

# STRATEGI MODEL PENGENDALIAN PENYEBARAN VIRUS INFLUENZA

Noviana Pratiwi<sup>1</sup> dan Kartono<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Jurusan Matematika FMIPA Universitas Diponegoro  
Jln. Prof. H. Soedarto, S.H., Tembalang, Semarang

**Abstract.** Influenza or more popular is called flu is a kind of disease caused by virus which infect system of respiratory. Virus of influenza spread by direct contact with a host, so it is needed a quarantine and isolate program to rein it. By quarantine and isolate, formulation of reproduction number are made, by then is to determine a strategy to rein the virus. As a verification of formula obtained, we study the avian influenza at Central Java on September 2005 – April 2008.

**Keywords:** influenza, quarantine, isolate, reproduction.

## 1. PENDAHULUAN

Penyebaran infeksi penyakit akibat virus merupakan ancaman yang berarti dibidang kesehatan, sosial dan ekonomi masyarakat kita. Contoh penyebaran infeksi penyakit yang berpotensi menjadi pandemik adalah SARS (*Severe Acute Respiratory Syndrome*) dan flu burung. Kedua penyakit pernafasan tersebut disebabkan oleh virus. SARS adalah penyakit pernafasan yang disebabkan oleh *coronavirus*. Flu Burung adalah penyakit pernafasan yang disebabkan oleh virus influenza tipe H5N1.

Hal yang perlu dilakukan sejak kemunculan penyakit-penyakit diatas adalah merumuskan strategi model untuk mengontrol penyebaran virus influenza tersebut sehingga penyebaran virus ini dapat diminimalkan. Model dasar tentang penyebaran virus ini sudah dirumuskan oleh Kermack and McKendrick pada tahun 1927. Model matematika untuk epidemik merupakan suatu alat yang dapat digunakan untuk mempertimbangkan strategi-strategi untuk mengendalikan penyebaran penyakit. Meskipun matematika tidak menyembuhkan penyakitnya, namun matematika dapat membantu dalam prediksi pengendalian epidemik di masa mendatang agar tidak terjadi pandemik.

Menurut WHO, cara yang digunakan untuk mengontrol penyebaran infeksi

antara lain dengan mengisolasi individu yang terdiagnosa dan mengkarantina penderita yang dicurigai terkena virus tersebut. Selama program isolasi dan diagnosa tersebut pasien mendapat perawatan medis yang terbaik termasuk didalamnya pemberian vaksin bagi pasien.

## 2. INFLUENZA

Kata *influenza* berasal dari bahasa Italia yang berarti menyebabkan penyakit ([1],[3],[6]). Penyakit influenza bisa mengakibatkan kematian, 0,1% dari angka kematian disebabkan oleh infeksi virus influenza. Gejala pertama influenza adalah tubuh terasa dingin namun badan demam dengan suhu tubuh mencapai  $39^{\circ}C$ . Secara umum gejala influenza meliputi badan terasa sakit terutama tulang sendi dan tenggorokan, batuk dan bersin, demam, pusing, iritasi mata, sakit perut dan lain sebagainya.

Imunisasi merupakan bagian penting dalam upaya melindungi tubuh dari virus. *Antibody* dari protein ini dapat menetralsir virus dan mencegah infeksi virus. *Antibody* ini juga bisa menurunkan laju penyebaran virus influenza [8].

## 3. FORMULASI MODEL

Model yang digunakan dalam kasus penyebaran virus influenza ini adalah model *compartmental* (pembagian kelas-kelas) epidemiologi. Kebanyakan dari

model ini menggunakan model klasik SEIR (Susceptible, exposed, infectious and recovery) yang dikembangkan oleh Kermack and McKendrick (1927) dengan memakai asumsi sederhana tentang laju penyebaran dan penyembuhan penyakit. Dalam modelnya, Kermack-McKendrick membagi populasi total ( $N$ ) menjadi empat kelas yaitu *Susceptible* ( $S(t)$ ) merupakan jumlah individu yang mudah terinfeksi dan mudah ditulari penyakit, *Exposed* ( $E(t)$ ) yang artinya individu yang terdeteksi virus, *Infectious* ( $I(t)$ ) adalah jumlah individu yang terinfeksi dan *Recovered* ( $R(t)$ ) menotasikan jumlah individu yang telah sembuh dari penyakit [4].

Model yang digunakan untuk mengendalikan penyebaran virus influenza dalam kasus ini didapat dengan mengembangkan model awal SEIR yaitu dengan menambahkan kelas *Karantina* ( $Q(t)$ ) dan *Isolasi* ( $J(t)$ ), karena secara umum cara untuk mengendalikan penyebaran penyakit ini dengan diterapkannya program karantina dan isolasi. Dalam hal ini karantina berarti pemisahan antara individu yang terdeteksi virus influenza dari populasi awal sebelum berkembangnya gejala penyakit (misalnya SARS atau flu burung). Sedangkan isolasi berarti pemisahan individu yang terinfeksi virus setelah gejala penyakitnya berkembang ([4],[ 5])

### 3.1. Susceptible

Populasi bertambah karena masuknya individu ke sebuah daerah yang meliputi kelahiran, imigrasi dan emigrasi, serta berkurang oleh kematian alami ( $\mu$ ). Namun diasumsikan jika pengendalian penyebaran penyakit influenza ini berada di suatu daerah tertutup tanpa ada individu lain yang masuk dan keluar maka populasi di kelas ini tidak bertambah. Kontak langsung antara individu ini dengan individu yang terinfeksi akan mengakibatkan individu ini ikut terinfeksi dan berdampak populasi ini berkurang. Individu terinfeksi yang dimaksud meliputi

individu di kelas terdeteksi, individu yang menunjukkan telah terinfeksi, individu karantina dan individu isolasi. Koefisien transmisi empat kelas ini berturut-turut adalah  $\beta$ ,  $\epsilon_E \beta$ ,  $\epsilon_Q \beta$  dan  $\epsilon_J \beta$ .

$$S' = - \frac{S(\beta I + \epsilon_E \beta E + \epsilon_Q \beta Q + \epsilon_J \beta J)}{N} - \mu S. \quad (1)$$

### 3.2. Exposed

Individu terdeteksi ini sudah terinfeksi tetapi belum menginfeksi (*Exposed* ( $E$ )), namun secara medis gejala penyakit influenza belum berkembang. Populasi ini bertambah oleh masuknya individu yang membawa virus influenza sebanyak  $p$  dan individu dari *susceptible* yang terinfeksi. Tetapi diasumsikan bahwa pengendalian penyakit influenza ini hanya berada di dalam wilayah yang tertutup, maka tidak ada individu dari luar yang masuk dan mengakibatkan  $p = 0$ . Total populasi ini di notasikan  $E$ , dan berkurang oleh karantina dari orang-orang yang sudah terdeteksi ( $\gamma_1$ ), berkembangnya gejala medis ( $k_1$ ) dan kematian alamiah ( $\mu$ ).

$$E' = - \frac{S(\beta I + \epsilon_E \beta E + \epsilon_Q \beta Q + \epsilon_J \beta J)}{N} - (\gamma_1 + k_1 + \mu)E. \quad (2)$$

### 3.3. Karantina

Individu yang sudah terdeteksi selanjutnya akan dikarantina sebanyak  $\gamma_1$  karena individu ini ditetapkan telah mempunyai kontak dengan sumber virus. Dalam kelas karantina, populasi  $Q$  ini berkurang karena berkembangnya gejala medis sebanyak  $k_2$  sebelum ke kelas isolasi dan juga berkurang oleh kematian alamiah ( $\mu$ )

$$Q' = \gamma_1 E - (k_2 + \mu)Q. \quad (3)$$

### 3.4. Infeksi

Individu terinfeksi (*Infectious* ( $I$ )) ini muncul setelah berkembangnya gejala medis penyakit influenza oleh kelas

terdeteksi ( $E$ ) sebanyak  $k_1$ . Populasi  $I$  ini berkurang oleh isolasi ( $\gamma_2$ ), kematian karena dari penyakit ( $d_1$ ), penyembuhan penyakit ( $\sigma_1$ ) dan kematian alamiah ( $\mu$ ). Sedangkan  $\gamma_2$  yang dimaksud di sini adalah individu terinfeksi yang sedang melakukan perawatan medis dan dimasukkan ke dalam kelas isolasi dan dilakukan proses isolasi,

$$I' = k_1 E - (\gamma_2 + d_1 + \sigma_1 + \mu) I. \quad (4)$$

### 3.5. Isolasi

Secara medis, gejala penyakit pada individu terisolasi ( $J$ ) ini sudah berkembang, dengan mengisolasi penderita di rumah sakit (biasa dinamakan *hospitalization*). Populasi dalam kelas ini berasal dari kelas yang terinfeksi ( $I$ ) sebanyak  $\gamma_2$  dan kelas karantina ( $Q$ ) sebanyak  $k_2$ . Populasi ini berkurang dengan adanya pasien yang sembuh ( $\sigma_2$ ), kematian yang disebabkan dari penyakit ( $d_2$ ) dan kematian alamiah ( $\mu$ )

$$J' = \gamma_2 I + k_2 Q - (\sigma_2 + d_2 + \mu) J. \quad (5)$$

### 3.6. Sembuh

Populasi pada kelas yang individunya sembuh (*Recovery*) ini di simbolkan dengan notasi  $R$  dan diasumsikan bahwa individu ini mempunyai imunisasi yang tahan lama untuk melawan influenza. Populasi dari kelas ini ada oleh individu terinfeksi ( $I$ ) dan terisolasi ( $J$ ) yang sembuh dari penyakit sebanyak  $\sigma_1$  dan  $\sigma_2$  pasien serta populasi ini hanya berkurang oleh kematian alami pada ( $\mu$ )

$$R' = \sigma_1 I + \sigma_2 J - \mu R. \quad (6)$$

### 3.7. Perkembangbiakan Penyakit

Perkembangbiakan dasar penyakit (*The Basic Reproduction number*) diberi simbol  $R_0$  ditentukan sebagai jumlah perkiraan penghasil infeksi berikutnya setelah *index case*. Yang dimaksud *index case* disini adalah individu pertama yang

membawa dan menuliri penyakit yang masuk ke dalam populasi *susceptible* (individu yang mudah tertular).

Menurut Clancy dalam jurnalnya pada tahun 2006 [2], untuk mencari  $R_0$

$$\text{digunakan formulasi } R_0 = \frac{1}{S^*},$$

dengan  $S^*$  adalah fraksi (bagian) dari populasi *susceptible* pada saat setimbang, yaitu ketika perubahan lajunya sama dengan nol. Dari persamaan tiap kelas dicari fraksinya dan kemudian diperoleh titik kesetimbangannya yaitu

$$P(S^*, E^*, I^*, R^*),$$

dengan

$$S^* = \frac{(k_1 + \mu)(d_1 + \sigma_1 + \mu)}{k_1 \beta + \varepsilon_E \beta (d_1 + \sigma_1 + \mu)},$$

$$E^* = \frac{(d_1 + \sigma_1 + \mu) \mu}{k_1 \beta + \varepsilon_E \beta (d_1 + \sigma_1 + \mu)},$$

$$I^* = \frac{k_1 \mu}{k_1 \beta + \varepsilon_E \beta (d_1 + \sigma_1 + \mu)},$$

$$\text{dan } R^* = \frac{\sigma_1 k_1}{k_1 \beta + \varepsilon_E \beta (d_1 + \sigma_1 + \mu)}.$$

Sehingga diperoleh

$$S^* = \frac{(k_1 + \mu)(d_1 + \sigma_1 + \mu)}{k_1 \beta + \varepsilon_E \beta (d_1 + \sigma_1 + \mu)},$$

dan dari formulasi  $R_0 = \frac{1}{S^*}$ , maka

$$R_0 = \frac{1}{\frac{(k_1 + \mu)(d_1 + \sigma_1 + \mu)}{\beta(k_1 + \varepsilon_E (d_1 + \sigma_1 + \mu))}} \text{ atau}$$

$$R_0 = \frac{\beta k_1}{(k_1 + \mu)(d_1 + \sigma_1 + \mu)} + \frac{\beta \varepsilon_E}{k_1 + \mu}. \quad (7)$$

Variabel  $R_0$  merupakan jumlah perkiraan penghasil infeksi yang akan menularkan penyakit sebelum adanya tindakan untuk mengontrol epidemik tersebut. Maka untuk menunjukkan jumlah perkiraan penghasil infeksi ketika adanya tindakan untuk mengontrol epidemik di

suatu daerah diperkenalkan *control reproduction number* ( $R_C$ ). Tindakan untuk mengontrol perjangkitan itu meliputi karantina dan isolasi, akibatnya dalam perhitungan mencari  $R_C$  nilai  $Q$ ,  $J$ ,  $\gamma_1$  dan  $\gamma_2$  tidak sama dengan nol atau dengan kata lain parameter tersebut ada nilainya. Cara mencari  $R_C$  sesuai dengan perhitungan mencari  $R_0$ , sehingga diperoleh

$$R_C = \frac{\beta k_1}{(\gamma_1 + k_1 + \mu)(\gamma_2 + d_1 + \sigma_1 + \mu)} + \frac{\varepsilon_E \beta}{\gamma_1 + k_1 + \mu} + \frac{\varepsilon_Q \gamma_1 \beta}{(\gamma_1 + k_1 + \mu)(\mu + k_2)} + \frac{\varepsilon_J \gamma_2 k_1 \beta}{(\gamma_1 + k_1 + \mu)(\gamma_2 + d_1 + \sigma_1 + \mu)(\sigma_2 + d_2 + \mu)} + \frac{\varepsilon_J \gamma_1 k_2 \beta}{(\gamma_1 + k_1 + \mu)(\sigma_2 + d_2 + \mu)(\mu + k_2)}$$

**4. STUDI KASUS**

Dalam pengendalian epidemik, dikembangkan model dinamik yang mempelajari perjangkitan influenza. Kasus influenza yang paling besar baru-baru ini adalah SARS dan flu burung, namun kesulitan data merupakan kendala yang dihadapi dalam penerapan model. Untuk studi kasus digunakan data penyakit flu burung di Jawa Tengah September 2005 – April 2008 yang diperoleh dari dinas kesehatan Jawa Tengah, walaupun data yang diperoleh kurang lengkap dan akurat. Data yang diperoleh diterapkan dalam persamaan  $R_C$  dan didapat

$$R_C = \frac{79}{12482 + 237\mu + \mu^2} \beta + \frac{1}{158 + \mu} \varepsilon_E \beta + \frac{79}{10744 + 226\mu + \mu^2} \varepsilon_Q \beta + \frac{483480 + 6241\mu}{9336536 + 1163254\mu + 31953\mu^2 + 316\mu^3 + \mu^4} \varepsilon_J \beta$$

Kemudian jika diasumsikan  $\mu = 4147$  dan  $\beta = 40$ , maka diperoleh:

$$R_C = 0,0001736938470 + 0,009291521488\varepsilon_E + 0,0001741471406\varepsilon_Q + 0,000003307512721\varepsilon_J$$

Dari beberapa estimasi di atas bisa dilihat bahwa parameter yang paling besar koefisiennya adalah  $\varepsilon_E \beta$ , maka bisa dikatakan bahwa parameter yang paling berpengaruh pada  $R_C$  adalah  $\varepsilon_E \beta$  karena sedikit perubahan nilai pada  $\varepsilon_E \beta$  bisa mengakibatkan perubahan yang berarti pada  $R_C$  jika dibandingkan dengan perubahan parameter yang lain. Dalam model diatas diprediksikan bahwa dengan mengurangi transmisi virus pada saat karantina ( $\varepsilon_E$  dan  $\varepsilon_Q$ , namun dalam hal ini dikhususkan pada saat individu terexposed ( $\varepsilon_E$ )), akan didapatkan hasil yang efektif (penurunan  $R_C$ ) jika dibandingkan program isolasi atau sebelum dikarantina. Sehingga dengan karantina yang efektif pada saat individu *terexposed* ( $\varepsilon_E = 0$ ) dilengkapi dengan tindakan medis, perjangkitan penyakit dapat dikontrol. Namun isolasi juga bisa digunakan untuk mengontrol perjangkitan penyakit tapi pengaruhnya tidak sebesar karantina. Jadi, karantina dan isolasi dapat mengontrol epidemik secara terpisah. Pengendalian epidemik ini dapat dicapai dengan menurunkan transmisi virus secara signifikan selama karantina dan isolasi.

Deteksi awal pada individu masuk dalam populasi merupakan tugas yang sulit hal ini disebabkan *screening test* kurang dipercaya karena adanya kesalahan manusia dan individu masuk yang tidak teratur. Namun *screening test* pada penumpang transportasi di terminal terbukti merupakan salah satu deteksi awal yang efektif. Jadi jika *screening test* dari individu yang masuk ke komunitas lebih diefektifkan, maka kemungkinan epidemik bisa diminimalkan.

Penerapan karantina yang tepat waktu penting dalam membatasi epidemik. Simulasi berdasarkan pada tidak adanya individu tak terdeteksi yang masuk ke dalam populasi ( $p = 0$ ) menunjukkan bahwa waktu antara awal epidemik sampai penerapan karantina serta isolasi menyebabkan cepat munculnya kematian kumulatif.

Jadi dapat disimpulkan bahwa karantina penting dan efektif sebagai alat untuk mengendalikan penyebaran virus. Karena karantina akan mengurangi nilai  $R_C$  sehingga jika sumber penyebaran virus berkurang penyebaran virus bisa dikendalikan.

## 5. KESIMPULAN

Model yang didapat memperkirakan bahwa karantina dari individu yang terjangkit virus, dengan perawatan medis pasien, dapat mengendalikan penyebaran virus di dalam suatu komunitas secara efektif. Pembasmian virus ini bergantung pada: penerapan secara efektif ( $\epsilon_E$  diturunkan sampai nol untuk menurunkan nilai  $R_C$ ) pada saat karantina individu yang terjangkit virus dengan perawatan medis dan pencegahan secara higienis, jika diperlukan penerapan isolasi merupakan tindak lanjut dari karantina, deteksi dini

dari individu pada saat masuk ke dalam komunitas, berkurangnya transmisi virus dari hewan sumber penyakit ke manusia.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim, *Influenza*, <http://en.wikipedia.org/wiki/Influenza>.
  - [2] Clancy, M J A O'Callaghan and T C Kelly. (2006), *A multi-scale problem arising in a model of avian flu virus in a seabird colony*, Institute of Physics Publishing, Ireland.
  - [3] Davis Charles. (2008), *What is Influenza?*, <http://www.medicinenet.com/influenza/article.htm>
  - [4] Gumel, AB, S Ruan, Troy Day. (2004), *Modelling Strategies for Controlling SARS Outbreaks*, The Royal Society, Canada.
  - [5] Handel, Andreas, Ira M R, Rustom A. (2006), *What is the Best Control Strategy for Multiple Infectious Disease Outbreaks ?*, The Royal Society, USA.
  - [6] Hunt Margent. (2008), *Influenza Virus (ORTHOMYXOVIRUS)*, <http://pathmicro.med.sc.edu/mhunt/flu.htm>
  - [7] Ikhsan Mokoagow. *Tentang Flu Burung*, <http://www.koalisi.org.topik/infokesehatan/php>,
  - [8] Schoenstadt Artur. (2008), *Influenza Virus*, <http://virus.emedtv.com/influenza-virus/influenza-virus.html>,
-