

# MODEL PENYEBARAN PENYAKIT DEMAM BERDARAH DI MALANG

Usman Pagalay

## *Abstract*

*A mathematic model plays an important role in the understanding of epidemiology and the spreader of dengue. This model describes briefly about the non-linear process and the infection process of dengue to a person and the emergence of this disease in certain population. An important definition is taken from –this a dynamic analysis, which is focused on the incidence or prevalence of the spreader of a disease in a certain population. It also includes epidemic process in a steady state population. This research explains mathematic models of the spreader of dengue in Malang that covers the number of outbreaks to cope with DBD, the stability of the disease, the endemic area and the prediction of the number of people that are infected by this disease in the future. The dynamic analysis of the host and vector were derived from the formula of differential equation system, and then defined as mathematic model. From this, we can get basic reproduction number ( $R_a$ ). It is a number that indicate whether a dynamic system from the model is stable.*

*Keyword: Mathematic Model, DBD, epidemic, Outbreak*

## PENDAHULUAN

Demam berdarah atau demam berdarah dengue (DBD) adalah penyakit febril akut yang ditemukan di daerah tropis, dengan penyebaran geografis yang mirip dengan malaria. Penyakit ini disebabkan oleh salah satu dari empat serotipe virus dari genus *Flavivirus*, famili *Flaviviridae*. Setiap serotipe cukup berbeda sehingga tidak ada proteksi-silang dan wabah yang disebabkan beberapa serotipe (hiperendemisitas) dapat terjadi. Demam berdarah disebarkan kepada manusia oleh nyamuk *Aedes aegypti*.

Penyakit ini ditunjukkan melalui munculnya demam secara tiba-tiba, disertai sakit kepala berat, sakit pada sendi dan otot (myalgias dan

arthralgias) dan ruam; ruam demam berdarah mempunyai ciri-ciri merah terang, petekial dan biasanya muncul dulu pada bagian bawah badan pada beberapa pasien, ia menyebar hingga menyelimuti hampir seluruh tubuh. Selain itu, radang perut bisa juga muncul dengan kombinasi sakit di perut, rasa mual, muntah-muntah atau diare. Demam berdarah umumnya lamanya sekitar enam atau tujuh hari dengan puncak demam yang lebih kecil terjadi pada akhir masa demam. Secara klinis, jumlah platelet akan jatuh hingga pasien dianggap afebril. Penyebab demam berdarah menunjukkan demam yang lebih tinggi, pendarahan, trombositopenia dan hemokonsentrasi. Pada awal tahun 2004 kita dikejutkan kembali dengan merebaknya penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD), dengan jumlah kasus yang cukup banyak. Hal ini mengakibatkan sejumlah rumah sakit menjadi kewalahan dalam menerima pasien DBD. Untuk mengatasinya pihak rumah sakit menambah tempat tidur di lorong-lorong rumah sakit serta merekrut tenaga medis dan paramedis. Merebaknya kembali kasus DBD ini menimbulkan reaksi dari berbagai kalangan. Sebagian menganggap hal ini terjadi karena kurangnya kesadaran masyarakat akan kebersihan lingkungan dan sebagian lagi menganggap karena pemerintah lambat dalam mengantisipasi dan merespon kasus ini.

Sejak Januari sampai dengan 5 Maret tahun 2004 total kasus DBD di seluruh propinsi di Indonesia sudah mencapai 26.015 orang, dengan jumlah kematian sebanyak 389 orang (CFR=1,53% ). Kasus tertinggi terdapat di Propinsi DKI Jakarta (11.534 orang) Penyakit Demam Berdarah atau Dengue Hemorrhagic Fever (DHF) ialah penyakit yang disebabkan oleh virus dengue yang ditularkan melalui gigitan nyamuk *Aedes aegypti* . Nyamuk ini terdapat hampir di seluruh pelosok Indonesia, kecuali di tempat-tempat ketinggian lebih dari 1000 meter di atas permukaan air laut.

Penyakit DBD sering salah didiagnosis dengan penyakit lain seperti flu atau tipus. Hal ini disebabkan karena infeksi virus dengue yang menyebabkan DBD bisa bersifat asimtomatik atau tidak jelas gejalanya. Data di bagian anak RSCM menunjukkan pasien DBD sering menunjukkan gejala batuk, pilek, muntah, mual, maupun diare. Masalah bisa bertambah karena virus tersebut dapat masuk bersamaan dengan infeksi penyakit lain seperti flu atau tipus. Oleh karena itu diperlukan kejelian pemahaman tentang perjalanan penyakit infeksi virus dengue, patofisiologi, dan ketajaman pengamatan klinis. Dengan pemeriksaan klinis yang baik dan lengkap, diagnosis DBD serta pemeriksaan penunjang (laboratorium) dapat membantu terutama bila gejala klinis kurang memadai.

Penyakit DBD pertama kali di Indonesia ditemukan di Surabaya pada tahun 1968, akan tetapi konfirmasi virologis baru didapat pada tahun 1972. Sejak itu penyakit tersebut menyebar ke berbagai daerah, sehingga sampai tahun 1980 seluruh propinsi di Indonesia kecuali Timor-Timur telah terjangkit penyakit. Sejak pertama kali ditemukan, jumlah kasus menunjukkan kecenderungan meningkat baik dalam jumlah maupun luas wilayah yang terjangkit dan secara sporadis selalu terjadi KLB setiap tahun.

KLB DBD terbesar terjadi pada tahun 1998, dengan Incidence Rate (IR) = 35,19 per 100.000 penduduk dan CFR = 2%. Pada tahun 1999 IR menurun tajam sebesar 10,17%, namun tahun-tahun berikutnya IR cenderung meningkat yaitu 15,99 (tahun 2000); 21,66 (tahun 2001); 19,24 (tahun 2002); dan 23,87 (tahun 2003).

Meningkatnya jumlah kasus serta bertambahnya wilayah yang terjangkit, disebabkan karena semakin baiknya sarana transportasi penduduk, adanya pemukiman baru, kurangnya perilaku masyarakat terhadap pembersihan sarang nyamuk, terdapatnya vektor nyamuk hampir



*Maka mereka yakin bahwa perumpamaan itu benar dari Tuhan mereka, tetapi mereka yang kafir mengatakan: "Apakah maksud Allah menjadikan Ini untuk perumpamaan?." dengan perumpamaan itu banyak orang yang disesatkan Allah, dan dengan perumpamaan itu (pula) banyak orang yang diberi-Nya petunjuk. dan tidak ada yang disesatkan Allah kecuali orang-orang yang fasik. (Q.S. Al-Baqarah : 26)*

Berdasarkan ayat tersebut kita dapat memberikan salah satu saja dari jenis nyamuk, yaitu nyamuk *Aedes Aegypti*. Dari satu jenis nyamuk tersebut kita dapat membangun jaring-jaring disiplin ilmu yang saling terkait dan melengkapi untuk dipelajari demi kemaslahatan umat manusia. Model penyebaran, nyamuk *Aedes Aegypti*, lama infeksi dan interaksinya dengan manusia sehingga dapat menjadi wabah yang menakutkan dan menimbulkan banyak korban menjadi kajian dalam beberapa disiplin ilmu. Ilmu kedokteran dan biologi merupakan ilmu yang terkait langsung dan berkompeten untuk membahas, mengkaji dan menganalisis gejala-gejala tersebut. Beberapa ilmu lain turut melengkapi kajian tersebut, diantaranya ilmu kimia yang menyediakan beberapa sintesis zat-zat yang ditawarkan sebagai obat, ilmu fisika yang menawarkan solusi peralatan dan ilmu matematika yang menghitung waktu dan proses terjadinya epidemi DBD.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian yang hendak mengkonstruksi model dinamik nyamuk *Aedes Aegypti* ini menggunakan dua pendekatan sekaligus. Pendekatan pertama yaitu deskriptif kualitatif, dimana dalam pendekatan ini dikaji secara literatur tentang sifat-sifat yang menyertai nyamuk *Aedes Aegypti*. Berdasarkan literatur ini akan disusun model teoritisnya. Pendekatan kedua yaitu pendekatan kuantitatif yaitu mengevaluasi model teoritis dengan menggunakan data empiris. Selain evaluasi juga diturunkan Basic reproduksi Number model tersebut. Apabila berdasarkan perhitungan kuantitatif ini

kurang layak akan diadakan perbaikan model sampai pada tingkat kepercayaan yang diharapkan dalam standar matematika.

Penelitian ini mengambil lokasi di sukun, kedungkandang,, lowokwaru, blimbing dan klojen Malang. Secara teoritis nyamuk *Aedes Aegypti* lebih mudah berkembangbiak pada siang dan sore hari, di tempat genangan air yang bersih dan suhu yang relatif panas. Kawasan tersebut cukup padat penduduknya karena merupakan kawasan dengan hunian kos-kosan sehingga peluang untuk terjadinya epidemi tinggi. Secara empirik peneliti berada pada lokasi tersebut sehingga sangat mungkin untuk merekam dan mendapatkan data dengan akurat.

Kajian Teoritis berupa kajian literatur tentang model matematika dan proses terjangkitnya epidemi DBD, Penyusunan Model Teoritis berdasarkan kajian teoritis dengan didahului penyimbunan dari masing-masing variabel, Pengumpulan Data Lapangan, Evaluasi Model berupa mensubstitusikan data pada model yang dirumuskan, Perbaikan Model, Penghitungan Tingkat Kelahiran dan kematian, Penarikan Kesimpulan dengan interpretasinya.

Data dalam penelitian ini terdiri dari tiga macam yaitu data primer, data skunder dan data tersier. Data utamanya justru dari dari skunder yang dikumpulkan dari beberapa instansi yang terkait dengan epidemi DBD diantaranya kelurahan, dinas kesehatan Malang dan rumah sakit terdekat. Berdasarkan data yang dikumpulkan instansi-instansi tersebut peneliti membuat model dinamik dari nyamuk *Aedes Aegypti*. Data primer digunakan sebagai triangulasi dari data skunder yang diobservasi peneliti pada lokasi kejadian. Data tersier merupakan olahan dan analisis lanjutan dari data skunder untuk memenuhi perumusan masalah yang diangkat dalam penelitian ini.

Teknik analisis data dalam penelitian ini berupa dua hal yaitu kualitatif dan kuantitatif. Teknik analisis kualitatif digunakan dalam

menyusun model dinamik dari siklus pertumbuhan nyamuk *Aedes Aegypti*, interaksi nyamuk dengan manusia, inkubasi dan penderita DBD. Teknik analisis kuantitatif digunakan dalam membuat evaluasi dari model dinamik yang telah disusun, selanjutnya disubstitusi dengan data untuk mendapatkan dan memprediksi jumlah manusia yang terinfeksi DBD. Apabila model belum memenuhi standart dalam pemodelan matematika maka disusun model perbaikansampai memenuhi persyaratan model matematika.

## HASIL PENELITIAN

Berdasarkan model yang diperkenalkan oleh *Esteve-Vargas* yang menyangkut *dynamik* dari nyamuk *Aedes aegypti*, terdiri dari tiga kompartemen pada Host, yakni:

1. Populasi manusia yang telah terinfeksi virus dengue (*Infective-host*).
  2. Populasi manusia yang sehat dan berpotensi terinfeksi (*Susceptible-host*).
  3. Populasi manusia yang telah sembuh dari penyakit DBD (*Removed-host*).
2. Dan hanya dua kompartemen pada Vektor, yakni:
3. Populasi nyamuk yang sehat dan berpotensi terinfeksi (*Susceptible-vektor*)
  4. Populasi nyamuk yang telah terinfeksi virus dengue (*Infective-vektor*).

Ini disebabkan nyamuk yang terinfeksi virus dengue tidak akan sembuh. Kompartemen-kompartemen diatas lebih dikenal sebagai SIR( *Susceptible-Infective-Removed*).

Secara keseluruhan notasi-notasi yang digunakan dalam pembentukan model penyebaran penyakit

DBD adalah berikut :

$N_H$  = jumlah populasi manusia (host)

$S_H$  = jumlah manusia sehat dan berpotensi terinfeksi

$I_H$  = jumlah manusia terinfeksi

$R_H$  = jumlah penderita yang sembuh dan kebal

$N_V$  = jumlah populasi nyamuk (vector)

$S_V$  = jumlah nyamuk sehat dan berpotensi terinfeksi

$I_V$  = jumlah nyamuk terinfeksi

$\mu_H$  = rata-rata kematian(kelahiran host)/hari

$\mu_v$  = rata-rata kematian nyamuk/hari

$\beta_H$  = peluang transmisi dari vector ke host

$\beta_V$  = peluang transmisi dari host ke vector

$\gamma_H$  = rata-rata recovery penderita menjadi sembuh/hari

$b$  = rata-rata banyaknya gigitan yang dilakukan tiap vector/hari

Perubahan Susceptible-Host dipengaruhi oleh :

jumlah kelahiran  $+ \mu_H N_H$

jumlah kematian  $- \mu_H S_H$

$S_H \rightarrow I_H$   $I_V S_H$

Perubahan  $S_H$  dalam satu hari

$$S_H(t+1) - S_H(t) = \mu_H N_H - \mu_H S_H - \frac{\beta_V b I_H}{N_H} I_V S_H$$

jadi perubahan  $S_H$  pada selang  $\Delta t$  adalah

$$S_H(\Delta t+t) - S_H(t) = (\mu_H N_H - \mu_H S_H - \frac{\beta_V b I_H}{N_H} I_V S_H) \Delta t$$

Berdasarkan uraian di atas, maka faktor yang mempengaruhi perubahan jumlah populasi manusia yang susceptible terhadap waktu adalah jumlah kelahiran manusia yaitu  $\mu_H \cdot N_H$ , jumlah manusia yang terinfeksi dan jumlah kematian manusia yang susceptible yaitu  $\mu_H \cdot S_H$  per hari adalah:



$$dS_H/dt = \mu_H N_H - \mu_H S_H - \frac{\beta_V b I_H}{N_H} I_V S_H$$

Demikian juga dengan perubahan jumlah populasi manusia yang terinfeksi terhadap waktu bergantung pada jumlah manusia yang terinfeksi, jumlah kematian manusia yang terinfeksi  $\mu_H \cdot I_H$  per hari dan jumlah populasi manusia yang pulih dari infeksi  $\gamma_H \cdot I_H$ . dalam waktu yang sama adalah:

$$\frac{dI_H}{dt} = \frac{\beta_H b S_H I_V}{N_H} - (\mu_H + \gamma_H) I_H$$

Jumlah populasi manusia yang pulih (Removed) yaitu  $R_H$  akan mengalami perubahan juga seiring dengan perubahan waktu. Perubahan jumlah populasi manusia yang pulih terhadap waktu adalah selisih dari jumlah manusia yang telah pulih dari infeksi  $\gamma_H \cdot I_H$  dengan jumlah kematian pada host yang pulih yakni  $\mu_H \cdot R_H$  pada waktu yang sama adalah:

$$\frac{dR_H}{dt} = \gamma_H I_H - \mu_H R_H$$

Jika kita asumsikan bahwa hanya ada satu jenis virus yang ditransformasikan oleh nyamuk yang terinfeksi. Infeksi pada nyamuk yang sehat terjadi jika terdapat kontak langsung yaitu antara manusia yang terinfeksi dengan nyamuk *susceptible* (kontak antara  $I_H$  dan  $S_V$ ), kontak tidak langsung yaitu antara manusia yang *susceptible* dengan nyamuk *susceptible* dan antara manusia yang terinfeksi dengan nyamuk *susceptible* (kontak antara  $I_H$ ,  $S_H$  dan  $S_V$ ). Jumlah populasi nyamuk yang terdiri dari populasi nyamuk yang *susceptible* dan populasi unggas yang terinfeksi adalah konstan (tingkat kelahiran alami = tingkat kematian alami), sehingga kita nyatakan dengan

$$N_v = S_v + I_v$$

Dengan laju kematian adalah sama yaitu  $\mu_v$ .

Selanjutnya kita akan menghitung perubahan *susceptible* menjadi terinfeksi (membentuk model proses transmisi infeksi). Perubahan ini dipengaruhi oleh jumlah kontak dan keberhasilan transmisi. Jumlah kontak langsung yang terjadi perhari adalah  $k \cdot I_v$  dengan demikian peluang satu nyamuk *susceptible* yang terinfeksi perhari karena kontak langsung adalah:

$$\frac{\beta_v \cdot k}{N_v} \cdot I_v$$

Apabila jumlah kontak tidak langsung yang terjadi perhari adalah  $k \cdot I_H$  dengan demikian peluang satu nyamuk *susceptible* yang terinfeksi perhari karena kontak tidak langsung (antara manusia yang *susceptible* dengan nyamuk *susceptible* dan antara manusia yang terinfeksi dengan nyamuk *susceptible*) adalah:

$$\frac{d}{dt} R_H = \gamma_H I_H - \mu_H R_H$$

Maka peluang satu nyamuk *susceptible* yang terinfeksi per hari baik karena kontak langsung maupun kontak tidak langsung adalah:

$$\frac{dS_v}{dt} = \mu_v N_v - \frac{\beta_v b S_H I_H}{N_v} - \mu_v S_v - q \mu_v I_v$$

dan jumlah nyamuk yang terinfeksi oleh nyamuk yang terinfeksi dan manusia yang terinfeksi per hari adalah:

Setelah kita mengetahui model proses transmisi infeksi, selanjutnya kita akan membentuk model interaksi untuk transmisi yaitu perubahan jumlah populasi *susceptible* dan infeksius.

Berdasarkan uraian di atas, maka faktor yang mempengaruhi perubahan jumlah populasi nyamuk yang *susceptible* terhadap waktu adalah selisih dari jumlah kelahiran populasi nyamuk yaitu  $\mu_v \cdot N_v$  terhadap jumlah

populasi nyamuk yang terinfeksi dan jumlah kematian nyamuk yang susceptible yaitu  $\mu_v \cdot S_v$  pada waktu yang sama adalah:

$$\frac{dI_v}{dt} = \frac{\beta_v b S_v I_H}{N_H} + ((q \mu_v) \cdot (I_v)) - ((\mu_v) \cdot (I_v)) \dots\dots\dots (6)$$

demikian juga dengan perubahan jumlah populasi nyamuk yang terinfeksi terhadap waktu yaitu selisih dari jumlah nyamuk yang terinfeksi terhadap jumlah kematian nyamuk yang terinfeksi  $\mu_v \cdot I_v$  pada waktu yang sama.

Secara keseluruhan Model Host-Vektor berdimensi lima dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\frac{dS_H}{dt} = \mu_H N_H - \frac{\beta_H b S_H I_V}{N_H} - \mu_H S_H$$

$$\frac{dI_H}{dt} = \frac{\beta_H b S_H I_V}{N_H} - (\mu_H + \gamma_H) I_H$$

$$\frac{dR_H}{dt} = \gamma_H I_H - \mu_H R_H$$

$$\frac{dS_v}{dt} = \mu_v N_v - \frac{\beta_v b S_H I_H}{N_v} - \mu_v S_v - q \mu_v I_v$$

$$\frac{dI_v}{dt} = \frac{\beta_v b S_v I_H}{N_H} + ((q \mu_v) \cdot (I_v)) - ((\mu_v) \cdot (I_v))$$

**FORMULASI Ro**

*Ro adalah Ekspektasi banyaknya kasus sekunder yang timbul akibat dari kasus primer dalam populasi "virgin".*

Misalkan  $R_1$  : jumlah Host yang terinfeksi oleh satu vektor terinfeksi/satuan waktu.

$$R_1 = \frac{b\beta_v N_v}{(\mu_H + \gamma) N_H}$$

dan  $R_2$ : jumlah vektor yang terinfeksi oleh satu Host yang terinfeksi/satuan waktu.

$$R_2 = \frac{b\beta_H}{\mu_v(1-q)}, \text{ jadi}$$

$$R_0 = R_1 * R_2 = \frac{b\beta_v N_v}{(\mu_H + \gamma)N_H} \frac{b\beta_H}{\mu_v(1-q)}$$

## PEMBAHASAN

Berdasarkan Model matematika dan data yang diperoleh di beberapa instansi adalah

$$N_H = 1.000.000 \text{ orang}$$

$$S_H = 950307 \text{ orang}$$

$$I_H = 104 \text{ orang}$$

$$N_V = 1.000.000 \text{ ekor}$$

$$\mu_H = 0.000693$$

$$\mu_H = 1.8 / \text{bulan}$$

$$\beta_H = 0.4$$

$$\beta_V = 0.6$$

$$\gamma_H = 0.1428 / \text{hari}$$

$$b = 0.3$$

Dengan menggunakan model matematika diatas di Prediksi jumlah manusia yang terinfeksi DBD di Malang mulai pada bulan Januari 2006 sampai Desember 2007 sebagai berikut.

Bulan	Jumlah Host Yang Terinfeksi DBD
Januari 2006	104
Pebruari 2006	97.19141261
Maret 2006	112.10135357
April 2006	149.60271194
Mei 2006	182.03161586
Juni 2006	232.59351009
Juli 2006	419.30698476
Agustus 2006	37276167994
September 2006	281.64877326
Oktober 2006	152.94118106
Nopember 2006	118.41944906
Desember 2006	105.32319518
Januari 2007	77.06618584
Pebruari 2007	502.55002929
Maret 2007	445.29825354
April 2007	332.33832445
Mei 2007	265.82156431
Juni 2007	224.23594945
Juli 2007	174.85449899
Agustus 2007	143.64557168
September 2007	111.73884988
Oktober 2007	93.50098915
Nopember 2007	80.41791206
Desember 2007	70.91344039

## DAFTAR PUSTAKA

Al Quran dan Terjemah, 1990, Depag RI.

D.J.D. Earn, P. Rohani, B.M. Bolker, B.T. Grenfell, *A simple model for complex dynamical transitions in epidemics*, Science 287 (2000) 667–670.

Diekmann, O.dan J.A.P.Hesterbeek. *Mathematical Epidemiology of Infectious Diseases*. John Wiley. Chichester.2000.

- Esteva L, C. Vargas : *Analysis of a dengue disease transmission model*, Math.Biosciences 150(1998),131-151.
- F. Brauer, P. van den Driessche, *Models for the transmission of disease with immigration of infectives*, Math.Biosci. 171 (2001) 143–154.
- Fox, Robert W & McDonald, Alan T, 2001, *Intoduction To Mathematical Modelling* (Third Edition), New York: John Wiley & Sons.
- H.W. Hethcote, S.A. Levin, *Periodicity in epidemiological models*, in: S.A. Levin, T.G. Hallam, L.J. Gross (Eds.), *Applied Mathematical Biology*, in: Biomath. Texts, vol. 18, Springer-Verlag, New York, 1989, pp. 193–211.
- Miles, Matthew B & Huberman, A Michael, 1992, *Analisis Data Kualitatif*, Jakarta: UI Press.
- O. Diekmann, M. Kreztschmar, *Patterns in the effects of infectious disease on population growth*, J. Math.Biol. 29 (1991) 539–570.
- R. Bogdanov, *Versal deformations of a singular point on the plan in the case of zero eigen-values*, Selecta Math. Soviet. 1 (1981) 389–421.
- R.M. Anderson, R.M. May, *Infectious Diseases of Humans, Dynamics and Control*, Oxford University Press, Oxford, 1991.
- Z. Feng, H.R. Thieme, *Recurrent outbreaks of childhood diseases revisited: the impact of isolation*, Math. Biosci. 128 (1995) 93–130.