

# VI. PENELAAHAN LEDAKAN HAMA WERENG COKLAT DARI SUDUT PANDANGAN MATEMATIKA

Oleh :

K.M. Hasibuan dan Annu Rauf \*

## PENGANTAR

Dalam beberapa bulan terakhir ini, hama wereng coklat (*Nilaparvata lugens*) kembali meningkat populasinya sehingga banyak menimbulkan kerusakan di banyak tempat di Jawa Tengah dan Jawa Barat. Resurgensi ini diduga berkaitan dengan penggunaan insektisida secara tidak bijaksana, sehingga musuh alami wereng coklat tersebut ikut terbunuh. Tulisan ini mencoba untuk menganalisa fenomena resurgensi, dan sejauh mana peranan musuh alami dapat diandalkan.

## ANALISIS RESURJENSI

Pada tahun 1926 D'Ancona, seorang Zoologist berkebangsaan Italia, melihat gejala bahwa persentase jenis ikan predator yang tertangkap oleh para nelayan di sepanjang pantai Laut Tengah meningkat selama Perang Dunia I. Gejala ini berhubungan dengan menurunnya intensitas penangkapan ikan oleh para nelayan selama perang tersebut. Karena tidak mampu menerangkan gejala ini dari sudut pandang biologi, D'Ancona berkonsultasi dengan rekannya seorang matematikawan bernama *Volterra*. Gejala ini diucapkan oleh *Volterra* sebagai berikut: "menurunnya intensitas penangkapan ikan lebih menguntungkan ikan predator daripada ikan mangsanya". Analisis yang dilakukan *Volterra* menghasilkan model matematika yang di kemudian hari disebut Model Predator-Mangsa atau Model Lotka-Volterra, sebagai berikut :

$$\frac{dx}{dt} = ax - bxy$$

$$\frac{dy}{dt} = -cy + dxy$$

sedangkan,  $x$  = kepadatan populasi ikan yang dimangsa

$y$  = kepadatan populasi ikan predator

$a, b, c$  dan  $d$  merupakan konstanta positif

Orbit persamaan differensial di atas merupakan suatu keluarga kurva tertutup,

$$\frac{y^a}{e^{by}} \cdot \frac{x^c}{e^{dx}} = K, \quad K = \text{konstanta}$$

\*) Masing-masing staf pengajar pada Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam IPB dan Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, IPB.

Jawab (solusi) sistem persamaan differensial di atas  $x(t), y(t)$  dengan  $x(0)$  dan  $y(0)$  positif merupakan fungsi waktu yang periodik, yang memiliki sifat  $x(t+T) = x(t)$  dan  $y(t+T) = y(t)$  untuk  $T$  positif. Rata-rata  $x$  dan  $y$  dihitung sebagai berikut :

$$\bar{x} = \frac{1}{T} \int_0^T x(t) dt \quad \text{dan} \quad \bar{y} = \frac{1}{T} \int_0^T y(t) dt$$

menghasilkan :

$$\bar{x} = c/d \quad \text{dan} \quad \bar{y} = a/b$$

Kalau pengaruh penangkapan dimasukkan ke dalam model dengan asumsi menurunnya kepadatan populasi ikan akibat penangkapan sebanding dengan populasi masing-masing jenis ikan, maka diperoleh model sebagai berikut :

$$\frac{dx}{dt} = ax - bxy - ex = (a - e)x - bxy$$

$$\frac{dy}{dt} = -cy + dxy - ey = -(c + e)y + dxy$$

Sistem persamaan ini sama dengan sistem persamaan semula, kecuali koefisien  $x$  pada persamaan pertama dan koefisien  $y$  pada persamaan kedua sudah berubah menjadi  $(a-e)$  dan  $-(c+e)$ . Oleh karena itu rata-rata  $x$  dan  $y$  sekarang menjadi :

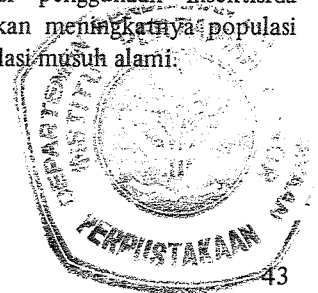
$$X_1 = \frac{c+e}{d} \quad \text{dan} \quad \bar{y}_1 = \frac{a-e}{b}$$

karena  $e$  merupakan konstanta positif, maka :

$$\bar{x}_1 > \bar{x} \quad \text{dan} \quad \bar{y}_1 < \bar{y}$$

Hal ini berarti bahwa penangkapan ikan mengakibatkan rata-rata kepadatan populasi ikan yang dimangsa bertambah, sedangkan rata-rata ikan predator berkurang.

Prinsip *Volterra* ini analog dengan penggunaan insektisida yang mampu membunuh wereng coklat dan musuh alaminya. Implikasi penggunaan insektisida demikian akan mengakibatkan meningkatnya populasi hama dan menurunnya populasi musuh alami.



Ledakan hama wereng cokelat yang diakibatkan hanya oleh prinsip Volterra mungkin tidak terjadi dengan segera, tapi berangsur-angsur. Penggunaan insektisida secara tidak bijaksana dan terus menerus dapat mengakibatkan musnahnya musuh alami wereng cokelat. Jika hal ini terjadi, maka populasi wereng cokelat akan meningkat secara eksponensial mengikuti model Malthus, dengan laju pertumbuhan :

$$\frac{dx}{dt} = rx$$

yang memiliki jawab :  $x(t) = x(0)e^{rt}$

Hal ini berarti bahwa ledakan hama wereng cokelat dapat terjadi setiap saat. Mengingat bahwa laju pertumbuhan intrinsik,

$$r = \frac{\ln(\sum l_x \cdot m_x)}{T}$$

sedangkan :

- $l_x$  = peluang hidup pada umur x
- $m_x$  = jumlah telur yang diletakkan pada umur x
- T = lama satu generasi

maka ledakan hama wereng cokelat akan lebih tinggi dan lebih cepat terjadi, seandainya wereng tersebut telah mampu beradaptasi dengan varietas resisten yang ditanam. Kemampuan beradaptasi dapat meningkatkan  $l_x$  dan  $m_x$  serta mungkin mengurangi T, sehingga mengakibatkan nilai r meningkat.

Dampak penggunaan insektisida tak selektif telah diperlihatkan secara matematis dapat mengakibatkan populasi wereng cokelat meningkat. Pertanyaan yang muncul kemudian, bagaimana dampak penggunaan insektisida yang selektif terhadap wereng cokelat dalam jangka panjang? Untuk keadaan ini, maka Model Lotka-Volterra menjadi :

$$\frac{dx}{dt} = ax - bxy - ex = (a - e)x - bxy$$

$$\frac{dy}{dt} = -cy + dxy$$

$$\bar{x}_2 = c/d, \quad \bar{x}_1 = \frac{a-e}{b}$$

Ternyata :  $\bar{x}_2 = \bar{x} < \bar{x}_1$  dan  $\bar{y}_2 = \bar{y}_1 < \bar{y}$

yang berarti keadaannya lebih baik daripada penggunaan insektisida tak selektif, tetapi tidak lebih baik daripada hasil yang tidak menggunakan insektisida. Hal ini berarti bahwa predator memegang peranan penting dalam pe-

nekanan populasi hama. Dalam kasus wereng cokelat, dapatkah kita mengandalkan hanya pada musuh alami (misal laba-laba *Lycosa*) untuk mengendalikan wereng tersebut. Pertanyaan ini dapat dijawab melalui analisis kestabilan Model Predator-Mangsa :

$$\frac{dx}{dt} = f_1(x, y, \dots)$$

$$\frac{dy}{dt} = f_2(x, y, \dots)$$

Keseimbangan terjadi :

bila  $\frac{dx}{dt} = \frac{dy}{dt} = 0$ , yaitu pada kepadatan

wereng =  $X^*$  per rumpun dan predator =  $Y^*$  per rumpun. Kalau titik keseimbangan ini stabil, maka perlu diperiksa apakah titik keseimbangan wereng tersebut terletak di atas atau di bawah ambang ekonominya. Jika titik itu berada di bawah ambang ekonomi, maka tidak perlu dilakukan usaha pengendalian terhadap wereng tersebut. Akan tetapi jika titik stabil tersebut berada di atas ambang ekonomi, atau titik keseimbangan itu tidak stabil, maka musuh alami perlu dibantu dengan menggunakan insektisida yang selektif dan/atau varietas resisten, atau bahkan penambahan musuh alami. Oleh karena itu faktor-faktor ini perlu dimasukkan ke dalam model semula. Dalam kaitan ini perlu juga dikaji pengaruh pergiliran tanaman terhadap keseimbangan predator-mangsa.

#### PENUTUP :

Berdasarkan uraian di atas, penyusunan strategi pengendalian terpadu hama wereng cokelat tidak bisa terlepas dari pengetahuan tentang interaksi antara wereng cokelat dengan musuh alaminya. Oleh karena itu, penelitian tentang dinamika populasi wereng cokelat dan musuh alaminya perlu dilakukan, untuk dapat mengembangkan model populasi dan model pengendalian.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Berryman, A.A. 1981. Population Systems: A General Introduction. Plenum Press, New York. 222 hal.
- Huffaker, C.B. 1980. New Technology of Pest Control. John Wiley & Sons, New York, 500 hal.
- May, R.M. 1981. Theoretical Ecology. Blackwell Sci. Publ. Oxford. 489 hal.
- Nisbet, R.M. dan W.S.C. Gurney. 1982. Modelling Fluctuating Populations. John Wiley & Sons, New York. 379 hal.

## DISKUSI MAKALAH VI

**Sjafrida Manuwoto:** Aplikasi model tersebut antara lain telah digunakan di Amerika Serikat oleh petani dengan menggunakan komputer untuk hama kentang dan variabel yang digunakan sudah jelas. Apakah sasaran model tersebut? Dan untuk siapa?

**Krisnamurti Hasibuan:** Model yang disajikan dapat dipakai untuk masalah predator-prey umumnya atau untuk masalah-masalah yang identik dengan itu. Tujuan model seperti itu ialah untuk mempelajari dinamika hubungan prey dengan predatornya di dalam suatu populasi. Model yang disajikan adalah model klasik yang boleh dikatakan merupakan dasar pengembangan model-model predator-prey sekarang ini. Untuk maksud mencari suatu model yang dapat digunakan sebagai rujukan pengendalian hama wereng coklat, dengan taktik memanfaatkan musuh alami, kami berpendapat bahwa model dasarnya ialah model predator-prey klasik tersebut. Model dasar ini tentu masih perlu dikembangkan. Untuk ini terlebih dahulu kita harus mengetahui sifat-sifat hama, predatornya, termasuk sifat-sifat reaktif keduanya terhadap lingkungan alami dan lingkungan perlakuannya.

Yang menggunakan model yang telah dikembangkan pada akhirnya ialah si pengambil keputusan tentang tindakan apa yang harus diambil pada suatu lahan persawahan dengan keadaan hama tertentu. Kalau mungkin, si pengambil keputusan ini ada pada tingkat paling bawah, yaitu petani, atau setidaknya-tidaknya tingkat kelompok tani. Dalam hal ini tentu bukan model itu yang diberikan, akan tetapi hasil interpretasi model dalam bentuk yang sederhana atau merupakan suatu petunjuk.

**Soleh Solahuddin** Tadi dikatakan bahwa model yang akan dibuat didasarkan atas hubungan kausal faktor-faktor yang ada di dalam sistem. Faktor-faktor apa saja yang perlu untuk model pengendalian hama wereng coklat?

**Krisnamurti Hasibuan:** Kalau kita lihat kembali ke dalam makalah yang dibagikan kepada peserta, maka model yang dibuat masih belum lengkap, masih disajikan dalam bentuk titik-titik ( . . . . ). Ini disebabkan belum ada kesepakatan dalam hal faktor-faktor apa saja yang harus dimasukkan ke dalam model, karena keterangan tentang faktor-faktor itu belum ada. Jadi masih diperlukan beberapa penelitian dasar untuk mendapatkan keterangan itu.

**Soleh Solahuddin:** Tadi juga telah disinggung tentang faktor ekonomi, tetapi di dalam model tidak terlihat faktor ekonomi itu.

**Krisnamurti Hasibuan:** Faktor ekonomi memang tidak secara langsung dimasukkan ke dalam model, karena lo-

gika kami sebagai berikut; dengan taktik lebih mengandalkan musuh alami, maka insentisida kalau memang itu diperlukan, setelah penggunaan varietas padi tahan wereng, akan digunakan dalam jumlah yang paling sedikit, sehingga akan berarti juga paling ekonomis. Ambang ekonomi yang dimaksud di dalam makalah adalah banyaknya hama wereng meskipun di dalam satu rumpun padi yang tidak akan merusak tanaman padi pada tingkat yang berarti.

**Soleh Solahuddin:** Suatu model biasanya memiliki batasan. Apa saja batasan model yang Anda sajikan? Bagaimana tentang batas alami seperti sungai, bukit dan sebagainya, apakah tidak perlu dimasukkan ke dalam model?

**Krisnamurti Hasibuan:** Batasan model tentu saja ada, tergantung pada faktor apa saja yang dimasukkan di dalam model. Kalau faktor yang dimasukkan di dalam model hanya faktor kepadatan populasi hama dan musuh alami, misalnya, yang masing-masing dinyatakan dalam  $x$  dan  $y$ , maka batasannya ialah  $x > 0$  dan  $y > 0$ . Tentang batas alami, kelihatannya sungai tidak dapat diandalkan karena kemampuan wereng coklat bermigrasi jarak jauh seperti yang terjadi di Jepang. Mungkin gunung akan berarti; itupun masih diperlukan penelitian lebih lanjut tentang kemampuan wereng naik vertikal.

**G.A. Wattimena:** Mengapa tidak dipakai model yang sudah ada di komputer seperti yang dipakai di Amerika Serikat untuk hama kentang dan apel?

**Krisnamurti Hasibuan:** Sebenarnya ada model untuk hama wereng coklat yang sudah ada di komputer yang dibuat oleh tim Inggris yang datang ke Yogyakarta baru-baru ini, dan model itu sudah digunakan di Filipina. Masalahnya ialah, model yang sesuai di suatu tempat belum tentu sesuai pula di tempat lain. Selain itu, sebagai ilmuwan, kita juga ingin mengetahui apa sesungguhnya yang terjadi di dalam sistem yang kita hadapi. Dengan demikian kita dapat lebih memahami sistem itu dan selanjutnya akan berguna pula dalam pengembangan ilmu, yang dalam hal ini ilmu tentang wereng coklat.

### KOMENTAR

**A. Hidir Sastraatmadja:** Di alam hubungan faktor-faktor tersebut amat kompleks. Jadi perlu pengendalian terpadu. Pengendalian salah satu faktor seperti pengendalian biologi hanya merupakan salah satu cara yang belum tentu tuntas.

**Soemartono Sostromarsono:** Pengendalian biologis bisa berhasil dan tuntas. Salah satu contoh pengendalian *Plutella* sp. dengan menggunakan musuh alami *Diadegma*.

*Aunu Rauf*: Model yang sudah ada untuk apel dan kentang di Amerika tidak dapat digunakan untuk wereng coklat. Kita harus mengembangkan sendiri model untuk wereng coklat berdasarkan informasi tentang faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhi wereng coklat tersebut. Dalam hal ini, kita harus mengumpulkan data dasarnya melalui penelitian.

Model yang dibahas dalam makalah adalah model analitis hubungan predator dengan mangsanya. Melalui model ini kita bisa menganalisa kestabilan sistem predator-mangsa.

Bila titik kestabilan populasi wereng coklat masih berada di atas Ambang Ekonominya, berarti pengendalian dengan cara lain (selain hayati) mutlak diperlukan. Dengan kata lain kita tidak dapat sepenuhnya "kembali ke alam" mengandalkan hanya musuh alami. Titik kestabilan ini dipengaruhi oleh ratio awal predator/mangsa. Di China, bila ratio predator *Lycosa* sp. wereng coklat masih sekitar 1 : 9 tidak perlu dilakukan pengendalian dengan insektisida. Ratio predator/mangsa dapat dipengaruhi teknik bercocok tanam.

