

Model Matematika Jumlah Perokok Dengan Dinamika Akar Kuadrat dan Faktor Migrasi

Mohammad Soleh¹, Delli Sazmita²

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

Abstrak

Pada makalah ini dijelaskan tentang model matematika jumlah perokok dengan laju penyebaran perokok menggunakan dinamika akar kuadrat dan migrasi. Populasi dibagi menjadi empat subpopulasi, yaitu perokok potensial, perokok kadang-kadang, perokok berat, dan mantan perokok. Hasil yang diperoleh dari analisis model, yaitu terdapat satu titik ekuilibrium endemik perokok. Jika syarat terpenuhi, maka titik ekuilibrium endemik perokok akan stabil asimtotik, dan pada jangka waktu yang lama akan selalu terjadi penyebaran perokok.

Katakunci : Model Jumlah Perokok, Stabil Asimtotik, Titik Ekuilibrium

Abstract

This paper discussed about the mathematical model of smokers with square root dynamics and migration. This model divided 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 smokers endemic equilibrium state. If the condition are complete, then endemic equilibrium state is asymptotically stable, and in the long term will always happen deployment smokers.

Keywords: Mathematical Model the Number of Smokers, Asymptotically Stable, Equilibrium State

1. Pendahuluan

Rokok merupakan salah satu pembunuh paling berbahaya di dunia. Laporan *World Health Organization* (WHO) bahwa tahun 2008 terjadi lebih dari lima juta orang meninggal karena penyakit yang disebabkan rokok. Ini berarti setiap satu menit tidak kurang sembilan orang meninggal akibat racun pada rokok atau dalam setiap tujuh detik akan terjadi satu kasus kematian akibat rokok (Oktavia, 2011). Indonesia menjadi negara ketiga pada jumlah perokok aktif terbanyak setelah Cina dan India, yaitu sebesar 34% pada tahun 2008. Jumlah perokok ini terus meningkat pada tahun 2010 sebesar 34,7% (*Tobacco Control Support Center*, 2012).

Rokok mengandung sekitar 4.800 bahan kimia dengan komponen utama yaitu tar, nikotin dan CO (karbon monoksida) (Tirtosastro dan Murdiyati, 2010). Nikotin mampu menimbulkan perasaan menyenangkan yang membuat perokok ketagihan untuk terus merokok. Semakin sering seseorang merokok maka semakin tinggi kandungan tar, nikotin dan CO (Karbon monoksida) dalam tubuh yang dapat menyebabkan berbagai macam penyakit pada organ tubuh, antara lain beberapa jenis kanker yang berhubungan dengan saluran pernapasan hingga paru, kandungan kemih, gangguan pada kehamilan, penyakit pembuluh darah seperti penyakit jantung dan *stroke* serta penyakit lainnya (Aditama, 2001).

Berbagai cara telah dilakukan oleh pemerintah untuk mengatasi permasalahan tentang jumlah perokok, salah-satunya dengan melakukan promosi kesehatan kepada masyarakat, serta membuat lokasi khusus bagi perokok. Upaya lain untuk membantu pemerintah mengatasi permasalahan jumlah perokok juga dapat dikontrol 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*”. Jurnal ini membahas dinamika akar kuadrat dalam memodelkan jumlah perokok dengan menkonstruksi model menjadi empat kompartemen (subpopulasi) dan membahas stabilitas lokal serta global dari model dan memberikan solusi umum.

Begitu juga dengan M.V. Anggraini, dkk. (2013) dalam jurnalnya yang berjudul “*Analisis Model Matematika Jumlah Perokok dengan Dinamika Akar Kuadrat*” dimana dalam jurnal tersebut didapat interaksi antara perokok potensial dan perokok berat lebih mempengaruhi untuk merokok dari pada interaksi antara perokok potensial dan sesekali perokok .

Kemudian A. Zeb, F. Bibi, Zaman (2015) pada jurnalnya yang berjudul “*Optimal Control Strategies in Square-root Dynamics of Smoking Model*” yang membahas tentang model matematika perokok dinamika akar kuadrat dengan menggunakan 3 variabel kontrol serta meminimalkan jumlah perokok potensial dan perokok sesekali dan memaksimalkan jumlah orang yang berhenti merokok.

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. Berdasarkan latar belakang di atas penulis tertarik untuk mengkaji ulang model matematika jumlah perokok dengan dinamika akar kuadrat pada jurnal Zeb, dkk, namun dengan menambahkan adanya pengaruh migrasi, sehingga terdapat pengaruh terhadap jumlah populasi perokok karena emigrasi dan imigrasi.

2. Metodologi Penelitian

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

Tabel 2.1 Identifikasi Parameter dan Variabel yang digunakan dalam model.

No	Parameter dan Variabel	Keterangan
1	P	Perokok potensial
2	L	Perokok kadang-kadang
3	S	Perokok berat
4	Q	Mantan perokok
5	μ	Laju kematian alami
6	D	Laju kematian disebabkan oleh rokok
7	$\beta_1 \sqrt{PL}$	Laju kontak dinamika akar kuadrat antara potensial perokok dengan perokok kadang-kadang
8	δ	Laju berhenti dari merokok
9	ρ_1	Laju imigrasi populasi perokok
10	ρ_2	Laju emigrasi populasi perokok
11	λ	Individu yang berumur ≥ 10 tahun
12	γ	laju berkurangnya perokok kadang-kadang

2.1. Membuat asumsi-asumsi yang melibatkan variable dan parameter, dalam penelitian ini penulis mengasumsikan bahwa:

- a. Populasi bersifat terbuka, dimana dalam populasi terjadi proses migrasi,
- b. Adanya proses kelahiran dan kematian alami dalam populasi jumlah perokok dengan laju kelahiran dan kematian konstan.
- c. Individu yang masuk ke populasi adalah individu yang berusia ≥ 10 tahun ke atas.
- d. Individu yang tidak merokok akan menjadi seorang perokok, karena berinteraksi dengan perokok kadang-kadang.
- e. Jumlah rokok yang dikonsumsi setiap hari tidak dipertimbangkan.

- f. Individu yang sudah berhenti merokok tidak akan merokok lagi.
- g. Kematian karena merokok dipertimbangkan baik pada perokok aktif maupun pada perokok pasif.

2.2. Diberikan model Zeb, dkk sebagai berikut :

$$\frac{dP}{dt} = \lambda - \beta\sqrt{PL} - (d + \mu)P \dots\dots\dots(2.a)$$

$$\frac{dL}{dt} = \beta\sqrt{PL} - (\gamma + d + \mu)L \dots\dots\dots(2.b)$$

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

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

- 2.3. Dari Model Zeb, dkk di atas akan ditambah parameter ρ_1 (laju imigrasi) dan ρ_2 (laju emigrasi) pada masing-masing populasi perokok.
- 2.4. Menentukan titik ekuilibrium dari model yang dibuat, terdapat titik ekuilibrium bebas perokok dan endemik perokok.
- 2.5. Menganalisa kestabilan dari titik ekuilibrium yang telah didapat dengan melakukan linearisasi dan menentukan *Matriks Jacobian*, serta menentukan kestabilan menggunakan kriteria Routh-Hurwitz.
- 2.6. Membuat simulasi numerik menggunakan *software Maple*.

3. Pembahasan dan Hasil

Model matematika jumlah perokok dengan dinamika akar kuadrat dan faktor migrasi 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 terbuka, yaitu dalam populasi terjadi proses migrasi.
- b. Recruitment yang masuk pada potensial perokok adalah individu yang berusia ≥ 10 tahun.
- c. Individu yang potensial perokok akan menjadi seorang perokok, disebabkan karena adanya interaksi dengan perokok kadang-kadang, sedangkan individu perokok kadang-kadang akan menjadi seorang perokok berat apabila terjadinya interaksi secara intens antara keduanya.
- d. Individu perokok berat akan menjadi mantan perokok jika individu tersebut mempertimbangkan untuk berhenti merokok.
- e. Kategori perokok kadang-kadang adalah orang merokok (1-10 batang/hari) sedangkan perokok berat adalah orang yang merokok (> 10 batang/hari).
- f. Individu yang sudah berhenti merokok tidak akan merokok lagi, karena adanya kesadaran diri oleh individu akan bahaya rokok.
- g. Selalu terdapat interaksi antara individu perokok potensial dan perokok kadang-kadang, yaitu $\sqrt{PL} \neq 0$ ini artinya $P \neq 0$ dan $L \neq 0$.

Berdasarkan asumsi-asumsi di atas, dapat dijelaskan bahwa dalam setiap subpopulasi jumlah perokok masing-masing mengalami laju kematian alami konstan $\mu > 0$, laju kematian karena rokok sebesar $d > 0$, dan juga mengalami migrasi masing-masing laju imigrasi dan emigrasi besarnya konstan dengan $\rho_1 > 0$ dan $\rho_2 > 0$. Jumlah perokok pada subpopulasi perokok potensial bertambah karena kehadiran individu yang berumur ≥ 10 tahun ke dalam subpopulasi sebesar λ . Berdasarkan asumsi-asumsi, variabel dan parameter di atas tentang penyebaran jumlah perokok dengan dinamika akar kuadrat dan faktor migrasi, maka diperoleh model matematika untuk jumlah perokok dengan dinamika akar kuadrat dan faktor migrasi sebagai berikut:

$$\frac{dP}{dt} = \lambda + \rho_1 P - \beta\sqrt{PL} - (\rho_2 + \mu + d)P \dots\dots\dots(3.1.a)$$

$$\frac{dL}{dt} = \rho_1 L + \beta\sqrt{PL} - \gamma L - (\rho_2 + \mu + d)L \dots\dots\dots(3.1.b)$$

$$\frac{dS}{dt} = \rho_1 S + \gamma L - \delta S - (\rho_2 + \mu + d)S \dots\dots\dots(3.1.c)$$

$$\frac{dQ}{dt} = \rho_1 Q + \delta S - (\rho_2 + \mu + d)Q \dots\dots\dots(3.1.d)$$

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

Titik Ekuilibrium Endemik Perokok

Dalam pemodelan matematika jumlah perokok dengan dinamika akar kuadrat dan faktor migrasi pada Sistem 3.1 diperoleh satu titik ekuilibrium yaitu titik ekuilibrium endemik perokok, ini berarti suatu keadaan dalam populasi selalu ada perokok karena adanya interaksi antara perokok potensial dengan perokok kadang-kadang. Dengan menyelesaikan Sistem 3.1 secara analitis, diperoleh titik ekuilibrium endemik perokok dengan masing-masing P^*, L^*, S^*, Q^* sebagai berikut:

$$P^* = \frac{\lambda(\gamma + \rho_2 + \mu + d - \rho_1)^2}{(-\rho_1 + \rho_2 + \mu + d)(\gamma + \rho_2 + \mu + d - \rho_1)^2 + \beta^2(\gamma + \rho_2 + \mu + d - \rho_1)}$$

$$L^* = \frac{\lambda\beta^2}{(-\rho_1 + \rho_2 + \mu + d)(\gamma + \rho_2 + \mu + d - \rho_1)^2 + \beta^2(\gamma + \rho_2 + \mu + d - \rho_1)}$$

$$S^* = \frac{\gamma\lambda\beta^2}{[(\rho_1 - \rho_2 - \mu - d)(\gamma + \rho_2 + \mu + d - \rho_1)^2 - \beta^2(\gamma + \rho_2 + \mu + d - \rho_1)](\rho_1 - \rho_2 - \mu - d - \delta)}$$

$$Q^* = \frac{\delta\gamma\lambda\beta^2}{[(-\rho_1 + \rho_2 + \mu + d)(\gamma + \rho_2 + \mu + d - \rho_1)^2 + \beta^2(\gamma + \rho_2 + \mu + d - \rho_1)](\rho_1 - \rho_2 - \mu - d - \delta)}$$

Kestabilan Titik Ekuilibrium

Setelah mendapatkan titik ekuilibrium, selanjutnya akan dianalisa kestabilan dari titik ekuilibrium endemik perokok. Kestabilan titik ekuilibrium Sistem (3.1) 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 (3.1), yaitu:

$$J = \begin{bmatrix} \frac{-\delta^2}{2(\gamma + \rho_2 + \mu + d - \rho_1)} - (\rho_2 + \mu + d - \rho_1) & \frac{-(\gamma + \rho_2 + \mu + d - \rho_1)}{2} & 0 & 0 \\ \frac{\beta^2}{2(\gamma + \rho_2 + \mu + d - \rho_1)} & \frac{(\gamma + \rho_2 + \mu + d - \rho_1)}{2} - (\gamma + \rho_2 + \mu + d - \rho_1) & 0 & 0 \\ 0 & \gamma & -(\delta + \rho_2 + \mu + d - \rho_1) & 0 \\ 0 & 0 & \delta & -(\rho_2 + \mu + d - \rho_1) \end{bmatrix} \dots\dots(3.2)$$

Kestabilan Titik Ekuilibrium Endemik Perokok

Teorema : Titik ekuilibrium endemik perokok stabil asimtotik lokal.

Bukti:

Substitusikan titik ekuilibrium endemik perokok ke dalam matriks (3.2), sehingga diperoleh:

$$\Leftrightarrow (-(\delta + \rho_2 + \mu + d - \rho_1) - \lambda)(-\rho_2 + \mu + d - \rho_1) - \lambda \left[\lambda^2 + \lambda \left(\frac{\beta^2}{2(\gamma + \rho_2 + \mu + d - \rho_1)} + \frac{(\gamma + \rho_2 + \mu + d - \rho_1)}{2} + (\rho_2 + \mu + d - \rho_1) \right) + \left(\frac{\beta^2(\gamma + \rho_2 + \mu + d - \rho_1)}{2(\gamma + \rho_2 + \mu + d - \rho_1)} - \frac{(\gamma + \rho_2 + \mu + d - \rho_1)(\rho_2 + \mu + d - \rho_1)}{2} + (\gamma + \rho_2 + \mu + d - \rho_1)(\rho_2 + \mu + d - \rho_1) \right) \right] = 0$$

$$\begin{aligned} &\Leftrightarrow (-(\delta + \rho_2 + \mu + d - \rho_1) - \lambda)(-(\rho_2 + \mu + d - \rho_1) - \lambda) \\ &\quad [\lambda^2 + a_1\lambda + a_2] = 0 \\ &\Leftrightarrow (-(\delta + \rho_2 + \mu + d - \rho_1) - \lambda) \\ &\quad (-(\rho_2 + \mu + d - \rho_1) - \lambda) r(\lambda) = 0 \\ &\Leftrightarrow (-(\delta + \rho_2 + \mu + d - \rho_1) - \lambda) \\ &\quad (-(\rho_2 + \mu + d - \rho_1) - \lambda) r(\lambda) = 0 \dots \dots \dots (3.3) \end{aligned}$$

Berdasarkan Persamaan (3.3) didapat nilai untuk λ_1 dan λ_2 , yaitu $\lambda_1 = -(\delta + \rho_2 + \mu + d - \rho_1) < 0$ dan $\lambda_2 = -(\rho_2 + \mu + d - \rho_1) < 0$. Sedangkan nilai-nilai eigen yang lainnya terdapat pada polinomial $r(\lambda)$, nilai untuk $r(\lambda) = \lambda^2 + a_1\lambda + a_2$ dengan $a_1 = \frac{\beta^2}{2(\gamma + \rho_2 + \mu + d - \rho_2)} - \frac{(\gamma + \rho_2 + \mu + d - \rho_2)}{2} + 2(\rho_2 + \mu + d - \rho_1) + \gamma$ dan $a_2 = \frac{\beta^2(\gamma + \rho_2 + \mu + d - \rho_2)}{2(\gamma + \rho_2 + \mu + d - \rho_2)} + (\gamma + \rho_2 + \mu + d - \rho_1)(\rho_2 + \mu + d - \rho_1) - \frac{(\gamma + \rho_2 + \mu + d - \rho_2)(\rho_2 + \mu + d - \rho_2)}{2}$, jadi kestabilan titik ekuilibrium endemik perokok ditentukan oleh nilai eigen pada polinomial $r(\lambda)$, sedangkan nilai-nilai eigen yang terdapat pada polinomial $r(\lambda)$ bernilai negatif karena $a_1 > 0$ dan $a_2 > 0$ sesuai kriteria Routh Hurwitz.

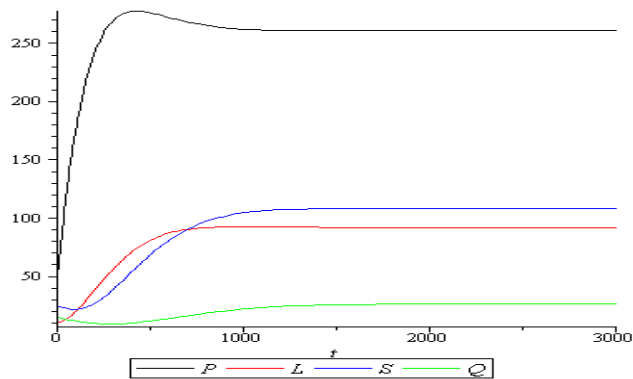
4. Simulasi

Simulasi ini dibantu dengan software Maple 13. Pada simulasi titik ekuilibrium endemik perokok model matematika jumlah perokok dengan dinamika akar kuadrat dan faktor migrasi ini digunakan nilai parameter, yaitu sebagai berikut:

Tabel 1. Nilai Parameter Untuk Endemik Perokok

Parameter	Nilai	Sumber
λ	2	M.V. Anggraini, dkk (2013)
β	0.006	Asumsi
μ	0.0021	M.V. Anggraini, dkk (2013)
d	0.001	Asumsi
γ	0.06	Asumsi
δ	0.001	Asumsi
α	0.01	Asumsi
ρ_1	0.001	Asumsi
ρ_2	0.002	Asumsi

Hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 1 berikut:

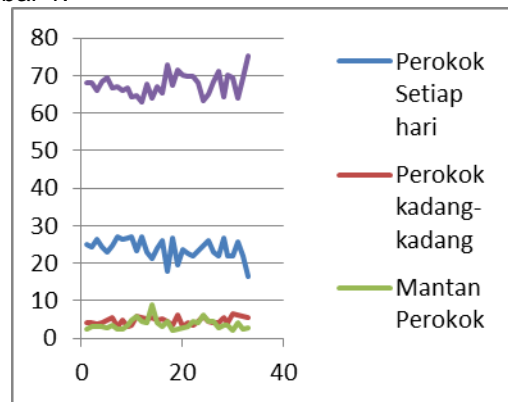


Gambar 1. Simulasi Titik Ekuilibrium Endemik Perokok

Berdasarkan Gambar 1 jumlah subpopulasi perokok potensial mengalami peningkatan karena adanya penambahan dari individu yang berumur ≥ 10 tahun dan adanya imigrasi kedalam subpopulasi perokok potensial. Subpopulasi perokok kadang-kadang mengalami penurunan, dikarenakan individu mengalami kematian secara alami ataupun kematian yang disebabkan oleh rokok dan adanya emigrasi, selain itu penurunan pada subpopulasi perokok kadang-kadang juga dikarenakan oleh laju perubahan individu perokok kadang-kadang menjadi perokok berat.

Untuk subpopulasi perokok berat mengalami peningkatan karena adanya laju perubahan individu perokok kadang-kadang menjadi perokok berat dan adanya imigrasi. Sedangkan, untuk subpopulasi mantan perokok atau individu yang telah berhenti merokok mengalami penurunan karena adanya kurangnya individu dari perokok berat yang memilih untuk berhenti dari merokok. Hal ini menunjukkan individu perokok tidak akan pernah hilang atau dengan kata lain individu perokok akan selalu ada dalam populasi.

Berdasarkan data dari jurnal Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas), *Penggunaan Tembakau*, Badan Litbangkes, Depkes RI. 2013 sebagaimana tergambar di bawah ini, tampak kesesuaiannya dengan simulasi pada Gambar 1.



Gambar 2. Simulasi Riset Jumlah Perokok tahun 2013

Berdasarkan Gambar Simulasi Riset Kesehatan dasar Proporsi penduduk umur ≥ 10 tahun menurut kebiasaan merokok di Provinsi se-Indonesia tahun 2007, 2010, 2013, jumlah perokok setiap hari mengalami peningkatan, dikarenakan adanya interaksi dengan perokok kadang-kadang, sedangkan untuk individu yang tidak merokok juga mengalami peningkatan, tetapi individu yang tidak merokok akan berpotensi untuk merokok apabila melakukan interaksi dengan perokok kadang-kadang dan perokok berat, kemudian subpopulasi jumlah mantan perokok sedikit dikarenakan kurangnya kesadaran untuk berhenti merokok.

5. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan di atas, maka didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Didapatkan hanya satu titik ekuilibrium yaitu titik ekuilibrium endemik perokok, titik ekuilibrium endemik perokok yaitu didapatkan bahwa stabil asimtotik lokal, berarti dalam jangka waktu yang cukup lama populasi tersebut selalu terjadi endemik penyebaran perokok..
2. Pada simulasi dapat disimpulkan bahwa pada keadaan populasi endemik jumlah subpopulasi perokok potensial mengalami peningkatan karena adanya penambahan dari individu yang berumur ≥ 10 tahun dan adanya imigrasi ke dalam subpopulasi perokok potensial. Subpopulasi perokok kadang-kadang mengalami penurunan, dikarenakan individu mengalami kematian secara alami ataupun kematian yang disebabkan oleh rokok dan adanya emigrasi, selain itu penurunan pada subpopulasi perokok kadang-kadang juga dikarenakan oleh laju perubahan individu perokok kadang-kadang menjadi perokok berat. Untuk subpopulasi perokok berat mengalami peningkatan karena adanya laju perubahan individu perokok kadang-kadang menjadi perokok berat dan adanya imigrasi. Sedangkan, untuk subpopulasi mantan perokok atau individu yang telah berhenti merokok mengalami penurunan karena adanya kurangnya individu dari perokok berat yang memilih untuk berhenti dari merokok. Hal ini menunjukkan individu perokok tidak akan pernah hilang atau dengan kata lain individu perokok akan selalu ada dalam populasi.

Saran

Penelitian ini membahas tentang model matematika jumlah perokok dengan dinamika akar kuadrat dan faktor migrasi. 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.

Daftar Pustaka

- [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] Gust, Sarake Mukhsen, Ikhsan Muhammad. "Faktor Yang Mempengaruhi Jumlah Rokok Yang Di hisap Perhari Pada Remaja Pria Di Sma Negeri 1 Bungku Selatan Kecamatan Bungku Selatan Kabupaten Morowali Di Sulawesi Tengah Tahun 2013," *Fakultas Kesehatan Masyarakat UNHAS Makassar*. 2013.
- [5] Haniva, I. "*Model Matematika Jumlah Perokok dengan Nonlinear Incidence Rate dan Penerapan Denda*." Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sultan Syarif Kasim Riau. 2015.
- [6] Jami, Fitri Yessi.,M. Subhan, danR. Sriningsih. "Model Matematika Pencegahan Pertambahan Jumlah Perokok dengan Penerapan Denda," *Universitas Negeri Padang*. 2013.
- [7] Kreyszig, E. "*Advanced Engineering Mathematics*". Edisi ke-10, halaman 1283. John Wiley & Sons. Inc, United States of America. 2011.
- [8] Munir, R. "*Metode Numerik*". Edisi Revisi, halaman 419. Informatika, Bandung. 2007.
- [9] Perko, L. "*Differential Equation and Dynamical System*," Departement of mathematics Northern Arizona University Flagstaf, USA. 2001.
- [10] 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.
- [11] Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas). "*Penggunaan Tembakau*". Jakarta: Badan Litbangkes, Depkes RI. 2013.
- [12] Subiono. "*Matematika Sistem*". Jurusan Matematika, FMIPA-ITS. Surabaya. 2010.
- [13] Zeb, A., Zaman, Bibi F., dan Momani, S. "Optimal Control Startegies In Square-Root Dynamics Of Smoking Model," *Department of Mathematics, COMSATS Institute of Information Technology Abbottabad, Pakistan*. 2015.