

MODEL DINAMIK INTERAKSI LARVA NYAMUK CULEX DENGAN LARVA NYAMUK TOXORHYNCHITE DALAM UPAYA PENCEGAHAN PENYEBARAN FILARIASIS

KANIA EVITA DEWI, EDNAWATI RAINARLI, NELLY INDRIANI WIDIASTUTI
Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer
Universitas Komputer Indonesia

Indonesia merupakan daerah endemis untuk penyakit filariasis. Filariasis menyebabkan pembengkakan di beberapa bagian badan sehingga orang yang mengidapnya akan sulit bergerak. Dari tahun ketahun pertumbuhan penyakit ini semakin meningkat, walaupun pemerintah sudah melakukan pemberian obat secara massal di daerah endemis dan mencegah atau membasmi kecacatan karena filariasis. Vektor filariasis yang paling banyak ditemukan di daerah endemis, Jawa Timur, adalah *Culex quinquefasciatus*. Nyamuk *Cx. quinquefasciatus* memiliki kebiasaan yang sama dengan Nyamuk *Toxorhynchites* yaitu menyimpan telur di lubang pohon. Sedangkan larva nyamuk *Toxorhynchites* membutuhkan larva spesies lain atau larva dari spesiesnya sendiri untuk pangan. Untuk melihat apakah pemangsaan larva *Cx. Quinquefasciatus* oleh larva *Toxorhynchites* dapat mencegah pertumbuhan populasi *Cx. Quinquefasciatus*, maka dibuatlah model dinamikanya. Hasil penelitiannya adalah pemangsaan larva *Cx. Quinquefasciatus* oleh larva *Toxorhynchites* dapat mencegah pertumbuhan populasi *Cx. Quinquefasciatus*, yang secara tidak langsung dapat mencegah penyebaran penyakit filariasis.

Keywords : Model Matematika, filariasis, *Culex*, *Toxorhynchites*

PENDAHULUAN

Filariasis merupakan penyakit yang sering menyebar di daerah tropis. Indonesia masih merupakan daerah endemis untuk penyakit ini. Filariasis menyebar di daerah pedesaan dan daerah kumuh di perkotaan. Berdasarkan data yang diperoleh dari depkes diketahui bahwa filariasis jumlahnya selalu meningkat dari tahun ketahun seperti (cari tabelnya) pada tahun 2000 terdapat 6233 kasus dan pada tahun 2009 terdapat 11914 kasus. Banyak cara yang telah pemerintah lakukan yaitu pemberian obat secara massal di daerah endemis dan mencegah atau membatasi kecacatan karena filariasis.

Filariasis adalah penyakit menular. Penyakit ini disebabkan oleh tiga spesies cacing yaitu *Wuchereria bancrofti*, *Brugia malayi*, dan *Brugia timori*. Vektor dari penyakit ini berbagai macam jenis spesies nyamuk diantaranya genus *Anopheles*, *Aedes*, *Culex*, *Mansonia*, dan *Armigeres*. Menurut penelitian Akhmad Hasan H. di daerah Jawa Timur yang paling banyak menjadi vektor untuk penyakit filariasis ini adalah *Culex quinquefasciatus*.

Nyamuk *Culex quinquefasciatus* memiliki kesamaan dengan Nyamuk *Toxorhynchites* yaitu menyimpan telur di lubang pohon. Sedangkan larva nyamuk *Toxorhynchites*

mempunyai larva spesies lain atau larva dari spesiesnya sendiri untuk pangan. Larva nyamuk *Toxorhynchites* membutuhkan 20 larva untuk perhariannya. Melihat dari kondisi tersebut ingin diteliti tentang apakah populasi nyamuk *Toxorhynchites* dapat mencegah pertumbuhan populasi nyamuk *Culex quinquefasciatus* yang merupakan vektor dari filariasis.

TINJAUAN PUSTAKA

1. Filariasis

Filariasis adalah penyakit yang menular yang disebabkan oleh cacing filarial yang ditularkan melalui berbagai jenis nyamuk yang bersifat menahun. Terdapat tiga spesies cacing penyebab Filariasis yaitu: *Wuchereria bancrofti*, *Brugia timori*, dan *Brugia malayi*. Cacing-cacing tersebut hidup dikelenjar dan saluran getah bening sehingga menyebabkan kerusakan pada sistem limfatik yang dapat menimbulkan gejala akut dan kronis. Gejala akut berupa pembengkakan pada kelenjar dan saluran getah bening terutama di daerah pangkal paha dan ketika tapi dapat pula di daerah lain.

Akibatnya penderita tidak dapat bekerja secara optimal bahkan hidupnya tergantung kepada orang lain sehingga menjadi beban keluarga, masyarakat dan negara.

Vektor untuk penyakit ini adalah beberapa jenis nyamuk. Berdasarkan penelitian Ahmad ditemukan bahwa di daerah Jawa Timur jenis nyamuk yang mengandung cacing filarial adalah Nyamuk *Culex quinquefasciatus*.

Nyamuk ini dapat menyebarkan cacing jenis *Wuchereria bancrofti* di perkotaan. Nyamuk ini dikenal dengan nyamuk rumah karena merupakan nyamuk yang paling sering dijumpai di rumah-rumah. Cara penularan: Seseorang dapat tertular atau terinfeksi filariasis apabila orang tersebut digigit nyamuk yang infeksius yaitu nyamuk yang mengandung larva stadium III (L3).

Nyamuk tersebut mendapat cacing filarial kecil (mikrofilaria) sewaktu menghisap darah penderita mengandung mikrofilaria atau binatang reservoir yang mengandung mikrofilaria. Siklus Penularan penyakit kaiki gajah ini melalui dua tahap, yaitu perkembangan dalam tubuh nyamuk (vektor) dan tahap kedua perkembangan dalam tubuh manusia (hospes) dan reservoir (manusia yang darahnya mengandung mikrofilaria *W. bancrofti*, *Brugia malayi* (periodik) dan *Brugia timori*).

2. Nyamuk *Culex quinquefasciatus*

Nyamuk yang termasuk class Insecta ini banyak sekali jenisnya didunia ini. Mahluk ini merupakan vektor dari berbagai macam penyakit. Salah satu contohnya adalah nyamuk *Culex quinquefasciatus* yang merupakan vektor filariasis. Memiliki beberapa ciri yaitu ukuran : 4-10 mm (0.16-0.4 inci), tubuh terdiri dari kepala, torax, abdomen, lama metamorphosis: 2 minggu.

Setiap siklus hidupnya terdiri dari empat siklus yaitu telur, larva, pupa dan nyamuk dewasa. Untuk setiap bertelur dihasilkan 300 telur/raft, telur *Culex quinquefasciatus* diletakan secara satu persatu atau bergerombol, sesuai dengan jenisnya, menetas di air. Larva hidup di air dan makan bahan organik yang tersedia di air atau pohon sedangkan pupa berbentuk koma, tidak makan, suatu fase inkubasi untuk menjadi nyamuk dewasa yang membutuhkan waktu 1 atau 2 hari.

Nyamuk *Culex* betina dewasa untuk memenuhi kebutuhan protein dalam pembentukan telur memerlukan darah, pemenuhan kebutuhan darah yang biasa diperoleh dari manusia atau binatang yang dilakukan 2-7 hari, ditambah "gula" 1-3 hari.

3. Nyamuk *Toxorhynchites*

Toxorhynchites merupakan nyamuk yang paling besar. Nyamuk *Toxorhynchites* memiliki ciri sayap 12 mm, panjang badan 7 mm.

Seperti jenis nyamuk yang lain *Toxorhynchites* memiliki 4 siklus dalam hidupnya yaitu telur, larva, pupa dan nyamuk dewasa. Telur, larva, dan pupa hidupnya di air yang ada di pohon dan lubang akar, pada kulit ari binatang pengerat pemakan kelapa, dan batang bamboo yang berisi air. *Toxorhynchites* menghasilkan 57-332 telur dan daya tetasnya 79.48%. Selama fase larva logistiknya merupakan larva lain dan bisa kanibal, pada instar ke-1 makan 5000 larva, pada instar ke-4 makan 300 larva larva. Sedangkan untuk nyamuk dewasanya logistiknya berupa nektar dan bahan yang mengandung karbohidrat, tapi tidak pernah menghisap darah.

TUJUAN PENELITIAN

Membangun model dinamika interaksi larva nyamuk *Culex quinquefasciatus* dan larva nyamuk *Toxorhynchites* untuk menganalisis upaya pencegahan penyebaran filariasis dengan menggunakan populasi nyamuk *Toxorhynchites*.

MANFAAT PENELITIAN

Manfaat penelitian ini adalah untuk melihat pengaruh dari pemangsaan larva *Culex quinquefasciatus* oleh larva *Toxorhynchites* terhadap laju pertumbuhan populasi nyamuk *Culex quinquefasciatus*, yang merupakan vektor dari penyakit filariasis.

BATASAN MASALAH

Dengan mempertimbangkan luasnya ruang lingkup permasalahan, maka dalam penelitian ini akan dibatasi permasalahan, yaitu yang terdapat didalam ekosistem hanya nyamuk *Culex quinquefasciatus* dan nyamuk *Toxorhynchites*. Untuk Selanjutnya untuk nyamuk *Culex quinquefasciatus* akan disebut hanya nyamuk *Culex*.

METODE PENELITIAN

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi literatur yaitu kegiatan pengumpulan data dengan mempelajari buku-buku, karya ilmiah, koleksi perpustakaan dan sumber dari internet yang berkaitan erat dengan materi bahasan dalam penelitian ini.

PEMBAHASAN

1. Model Matematis

Seperti telah diketahui siklus hidup nyamuk ada empat tahapan yaitu telur, larva, pupa yang bertempat dalam air dan nyamuk dewasa yang hidup dipemukiman. Pada tahapan telur, larva, dan pupa tidak terjadi perubahan jumlah yang signifikan sehingga siklus hidupnya hanya akan dibagi menjadi dua fase yaitu larva dan nyamuk dewasa.

Jumlah telur yang berhasil menetas hanya akan menjadi penambahan larva. Setiap harinya larva akan membesar tanpa diikuti tempat hidupnya, hal ini dapat menyebabkan adanya interaksi sesama larva yaitu perebutan makanan, maka dengan adanya keterbatasan tempat dan persaingan antar sesama larva, larva nyamuk pun dapat berkurang. Dalam larva nyamuk *Toxorhynchites* pengurangan larva pun dapat terjadi selain dari. Sedangkan dalam nyamuk dewasa penambahan terjadi ketika adanya larva yang berhasil mencapai dewasa. Kedua fase akan berkurang ketika ada kematian dalam masing-masing fase.

Jika $\frac{dL_c}{dt}$ merupakan laju pertumbuhan

larva nyamuk *Culex*, $\frac{dN_c}{dt}$ merupakan laju pertumbuhan nyamuk dewasa dari *Culex*,

L_c adalah fungsi larva *Culex* terhadap

waktu dan N_c adalah fungsi nyamuk *Culex* terhadap waktu, maka model pertumbuhan larva dan nyamuk *Culex* adalah

$$(1) \quad \frac{dL_c}{dt} = \alpha_1 N_c - \beta_1 L_c - bL_c^2$$

$$(2) \quad \frac{dL_c}{dt} = \alpha_1 N_c - \beta_1 L_c - bL_c^2$$

Berangkat dari persamaan (1) dan (2), akan dibentuk suatu model laju pertumbuhan nyamuk Culex yang baru. Seperti yang telah dijelaskan diatas larva Culex mengalami pemangsaan oleh larva Toxorhynchites. Jika L_T adalah fungsi larva Culex terhadap waktu dan a adalah besarnya pemangsaan yang dilakukan oleh larva Toxorhynchites yang menyebabkan penurunan laju pertumbuhan larva Culex, sehingga model pertumbuhan populasi larva Culex menjadi

$$(3) \quad \frac{dL_c}{dt} = \alpha_1 N_c - \beta_1 L_c - bL_c^2 - aL_c L_T$$

2. Model Matematis Nyamuk Toxorhynchites

Sama dengan nyamuk Culex, nyamuk Toxorhynchites pun yang akan dilihat hanya dua fase yaitu larva dan nyamuk dewasa. Penambahan pada larva Toxorhynchites adalah banyaknya telur yang dapat menetas menjadi larva. Karena logistik dari larva Toxorhynchites adalah larva nyamuk baik nyamuk lain maupun jenisnya sendiri maka ketika larva-larva Toxorhynchites semakin membesar tanpa diikuti membesarnya tempat maka interaksi antara larva akan semakin besar. Maka ada kemungkinan terjadinya kanibalisme, memakan jenisnya sendiri. Pengurangan populasi larva Toxorhynchites disebabkan juga adanya perubahan menjadi nyamuk dewasa. Sedangkan dalam populasi nyamuk dewasa yang akan menambah populasinya adalah adanya larva yang berubah menjadi dewasa, sedangkan yang akan menguranginya adalah kematian.

Jika $\frac{dL_T}{dt}$ merupakan laju pertumbuhan larva nyamuk Toxorhynchites, $\frac{dN_T}{dt}$ merupakan laju pertumbuhan nyamuk dewasa dari Toxorhynchites, L_T adalah fungsi larva Toxorhynchites terhadap waktu dan N_T adalah fungsi nyamuk Toxorhynchites terhadap waktu, maka model pertumbuhan larva dan nyamuk Toxorhynchites adalah maka laju pertumbuhan nyamuk Toxorhynchites akan mengikuti persamaan logistik:

$$(4) \quad \frac{dL_T}{dt} = \alpha_2 N_T - \beta_3 L_T - \gamma_2 L_T - cL_T^2$$

$$(5) \quad \frac{dN_T}{dt} = \gamma_2 L_T - \beta_4 N_T$$

Maka dalam sistem ini terdiri dari :

$$(6) \quad \frac{dL_c}{dt} = \alpha_1 N_c - \beta_1 L_c - bL_c^2$$

$$(7) \quad \frac{dN_c}{dt} = \gamma_1 L_c - \beta_2 N_c$$

$$(8) \quad \frac{dL_T}{dt} = \alpha_2 N_T - \beta_3 L_T - \gamma_2 L_T - cL_T^2$$

$$(9) \quad \frac{dN_T}{dt} = \gamma_2 L_T - \beta_4 N_T$$

3. Titik Kritis dan Kestabilannya

Jika diketahui suatu sistem $\dot{x} = f(x, y)$ dan $\dot{y} = g(x, y)$. Titik (x^*, y^*) dikatakan suatu titik kritis jika memenuhi $f(x^*, y^*) = 0$ dan $g(x^*, y^*) = 0$.

Setiap titik kritis disubstitusikan kedalam matriks Jacobi. Kemudian ditentukan nilai karakteristik (nilai eigen) dari determinan matriks Jacobi. Hasil nilai eigenlah yang menentukan titik kritis stabil atau tidak. Titik kritis dikatakan stabil jika nilai eigen yang

diperoleh semua negatif. Sedangkan jika nilai eigen yang diperoleh semua positif atau salah satunya positif maka titik kritis tidak stabil.

4. Rasio Regresi

Untuk melihat ambang batas untuk suatu populasi eksis maka perlu ditentukan rasio regresi. Untuk menentukan rasio regresi dari populasi Culex adalah dengan membuat $L_c = 0$ dan $N_c = 0$ dan tanpa memperhatikan dulu adanya interaksi, maka diperoleh:

$$(10) \quad \mu = \frac{\alpha_1 \gamma_1}{(\beta_1 + \gamma_1) \beta_2}$$

Sedangkan untuk populasi Toxorhynchites adalah dengan membuat $L_T = 0$ dan $N_T = 0$ dan tanpa memperhatikan dulu adanya interaksi, maka diperoleh:

$$(11) \quad \rho = \frac{\alpha_3 \gamma_2}{(\beta_3 + \gamma_2) \beta_4}$$

5. Asumsi

- Populasi nyamuk terbagi dua:
 - populasi nyamuk dewasa (fase mature)
 - Populasi jentik nyamuk (fase aquatic), yang termasuk fase aquatic telur, jentik, pupa.[5]
- Tidak ada nyamuk yang keluar dari populasi
- Interaksi hanya terjadi antara larva Culex dan larva Toxorhynchites
- Pangan untuk nyamuk dewasa melimpah

6. Variabel dan Parameter

a. Variabel yang dipakai dalam model ini

L_c = Banyak larva nyamuk Culex saat t (ekor)

N_c = Banyak nyamuk Culex dewasa saat t (ekor)

L_T = Banyak larva nyamuk Toxorhynchites saat t (ekor)

N_T = Banyak nyamuk Toxorhynchites dewasa saat t (ekor)

b. Parameter yang dipakai dalam model ini

α_1 = Rata-rata kelahiran dari telur menjadi larva Culex $\left(\frac{1}{\text{hari}}\right)$

β_1 = Peluang kematian alami larva Culex $\left(\frac{1}{\text{hari}}\right)$

γ_1 = Rata-rata kelahiran dari larva menjadi nyamuk Culex dewasa $\left(\frac{1}{\text{hari}}\right)$

a = Proporsi pemangsaan larva Culex oleh larva Toxorhynchites $\left(\frac{1}{\text{ekor*hari}}\right)$

b = Laju persaingan logistic antara larva Culex $\left(\frac{1}{\text{ekor*hari}}\right)$

β_2 = Peluang kematian alami nyamuk Culex $\left(\frac{1}{\text{hari}}\right)$

α_3 = Rata-rata kelahiran dari telur menjadi larva Toxorhynchites $\left(\frac{1}{\text{hari}}\right)$

β_3 = Peluang kematian alami larva Toxorhynchites $\left(\frac{1}{\text{hari}}\right)$

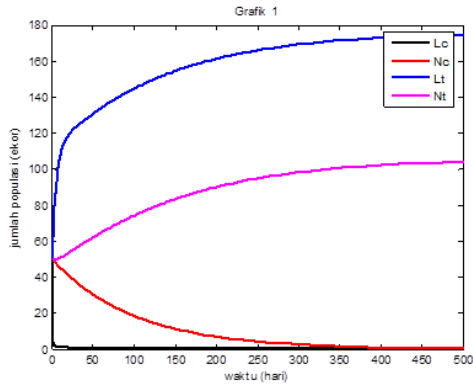
γ_2 = Rata-rata kelahiran dari larva menjadi nyamuk Toxorhynchites dewasa $\left(\frac{1}{\text{hari}}\right)$

c = Laju persaingan logistic antar larva Toxorhynchites $\left(\frac{1}{\text{ekor*hari}}\right)$

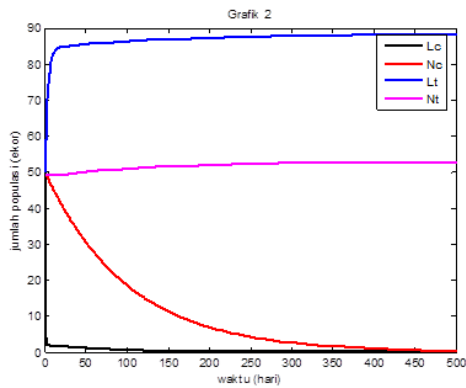
β_4 = Peluang kematian alami nyamuk Toxorhynchites $\left(\frac{1}{\text{hari}}\right)$

7. Hasil Yang Diperoleh

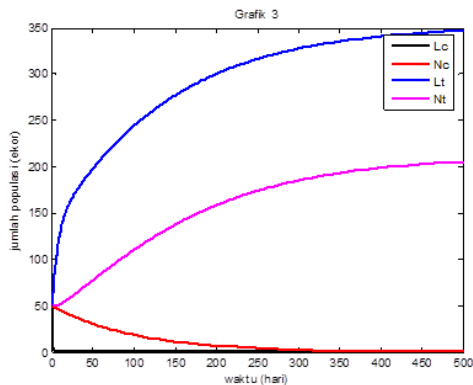
a. Untuk $b = 0,0019$ dan $c = 0,0008$



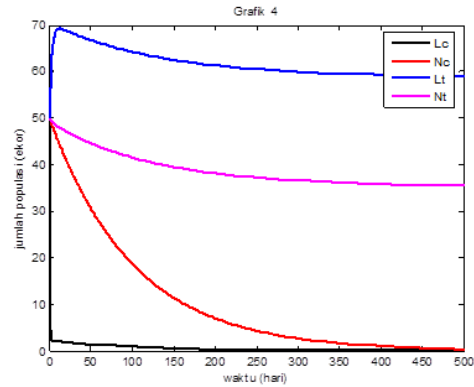
b. Untuk $b = 0,0038$ dan $c = 0,0016$



c. Untuk $b = 0,0095$ dan $c = 0,0004$



d. Untuk $b = 0,0057$ dan $c = 0,0024$



1. Parameter-parameter simulasi yang digunakan akan menyebabkan $\mu > 1$

dan $\rho > 1$ namun pada grafik dapat terlihat bahwa populasi nyamuk Toxorhynchites yang eksis, yang artinya parameter yang digunakan menyebabkan titik kritis

$$\left\{ L_T = \frac{\alpha_3 \gamma_2 - \beta_3 \beta_4 - \gamma_2 \beta_4}{c \beta_4}, L_C = 0, N_T = \frac{\gamma_2 (\alpha_3 \gamma_2 - \beta_3 \beta_4 - \gamma_2 \beta_4)}{c \beta_4^2}, N_C \right.$$

yang stabil.

- Memperkecil lahan akan menyebabkan bertambahnya peluang larva Culex bertemu larva Toxorhynchites. Grafik 3 menggambarkan kondisi ini dimana carrying capacity diturunkan setengahnya, hasilnya dapat dilihat bahwa penurunan Culex cepat
- Memperbesar lahan akan menyebabkan berkurangnya peluang larva Culex bertemu larva Toxorhynchites. Grafik 2 dan 4 menggambarkan kondisi ini dimana carrying capacity dinaikkan 2 dan 3 kali dari semula, hasilnya dapat dilihat bahwa penurunan larva Culex lebih lambat.
- Populasi nyamuk Toxorhynchites akan tetap ada karena kelahiran dari telur dan keberhasilan menjadi nyamuk dewasa cukup besar maka populasi akan tumbuh, namun dengan munculnya sifat kanibalisme pada larva Toxorhynchites

ketika larva *Culex* habis akan mengontrol pertumbuhan populasi nyamuk *Toxorhynchites*.

KESIMPULAN

Populasi nyamuk *Toxorhynchites* dapat digunakan untuk mencegah pertumbuhan populasi nyamuk *Culex*.

DAFTAR PUSTAKA

- Hasan. A. H, (2002), *Studi Komunitas nyamuk tersangka vektor filariasis di daerah endemis*. lihat di <http://www.dinkesjatim.go.id/images/datainfo/200412290918-Studi%20Vektor%20Filaria.pdf> ,16 April 2008
- Jones, C. and E. Schreiber. (1994). *The carnivores, Toxorhynchites*. Lihat di <http://www.rci.rutgers.edu/~insects/sp2.htm>, 16 April 2008
- Jones, C. and E. Schreiber. (1994). *Rearing Toxorhynchites for field releases*. Ent-Guide, 3. 20 April 2008. Lihat di <http://www.pherec.org/EntGuides/EntGuide3.pdf> , 21 April 2008
- Liew. C, *Mosquitoes Of Public Health Significance In Singapore*. Lihat di <http://www.nea.gov.sg/cms/sei/EH1slides.pdf> , 21 April 2008
- Rizaela, I. S. (2008). *Model Matematika Penyebaran Aedes Aegypti Berdasarkan Angin dan Sayap*. Tugas Akhir: ITB
- . Wikipedia, the free encyclopedia, lihat di <http://en.wikipedia.org/wiki/Culex> ,16 April 2008
- Yunis,. T.M. (2010). *Epidemiologi deskriptif filariasis di Indonesia*. Buletin Jendela: bakti Husada. <http://www.depkes.go.id/downloads/publikasi/buletin/BULETIN%20FILARIASIS.pdf> 25 April 2012

