

# ANALISIS AMBANG EKONOMI DALAM PENGELOLAAN HAMA TERPADU UNTUK PERTANIAN BERKELANJUTAN

## I WAYAN BUDIASA

*Program Studi Agribisnis, Fakultas Pertanian, Universitas Udayana  
E-mail: wba\_osek\_unud@yahoo.com*

### ABSTRACT

Integrated pest management (IPM) is a component of sustainable agricultural system. Based on ecology and economic efficiency concern, IPM is implemented in order to integrate both biological control and chemical control. Basic principle of IPM is economic threshold analysis that allow farmer to apply pesticides in order to prevent the pest intensity close to economic injury level. This paper explicitly exposes the need of economic threshold analysis in IPM to realize sustainable agriculture. Economic threshold analysis is to determine pest population at the level that gives profit maximum after the farmer added cost control at amount of the marginal revenue due to control effort.

Keywords: economic threshold, integrated pest management, sustainable agriculture

### ABSTRAK

Pengelolaan hama terpadu (PHT) menjadi salah satu komponen dari sistem pertanian berkelanjutan. PHT diterapkan dalam upaya memadukan pengendalian hama secara biologis dan pengendalian secara kimiawi dengan dasar pertimbangan ekologi dan efisiensi ekonomi. Prinsip dasar PHT adalah analisis ambang ekonomi yang mengizinkan petani menggunakan pestisida untuk mencegah populasi hama mencapai tingkat kerusakan ekonomi. Paper ini menekankan pentingnya analisis ambang ekonomi dalam penerapan PHT sehingga sistem pertanian berkelanjutan dapat terwujud. Analisis ambang ekonomi menentukan tingkat populasi hama yang memberikan keuntungan maksimal setelah petani menambahkan biaya pengendalian hama yang sama besarnya dengan tambahan penerimaan akibat upaya pengendalian tersebut.

Kata kunci: ambang ekonomi, pengelolaan hama terpadu, pertanian berkelanjutan

### PENDAHULUAN

Introduksi bioteknologi pertanian terapan ke dalam agroekosistem, terutama sejak berkembangnya "High Pay Off Input Model" (Schultz, 1964) yang kemudian melahirkan "Revolusi Hijau" telah menimbulkan ketergantungan proses produksi pertanian pada bahan-bahan kimia seperti pestisida, pupuk, fitohormon, dan yang lain. Pada masa revolusi hijau, target utama adalah bagaimana memproduksi bahan pangan dan sandang untuk memenuhi kebutuhan populasi manusia yang terus meningkat. Kenyataannya, dalam persaingan dengan berbagai spesies hama, manusia kadang-kadang keluar sebagai pemenang, tetapi manusia juga menyadari bahwa jumlah mereka tidak semakin berkurang dan dapat menimbulkan kehilangan produksi yang tidak sedikit.

Pantauan Abadi (2005) mengenai kehilangan hasil akibat serangan penyakit pada tanaman padi dimana rata-rata mencapai 15,1 persen dari potensi hasilnya, dengan kerugian mencapai US\$ 33 milyar selama 1988-1990. Kehilangan hasil akibat serangan penyakit tumbuhan rata-rata mencapai 11,8 persen dan karena hama mencapai 12,2 persen pada berbagai tanaman penting di

seluruh dunia. Atas pantauannya pula, kerugian di tingkat petani Indonesia karena hama dan penyakit tumbuhan pada delapan tanaman hortikultura unggulan tahun 2005 diperkirakan lebih dari Rp734 milyar. Perkiraan kerugian pada lima tanaman perkebunan (kelapa, karet, kopi, kakao dan cengkeh) selama triwulan 1 tahun 2005 akibat gangguan hama dan penyakit tumbuhan mencapai Rp195 milyar lebih. Luas serangan penyakit blast dan tungro pada tanaman padi di Indonesia tahun 2004 mencapai 12.370 Ha diantaranya mengakibatkan puso mencapai 322 Ha.

Seiring dengan adanya program subsidi pestisida oleh pemerintah tahun 1970-84 (Small, 1996), maka cara kimia atau pestisidalah yang paling sering digunakan petani untuk mengendalikan gangguan organisme pengganggu tumbuhan (OPT). Bahkan, aplikasi pestisida dilakukan secara terjadwal. Penggunaannya hampir menjadi satu-satunya cara pengendalian karena pestisida bekerja sangat efektif, praktis, serta cepat membunuh patogen dan hama (Abadi, 2005).

Pestisida menurut PP 6/1995 adalah zat atau senyawa kimia, zat pengatur tumbuh dan perangsang tumbuh, bahan lain, serta organisme renik atau virus yang digunakan untuk melakukan perlindungan tanaman.

Pestisida yang antara lain berupa rodentisida, akrisida, insektisida, fungisida, herbisida adalah salah satu input pertanian untuk mengendalikan OPT. Penggunaannya dapat mengurangi kehilangan hasil akibat serangan hama (Mariyono dkk, 2002; Pinstrup-Andersen, 1982). Tetapi dalam banyak kasus, penggunaan pestisida yang terus menerus dan melebihi anjuran membawa sejumlah konsekuensi seperti musnahnya musuh alami, ledakan hama, hama semakin resisten terhadap pestisida, dan frekuensi serangan hama yang semakin meningkat (Untung, 1979; Saha dkk; Harper dan Zilberman; Zilberman dan Castillo [Irham dkk, 2003]; Wilyus, 1994; Abadi, 2005). Sebagai contoh, akibat resistensi hama terhadap pestisida pada periode 1986-87, diduga terjadi kehilangan hasil sebanyak satu juta ton gabah yang setara dengan US\$180 juta pada 50-60.000 Ha sawah Indonesia (Barbier dalam Small, 1996). Bagaimana pun, pestisida adalah agen beracun yang berbahaya bagi manusia dan lingkungan (Abadi, 2005; Indradewa, 1996; Mariyono dkk, 2002).

Dengan meningkatnya permasalahan hama dan penyakit pada tumbuhan, meningkatnya beban pemerintah menanggung subsidi selama periode 1970-84 akibat kenaikan harga pestisida dan alat pemberantasan hama, serta mempertimbangkan berbagai dampak negatif terhadap kesehatan manusia dan pencemaran lingkungan akibat penggunaan pestisida, maka Pemerintah Indonesia kemudian memperkenalkan konsep pengendalian hama terpadu (PHT) melalui Inpres No 3/1986 (Indradewa, 1996; Mariyono dkk, 2002; Wilyus, 1994). Berikutnya, subsidi pestisida dicabut secara bertahap, sampai tahun 1989. Kemudian, dikeluarkan UU No. 12/1992 tentang Sistem Budidaya Tanaman, yang pada pasal 20 ayat 1 menetapkan bahwa pengendalian hama harus dilaksanakan dengan sistem PHT (Abadi, 2005). Secara legal, kemudian penerapan PHT di Indonesia diperkuat dengan PP No.6/1995 tentang Perlindungan Tanaman (Lembaran Negara RI No 12, 1995). Dalam PP tersebut terdapat beberapa tindakan pengendalian organisme pengganggu tumbuhan (OPT), yaitu (a) cara fisik, melalui pemanfaatan unsur fisika tertentu; (b) cara mekanik, melalui penggunaan alat dan atau kemampuan fisik manusia; (c) cara budidaya, melalui pengaturan kegiatan bercocok tanam; (d) cara biologi, melalui pemanfaatan musuh alami organisme pengganggu tumbuhan; (e) cara genetik, melalui manipulasi gen baik terhadap organisme pengganggu tumbuhan maupun terhadap tanaman; (f) cara kimiawi, melalui pemanfaatan pestisida; dan/atau (g) cara lain sesuai perkembangan teknologi.

Keberhasilan program PHT di Indonesia diakui FAO. Bahkan Indonesia kemudian dijadikan contoh pelaksanaan PHT bagi negara-negara sedang berkembang di Asia dan Afrika. Keberhasilan pelaksanaan PHT pada tanaman terlihat nyata pada dua hal, yaitu menurunnya penggunaan pestisida dan meningkatnya rata-rata hasil panen (Abadi, 2005).

Stern, Smith, van den Bosch, dan Hagen (Untung,

1979) adalah kelompok ahli entomologi dari *University of California* yang pertama kali memperkenalkan konsep PHT. Pengendalian terpadu menurut mereka adalah upaya pengendalian hama yang memadukan pengendalian secara biologis dan pengendalian secara kimiawi. Pengendalian kimiawi hanya dipergunakan bila diperlukan, dan diterapkan sedemikian rupa sehingga menimbulkan kerusakan yang paling kecil pada pengendali hayati. Konsep yang sejalan kemudian dikemukakan oleh Luna dan House (1990) bahwa PHT adalah strategi pengendalian hama untuk memaksimalkan efektivitas pengendalian biologi dengan menggunakan musuh alami (*bioagents*) dan pengendalian secara budaya (mekanis), sedangkan penggunaan pestisida hanya seperlunya dan dengan gangguan lingkungan yang minimal. Kemudian Abadi (2005) dan Marwoto (2007) menyebutnya sebagai cara pengendalian hama dan penyakit yang didasarkan pada pertimbangan ekologi dan efisiensi ekonomi dalam rangka pengelolaan agroekosistem yang berwawasan lingkungan dan berkelanjutan. Sasarannya adalah (1) peningkatan produktivitas pertanian, (2) peningkatan pendapatan dan kesejahteraan petani, (3) menjaga agar populasi hama dan patogen tumbuhan dan kerusakan tanaman karena serangannya tetap berada pada aras yang secara ekonomis tidak merugikan, dan (4) pengurangan risiko pencemaran lingkungan akibat penggunaan pestisida.

Pada konsep PHT, penggunaan pestisida masih diperbolehkan, tetapi aplikasinya menjadi alternatif terakhir bila cara-cara pengendalian lainnya tidak mampu mengatasi wabah hama atau penyakit. Pestisida yang dipilih pun harus yang efektif dan telah diizinkan (Abadi, 2005). Pestisida hanyalah merupakan salah satu unsur pengendalian dan dapat digunakan bersama unsur lain asalkan sesuai (Smith dan van den Bosch [Sholahuddin, 2005]). Prinsip dasar PHT adalah penggunaan ambang ekonomi hama, yang berarti bahwa pestisida hanya digunakan untuk mencegah populasi hama mencapai tingkat kerusakan ekonomi (Stern *et al* [Untung, 1979]).

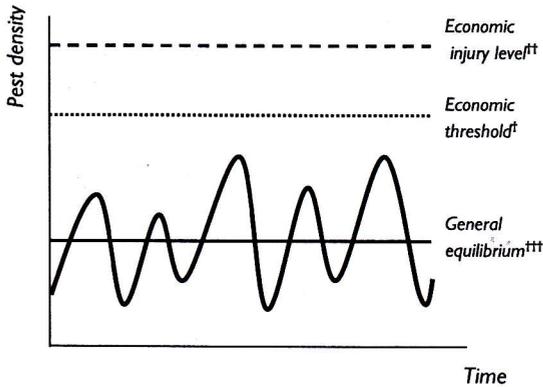
Paper ini menekankan pentingnya analisis ambang ekonomi dalam penerapan PHT dimana PHT adalah salah satu komponen dari sistem pertanian berkelanjutan. Pertanian berkelanjutan, yang dipandang sebagai sistem yang holistik, menuntut agar terpenuhinya semua kriteria, yaitu *technically appropriate, economically viable, socially just, dan environmentally sound*. Jika PHT berhasil diterapkan secara baik maka akan berkontribusi terhadap terpenuhinya kriteria-kriteria tersebut.

## METODOLOGI

Studi kepustakaan terutama dari hasil-hasil penelitian dalam jurnal ilmiah dan buku referensi dipilih sebagai metode utama pengumpulan data sekunder. Selanjutnya, dari informasi yang telah terkumpul dianalisis secara deskriptif.

**Analisis Ambang Ekonomi**

Ambang ekonomi suatu hama dapat berada di atas, di bawah, atau pada tingkat yang sama dengan letak keseimbangan umum (Untung, 1979). Meskipun aktivitas spesies *fitopagous*, misalnya, dalam mengkonsumsi sumber makanannya sudah maksimal, tetapi serangan hama ini masih jauh di bawah toleransi ekonomi manusia, sehingga dikategorikan sebagai hama tidak penting (Gambar 1).



Gambar 1. Populasi non ekonomis yang letak keseimbangan umum dan populasi maksimum masih di bawah ambang ekonomi

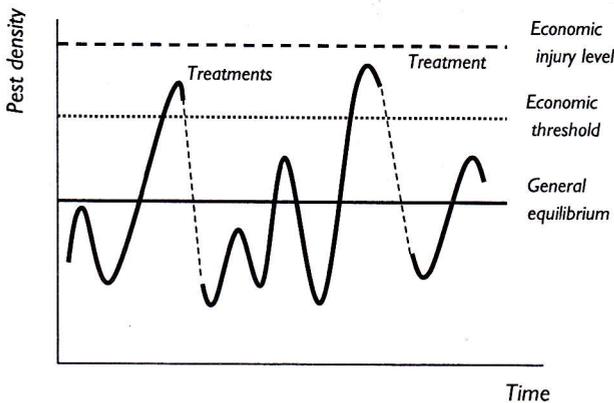
Keterangan:

† Ambang ekonomi (*economic threshold*) adalah kepadatan populasi hama yang membutuhkan tindakan pengendalian untuk mencegah peningkatan populasi hama mencapai tingkat luka ekonomi (Stern et al [Untung, 1979]).

†† Tingkat luka ekonomi (*economic injury level*) adalah kepadatan populasi hama terendah yang mengakibatkan kerusakan ekonomi (Stern et al [Untung, 1979]).

††† Keseimbangan umum (*general equilibrium*) adalah suatu kepadatan populasi hama rata-rata pada kurun waktu tertentu tanpa disertai perubahan cuaca yang tetap (Stern et al [Untung, 1979]).

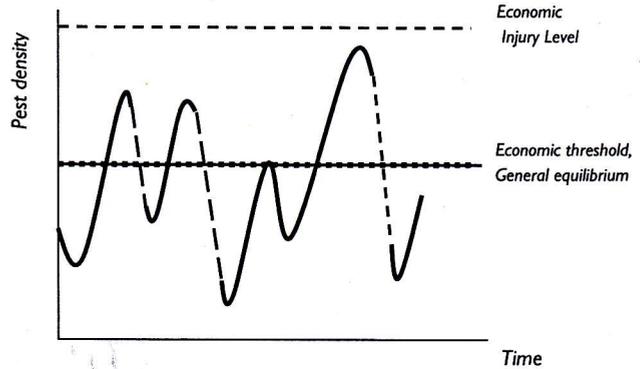
Pada serangan hama lain, letak keseimbangan umum masih di bawah ambang ekonomi tetapi tidak teratur, dan kadang-kadang populasi sedikit melampaui ambang ekonomi (Gambar 2). Dalam kondisi itu diperlukan tindakan manusia, dalam jangka pendek adalah aplikasi pestisida, dan dalam jangka panjang dengan memanipulasi cara bercocok tanam dan pengendalian hayati yang lebih tepat.



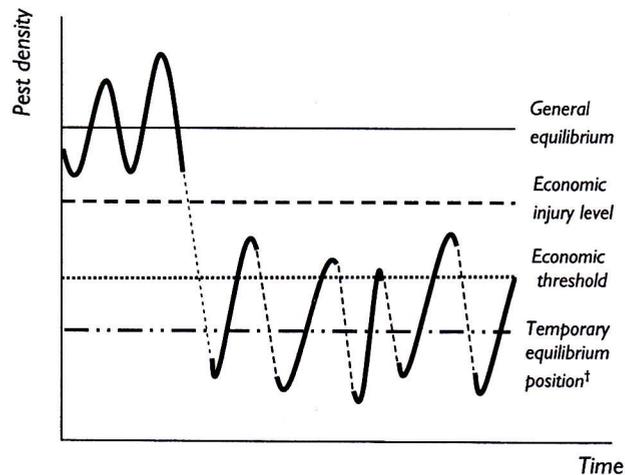
Gambar 2. Keadaan keseimbangan umum yang kadang-kadang membutuhkan perlakuan

Ambang ekonomi hama padi dan sayur-sayuran sering berada pada tingkat yang sama dengan letak

keseimbangan umum. Aplikasi pestisida diperlukan pada setiap populasi hama melampaui ambang ekonominya (Gambar 3). Keadaan yang ekstrim bila letak keseimbangan umum selalu berada di atas ambang ekonomi (Gambar 4). Serangga yang menjadi vektor penyakit malaria termasuk dalam golongan tersebut.



Gambar 3. Keadaan hama yang sering menimbulkan kerusakan karena gejolak populasi



Gambar 4. Keadaan gejolak populasi hama yang terus-menerus menimbulkan persoalan sebab keseimbangan umum selalu lebih tinggi dari ambang ekonomi

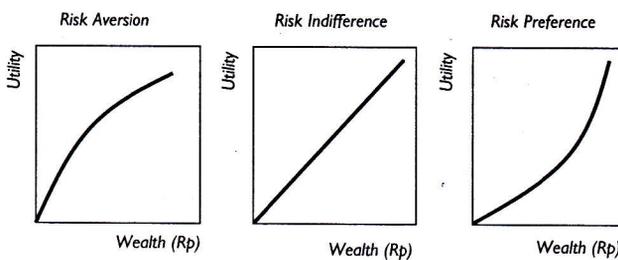
Keterangan:

† Keseimbangan sementara (*temporary equilibrium position*) adalah kepadatan populasi hama rata-rata pada suatu daerah yang luas dan bersifat sementara sebagai akibat tindakan manusia, misalnya penggunaan pestisida yang terus-menerus (Stern et al [Untung, 1979]).

Headley (Untung, 1979) adalah ahli ekonomi yang pertama kali mendefinisikan ambang ekonomi dalam karyanya yang berjudul "Defining the Economics Threshold". Menurutnya, ambang ekonomi adalah suatu tingkatan populasi hama yang menghasilkan laju pertumbuhan kerusakan yang sama dengan biaya untuk menghindari kerusakan tersebut. Jelaslah, penentuan ambang ekonomi didasarkan pada hubungan antara keuntungan yang diperoleh petani dari upaya pengendalian hama dan biaya yang dikeluarkan untuk pengendalian hama tersebut. Analisis ekonomi yang digunakan adalah analisis mikro tentang "profit maximization" dengan asumsi bahwa petani selalu berperilaku rasional dengan

memaksimalkan keuntungan dan semua produk usahatani dijual pada pasar persaingan sempurna. Di samping itu, pengendalian hama dianggap sebagai salah satu faktor produksi utama. Harapannya adalah petani akan mengeluarkan biaya pengendalian hama yang besarnya sama dengan jumlah tambahan pendapatan akibat upaya pengendalian tersebut.

Ambang ekonomi ditentukan oleh tiga faktor utama. *Pertama*, penentuan ambang ekonomi dipengaruhi oleh pertimbangan resiko petani akan adanya tingkat kerusakan oleh serangan hama tertentu. Berdasarkan perilakunya terhadap risiko, individu petani dapat dikelompokkan ke dalam tiga kelompok (Gambar 5), yaitu petani yang menghindari risiko (*risk averter*), petani yang netral terhadap risiko (*risk neutral/risk indifference*), dan petani yang berani menghadapi risiko (*risk prefer*).



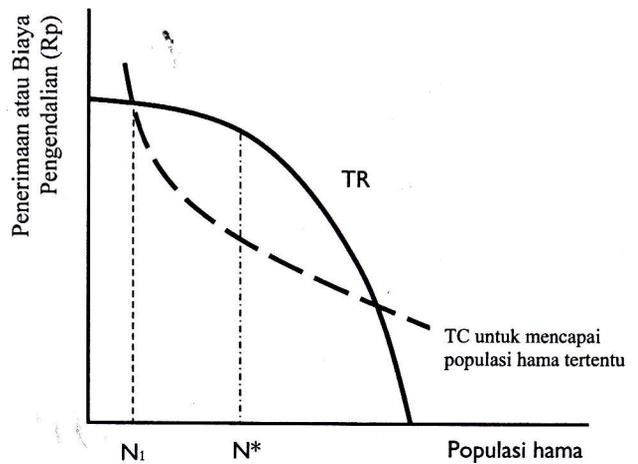
Gambar 5. Perilaku individu terhadap risiko (Hardaker et al, 1988)

Perilaku individu terhadap risiko dapat ditunjukkan dengan grafik yang menggambarkan hubungan antara kekayaan (*wealth*) dengan tingkat kepuasan (*utility*). Untuk *risk aversion*, pada awalnya makin banyak kekayaan maka semakin sejahtera, tetapi kemudian semakin banyak kekayaan kenaikan kesejahteraan (*utility*)-nya semakin lama semakin berkurang. Untuk petani yang suka risiko, semakin banyak kekayaan yang dimiliki, semakin banyak peningkatan kesejahteraannya. Oleh karena risiko sifatnya probabilistik dan risiko usahatani merupakan variabel yang perlu dipertimbangkan, maka individu umumnya berusaha memaksimalkan kepuasan yang diharapkan (*expected utility*).

Faktor *kedua*, hubungan antara intensitas hama dan produksi tanaman. Intensitas atau populasi hama yang tinggi mengakibatkan kehilangan produksi (baik kuantitas maupun kualitas) yang tinggi sehingga produksi potensial usahatani tidak tercapai yang berarti mengurangi penerimaan usahatani.

Faktor *ketiga*, hubungan antara intensitas hama dengan biaya pengendalian hama yang dikeluarkan petani untuk mencapai tingkatan populasi tertentu. Faktor kedua dan ketiga secara garis besar dijelaskan secara grafis pada Gambar 6. Garis bersambung menunjukkan hubungan antara penerimaan usahatani dan intensitas serangan hama yang diwujudkan dalam populasi hama. Mula-mula penambahan populasi hama tidak berpengaruh terhadap penerimaan usahatani, dan keadaan ini tetap sampai populasi hama mencapai tingkatan toleransi tanaman ( $N_1$ ). Selanjutnya, peningkatan populasi

mengakibatkan penerimaan usahatani menurun dengan laju yang semakin cepat. Penurunan penerimaan ini akibat penurunan produktivitas dan/atau penurunan kualitas produk sehingga harganya rendah.



Gambar 6. Hubungan antara intensitas/populasi hama dan penerimaan dan biaya pengendalian hama (Untung, 1979)

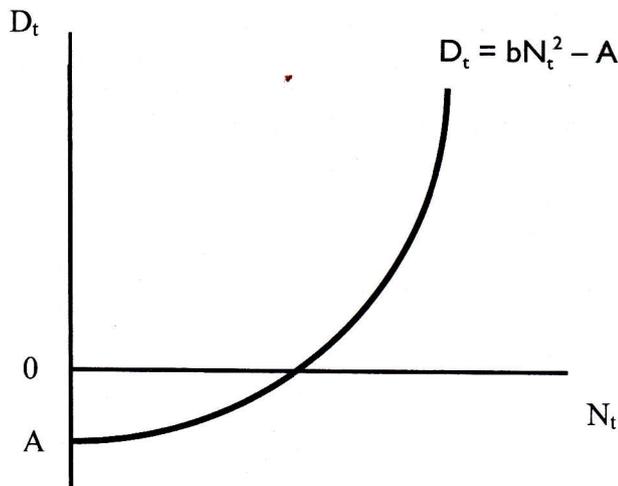
Garis putus-putus menunjukkan hubungan antara intensitas hama dengan biaya pengendalian pada tingkatan populasi yang bersangkutan. Semakin rendah tingkat populasi hama yang diinginkan, semakin besar biaya pengendalian yang harus dikeluarkan petani. Biaya naik dengan laju yang semakin meningkat bila populasi hama yang diinginkan semakin kecil. Ambang ekonomi berada pada populasi  $N^*$  dimana *marginal revenue* sama dengan *marginal cost* ( $MR = MC$ ).

Menurut Headley (Untung, 1979), ada tiga komponen ambang ekonomi, yaitu kerusakan tanaman, populasi hama, dan waktu. Kerusakan tanaman merupakan fungsi dari populasi hama, dan populasi hama merupakan fungsi dari waktu (Gambar 7). Hal ini dinyatakan dalam persamaan  $D_t = bN_t^2 - A$ , dimana  $D_t$  adalah kerusakan tanaman pada waktu  $t$ ;  $N_t$  adalah populasi hama pada waktu  $t$ ;  $A$  adalah bilangan konstan yang menunjukkan tingkat toleransi kerusakan; dan  $b$  adalah parameter konstan yang menunjukkan laju perubahan  $N_t$ .

Populasi hama pada waktu  $t$  dipengaruhi oleh populasi hama pada waktu sebelumnya ( $N_{t-n}$ ). Perubahan populasi hama dari waktu  $t-n$  ke populasi pada waktu  $t$  dapat dinyatakan dalam persamaan umum pertumbuhan populasi,  $N_t = N_{t-n} (1+r)^n$ , dimana  $N_{t-n}$  adalah populasi hama pada waktu  $n$  sebelum waktu  $t$ ;  $r$  adalah laju pertumbuhan populasi untuk setiap unit waktu;  $(1+r)^n$  adalah *compounding factor* untuk pertumbuhan.

Substitusi persamaan tersebut ke dalam persamaan sebelumnya sehingga diperoleh persamaan,  $D_t = b[N_{t-n} (1+r)^n]^2 - A$ . Persamaan ini dapat digunakan untuk menentukan kerusakan tanaman yang diakibatkan oleh hama pada waktu  $t$ , berdasarkan pada keadaan populasi hama pada waktu  $t-n$ .

Produksi tanaman pada suatu waktu ditentukan oleh besarnya kerusakan akibat serangan hama dirumuskan dengan  $Y = Q - cD_t$  dimana  $Y$  adalah hasil panen;



Gambar 7. Hubungan antara kerusakan tanaman dan populasi hama (Untung, 1979)

Q adalah produksi potensial (tanpa serangan hama); c adalah parameter konstan yang menunjukkan laju pengaruh kerusakan terhadap hasil panen.

Substitusi persamaan sebelumnya kedalam persamaan ini diperoleh persamaan  $Y = Q - c\{b[N_{t-n}(1+r)^n]^2 - A\}$ . Bila harga hasil panen dinotasikan dengan P, maka diperoleh penerimaan (revenue),  $TR = PY$ .

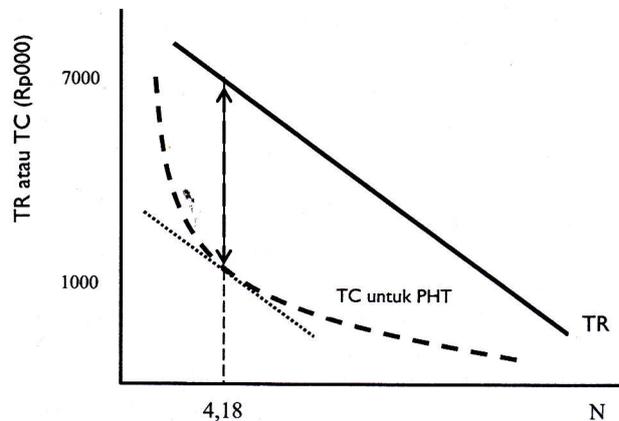
Komponen terakhir model ambang ekonomi berhubungan dengan biaya pengendalian hama untuk mempertahankan populasi pada tingkatan tertentu. Dengan asumsi hubungannya kontinu, maka biaya akan semakin menurun bila populasi dibiarkan meningkat, dan laju pengurangan biaya semakin kecil, maka biaya dapat dirumuskan dengan fungsi  $TC = L(N_{t-n})^{-1}$  dengan TC adalah total cost; L adalah parameter konstan yang mempengaruhi laju perubahan biaya.

Dua persamaan terakhir, yaitu TR dan TC dapat digambarkan seperti pada Gambar 6. Selisih antara TR dan TC diperoleh keuntungan (profit) yang dinotasikan dengan  $\pi$ . Menurut Headley, ambang ekonomi merupakan suatu tingkatan populasi hama yang memberikan laba maksimum bagi petani setelah melakukan usaha pengendalian hama. Secara matematis,

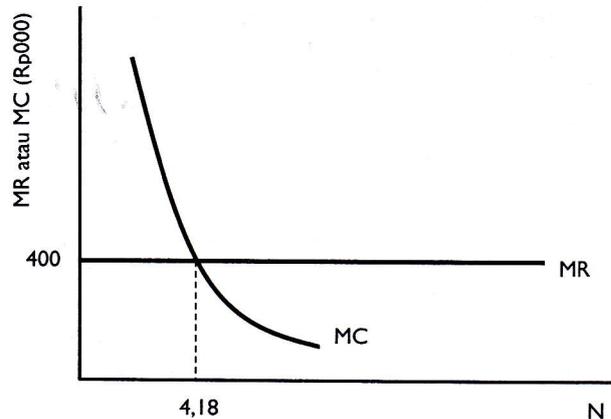
Tabel 1. Pengaruh populasi hama (N) terhadap hasil panen dan biaya pengendalian hama

N (Larva/ Batang)	Y (Kg/ha)	P (Rp/kg)	TR (Rp)	MR (Rp)	TC (Rp)	MC (Rp)	$\pi$ (Rp)
0	10.000	800	8.000.000	400.000			
1	9.500	800	7.600.000	400.000	7.000.000	3.500.000	600.000
2	9.000	800	7.200.000	400.000	3.500.000	1.167.000	3.700.000
3	8.500	800	6.800.000	400.000	2.333.000	583.000	4.467.000
4	8.000	800	6.400.000	400.000	1.750.000	350.000	4.650.000
5	7.500	800	6.000.000	400.000	1.400.000	233.000	4.600.000
6	7.000	800	5.600.000	400.000	1.167.000	167.000	4.433.000
7	6.500	800	5.200.000	400.000	1.000.000	125.000	4.200.000
8	6.000	800	4.800.000	400.000	875.000	97.000	3.925.000
9	5.500	800	4.400.000	400.000	778.000	78.000	3.622.000
10	5.000	800	4.000.000	400.000	700.000	64.000	3.300.000
11	4.500	800	3.600.000	400.000	636.000	53.000	2.964.000
12	4.000	800	3.200.000		583.000		2.617.000

Keterangan: diolah dari data sekunder (Untung, 1979).



Gambar 8. Hubungan antara populasi hama, penerimaan, dan biaya pengendalian hama (Untung, 1979)



Gambar 9. Hubungan antara populasi hama, MR dan MC

laba maksimum diperoleh bila turunan pertama fungsi keuntungan terhadap populasi hama sebelumnya itu sama dengan nol, sehingga diperoleh marginal revenue sama dengan marginal cost (MR = MC).

Fungsi profit:  $\pi = TR - TC$  atau  $\pi = P(Q - c\{b[N_{t-n}(1+r)^n]^2 - A\}) - L(N_{t-n})^{-1}$ . Melalui profit maximization, diperoleh  $d\pi/dN_{t-n} = -2PcbN_{t-n}(1+r)^{2n} + L(N_{t-n})^{-2} = 0$ . Populasi hama pada tingkat ambang ekonomi menjadi  $N_{t-n}^* = [L/((1+r)^{2n} 2Pcb)]^{1/3}$ .

Untuk memudahkan pemahaman perhitungan berdasarkan konsep ambang ekonomi di atas, berikut

ini diberikan contoh hipotesis (Tabel 1). Hubungan antara hasil panen (Y) dan populasi hama (N) dinyatakan dengan persamaan  $Y = 500(200 - N)$  atau  $Y = 10.000 - 500N$ .

Berdasarkan Tabel 1,  $TR = PY = 10.000P - 500PN = 8.000.000 - 400.000N$ . Selanjutnya,  $TC = 7.000.000/N = 7.000.000(N)^{-1}$ . Selisih antara TR dan TC diperoleh profit,  $\pi = 8.000.000 - 400.000N - 7.000.000(N)^{-1}$ . Profit maksimum diperoleh pada saat selisih antara TR dan TC terbesar, yaitu pada saat kurva biaya bersinggungan dengan kurve yang sejajar dengan kurve penerimaan total (Gambar 8). Secara matematis, turunan pertama

fungsi keuntungan terhadap  $N$ ,  $d\pi/dN = -400.000 + 7.000.000(N)^{-2} = 0$  atau  $-400.000 = -7.000.000/N^2$  atau  $MR = MC$ . Selanjutnya,  $N^2 = 7.000.000/400.000$  atau  $N = 4,18$  larva (Gambar 9). Jadi,  $\pi = TR - TC = [8.000.000 - 400.000(4,18)] - 7.000.000/4,18 = 6.328.000 - 1.674.641,15 = \text{Rp}4.653.358,85$ . Jika  $N$  dibulatkan menjadi 4 larva per batang maka keuntungan maksimal yang dapat dicapai sebesar  $\text{Rp}4.650.000$  (Tabel 1).

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

PHT adalah suatu pendekatan atau cara pengendalian hama dan penyakit pada tumbuhan yang didasarkan pada pertimbangan ekologi dan efisiensi ekonomi dalam rangka pengelolaan agroekosistem secara berkelanjutan. Penerapan ambang ekonomi hama adalah prinsip dasar PHT, yang berarti bahwa pestisida masih diizinkan penggunaannya untuk mencegah populasi hama mencapai tingkat kerusakan ekonomi. Keberhasilan penerapan PHT merupakan satu poin bagi keberhasilan mewujudkan sistem pertanian berkelanjutan, dimana PHT menjadi salah satu komponennya.

### Saran

Disarankan, aplikasi pestisida mulai dilakukan bila populasi hama meningkat melampaui ambang ekonomi dan mortalitas alami tidak dapat mencegah populasi hama mencapai tingkat luka ekonomi. Di samping itu, tindakan tersebut harus seminimal mungkin mengakibatkan kerusakan lingkungan (misalnya, terbunuhnya musuh alami). Untuk mengetahui apakah populasi hama telah melampaui ambang ekonomi yang memerlukan perlakuan pengendalian, terutama dengan pestisida, maka perlu dilakukan pemantauan populasi hama di lapangan dan dilakukan pemilihan pestisida yang diizinkan secara tepat. Karena penerapan PHT menuntut kemampuan untuk mengetahui lamanya siklus hidup hama, potensi reproduksi hama, ciri-ciri limbah yang menjadi target hama, dan ambang ekonomi hama, maka kerjasama antara ahli entomologi dan ahli ekonomi produksi dalam PHT sangat diperlukan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abadi, A. Latief. 2005. Permasalahan dalam Penerapan Sistem Pengendalian Hama Terpadu untuk Pengelolaan Penyakit Tumbuhan di Indonesia. Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar dalam Ilmu Penyakit Tumbuhan pada Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Malang.
- Hardaker, J. Brian; Ruud B.M. Huirne; and Jock R. Anders. 1988. *Coping With Risk in Agriculture: Accounting for Risk in Programming Model for Whole-Farm Planning*. Wallingford, U.K.
- Inradewa, D. 1996. Sustainable Agriculture an Alternative Concept of Agricultural Development in Eastern Indonesia. Yogyakarta: AgrUMY (IV/1).
- Irham, K. Ohga, N. Takada, and K. Sugiura. 2003. IPM Technology, Pesticides Use and Rice Yield. In Hayashi, Y, S. Manuwoto, and S. Hartono, 2003. *Sustainable Agriculture in Rural Indonesia*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Lembaran Negara RI Nomor 12. 1995. Peraturan pemerintah RI Nomor 6 Tahun 1995 Tentang Perlindungan Tanaman. Jakarta.
- Luna, J.M and G.J. House. 1990. Pest Management in Sustainable Agricultural System. In Edwards, C.A; R. Lal; P. Madden; R.H. Miller and G. House (Eds.). *Sustainable Agricultural System*. Soil and Water Conservation Society. In Edwards, C.A; R. Lal; P. Madden; R.H. Miller and G. House (Eds.). *Sustainable Agricultural System*. Soil and Water Conservation Society:157-173.
- Mariyono, J.; Irham; and Ken Suratiah. 2002. Impact of Integrated Pest Management Technology on Pesticide Demand of Rice in Yogyakarta. Yogyakarta: *Agrosains* (15/1).
- Marwoto. 2007. Dukungan Pengendalian Hama Terpadu dalam Program Bangkit Kedei. *Iptek Tanaman Pangan* Vol. 2 No. 1.
- Pinstrup-Andersen. 1982. *Agricultural Research and Technology in Economic Development*. London and New York: Longman Inc.
- Sartiami, D dan P. Hidayat. 2006. Pengantar Perlindungan Tanaman.
- Schultz, Theodore W. 1964. *Transforming Traditional Agriculture*. Yale University Press.
- Sholahuddin. 2004. Pengambilan Keputusan Saat Aplikasi Insektisida dalam Pengendalian Hama *Pectinophora Gossypiella* (Saunders) (Lepidoptera: Gelechiidae) pada Tanaman Kapas. *Jurnal Agrosains* 6 (1), Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret, Surakarta
- Small, M. 1996. How has Indonesia's Desire for Food Self Sufficiency in Rice Compromised It's Ability to Address the Issues of Sustainable Agricultural Development? <http://www.colby.edu/personal/t/thtieten/ag-in.html>. Diunduh 7 Maret 2003.
- Untung, K. 1979. *Teori Ambang Ekonomi Hama dan Penerapannya*. Yayasan Pembina Fakultas Pertanian UGM, Yogyakarta.
- Wilyus. 1994. Pengendalian Hama dan Penyakit Tanaman Terpadu (PHT) sebagai Sub-sistem Pembangunan Pertanian yang Berkelanjutan. *Majalah Ilmiah Universitas Jambi* (39).