UJM 1 (2) (2012)
UNNES Journal of Mathematics
http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ujm

MODEL MATEMATIKA PADA PENYAKIT CHIKUNGUNYA DENGAN MENGGUNAKAN TREATMENTPADA INDIVIDU YANG SAKIT

Joko Prasetyo ✉ **, Muhammad Kharis,dan Wuryanto**

Jurusan Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Semarang, Indonesia
Gedung D7 lantai 1 Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang, 50229

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Diterima Juli 2012
Disetujui Agustus 2012
Dipublikasikan
Nopember2012

Keywords:
Chikungunya, Treatment, Mathematical Model.

Abstrak

Chikungunya merupakan penyakit sejenis demam virus yang disebabkan alphavirus yang disebarkan oleh gigitan nyamuk dari spesies Aedes aegypti. Chikungunya merupakan salah satu penyakit yang banyak melanda penduduk dunia termasuk Indonesia. Penyakit ini cenderung menimbulkan kejadian luar biasa pada sebuah wilayah . Pengobatan untuk virus chikungunya hanya dengan pengobatan secara simptomatik yaitu hanya mengurangi gejalanya saja seperti gejala demam diberi obat penurun panas, gejala nyeri sendi, seperti paracetomol, mefenemic acid dan lain-lain. Dalam tulisan ini akan dikaji model matematika untuk penyakit chikungunya dengan menggunakan treatment pada individu yang sakitberdasarkan asumsi-asumsi yang telah dibuat.Laju populasi diasumsikan konstan dan penyakit tidak menimbulkan kematian. Analisa yang dilakukan meliputi pembentukan model matematika, penentuan titik ekuilibrium model dan kestabilan titik ekuilbriumnya. Simulasidapat diberikan sebagai bentuk pendekatan model terhadap nilai-nilai parameter yang diberikan sebagai bentuk pengecekan terhadap hasil analisis yang telah dilakukan. Diharapkan hasil dari kajian ini dapat bermanfaat dalam penanggulanganpada penyakit chikungunya.

Abstract

Chikungunya fever is a viral disease caused by a type of alphaviruses are transmitted by mosquito bites from the Aedes aegypti species. Chikungunya is a disease that plagued many of the world including Indonesia. This disease tends to cause an outbreak in a region. Treatment for chikungunya virus with only symptomatic treatment alone is only reducing symptoms such as fever given medicine for fever, joint pain symptoms, such as paracetomol, mefenemic acid and others. Will be studied in this paper a mathematical model for chikungunya disease by using a pain treatment based on individual assumptions have been made. Assumed constant rate of population and the disease does not cause death. Analyzes performed included the establishment of mathematical models, the determination of the equilibrium point and stability point ekuilbriumnya models. Simulation can be given as a form of a model approach to the parameter values are given as a form of checks on the results of the analysis has been done. Expected results of this study can be useful in the prevention of chikungunya disease.

✉ Alamat korespondensi:
E-mail: joko.mmt.90@gmail.com

ISSN 2252-6943

A. Pendahuluan

Chikungunya adalah re-emerging disease atau penyakit lama yang kemudian merebak kembali. Demam chikungunya ini ialah sejenis demam yang diakibatkan oleh virus keluarga Togaviridae, genus alfavirus yang ditularkan oleh gigitan nyamuk Aedes aegypti . Penyakit ini cenderung menimbulkan kejadian luar biasa pada sebuah wilayah. (Depkes, 2004)

Kejadian luar biasa chikungunya di dunia terjadi pada tahun 1779 di Batavia dan Kairo, 1823 di Zanzibar, 1824 di India, 1870 di Zanzibar, 1871 di India, 1901 di Hongkong, Burma dan Madras, 1973 di Calcuta. Gejala utamanya adalah demam mendadak, nyeri pada persendian dan ruam makulopapuler (kumpulan bintik-bintik kemerahan) pada kulit yang kadang-kadang disertai dengan gatal. Gejala lainnya yang dapat dijumpai adalah nyeri otot, sakit kepala, menggigil, kemerahan pada konjunktiva, pembesaran kelenjar getah bening di bagian leher, mual, dan muntah. Meski gejalanya mirip dengan DBD, namun pada chikungunya tidak terjadi perdarahan hebat, renjatan (shock) maupun kematian. Masa inkubasinya dua sampai empat hari, sementara manifestasinya tiga sampai sepuluh hari. (Hendro ,2005)

Pengobatan untuk virus chikungunya hanya dengan pengobatan secara simptomatik yaitu hanya mengurangi gejalanya saja seperti gejala demam diberi obat penurun panas, gejala nyeri sendi, seperti paracetomol, mefenemic acid dan lain-lain. Disarankan juga agar penderita banyak beristirahat dan konsumsi makanan bergizi agar bisa mempercepat penyembuhan. (Suryaningsih, 2008)

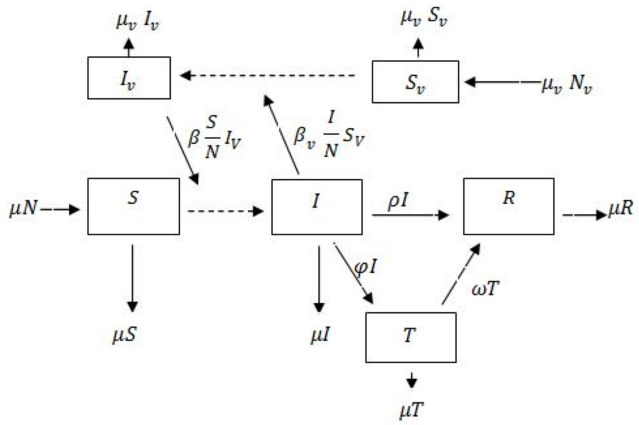
B. Pembahasan

Chikungunya disease atau demam Chikungunya adalah satu di antara penyakit tular vektor (nyamuk) yang saat ini banyak terjadi di Indonesia tidak hanya di daerah perkotaan tetapi banyak juga di daerah pedesaan. Penyebab penyakit ini adalah sejenis virus, yaitu Alphavirus (famili Togaviridae) dan ditularkan lewat nyamuk Aedes aegypti. Jenis Aedes albopictus juga dilaporkan dapat menularkan penyakit ini. Virus ini menyebar melalui gigitan nyamuk Aedes Aegypti dan Aedes Albopictus (Mahesh dkk., 2009 dan Kumar dkk., 2010). Laras (2004) menyebutkan bahwa pada September 2001 sampai Maret 2003, 24 orang diduga terserang CHIK Virus dilaporkan di Indonesia. Kebanyakan (83%) terjadi di pulau Jawa, hampir separonya (46%) terjadi di Jawa Tengah. Chikungunya ini bersifat self limiting, karena dapat membatasi diri sendiri dan akan sembuh sendiri. Pengobatan atau vaksinasi untuk chikungunya belum dapat ditemukan akan tetapi penyakit ini dapat dipercepat penyembuhannya dengan melakukan treatment secara simptomatik yaitu hanya mengurangi gejalanya saja seperti gejala demam diberi obat penurun panas, gejala nyeri sendi, seperti paracetomol, mefenemic acid dan lain-lain serta istirahat teratur dan makan makanan bergizi.

C. Model Matematika Pada Penyakit Chikungunya

Dari fakta yang diperoleh selanjutnya diberikan asumsi-asumsi dalam pembentukan modelpertama. Berikut asumsi-asumsi yang dibuat dalam pembentukan modelnya. (1) Populasi Konstan . (2) Laju Kematian alami tiap kelas sama dalam suatu populasi. (3) Tidak terjadi kematian karena penyakit. (4) Laju Kematian alami pada nyamuk dan manusia berbeda. (5) Individu nyamuk yang telah sakit tidak dapat disembuhkan.

Model yang mendekati fakta-fakta yang ada dan asumsi yang diberikan adalah Model chikungunya dengan menggunakan pada individu yang sakit. Diagram transfernya diberikan pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Transfer Penyebaran Penyakit Cikungunya

Dengan $S_v(t)$ menyatakan jumlah individu nyamuk yang rentan, $I_v(t)$ menyatakan jumlah individu nyamuk yang sakit pada saat t, $S(t)$ menyatakan jumlah individu manusia yang rentan pada saat t, $I(t)$ menyatakan jumlah individu manusia yang sakit pada saat t, $T(t)$ menyatakan jumlah individu manusia yang melakukan treatmentpada saat t, $R(t)$ menyatakan jumlah individu yang sembuh pada saat t. Dengan parameter-parameter yang digunakan bernilai positif. Tabel di bawah ini merupakan parameter-parameter yang digunakan.

Tabel 1. Parameter untuk Model Penyakit

Parameter	Penjelasan
β_v	Peluang terjadi kontak infektif nyamuk yang rentan dengan manusia yang terinfeksi
β	Peluang terjadi kontak infektif manusia yang rentan dengan nyamuk yang terinfeksi
μ_v	Tingkat kelahiran dan kematian murni pada polulasi nyamuk tiap individu
μ	Tingkat kelahiran dan kematian murni pada populasi manusia tiap individu
ρ	Tingkat kesembuhan manusia tiap individu
φ	Peluangtransfer dari kelas Infection ke kelas *Treatment*tiap individu
ω	Tingkat kesembuhan dari kelas *treatment*tiap individu

Model matematika dari diagram transfer diatas merupakan sistem persamaan differensial biasa dengan 6 variabel yaitu $S_v, I_v, S,$ $I, T, R. N_v(t)$ menyatakan jumlah populasi nyamuk pada saat tdan N(t)menyatakan jumlah populasi manusia pada saat t. Sistem persamaan diferensial dari gambar diagram transfer tersebut diberikan dibawah ini

$$\frac{dS_v}{dt} = \mu_v N_v - \mu_v S_v - \beta_v \frac{I}{N} S_V$$

$$\frac{dI_v}{dt} = \beta_v \frac{I}{N} S_V - \mu_v I_v$$
$$S_v + I_v = N_v$$
$$\frac{dS}{dt} = \mu N \quad - \mu S \quad - \beta \frac{S}{N} I_V$$
$$\frac{dI}{dt} = \beta \frac{S}{N} I_V - (\mu + \rho + \varphi) I \qquad (1)$$
$$\frac{dT}{dt} = \varphi I - (\mu + \omega) T$$
$$\frac{dR}{dt} = \rho I + \omega T - \mu R$$
$$S + I + T + R = N.$$

D. Analisa Model

Titik ekuilibrium diperoleh dengan menjadikan sistem persamaan pada sistem (1) sama dengan nol.Sehingga diperoleh 2 titik ekuilibrium bebas penyakit dan tidakbebas penyakit.Berikut adalah teorema tentang eksistensi titik ekuilibrium

Teorema 1

Diberikan $R_0 = \dfrac{\beta N_v \beta_v}{\mu N \mu_v + \varphi N \mu_v + \rho N \mu_v}$

Dari sistem (2) diatas dan berdasarkan nilai R_0 tersebut diperoleh

1. Jika $R_0 < 1$ maka sistem (1) hanya mempunyai 1 titik ekuilibrium yaitu titik ekuilibrium bebas penyakit
$$P_0 = (S_v, I_v, S, I, T, R) = (N_v, 0, N, 0, 0, 0)$$
2. Jika $R_0 > 1$. maka sistem (1) mempunyai 2 titik ekuilibrium yaitu titik ekuilibrium bebas penyakit $P_0 = (S_v, I_v, S, I, T, R) = (N_v, 0, N, 0, 0, 0)$ dan titik ekuilibrium tidak bebas penyakit $P_1 = (S_v^*, I_v^*, S^*, I^*, T^*, R^*)$ dengan
$$S_v^* = \frac{\mu_v(\beta N_v + \mu N)(\mu + \varphi + \rho)}{\beta \mu_v(\mu + \varphi + \rho) + \beta \beta_v \mu}$$
$$I_v^* = \frac{(\mu N \mu_v + \varphi N \mu_v + \rho N \mu_v)(R_0 - 1)\mu}{\beta \mu_v(\mu + \varphi + \rho) + \beta \beta_v \mu}$$
$$S^* = \frac{N^2 \quad (\mu \mu_v + \varphi \mu_v + \rho \mu_v + \beta_v \mu)}{\beta_v(\mu N + \quad \beta N_v)}$$
$$I^* = \frac{(\mu N \mu_v + \varphi N \mu_v + \rho N \mu_v)(R_0 - 1)\mu N}{(\beta N_v + \mu N)(\mu + \varphi + \rho)\beta_v}$$
$$T^* = \frac{\varphi \mu \mu_v N^2 (R_0 - 1)}{(\mu + \omega)(\beta N_v + \mu N)\beta_v}$$
$$R^* = \frac{\mu \mu_v N^2 (\rho \mu + \rho \omega + \omega \varphi)(R_0 - 1)}{\beta_v \mu (\mu + \omega)(\beta N_v + \mu N)}.$$

Bukti :

Titik ekuilibrium padasistem (1) dapat dicari dengan membuat nol $\frac{dS_v(t)}{dt}, \frac{dI_v(t)}{dt}, \frac{dS(t)}{dt}, \frac{dI(t)}{dt}, \frac{dT(t)}{dt}$, dan $\frac{dR(t)}{dt}$ diperoleh sistem (2) sebagai berikut

$$\mu_v N_v - \mu_v S_v - \beta_v \frac{I}{N} S_V = 0$$
$$\beta_v \frac{I}{N} S_V - \mu_v I_v = 0$$
$$\mu N \quad - \mu S \quad - \beta \frac{S}{N} I_V = 0 \qquad (2)$$
$$\beta \frac{S}{N} I_V - (\mu + \rho + \varphi) I = 0$$
$$\varphi I - (\mu + \omega) T = 0$$
$$\rho I + \omega T - \mu R = 0$$

Dari sistem (2) pada persamaan satu dan dua didapat nilai S_v dan I_v sehingga

diketahui $S_v = \dfrac{\mu_v N N_v}{\mu_v N + \beta_v I}$ $\qquad I_v = \dfrac{\beta_v I S_v}{N \mu_v}$

kemudian substitusikan ke S_v $\qquad I_v$

didapat $I_v = \dfrac{\beta_v I N_v}{\mu_v N + \beta_v I}$.›ersamaan tiga

dan empat dan $dI_v = \dfrac{\beta_v I N_v}{\mu_v N + \beta_v I}$.

diketahui nilai $S = \dfrac{\mu N^2}{N\mu + \dfrac{\beta \beta_v I N_v}{\mu_v N + \beta_v I}}$ $\qquad I_v$

substitusikan ke persamaan empat maka di-

peroleh $I\left(\dfrac{\beta S \beta_v S_v}{N^2 \mu_v} - (\mu + \rho + \varphi)\right) = 0$

maka dapat langsung di tentukan I=0. Kemudian substusikan pada persamaan $\frac{dS_v(t)}{dt}, \frac{dI_v(t)}{dt}, \frac{dS(t)}{dt}, \frac{dI(t)}{dt}, \frac{dT(t)}{dt}$, dan $\frac{dR(t)}{dt}$ sehingga diperoleh,

$$\frac{dS_v(t)}{dt} = 0 \Leftrightarrow \mu_v N_v - \mu_v S_v - \beta_v \frac{(0)}{N} S_V = 0 \Leftrightarrow S_V = N_v.$$
$$\frac{dI_v(t)}{dt} = 0 \Leftrightarrow \beta_v \frac{(0)}{N} S_V - \mu_v I_v = 0 \Leftrightarrow I_v = 0.$$
$$\frac{dS(t)}{dt} = 0 \Leftrightarrow \mu N \quad - \mu S \quad - \beta \frac{S}{N}(0) = 0 \Leftrightarrow S = N.$$
$$\frac{dT(t)}{dt} = 0 \Leftrightarrow \varphi I - (\mu + \omega)(0) = 0 \Leftrightarrow T = 0.$$
$$\frac{dR(t)}{dt} = 0 \Leftrightarrow \rho I + \omega T - \mu R = 0 \Leftrightarrow R = 0.$$

Sehingga saat I=0 diperoleh titik ekuilibrium bebas penyakit $P_0 = (S_v, I_v, S, I, T, R) = (N_v, 0, N, 0, 0, 0)$

Karena penentuan titik ekuilbrium bebas penyakit tidak tergantung dari syarat R_0, maka sistem (1) pasti mempunyai titik ekuilbrium bebas penyakit untuk segala kondisi R_0

Ditentukan titik ekuilibrium tidak bebas penyakit dengan mencari nilai I≠0 dan mensyaratkan I>0.

Dari sistempersamaan keempat akan

dicari nilai I diperoleh persamaan ketujuh

$\left(\frac{\beta S \beta_v S_v}{N^2 \mu_v} - (\mu + \rho + \varphi)\right) = 0$, substitusikan S_v dan S

kedalam persamaan ketujuh maka diperoleh

nilai $I^* = \frac{(\beta N_v \beta_v - \mu N \mu_v - \varphi N \mu_v - \rho N \mu_v)\mu N}{(\beta N_v + \mu N)(\mu + \varphi + \rho)\beta_v}$.

Kemudian substusikan pada persamaan $\frac{dS_v(t)}{dt}, \frac{dI_v(t)}{dt}, \frac{dS(t)}{dt}, \frac{dI(t)}{dt}, \frac{dT(t)}{dt}$, dan $\frac{dR(t)}{dt}$ sehingga diperoleh,

$$S_v^* = \frac{\mu_v(\beta N_v + \mu N)(\mu + \varphi + \rho)}{\beta \mu_v(\mu + \varphi + \rho) + \beta \beta_v \mu}$$

$$I_v^* = \frac{(\mu N \mu_v + \varphi N \mu_v + \rho N \mu_v)(R_0 - 1)\mu}{\beta \mu_v(\mu + \varphi + \rho) + \beta \beta_v \mu}$$

$$S^* = \frac{N^2 \ (\mu \mu_v + \varphi \mu_v + \rho \mu_v + \beta_v \mu)}{\beta_v(\mu N + \beta N_v)}$$

$$I^* = \frac{(\mu N \mu_v + \varphi N \mu_v + \rho N \mu_v)(R_0 - 1)\mu N}{(\beta N_v + \mu N)(\mu + \varphi + \rho)\beta_v}$$

$$T^* = \frac{\varphi \mu \mu_v N^2 (R_0 - 1)}{(\mu + \omega)(\beta N_v + \mu N)\beta_v}$$

$$R^* = \frac{\mu \mu_v N^2(\rho\mu + \rho\omega + \omega\varphi)(R_0 - 1)}{\beta_v \mu(\mu + \omega)(\beta N_v + \mu N)}.$$

Karena nilai parameter-parameter yang berkenaan dengan I positif maka I>0 apabila $\beta N_v \beta_v - \mu N \mu_v - \varphi N \mu_v - \rho N \mu_v > 0$.

Jelas $\beta N_v \beta_v - \mu N \mu_v - \varphi N \mu_v - \rho N \mu_v > 0$.

$\Leftrightarrow \beta N_v \beta_v > \mu N \mu_v + \varphi N \mu_v + \rho N \mu_v$

$\Leftrightarrow \frac{\beta N_v \beta_v}{\mu N \mu_v + \varphi N \mu_v + \rho N \mu_v} > 1$

Di dapat $R_0 = \frac{\beta N_v \beta_v}{\mu N \mu_v + \varphi N \mu_v + \rho N \mu_v}$

Jadi $I = \frac{(\mu N \mu_v + \varphi N \mu_v + \rho N \mu_v)(R_0 - 1)\mu N}{(\beta N_v + \mu N)(\mu + \varphi + \rho)\beta_v} > 0$ saat $R_0 > 1$.

Teorema 2

Diberikan $R_0 = \frac{\beta N_v \beta_v}{\mu N \mu_v + \varphi N \mu_v + \rho N \mu_v}$

Dari sistem (2) diatas dan berdasarkan nilai R_0 tersebut diperoleh

1. Jika $R_0 < 1$ maka titik ekuilibrium P_0 stabil asimtotik lokal
2. Jika $R_0 > 1$. dan $\frac{2R_0 \mu N}{\beta N_v + 3\mu N} > 1$ dan $\frac{2\mu_v(R_0 - 1)\mu}{\mu_v(\mu + \varphi + \rho) + \beta_v \mu} > 1$ maka titik ekuilibrium P_0 tidak stabil dan P_1 stabil asimtotik lokal.

Bukti :

Matriks Jacobian Model Penyakit Chikungunya dengan Menggunakan Treatment pada Individu yang Sakit adalah

$$J = \begin{bmatrix} -\mu_v - \beta_v \frac{I}{N} & 0 & 0 & -\beta_v \frac{S_v}{N} & 0 & 0 \\ \beta_v \frac{I}{N} & -\mu_v & 0 & \beta_v \frac{S_v}{N} & 0 & 0 \\ 0 & -\beta \frac{S}{N} & -\mu - \beta \frac{I_v}{N} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \beta \frac{S}{N} & \beta \frac{I_v}{N} & -(\mu + \rho + \varphi) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \varphi & -(\mu + \omega) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \rho & \omega & -\mu \end{bmatrix}$$

Untuk $P_0 = (S_v, I_v, S, I, T, R) = (N_v, 0, N, 0, 0, 0)$

dan $P_1 = (S_v^*, I_v^*, S^*, I^*, T^*, R^*) =$

$$S_v^* = \frac{\mu_v(\beta N_v + \mu N)(\mu + \varphi + \rho)}{\beta \mu_v(\mu + \varphi + \rho) + \beta \beta_v \mu}$$

$$I_v^* = \frac{(\mu N \mu_v + \varphi N \mu_v + \rho N \mu_v)(R_0 - 1)\mu}{\beta \mu_v(\mu + \varphi + \rho) + \beta \beta_v \mu}$$

$$S^* = \frac{N^2 \ (\mu \mu_v + \varphi \mu_v + \rho \mu_v + \beta_v \mu)}{\beta_v(\mu N + \beta N_v)}$$

$$I^* = \frac{(\mu N \mu_v + \varphi N \mu_v + \rho N \mu_v)(R_0 - 1)\mu N}{(\beta N_v + \mu N)(\mu + \varphi + \rho)\beta_v}$$

$$T^* = \frac{\varphi \mu \mu_v N^2 (R_0 - 1)}{(\mu + \omega)(\beta N_v + \mu N)\beta_v}$$

$$R^* = \frac{\mu \mu_v N^2(\rho\mu + \rho\omega + \omega\varphi)(R_0 - 1)}{\beta_v \mu(\mu + \omega)(\beta N_v + \mu N)}.$$

Untuk kasus P_0 , diperoleh lima nilai eigen negatif apabila $R_0 < 1$ dan satu nilai eigen negatif apabila .$R_0 < 1$gan kata lain jika maka ti$R_0 < 1$kuilibrium stabil asimtotik lokal.P_0

Untuk kasus , diperoleh tiga nilai eigen bernilai negatif sP_1angkan nilai egin yang lain dicari dengan menggunakan kriteria Ruth Hurwizt. Persamaan karakteristiknya

$\lambda^3 + c_1\lambda^2 + c_2\lambda + c_3 = 0$ dengan

$$c_1 = \varphi + \mu_v + \rho + 2\mu + 4\beta_v \frac{I^*}{N} + \beta \frac{I_v^*}{N}$$

$$\begin{aligned} c_2 = {} & \beta_v \beta \left(\frac{4I^* I_v^* - S_v^* S^*}{N^2}\right) + \frac{8I^* \mu \beta_v}{N} + \frac{4I^* \varphi \beta_v}{N} \\ & + \frac{4I^* \rho \beta_v}{N} + \frac{\beta I_v^* \mu_v}{N} + \frac{\beta I_v^* \rho}{N} + \frac{\beta I_v^* \mu}{N} \\ & + \frac{\beta I_v^* \varphi}{N} + 2\mu\mu_v + \rho\mu_v + \varphi\mu_v \\ & + \mu\rho + \mu\varphi + \mu^2, \text{dan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c_2 = {} & \beta \beta_v \mu \left(\frac{4I^* I_v^* - S_v^* S^*}{N^2}\right) + \frac{4\beta\rho I^* I_v^* \beta_v}{N^2} \\ & + \frac{4\beta\varphi I^* I_v^* \beta_v}{N^2} + \frac{4I^* \mu\rho\beta_v}{N} + \frac{4I^* \mu\varphi\beta_v}{N} \\ & + \frac{\beta I_v^* \mu\mu_v}{N} + \frac{\beta I_v^* \rho\mu_v}{N} + \frac{\beta I_v^* \varphi\mu_v}{N} \\ & + \frac{4I^* \mu^2 \beta_v}{N} + \mu\rho\mu_v + \mu\varphi\mu_v + \mu^2\mu_v \end{aligned}$$

Jelas nilai positif, dengan

menggunakan kriteria c_1, c_2, c_3 Hurwizt ditunjukkan titik ekuilibrium tidak bebas penyakit stabil sebagi berikut, $P_1 = (S_v^*, I_v^*, S^*, I^*, T^*, R^*)$

Jelas $\frac{2R_0\,\mu N}{\beta N_v + 3\,\mu N} > 1$ dan $\frac{2\mu_v(R_0-1)\mu}{\mu_v(\mu+\varphi+\rho)+\beta_v\mu} > 1$ maka diperoleh $c_1c_2 - c_0c_3 > 0$ sehingga titik ekuilibrium tidak P_1 stabil asimtotik lokal.

E. Simulasi Model

Simulasi dilakukan dengan memberikan nilai-nilai untuk masing-masing parameter sesuai dengan kondisi dengan teorema yang telah diberikan di atas R_0. Simulasi ini diberikan untuk memberikan gambaran geometris dari teorema eksistensi dan kestabilan dari titik-titik ekuilibrium model ini.

Berikut adalah penjelasan makna nilai-nilai parameter, nilai μ menyatakan jumlah rata-rata manusia yang lahir dan mati tiap satuan waktu, μ_v menyatakan jumlah rata-rata nyamuk yang lahir dan mati tiap satuan waktu, β menyatakan rata-rata proporsi jumlah kontak yang menyebabkan individu manusia yang rentan dengan nyamuk yang terinfeksi, β_v menyatakan rata-rata proporsi jumlah kontak yang menyebabkan individu nyamuk yang rentan dengan manusia yang terinfeksi, ρ menyatakan rata-rata proporsi jumlah pada masa terinfeksi, φ menyatakan rata-rata proporsi jumlah pada masa terinfeksi menuju treatment, ω menyatakan rata-rata proporsi jumlah pada masa terinfeksi setelah di treatment.

1. Untuk Model Penyakit di Titik Kesetimbangan Bebas Penyakit

Simulasi untuk $R_0 < 1$, diberikan nilai-nilai parameter dalam table berikut.

Tabel 4.4.1. Nilai-nilai parameter model penyakit untuk $R_0 < 1$

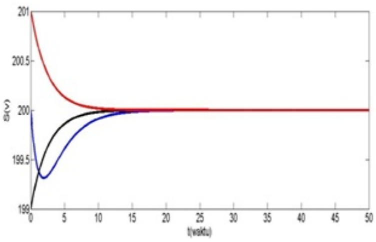
Parameter	Nilai	Parameter	Nilai
μ_v	0,4	ρ	0,1
μ	0,1	φ	0,5
β	0,2	ω	0,3
β_v	0,3		

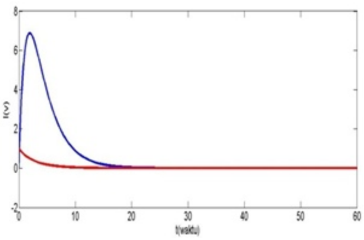
nilai $R_0 < 1$. Pada teorema 1 disebutkan bahwa $R_0 = 0{,}142857 < 1$ maka titik ekuilibrium P_0, pada teorema 2 disebutkan bahwa $R_0 < 1$ stabil asimtotik lokal P_0. Berikut disajikan grafik-grafik dari nilai P_0.

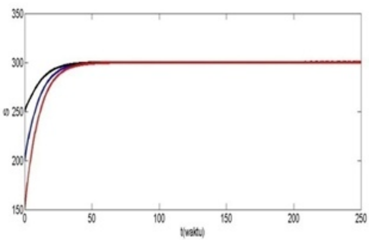
Gambar dibawah ini $S_v(t)$ dan $I_v(t), S(t), I(t), T(t), R(t)$ dari jumlah individu nyamuk pada model matematika pada penyakit chikungunya.

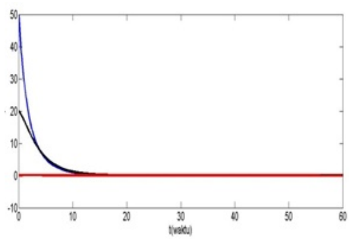
Hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 1. berikut ini.

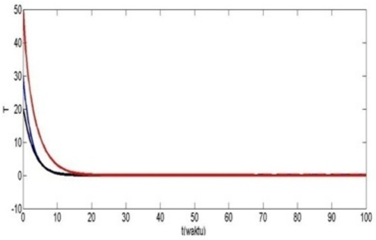
2. Untuk Model Penyakit di Titik


a. Grafik $S_v(t)$ terhadap t

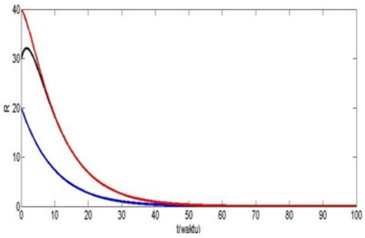

b. Grafik $I_v(t)$ terhadap t


c. Grafik $S(t)$ terhadap t


d. Grafik $I(t)$ terhadap t



e. Grafik $T(t)$ terhadap t



f. Grafik $R(t)$ terhadap t

Gambar 1. Grafik $S_v(t), I_v(t), S(t), I(t), T(t), R(t)$ terhadap t untuk titik ekuilibrium $P_0 = (N_v, 0, N, 0, 0, 0)$

Kesetimbangan Endemik

Simulasi untuk $R_0 > 1$, diberikan nilai-nilai parameter dalam table berikut.

Tabel 4.4.1. Nilai-nilai parameter model penyakit untuk

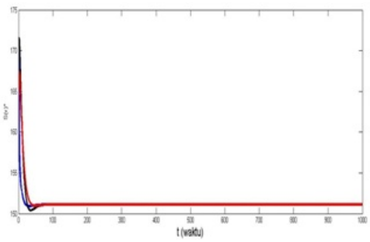
$R_0 > 1$

Parameter	Nilai	Parameter	Nilai
μ_v	0,1	ρ	0,01
μ	0,1	φ	0,5
β	0,4	ω	0,3
β_v	0,5		

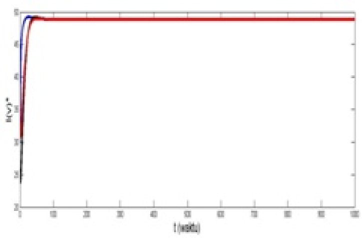
nilai . Dari tabel 4.4.1 juga dapat $R_0 = 2{,}185792 > 1$ deng $S_v^*(t), I_v^*(t), S^*(t), I^*(t), T^*(t), R^*(t)$ Pada teore $S_v^*(t) = 151{,}126$ kan $I_v^*(t) = 48{,}635$, $S^*(t) = 181{,}636$, $I^*(t) = 19{,}284$, $T^*(t) = 24{,}136$, $R^*(t) = 75{,}305$ orema 2 disebutkan bahwa stabil asimtotik lok $R_0 > 1$ rikut disajikan grafik-grafik dari nilai P_0 P_1 Gambar dibawah ini akan memberikan P_1 ilustrasi dari jumlah individu pada model matematika pada pen $S_v^*(t), I_v^*(t), S^*(t), I^*(t), T^*(t), R^*(t)$ t dilihat pada Gambar 2. berikut ini.

E. Penutup

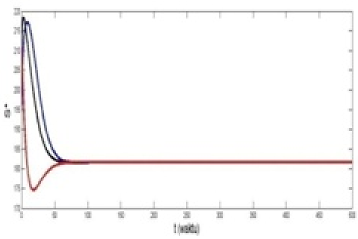
Dari pembahasan di atas diperoleh beberapa kesimpulan yaitu saat wabah dari penyakit



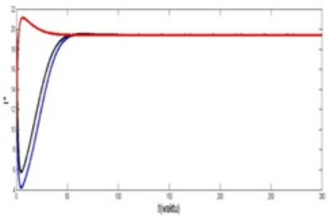
a. Grafik $S_v^*(t)$ terhadap t



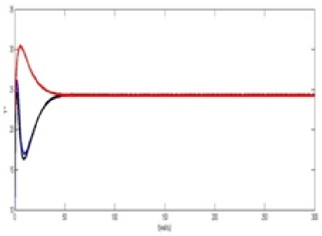
b. Grafik $I_v^*(t)$ terhadap t

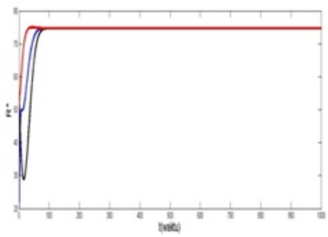


c. Grafik $S^*(t)$ terhadap t



d. Grafik $I^*(t)$ terhadap t





e. Grafik $T^*(t)$ terhadap t f. Grafik $R^*(t)$ terhadap t

Gambar 2. Grafik $S_v^*(t), I_v^*(t), S^*(t), I^*(t), T^*(t), R^*(t)$ terhadap t untuk titik ekuilibrium $P_1 = (S_v^*, I_v^*, S^*, I^*, T^*, R^*)$ dengan nilai P_1 = (151,126, 48,635, 181,636, 19,284, 24,136, 75,305).

chikungunya akan hilang dengan berjalannya waktu dan pada saat dengan kondisi tertentu wabah dari penyakit chikungunya tidak akan hilang dalam hal $R_0 < 1$ masih ada orang yang terinfeksi penyakit chikungunya. Saran yang dapat diberikan adalah $R_0 > 1$ adanya penelitian lanjutan untuk kaitanya penyakit chikungunya dengan menggunakan treatment pada individu yang sakit serta penyuluhan tentang penyakit chikungunya.

F. Daftar Pustaka

Depkes. Penyelidikan dan Penanggulangan Kejadian Luar Biasa (Pedoman Epidemiologi Penyakit). Jakarta: Ditjen PPM & PL Depkes RI, 2004.

Hendro R, Rahardjo E, Maha M.S. & Saragih J.M. 2005. Investigasi Kejadian Luar Biasa (KLB) Chikungunya di Desa Harja Mekar dan Pabayuran Kabupaten bekasi Tahun 2003. Balitbangkes Depkes RI. Cermin Dunia Kedokteran 148: 40-42.

Kumar, N.CVM., Nadimpalli, M., Vardhan, V.R. & Gopal, S.DVR.,

Laras, K., Sukri, N.C, Larasati, R.P., Bangs, M.J., Kosim, R., Wandra, T., Mastere, J., Kosasih, H., Hartati., S., Beckett, C., Sedyaningsih, E.R., Beecham III, H.J., & Corwin, A.L., 2004, “ Tracking The Reemergence of epidemic chikungunya virus in Indonesia”, The Royal Society of Tropical Madicine and Hygiene Vol 99: 128-141.

Mahesh, G., Giridhar, A., Shedbelle, A., Kumar, R., & Saikumar, R.J., 2009, “A case of billateral presumed chikungunya neuroretinitis”, Indian J Ophthalmol vol 57: 148-150.

Suryaningsih,S. 2008. “Demam Chikungunya”. Teroka Riau vol9 : 112-116.