

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Sekilas Mengenai Penyakit Campak

##### 2.1.1 Pengertian Penyakit Campak

Penyakit campak merupakan salah satu penyakit yang cukup terkenal di masyarakat. Penyakit ini disebabkan oleh infeksi virus akut, yakni virus RNA berantai tunggal dari keluarga *Paramyxovirus* dari genus *morbillivirus*. Virus campak hanya menginfeksi manusia, dimana virus ini tidak aktif oleh panas, cahaya, PH asam, eter, dan tripsin (enzim). Karena penyebab penyakit campak ini adalah virus, maka hal ini berkaitan erat dengan ketahanan tubuh. Bila tubuh kita sedang lemah dan daya tahan tubuh menurun akan mudah sekali tertular penyakit ini. Virus ini memiliki waktu kelangsungan hidup yang singkat di udara, atau pada benda dan permukaan.

##### 2.1.2 Penyebaran Penyakit Campak

Virus campak berada dalam lendir di hidung dan tenggorokan orang yang terinfeksi. Penularan campak dapat terjadi ketika bersin atau batuk. Lendir yang terinfeksi dapat mendarat di hidung orang lain atau tenggorokan ketika mereka bernafas atau memasukkan jari-jari mereka di dalam mulut atau hidung setelah menyentuh permukaan yang terinfeksi. Virus tetap aktif dan menular pada permukaan yang terinfeksi sampai 2 jam. Transmisi campak terjadi begitu mudah kepada siapapun.

Sebagian besar orang yang terinfeksi virus campak sembuh, tetapi komplikasi campak tidak boleh dianggap sepele. Sekitar 6 hingga 20 persen orang yang terkena penyakit ini akan mengembangkan komplikasi campak. Campak menyebabkan infeksi telinga pada hampir 1 dari setiap 10 anak yang mendapatkan infeksi virus campak. Sebanyak 1 dari 20 anak dengan campak mendapat pneumonia, dan sekitar 1 anak dari sekitar 1000 yang mendapatkan campak akan mengembangkan ensefalitis.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

### 2.1.3 Gejala Penyakit Campak

Orang rentan yang terpapar virus campak akan mengalami gejala campak setelah tujuh sampai empat belas hari kemudian. Tanda dan gejala yang menjadi ciri-ciri campak meliputi:

- 1) Demam
- 2) Batuk kering
- 3) Hidung ingusan (pilek)
- 4) Mata merah meradang (konjungtivitis)
- 5) Peka terhadap cahaya
- 6) Diare
- 7) Kopliks spot (bintik-bintik kecil berwarna putih dengan warna putih kebiruan di tengahnya, ditemukan pada lapisan dalam pipi)
- 8) Ruam kulit berwarna merah kecil-kecil rapat dan merata, hampir seluruh tubuh.

Gejala-gejala penyakit campak ini muncul secara berurutan, yang memakan waktu tiga hingga empat minggu. Berikut urutannya:

- 1) Masa inkubasi

Selama tujuh hingga empat belas hari setelah seseorang yang rentan terpapar virus campak. Tidak ada gejala apapun yang terjadi pada tahap ini.

- 2) Tanda dan gejala nonspesifik

Campak biasanya dimulai dengan demam ringan sampai sedang, sering disertai dengan batuk terus menerus, pilek, radang mata (*konjungtivitis*), sakit tenggorokan serta diare. Penyakit yang relatif ringan ini bisa berlangsung dua atau tiga hari.

- 3) Penyakit akut dan ruam

Ruam terdiri dari bintik-bintik merah kecil, beberapa diantaranya sedikit menimbulkan. Ruam campak ini dimulai dari wajah, terutama di belakang telinga dan di sepanjang garis rambut. Beberapa hari kemudian, ruam menyebar ke bagian lengan dan badan, lalu ke paha hingga kaki. Pada saat yang sama, demam meningkat tajam, serigkali hingga mencapai 40°C.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

#### 4) Periode menular

Siapa saja yang mengalami penyakit campak ini akan dapat menyebarkan virus ke orang lain selama sekitar 8 hari, yaitu 4 hari sebelum ruam muncul dan 4 hari sesudah ruam muncul.

### 2.1.4 Penanganan Penyakit Campak

Seseorang yang telah terkena penyakit campak, maka anjurkanlah untuk:

- 1) Istirahat, kurangi aktivitas atau bermain
- 2) Banyak minum, hal ini untuk memenuhi kebutuhan cairan yang hilang melalui gejala campak seperti demam, batuk, pilek, dan diare. Selain air putih, sumber cairan yang amat di anjurkan adalah jus buah untuk mencegah dehidrasi.

Tidak ada obat penyakit campak yang berfungsi untuk membasmi virus penyebabnya (pengobatan *causative*). Namun obat penyakit campak yang digunakan yaitu membantu meringankan gejala yang muncul, mempercepat pemulihan serta mengobati komplikasi jika ada.

Meskipun demikian, individu yang mengalami penyakit campak, dapat melakukan hal-hal berikut ini:

- 1) Penurun panas (demam)  
Untuk menurunkan demam karena campak, dapat digunakan obat penurun panas yang mengandung *acetaminophen (parasetamol)*, *ibuprofen*, atau *naproxen*. Jangan berikan *aspirin (acetylsalicylic) acid* atau *asam asetil salisilat* pada anak, karena resiko *sindrom Reye* (penyakit yang jarang namun berpotensi fatal).
- 2) Antibiotik  
Jika terdapat infeksi bakteri, seperti pneumonia atau infeksi telinga, sebagai komplikasi dari penyakit campak maka berikanlah antibiotik. Jika tidak ada infeksi sekunder tersebut, maka antibiotik tidak diperlukan.
- 3) Vitamin A  
Orang dengan kadar vitamin A yang rendah akan lebih mungkin mengalami penyakit campak dengan kasus yang lebih parah. Memberikan vitamin A dapat mengurangi keparahan penyakit campak dan mempercepat pemulihan.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Vitamin A untuk campak umumnya diberikan dengan dosis besar yaitu 200.000 unit internasional (UI) selama 3 hari, yaitu hari pertama, kedua dan keempat belas.

Karena penyakit ini sangat menular, maka jika ada yang menderita penyakit campak ini dan dianjurkan untuk berhati-hati. Berikut adalah beberapa cara untuk pencegahannya:

1) Isolasi

Karena campak sangat menular sekitar empat hari sebelum muncul ruam sampai empat hari setelahnya, maka penderita campak sebaiknya tidak kembali ke kegiatan imana mereka berinteraksi dengan orang lain. Hal ini untuk melindungi teman ataupun keluarga agar tidak tertularcampak terutama bagi mereka yang belum diimunisasi campak.

2) Vaksinasi

Vaksinasi atau imunisasi campak termasuk program imunisasi wajib diberikan kepada bayi di atas enam bulan. Di Indonesia umumnya diberikan pada bayi yang berusia sembilan bulan. Dengan imunisasi campak ini, diharapkan dapat mencegah anak agar tidak terkena penyakit campak, atau setidaknya dapat mengurangi resiko komplikasi (campak yang berat) jika ternyata tetap terkena penyakit campak.

## 2.2 Sistem Persamaan Diferensial

Suatu persamaan yang melibatkan turunan dari satu atau lebih peubah bebas disebut persamaan diferensial. Selanjutnya jika turunan fungsi itu hanya bergantung pada satu peubah bebas, maka disebut persamaan diferensial biasa (*ordinary differential equation*), dan jika bergantung pada lebih dari satu peubah bebas disebut persamaan diferensial parsial (*partial differential equation*) (Granita, 2009).

### Contoh 2.1:

- 1)  $\frac{dy}{dx} = x + 5$  (  $y$  merupakan peubah tak bebas,  $x$  peubah bebas dan persamaan ini disebut sebagai persamaan diferensial biasa)

2)  $\frac{dy}{dx} = x^2 - 3x - 4$  (  $y$  merupakan peubah tak bebas,  $x$  peubah bebas dan persamaan ini disebut dengan persamaan diferensial biasa)

3)  $\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} = x^2 + y$  (  $z$  merupakan peubah tak bebas,  $x$  dan  $y$  peubah bebas dan persamaan ini disebut persamaan diferensial parsial)

Apabila terdapat beberapa persamaan diferensial, maka akan membentuk suatu sistem persamaan diferensial. Diberikan sistem persamaan diferensial :

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{f}(\mathbf{x}) \tag{2.1}$$

dengan  $\dot{\mathbf{x}} = \left( \frac{dx_1}{dt}, \frac{dx_2}{dt}, \dots, \frac{dx_n}{dt} \right)^T$ ,  $\mathbf{f} = (f_1, f_2, \dots, f_n)^T$ , dan  $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T \in \mathbb{R}^n$ . Sistem persamaan diferensial (2.1) dapat juga ditulis dalam bentuk sistem persamaan berikut:

$$\begin{aligned} \frac{dx_1}{dt} &= f_1(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ \frac{dx_2}{dt} &= f_2(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ &\vdots \\ \frac{dx_n}{dt} &= f_n(x_1, x_2, \dots, x_n) \end{aligned} \tag{2.2}$$

dengan  $f_i$  adalah fungsi kontinu pada  $[a, b]$  dari  $x_1, x_2, \dots, x_n$  untuk  $i = 1, 2, \dots, n$ .

Solusi untuk sistem (2.2) pada interval  $a < t < b$  adalah satu himpunan dari  $n$  fungsi terdiferensial

$$x_1 = h_1(t), \dots, x_n = h_n(t)$$

pada  $a < t < b$  yang memenuhi seluruh interval ini. Dari bentuk vektor, memperkenalkan solusi vektor  $\mathbf{h} = [h_1 \dots h_n]^T$  (bentuk vektor kolom) dapat ditulis

$$\mathbf{y} = \mathbf{h}(t).$$

Apabila  $f_1, f_2, \dots, f_n$  masing-masing linier pada  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , maka sistem persamaan diferensial (2.2) disebut sistem persamaan diferensial linier, dan jika tidak disebut sistem persamaan diferensial non linier. Bentuk sistem persamaan diferensial linier dengan  $n$  fungsi tak diketahui dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\frac{dx_1}{dt} = a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$\begin{aligned} \frac{dx_2}{dt} &= a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \\ &\vdots \end{aligned} \tag{2.3}$$

$$\frac{dx_n}{dt} = a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \dots + a_{nn}x_n$$

Sistem persamaan (2.3) dapat dituliskan dalam bentuk:

$$\dot{x} = Ax \tag{2.4}$$

dengan :

$$\dot{x} = \left( \frac{dx_1}{dt}, \frac{dx_2}{dt}, \dots, \frac{dx_n}{dt} \right)^T,$$

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{n1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

$$x = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$$

Berikut adalah contoh sistem persamaan linier dan sistem persamaan non linier:

1)  $\frac{dx}{dt} = 6x - 5y$

$$\frac{dy}{dt} = 2x + 5y$$

2)  $\frac{dx}{dt} = 0,15x - 0,03xy$

$$\frac{dy}{dt} = 0,10xy - 0,05y$$

Contoh pada nomor 1 merupakan sistem persamaan linier dan contoh nomor 2 merupakan sistem persamaan non linier.

Sistem persamaan diferensial yang telah ada dapat membantu untuk menentukan titik ekuilibrium. Titik ekuilibrium merupakan titik gerak dari vektor dalam keadaan konstan. Maksud dari kata ini ialah solusi yang tetap dalam keadaan konstan walaupun waktu berganti.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

**Definisi 2.1** Diberikan Persamaan diferensial sebagai berikut:

$$\dot{x} = f(x_1, x_2, \dots), (x_1, x_2, \dots) \in \mathbb{R}^n \quad (2.5)$$

Suatu titik  $x^*$  yang memenuhi  $f(x^*) = 0$  disebut titik ekuilibrium dari Persamaan (2.5).

**Contoh 2.3 :** Carilah titik ekuilibrium dari persamaan diferensial sebagai berikut:

$$f(x) = x^2 - 7x + 12$$

**Penyelesaian :**

Untuk mencari titik ekuilibrium adalah dengan cara  $f(x) = 0$ , maka:

$$\begin{aligned} f(x) &= x^2 - 7x + 12 = 0 \\ (x - 3)(x - 4) &= 0 \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh titik ekuilibriumnya yaitu  $x = 3$  atau  $x = 4$ .

Terdapat dua jenis titik ekuilibrium dalam model epidemiologi, yaitu titik ekuilibrium bebas penyakit (*free-disease state*) dan titik ekuilibrium endemik penyakit (*endemic state*). Titik ekuilibrium bebas penyakit adalah suatu kondisi yang sudah tidak ada lagi penyakit yang menyerang atau dalam kata lain tidak ada lagi individu yang terserang penyakit. Sedangkan titik ekuilibrium endemik penyakit adalah suatu kondisi penyakit yang masih ada dalam populasi tersebut, maksudnya bahwa selalu saja ada individu yang terserang penyakit. Titik ekuilibrium bebas penyakit diperoleh pada saat  $I = 0$  dan titik ekuilibrium endemik penyakit diperoleh pada saat  $I \neq 0$ .

Setelah didapatkan titik ekuilibrium, langkah selanjutnya ialah melakukan analisis kestabilan dengan menggunakan matriks Jacobian. Diberikan sistem persamaan diferensial sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \frac{dx_1}{dt} &= f_1(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ \frac{dx_2}{dt} &= f_2(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ &\vdots \\ \frac{dx_n}{dt} &= f_n(x_1, x_2, \dots, x_n) \end{aligned} \quad (2.6)$$

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Maka matriks Jacobian dari Sistem (2.6) adalah

$$J(\mathbf{f}(\mathbf{x}^*)) = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial x_1}(\mathbf{x}^*) & \cdots & \frac{\partial f_1}{\partial x_n}(\mathbf{x}^*) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial f_n}{\partial x_1}(\mathbf{x}^*) & \cdots & \frac{\partial f_n}{\partial x_n}(\mathbf{x}^*) \end{bmatrix} \quad (2.7)$$

Dengan mendefinisikan matriks Jacobian di atas, maka sistem Persamaan (2.7) dapat dilinierkan disekitar titik ekuilibrium sebagai berikut:

$$\dot{\mathbf{x}} = J\mathbf{x} \quad (2.8)$$

dengan :

$$\dot{\mathbf{x}} = \left( \frac{dx_1}{dt}, \frac{dx_2}{dt}, \dots, \frac{dx_n}{dt} \right)^T$$

$$J(\mathbf{f}(\mathbf{x}^*)) = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial x_1}(\mathbf{x}^*) & \cdots & \frac{\partial f_1}{\partial x_n}(\mathbf{x}^*) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial f_n}{\partial x_1}(\mathbf{x}^*) & \cdots & \frac{\partial f_n}{\partial x_n}(\mathbf{x}^*) \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$$

Analisis kestabilan dilakukan untuk mengetahui informasi yang menggambarkan perilaku sistem pada titik ekuilibrium. Keadaan tersebut dikatakan stabil jika semua solusi yang dekat dengan titik kesetimbangan menuju titik tersebut. Berikut diberikan definisi tentang kestabilan:

**Definisi 2.2 kestabilan sistem berdasarkan nilai eigen (Olsder, 2004)** Sistem dinamik didefinisikan sesuai persamaan  $\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{f}(\mathbf{x})$  yang memiliki solusi  $\mathbf{x}(t, \mathbf{x}_0)$  pada waktu  $t$  memberikan kondisi awal  $\mathbf{x}(0) = \mathbf{x}_0$ .

1. Titik ekuilibrium  $\bar{\mathbf{x}}$  disebut stabil jika setiap  $\forall \varepsilon > 0$  ada  $\delta > 0$  sedemikian sehingga jika  $\|\mathbf{x}_0 - \bar{\mathbf{x}}\| < \delta$  maka  $\|\mathbf{x}(t, \mathbf{x}_0) - \bar{\mathbf{x}}\| < \varepsilon$  untuk semua  $t \geq 0$ .
2. Titik ekuilibrium  $\bar{\mathbf{x}}$  disebut stabil asimtotik jika titik ekuilibrium stabil dan jika ada  $\delta_1 > 0$  sedemikian sehingga  $\lim_{t \rightarrow \infty} \|\mathbf{x}(t, \mathbf{x}_0) - \bar{\mathbf{x}}\| = 0$  bila  $\|\mathbf{x}_0 - \bar{\mathbf{x}}\| < \delta_1$ .



3. Titik ekuilibrium  $\bar{x}$  disebut tidak stabil jika untuk setiap  $\varepsilon > 0$  dan  $\delta > 0$  sedemikian sehingga terdapat  $\|x_0 - \bar{x}\| < \delta$  dan  $\|x_{x_0}(t) - \bar{x}\| < \varepsilon$  untuk  $t \geq 0$ .

Untuk sistem persamaan diferensial yang sifatnya mudah untuk ditentukan, maka kestabilannya dapat dilihat melalui kriteria nilai eigen.

**Teorema 2.1 (Olsder, 2004)** Diberikan sistem persamaan diferensial linear  $\dot{x} = Ax$  dengan matriks  $A_{n \times n}$  dan memiliki  $k$  nilai eigen yang berbeda  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k$ , dengan  $k \leq n$ .

1. Jika  $Re \lambda_i < 0$ , untuk setiap  $i = 1, 2, \dots, k$  maka kestabilan titik ekuilibrium  $\bar{x} = 0$  adalah stabil asimtotik.
2. Jika  $Re \lambda_i > 0$ , untuk setiap  $i = 1, 2, \dots, k$  maka kestabilan titik ekuilibrium  $\bar{x} = 0$  adalah tidak stabil.

Beberapa sistem persamaan diferensial yang sulit ditentukan kestabilannya dengan menggunakan kriteria nilai eigen, maka dapat menggunakan kriteria kestabilan Routh-Hurwitz untuk menentukan kestabilannya. Kriteria Routh-Hurwitz yaitu suatu metode yang digunakan untuk menunjukkan nilai eigen bernilai negatif dengan memperhatikan koefisien dari persamaan karakteristik tanpa menghitung akar-akar karakteristik secara langsung (Muqtadiroh, dkk, 2013).

Diberikan persamaan karakteristik:

$$P(\lambda) = \lambda^k + a_1\lambda^{k-1} + a_2\lambda^{k-2} + \dots + a_k = 0 \quad (2.9)$$

dengan  $a_i$  adalah koefisien yang merupakan bilangan real,  $i = 1, 2, \dots, n$ .

Menurut Radhianti Risya (2012), dalam tugas akhirnya semua nilai eigen dari persamaan karakteristik mempunyai bagian real yang negatif jika dan hanya jika determinan dari semua matriks Routh-Hurwitz positif. Berdasarkan kriteria Routh-Hurwitz untuk  $k = 2, 3, 4$ , disebut bahwa titik ekuilibrium stabil jika dan hanya jika:

1.  $k = 2$   $a_1 > 0, a_2 > 0$
2.  $k = 3$   $a_1 > 0, a_3 > 0, a_1 a_2 > a_3$
3.  $k = 4$   $a_1 > 0, a_3 > 0, a_4 > 0, a_1 a_2 a_3 > a_3^2 + a_1^2 a_4$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

### 2.3 Model SEIR

Secara garis besar model epidemik SEIR menggambarkan alur penyebaran penyakit dari kelompok individu *susceptible* (individu yang mudah terinfeksi dan mudah ditulari penyakit) menjadi *exposed* (individu yang terinfeksi virus namun belum menunjukkan tanda-tanda terjangkit penyakit) lalu menjadi *infected* (individu yang sudah terjangkit penyakit dan dapat menularkannya pada individu lain) melalui kontak langsung atau dengan perantara lain. Selanjutnya individu *infected* yang mampu bertahan terhadap penyakit akan sembuh dan memasuki kelompok *recovered* (individu yang telah sembuh dari penyakit atau individu yang memiliki kekebalan).

Parameter yang digunakan adalah  $b$  merupakan laju kelahiran,  $\mu$  menyatakan laju kematian alami,  $\beta$  menyatakan laju kontak,  $\delta$  menyatakan laju individu kelas  $E$  masuk ke kelas  $I$ , dan  $\gamma$  menyatakan laju kesembuhan dengan nilai  $b, \mu, \beta, \gamma, \delta > 0$ .

Jumlah individu pada kelas *susceptible* menurun oleh penularan penyakit  $\beta S \frac{I}{N}$  dan kematian alami  $\mu S$ , dan meningkat akibat adanya kelahiran  $bN$ . Jumlah individu pada kelas *exposed* menurun oleh kematian alami  $\mu E$  dan individu yang masuk ke kelas *infected*  $\delta E$ , dan meningkat akibat adanya penularan penyakit  $\beta S \frac{I}{N}$ . Jumlah individu pada kelas *infected* menurun karena adanya kematian alami  $\mu I$  dan individu yang sembuh  $\gamma I$ , dan meningkat akibat adanya individu yang masuk dari kelas *exposed*  $\delta E$ . Jumlah individu pada kelas *recovered* menurun akibat kematian alami  $\mu R$  dan meningkat karena individu yang telah sembuh  $\gamma I$ . Berikut adalah contoh asumsi-asumsi model SEIR pada penyebaran penyakit campak:

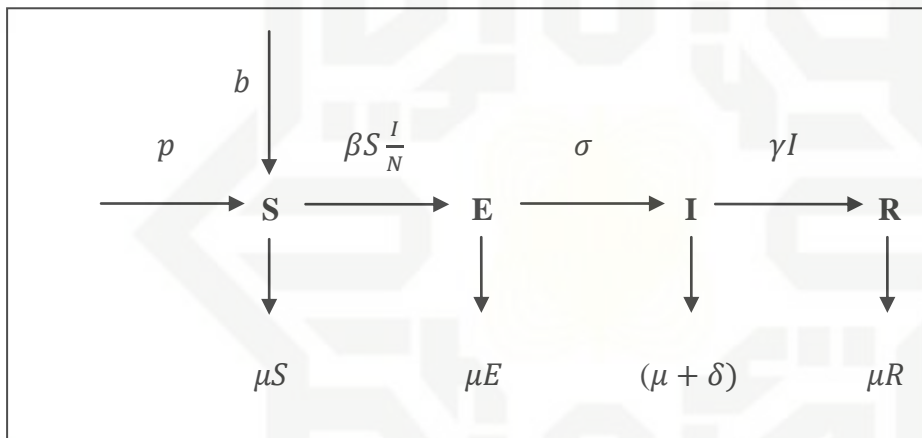
- 1) Sebagian populasi yang baru lahir diimunisasi terhadap infeksi campak melalui vaksinasi sebesar  $p$ .

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- 2) Laju penularan dari kelas rentan menjadi infeksi sebesar  $\beta S \frac{I}{N}$ .
- 3) Laju penularan dari kelas infeksi menjadi aktif campak sebesar  $\sigma$ .
- 4) Laju penyembuhan dari kelas aktif campak menjadi sembuh sebesar  $\gamma I$ .
- 5) Kematian yang disebabkan penyakit campak pada kelas infeksi sebesar  $\delta$ .
- 6) Kematian alami terjadi pada setiap kelas dengan laju  $\mu$ .
- 7) Populasi bersifat tertutup. Populasi tertutup yang dimaksud ini adalah jika dalam populasi tidak terjadi migrasi, perubahan pada jumlah populasi hanya disebabkan oleh kelahiran dan kematian.

Berdasarkan hal di atas, diperoleh diagram alir sebagai berikut:



Gambar 2.1 Diagram Alir Model SEIR