$ dengan perokok aktif $y^*(t)$, dan penambahan dari sebagian poppulasi berhenti merokok $z^*(t)$ yang menjadi perokok aktif $y^*(t)$.
5. Terdapat sejumlah orang dari masing-masing kelompok yang meninggalkan sistem.

Model peningkatan populasi perokok oleh Gunawan dan Nurtamam tidak bergantung pada dimensi dengan mendefinisikan peubah:

$$x(t) = \frac{x^*(t)}{N(t)}, \qquad y(t) = \frac{y^*(t)}{N(t)},$$

$$z(t) = \frac{z^*(t)}{N(t)} \text{ dan } t = \mu t^*$$

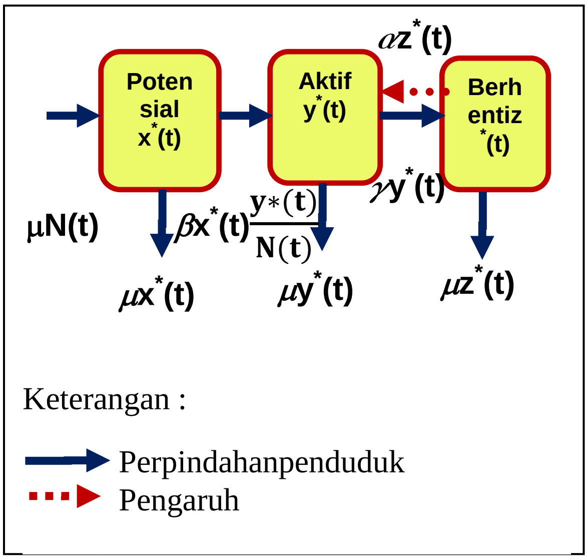
dan parameter-parameter

$$\alpha = \frac{\alpha^*}{\mu},\ \beta = \frac{\beta^*}{\mu} \text{ dan } \gamma = \frac{\gamma^*}{\mu}$$

Parameter-parameter yang digunakan dalam model dinamik peningkatan populasi perokok adalah sebagai berikut (Gunawan dan Nurtamam, 2008):

$x(t)$ = Proporsi populasi perokok potensial tak berdimensi
$y(t)$ = Proporsi populasi perokok aktif tak berdimensi
$z(t)$ = Proporsi populasi yang berhenti merokok tak berdimensi
μ = Laju populasi yang keluar masuk sistem
α^* = Laju populasi yang berhenti merokok kembali menjadi perokok aktif
α = Parameter α^* tak berdimensi
β^* = Laju populasi perokok potensial menjadi populasi perokok aktif
β = Parameter β^* tak berdimensi
γ^* = Laju populasi perokok aktif menjadi populasi yang berhenti merokok
γ = Parameter γ^* tak berdimensi

Secara skematis, pola interaksi populasi perokok potensial, aktif dan berhenti dapat digambarkan dalam diagram kompartemen berikut :



Gambar 1. Interaksi populasi perokok potensial, aktif dan berhenti.

Adapun model peningkatan populasi perokok oleh Gunawan dan Nurtamam (2008):

$$\frac{dx}{dt} = 1 - \beta x y - x$$

$$\frac{dy}{dt} = \beta x y - (1-\gamma) y + \alpha z$$

$$\frac{dz}{dt} = \gamma y - (1+\alpha) z$$

(1)

Dengan syarat awal:

$x(0)=1,\ y(0)=0,\ z(t)=0$

Deret Maclaurin

Menurut Syamsidar (2009), deret Maclaurin digunakan untuk memperoleh polinomial Adomian dari Metode Dekomposisi Adomian. Deret Maclaurin dapat dipeoleh dari deret Taylor. Uraian deret Taylor dari suatu fungsi $f(x)$ di sekitar $x = a$ dinyatakan sebagai berikut

$$f(x) = f(a) + \frac{f'(a)}{1!}(x-a) + \frac{f''(a)}{2!}(x-a)^2 + \frac{f'''(a)}{3!}(x-a)^3 + \ldots + \frac{f^{(n)}(a)}{n!}(x-a)^n$$

Jika a = 0, maka diperoleh deret Maclaurin berikut

$$f(x) = f(0) + \frac{f'(0)}{1!}x + \frac{f''(0)}{2!}x^2 + \frac{f'''(0)}{3!}x^3 + \ldots + \frac{f^{(n)}(0)}{n!}x^n$$

Prinsip-prinsip Dasar dari Metode Dekomposisi Adomian (ADM)

Metode Dekomposisi Adomian (ADM) pertama kali diperkenalkan pada awal tahun 1980 untuk digunakan dalam memecahkan masalah stokastik dan. ADM memberikan solusi analitis dalam hal yang deret infinite dan dapat diperoleh tanpa linearisasi, perturbasi, atau transformasi diskritisasi.

Setiap persamaan diferensial dapat direpresentasikan sebagai

$Lu + Ru + Nu = g,$ (1)

dengan L adalah urutan turunan tertinggi (order n) yang invertible. Ini membuat L^{-1}menjadi integrasi n - kali lipat. R adalah operator diferensial linear (order < N) sedangkan Nu adalah istilah non linier. Memecahkan persamaan (1) untuk Lu, dan menerapkan operator invers L^{-1}untuk kedua belah pihak , dengan kondisi tersebut, akan diperoleh

$u = a + L^{-1}g - L^{-1}(Ru) - L^{-1}(Nu).$ (2)

Bagian a, dihasilkan dari kondisi yang diberikan. Dekomposisi dari bagian nonlinier Nu dapat diberikan sebagai deret terbatas $Nu = \sum_{n=0}^{\infty} A_n$ (3)

Dalam persamaan (3) , A_n adalah polynomial A domain dan dapat diperoleh untuk berbagai bagian nonlinier. Jika

$= \sum_{n=0}^{\infty} u_n$, maka persamaan (2) dapat ditulis sebagai

$$\sum_{n=0}^{\infty} u_n\, a + L^{-1} g L^{-1}\left(R \sum_{n=0}^{\infty} u_n\right)$$
$$-L^{-1}\sum_{n=0}^{\infty} A_n. \qquad (4)$$

Persamaan (4) kemudian digunakan sebagai solusi perkiraan untuk persamaan (1)

Metode Dekomposisi Adomian Multistage (MADM)

Dalam menggunakan prinsip ADM untuk memecahkan sistem persamaan diferensial, solusi dapat diperoleh dengan terasi setiap persamaan. Algoritma ini digunakan MADM untuk memecahkan berbagai sistem persamaan. Namun, solusi yang diperoleh melalui ADM tidak akan konvergen secara global. Untuk mengatasi hal ini, ADM diterapkan selama interval waktu berturut-turut [0, t_1), [t_1, t_2),.....,[t_{m-1}, T] dengan membagi interval waktu [0 , T] ke m subinterval dengan kondisi awal di [t^*, t_{m+1}). Keuntungan utama dari membagi domain adalah bahwa beberapa bagian deret diperlukan untuk mendapatkan pendugaan yang baik dalam interval waktu yang kecil .

Bentuk umum dari sistem persamaan diferensial yang diberikan sebagai berikut :

$$X'_i \sum_{j=1}^{n} a_{ij}\, X_{ij} \sum_{p=1}^{n}\sum_{q=1}^{n} a_{ipq}\, X_p X_q,$$
$$i = 1,2,3, \ldots, n \qquad (5)$$

Untuk semua $t \geq t^*$, diberikan solusi umum dari persamaan (5) menjadi

$$X_i(t) = \sum_{m=0}^{\infty} d_{im} \frac{(t-t^*)^m}{m!},$$
$$i = 1,2, \ldots, n (6)$$

Koefisien d_{im} diberikan untuk

$d_{i0} = X_i(t^*)$, dan

$$d_{im} = \sum_{j=1}^{n} a_{ij} d_{j(m-1)} + (m-1)! \sum_{p=1}^{n}\sum_{q=1}^{n}\sum_{k=0}^{m-1} a_{ipq}$$

$$\frac{d_{qk} d_{p(m-k-1)}}{k!k!(m-k-1)!},\ m \geq 1 \qquad (7)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setimbang Model Peningkatan Populasi Perokok.

Titik Setimbang Model Peningkatan Populasi Perokok adalah titik yang diperoleh ketika sistem (1) berada dalam keadaan setimbang, yaitu saat perubahan populasi perokok potensial, populasi perokok aktif dan populasi perokok berhenti, sepanjang waktu adalah nol.

Titik setimbang adalah titik yang invarian terhadap waktu, maka titik setimbang diperoleh saat

$$\frac{dx}{dt} = \frac{dy}{dt} = \frac{dz}{dt} = 0$$

Untuk $\frac{dx}{dt} = \frac{dy}{dt} = \frac{dz}{dt} = 0$,

Jika didefinisikan suatu besaran

$$R_0 = \frac{\beta(1+\alpha)}{1+\gamma+\alpha}$$

Maka diperoleh titik kesetimbangan endemik $E_1\left(\frac{1}{R_0}, \frac{R_0-1}{\beta}, \frac{\gamma(R_0-1)}{\beta(1+\alpha)}\right)$

Untuk titik kesetimbangan bukan endemik yang memperlihatkan bahwa untuk jangka waktu yang lama, lingkungan atau komunitas tertentu akan bebas dari perokok aktif ($y \to Y = 0$), maka $x = 1, z = 0$, sehingga $E_2(1,0,0)$ merupakan titik kesetimbangan bukan endemik.

KestabilanTitik Setimbang

Menentukan kestabilan dari suatu sistem dengan langkah awal membentuk Matriks Jacobian (MJ) dari sistem persamaan(1) yang diturunkan secara parsial.

Karena memiliki dua titik setimbang, yaitu $E_1\left(\frac{1}{R_0}, \frac{R_0-1}{\beta}, \frac{\gamma(R_0-1)}{\beta(1+\alpha)}\right)$ dan $E_2(1,0,0)$, maka Matriks Jacobian harus merupakan rekonstruksi dari kedua titik tersebut.

Untuk $E_1\left(\frac{1}{R_0},\frac{R_0-1}{\beta},\frac{\gamma(R_0-1)}{\beta(1+\alpha)}\right)$ diperoleh jika $R_0>1$, maka titik setimbang $E_1\left(\frac{1}{R_0},\frac{R_0-1}{\beta},\frac{\gamma(R_0-1)}{\beta(1+\alpha)}\right)$ stabil asimtot secara lokal.

Selanjutnya dengan dengan mensubstitusikan titik kritis $E_2(1,0,0)$ kedalam matriks MJ, maka untuk $R_0>1$, $R_0=\frac{\beta(1+\alpha)}{1+\gamma+\alpha}$, maka $1+\gamma+\alpha<\beta(1+\alpha)$, sehingga $(1+\alpha-\gamma-\beta(1+\alpha))<0$, jadi terdapat paling sedikit 1 nilai karakteristik λ dengan bagian real positif. Dengan demikian, untuk $R_0>1$, titik kesetimbangan $E_2(1,0,0)$ tidak stabil secara lokal. Sedangkan untuk $R_0<1$, atau $1+\gamma+\alpha>\beta(1+\alpha)$, sehingga $(1+\alpha-\gamma-\beta(1+\alpha))>0$, jadi terdapat paling nilai karakteristik λ dengan bagian real negatif. Dengan demikian, untuk $R_0<1$, titik kesetimbangan $E_2(1,0,0)$ stabil secara lokal.

Pendugaan Parameter Model Peningkatan Populasi Perokok dengan Metode Dekomposisi Adomian Multistage (MADM)

Penyelesaian menggunakan metode dekomposisi adomian multistage (MADM) dapat diperoleh dengan mendefinisikan operator linear R_{i1} dan operator nonlinear R_{i2}, oleh karena itu sistem di atas dapat ditulis dalam bentuk operator

$$Lx_i=R_{i1}+R_{i2},\qquad i=1,2,...,n$$

Dengan menerapkan inversnya maka diperoleh

$$x_i(t)=x_i(t^*)+L^{-1}R_{i1}+L^{-1}R_{i2},\quad i=1,2,...,n$$

dengan asumsi sistem di atas adalah masalah nilai awal. Solusinya adalah tunggal, maka solusi untuk $x_i(t)$ dinyatakanoleh $x_i(t)=\sum_{m=0}^{\infty}x_{im}(t),\qquad i=1,2,...,n$

kemudian R_{i1} menjadi $R_{i1}=\sum_{j=1}^{n}\sum_{m=0}^{\infty}a_{ij}x_{im}$

Sehingga $L^{-1}R_{i1}$ diberikan oleh :

$$L^{-1}R_{i1}=\sum_{j=1}^{n}\sum_{m=0}^{\infty}a_{ij}\int_{t*}^{t}x_{im}dt$$

dan R_{i2} nonlinear ditunjukkan sebagai

$$R_{i2}=\sum_{p=1}^{n}\sum_{q=1}^{n}a_{ipq}\sum_{m=0}^{\infty}A_{im,p,q}$$

dengan $A_{im,p,q}$ adalah polynomial adomian berikut

$$A_{im,p,q}=\frac{1}{m!}\frac{d^m}{d\lambda^m}\left[M\left(\sum_{k=0}^{\infty}\lambda^k x_{kp}\sum_{k=0}^{\infty}\lambda^k x_{kq}\right)\right]_{\lambda=0}$$

Dimana $M(x_1,x_2)=x_1x_2$ untuk $m=0,1,2,...$

dan $L^{-1}R_{i2}=\sum_{p=1}^{n}\sum_{q=1}^{n}a_{ipq}\sum_{m=0}^{\infty}\int_{t^*}^{t}A_{im,p,q}dt$

Maka diperoleh persamaan berikut

$$\sum_{m=0}^{\infty}x_{im}(t)=x_i(t^*)+\sum_{j=1}^{n}\sum_{m=0}^{\infty}a_{ij}\int_{t^*}^{t}x_{im}dt+\sum_{p=1}^{n}\sum_{q=0}^{n}a_{ipq}\sum_{m=0}^{\infty}\int_{t^*}^{t}A_{im,p,q}dt$$

dengan koefisien d_{im} sebagai berikut

$d_{i0}=x_i(t)$

Setelah menghitung polynomial dan diintegralkan, maka untk semua $t\geq t^*$ diperoleh

$$x_i(t)=\sum_{m=0}^{\infty}d_{im}\frac{(t-t^*)^m}{m!},\quad i=1,2,...,n$$

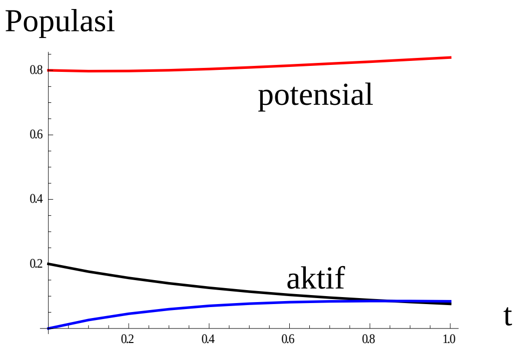
$$d_{im}=\sum_{j=1}^{n}a_{ij}d_{j(m-1)}+(m-1)!$$

$$\sum_{p=1}^{n}\sum_{q=1}^{n}\sum_{k=0}^{m-1}a_{ipq}\frac{d_{qk}}{k!}\frac{d_{p(m-k-1)}}{k!(m-k-1)!}$$

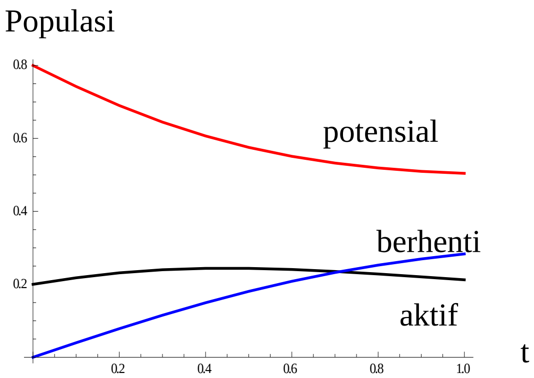
Penyelesaian model peningkatan populasi perokok dilakukan dengan mengimplementasikan metode pada Mathematica versi 8.

Simulasi Model Peningkatan Populasi Perokok dengan Software Mathematica.

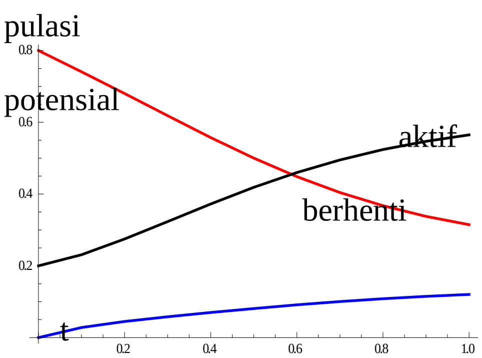
Hasil utama yang diperoleh dalam penelitian ini adalah dapat diduga nilai parameter yang selanjutnya disimulasikan untuk dapat melihat pengaruh nilai parameter dalam peningkatan perokok aktif dari dinamika model. Nilai awal yang digunakan adalah x(0)=0.8, y(0)=0.2 dan z(0)=0.



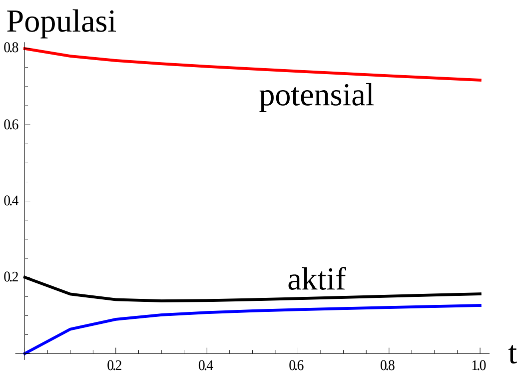
a) β=1.5,γ=1.5, α=0.5, $R_{0=0.75}$



b) β=5,γ=2, α=0.07, $R_{0=}1.734$



c) β=5,γ=2, α=8, $R_{0=}4.09$



d) β=3,γ=5, α=5, $R_{0=}1.363$

Gambar 2. Simulasi Model Populasi Perokok

Kesetimbangan Model Populasi Perokok diperoleh jika $R_0 \geq 1$. Titik setimbang endemik memperlihatkan bahwa untuk jangka waktu yang lama dalam lingkungan atau komunitas tertentu akan selalu ada perokok aktif (y≠0). Pada persamaan (9), $R_0 = \frac{\beta(1+\alpha)}{1+\gamma+\alpha}$, maka $\frac{\beta(1+\alpha)}{1+\gamma+\alpha} \geq 1$. Untuk $R_0 = 1$, $\beta = 1 + \frac{\gamma}{(1+\alpha)}$ sehingga untuk α yang cukup besar, β akan menuju 1. Sedangkan jika α cukup kecil, β akan menuju 1+ γ. Jika $0 \leq \beta \leq 1$, maka berapapun nilai α akan memberikan $R_0 < 1$ .Jika $0 \leq \beta \leq 1+\gamma$, maka didapat nilai kritis α_k sehingga jika $\alpha < \alpha_k$, maka pasangan α dan β akan memberikan nilai $R_0 < 1$, sedangkan jika $\alpha > \alpha_k$, maka pasangan α dan β akan memberikan nilai $R_0 > 1$. Untuk $\beta \geq 1+\gamma$, berapapun nilaiα, maka $R_0 > 1$.

Untuk nilai α yang kecil, dan perubahan kecil ternyata solusi kesetimbangan hanya bergeser sedikit. Tetapi untuk α yang sama, dan parameter lain berbeda, ternyata solusi kesetimbangan berbeda.

Untuk nilai β yang kecil memberikan hasil solusi kesetimbangan perokok potensial naik sedikit, tetapi β yang besar, memberikan hasil solusi kesetimbangan perokok potensial menurun. Jika terdapat populasi berhenti merokok kembali menjadi perokok aktif, maka interaksi yang kecil antara populasi perokok aktif dengan populasi potensial sudah cukup menaikkan populasi perokokaktif dari populasi perokok awal.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Diperoleh titik setimbang endemik Model Peningkatan Populasi Perokok $E_1\left(\frac{1}{R_0},\frac{R_0-1}{\beta},\frac{\gamma(R_0-1)}{\beta(1+\alpha)}\right)$ dengan $R_0=\frac{\beta(1+\alpha)}{1+\gamma+\alpha}$ sebagai bilangan reproduksi dasar. Untuk titik kesetimbangan bukan endemik ($y\rightarrow Y=0$), diperoleh $E_2(1,0,0)$.Analisis kestabilan yang diperoleh yaitu untuk $R_0>1$, titik kesetimbangan $E_2(1,0,0)$ tidak stabil secara lokal. Sedangkan untuk $R_0<1$, titik kesetimbangan $E_2(1,0,0)$ stabil secara lokal.Untuk $R_0>1$, titik setimbang $E_1\left(\frac{1}{R_0},\frac{R_0-1}{\beta},\frac{\gamma(R_0-1)}{\beta(1+\alpha)}\right)$ stabil asimtot secara lokal.

Hasil pendugaan parameter yaitu untuk $R_0=1$, $\beta=1+\frac{\gamma}{(1+\alpha)}$, sehingga untuk α yang cukup besar, β akan menuju 1. Sedangkan jika α cukup kecil, β akan menuju 1+ γ. Jika $0\le\beta\le1$, maka berapapun nilai α akan memberikan $R_0<1$ .Jika $0\le\beta\le1+\gamma$, maka didapat nilai kritis α_k sehingga jika $\alpha<\alpha_k$, maka pasangan α dan β akan memberikan nilai $R_0<1$, sedangkan jika $\alpha>\alpha_k$, maka pasangan α dan β akan memberikan nilai $R_0>1$. Untuk $\beta\ge1+\gamma$, berapapun nilaiα, maka $R_0>1$.

Metode Dekomposisi Adomian Multistage (MADM) adalah metode dekomposisi yang digunakan dalam mencari perkiraan solusi dari sistem persamaan diferensial non linier. Metode ini merupakan metode alternatif yang numerik, sehingga dapat dilakukan dengan bantuan komputer. Model Matematika peningkatan Populasi Perokok yang merupakan sistem persamaan diferensial non linier diselesaikan dengan metode MADM, yang selanjutnya disimulasikan.

Saran

Hasil penelitian ini bisa digunakan sebagai salah satu referensi untuk mengetahui peningkatan populasi perokok, sehingga pemerintah dapat segera menentukan kebijakan pengendalian populasi perokok dalam melindungi dan meningkatkan kesehatan masyarakat. Kemudian penelitian ini dapat dikembangkan lagi dengan menyertakan data real sebagai bahan evaluasi untuk model matematika yang telah dibuat.

DAFTAR PUSTAKA

C. Castillo-Garsow, G. Jordan-Salivia, and A. Rodriguez Herrera. 2000. *Mathematical Models For The Dynamics Of Tobacco Use, Recovery, And Relapse*. Technical Report Series BU-1505M, Cornell University, Ithaca, NY, USA.

Gunawan, A Y dan Nuratamam, M E. 2008. Model Dinamik Sederhana untuk Masalah Peningkatan Populasi Perokok. *Journal of the Indonesian Mathematical Society*. vol. 14, no. 1 2008 [63 – 72].

Nuraini Yusoff, Harun Budin, dan Salemah Ismail. 2010. *Parameter Estimation of The SIR Model Using The Multistage Adomian Decomposition Method*. Proceedings of the 6th IMT-GT Conference on Mathematics, Statistics and its Applications (ICMSA 2010) Universiti Tunku Abdul Rahman, Kuala Lumpur, Malaysia 635.

Soewarta Kosen , 2007. Profil Tembakau Indonesia. TCSC, SEATCA, WHO.

Syamsidar, H. 2009. Metode Dekomposisi Adomian untuk Menyelesaikan Persamaan Diferensial Abelian. IPB [Skripsi].

TCSC-IAKMI 2011. http://www.indofbh.org/tcscindo/assets/applets/Fact_Sheet_Fakta_Tembakau_Di_Indonesia.pdf.