

MODUL 1

Pengendalian Hayati untuk Pengelolaan Hama

Dr. Adi Basukriadi, M.Sc.



PENDAHULUAN

Modul ini merupakan kuliah pengantar umum mengenai pengendalian hayati sebagai salah satu taktik pengendalian hama berbasis biologi yang sekaligus pula sebagai salah satu komponen di dalam strategi pengendalian hama terpadu. Modul 1 ini berjudul Pengendalian Hayati untuk Pengelolaan Hama dan akan dibagi menjadi 2 kegiatan belajar sebagai berikut.

Kegiatan Belajar 1: Taktik Pengendalian Hama Berbasis Biologi

Kegiatan Belajar 2: Potensi dan Masa Depan Pengendalian Hayati dalam Pengelolaan Hama

Modul ini akan lebih menekankan pembahasan pada pengendalian hayati untuk mengelola hama serangga meskipun akan menyinggung pula pengendalian hayati terhadap gulma dan penyakit tanaman. Musuh-musuh alami hama serangga atau dikenal pula sebagai agen-agen pengendali hayati serangga yang akan dibahas meliputi pemangsa, parasitoid, dan patogen. Adapun agen-agen pengendali hayati gulma meliputi serangga dan patogen, sedangkan agen-agen pengendali hayati penyakit tanaman adalah pesaing (*competitor* atau *antagonist*).

Kegiatan Belajar 1 dimulai dengan membahas secara umum berbagai taktik pengendalian hama berbasis biologi untuk memperlihatkan perbedaan antara taktik pengendalian hayati dengan taktik pengendalian hama berbasis biologi lainnya. Selain itu, akan dibahas pula mengenai pengendalian alami yang berperan di dalam pengaturan populasi makhluk hidup di alam dan memperlihatkan perbedaannya dengan pengendalian hayati. Di dalam Kegiatan Belajar 1 juga dikemukakan sejarah dan beberapa contoh keberhasilan pengendalian hayati yang akan lebih memperlihatkan

kepentingan dan peranannya dalam pengendalian berbagai jenis hama penting di beberapa negara.

Kegiatan Belajar 2 akan membahas kebutuhan, potensi, dan tantangan pengendalian hayati saat sekarang dan pada masa yang akan datang. Di dalamnya juga dibahas mengenai kekhawatiran para pemerhati lingkungan dan konservasi terhadap kemungkinan risiko dari pengendalian hayati dan taktik pengendalian berbasis biologi lain terhadap ekosistem alam. Peranan pengendalian hayati di dalam pengendalian hama terpadu merupakan pembahasan yang sangat penting mengingat Agenda 21 *United Nations Conference on Environment and Development* yang dilaksanakan pada tanggal 3-14 Juni 1992 di Rio de Janeiro, Brazil menyatakan bahwa PHT, yang mengombinasikan pengendalian hayati, tanaman tahan hama dan praktik budidaya yang tepat adalah pilihan terbaik untuk masa depan. Atas dasar itu pula di dalam Kegiatan Belajar 2 dijelaskan metode-metode pengendalian hama lainnya yang terkait dengan PHT.

KEGIATAN BELAJAR 1

Taktik Pengendalian Hama Berbasis Biologi

Pengendalian hayati (*biological control*) merupakan salah satu komponen dari strategi pengelolaan hama terpadu (*integrated pest management*). Definisi mengenai pengendalian hayati pertama kali dikemukakan oleh Harry S. Smith pada tahun 1919. Menurutnya, pengendalian hayati adalah pengendalian populasi hama serangga dengan menggunakan musuh alami. Konsep pengendalian hayati tersebut, kemudian diperluas menjadi studi dan pemanfaatan pemangsa, parasitoid, dan patogen untuk mengendalikan atau mengatur populasi hama.

Pandangan tradisional mengenai pengendalian hayati yang hanya terfokus pada penggunaan pemangsa, parasitoid, dan patogen dianggap dapat membatasi kemampuan kita dalam melakukan praktik perlindungan hama. Oleh karena itu, Shelton (1996) telah mengusulkan untuk memperluas definisi pengendalian hayati dengan memasukkan semua taktik atau teknologi berbasis biologi (*biologically based tactics/technologies*) ke dalamnya. Semakin beragamnya taktik yang digunakan di dalam pengendalian hayati juga diperlihatkan ketika dilangsungkannya *Cornell Community Conference on Biological Control* yang dilaksanakan pada tanggal 11-13 April 1996 di Cornell University, USA.

Pengendalian hama dengan teknologi berbasis biologi menurut *The Office of Technology Assessment (OTA)*, Amerika Serikat mencakup 5 tipe, yaitu:

1. pengendalian hayati;
2. pestisida mikroba;
3. senyawa-senyawa kimia yang memodifikasi perilaku hama;
4. manipulasi genetika populasi hama;
5. imunisasi tanaman (Mahr, 1996).

Pengendalian hayati menurut OTA adalah penggunaan musuh alami (pemangsa, parasit, patogen, dan pesaing) untuk menekan populasi hama. Pendekatan yang digunakan di dalam pengendalian hayati adalah:

1. pengendalian hayati klasik (mengintroduksi musuh alami dari negara lain dan memantapkan keberadaannya di tempatnya yang baru);

2. pengendalian hayati augmentasi (pelepasan musuh alami secara periodik sesuai dengan kebutuhan);
3. konservasi musuh alami (praktik pertanian untuk meningkatkan peran musuh alami lokal dengan menyediakan sumber daya yang dibutuhkan dan melindunginya dari pestisida atau kondisi buruk lainnya).

Pestisida mikroba (*microbial pesticides*) adalah formulasi mikroba komersial yang mengendalikan hama dengan cara menjangkitkan penyakit pada serangga hama atau menjadi pesaing untuk mikroba patogen yang menyerang tanaman. Produksi dan penerapan pestisida mikroba biasanya dilakukan dalam skala besar. Pestisida mikroba yang paling umum digunakan adalah *Bacillus thuringiensis* (Bt).

Senyawa kimia yang memodifikasi perilaku serangga memanfaatkan senyawa-senyawa kimia yang biasa digunakan serangga untuk berkomunikasi dengan sesamanya atau untuk menanggapi perubahan lingkungannya. Suatu senyawa yang dikenal dengan nama *feromon seks* atau pemikat seks telah digunakan untuk mengganggu perkawinan beberapa jenis serangga. Senyawa feromon juga digunakan untuk memantau dan mengendalikan populasi, misalnya pada lalat buah.

Manipulasi genetika populasi hama membutuhkan pelepasan individu-individu yang telah diubah secara genetik untuk mengganggu reproduksi hama. Contohnya, dengan melepaskan individu-individu jantan yang telah disterilkan untuk kawin dengan populasi betina di alam sehingga dapat mencegah produksi keturunan.

Di dalam imunisasi tanaman digunakan mikroba atau senyawa kimia yang dapat meningkatkan atau menginduksi ketahanan tanaman terhadap hama. Metode ini berbeda dengan yang dilakukan melalui proses pemuliaan tanaman atau rekayasa genetika yang ketahanannya muncul tanpa perlu diinduksi dengan suatu perlakuan. Meskipun sangat menjanjikan, namun metode imunisasi tanaman masih dalam taraf penelitian.

Semua taktik pengendalian hama yang disebutkan di atas merupakan alternatif dari penggunaan insektisida kimiawi dan menunjukkan perhatian yang besar terhadap keamanan lingkungan hidup.

A. PENGENDALIAN ALAMI DAN PENGENDALIAN HAYATI

Di alam, tanpa campur tangan manusia, sebenarnya semua jenis makhluk hidup selalu mengalami tekanan oleh makhluk hidup lain dan faktor-faktor lingkungan. Hal itu biasanya disebut sebagai pengendalian alami (*natural control*) karena manusia tidak berperan secara aktif dalam pengendaliannya.

Faktor-faktor yang berperan di dalam pengendalian alami akan mencegah sebagian besar makhluk hidup menjadi hama. Pengendalian alami didukung oleh dua komponen utama, yaitu faktor lingkungan abiotik dan biotik. Jika faktor biotik, misalnya musuh alami, mati karena perlakuan manusia maka pengendalian alami akan gagal dalam mengendalikan populasi makhluk hidup dan akan terjadi ledakan hama. Untuk mengatasi masalah yang ditimbulkannya, manusia perlu secara aktif memasukkan kembali musuh alami untuk mengendalikan hama. Penggunaan musuh alami oleh manusia untuk mengendalikan hama tersebut dikenal dengan nama *pengendalian hayati*. Jadi, perbedaan antara pengendalian hayati dan pengendalian alami terletak pada adanya peran aktif manusia yang menggunakan musuh alami (pemangsa, parasitoid, patogen, dan pesaing) di dalam mengendalikan hama.

Di dalam pengendalian hayati serangga, istilah pemangsa diperuntukkan bagi serangga atau hewan pemakan serangga yang selama masa hidupnya banyak memakan mangsa. Ukuran pemangsa biasanya besar dan aktif sehingga lebih mudah dikenali daripada parasitoid dan patogen (Gambar 1.1a)

Parasitoid adalah serangga yang meletakkan telurnya pada permukaan atau di dalam tubuh serangga lain yang menjadi inang atau mangsanya (Gambar 1.1 b). Ketika telur parasitoid menetas, larva parasitoid akan memakan inang dan membunuhnya. Banyak parasitoid yang sangat spesifik dalam memilih serangga inang dan mereka tidak berbahaya terhadap manusia. Ukuran parasitoid yang kecil akan menyulitkan orang untuk mengenalinya. Salah satu parasitoid terkecil adalah dari marga *Trichogramma*. Berdasarkan target yang diserangnya, parasitoid dapat dibedakan menjadi parasitoid **telur**, parasitoid **larva**, dan parasitoid **pupa**.

Seperti makhluk hidup lainnya, serangga juga menjadi subyek dari serangan patogen (Gambar 1.1 c), seperti virus, bakteri, kapang, nematoda, dan mikroba lain. Di alam, jarang ditemui epidemi penyakit, kecuali jika populasi serangga sangat besar atau kondisi lingkungan sangat cocok untuk

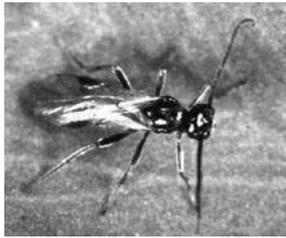
pertumbuhan patogen. Walaupun demikian, bersama-sama dengan faktor-faktor lainnya patogen serangga sangat penting dalam menekan populasi hama di alam. Patogen serangga, misalnya *Bacillus thuringiensis* dapat mengendalikan secara efektif hama-hama tertentu, seperti larva berbagai jenis Lepidoptera (kupu-kupu dan ngengat), Coleoptera (kumbang), dan nyamuk. Oleh karena sangat spesifik, yaitu hanya menyerang sejenis serangga atau kelompok serangga tertentu saja, patogen tersebut tidak akan membahayakan manusia atau hewan-hewan yang bukan menjadi target pengendalian.



a. Pemangsa



b. Parasitoid



c. Patogen

Gambar 1.1.

Musuh-musuh Alami yang Bermanfaat dalam Pengendalian Hayati

B. SEJARAH PENGENDALIAN HAYATI

Catatan sejarah mengenai pengendalian hayati memperlihatkan bahwa penggunaan sejenis serangga untuk mengendalikan jenis-jenis serangga lain di dalam suatu ekosistem pertanian diawali di Cina. Sebuah buku yang diterbitkan di Cina pada tahun 900 menggambarkan bagaimana para petani Cina telah memanfaatkan semut pemangsa, yaitu *Oecophylla smaradigna*,

untuk mengendalikan hama ulat dan kumbang yang menyerang tanaman jeruk mereka.

Pada saat itu petani Cina menempatkan sarang-sarang semut yang terbuat dari kertas di pohon-pohon jeruk. Sarang-sarang tersebut dapat dipindahkan dari satu pohon ke pohon lainnya. Sebagai alternatif mereka juga menggunakan batang-batang kayu untuk membantu pergerakan semut-semut pemangsa dari satu pohon ke pohon lain. Kegiatan tersebut juga menjadi sumber penghasilan bagi para penjual koloni-koloni semut. Sampai sekarang praktik penggunaan semut pemangsa untuk mengendalikan hama masih digunakan di Cina sebagai alternatif dari pengendalian kimiawi (insektisida).

Upaya meningkatkan jumlah semut pemangsa di perkebunan dan meningkatkan efektivitasnya sebagai pemangsa merupakan catatan pertama mengenai pengendalian hayati serangga. Terlihat sekali adanya kesengajaan untuk memanipulasi populasi makhluk hidup, yang dikenal sebagai musuh alami, untuk mengurangi jumlah hama atau mengurangi jumlah kerusakan yang ditimbulkan oleh hama.

Sekitar tahun 1775, orang-orang Yaman memindahkan semut-semut pemangsa dari daerah gunung ke oasis-oasis untuk mengendalikan hama pemakan kurma. Kejadian itu menjadi dokumentasi pertama mengenai kasus pemindahan musuh alami dari suatu tempat yang berjarak cukup jauh untuk tujuan pengendalian hayati.

Pada abad ke-18, belalang merah menjadi hama serius yang menyerang tanaman tebu di Mauritius. Untuk mengendalikan belalang merah tersebut maka pada tahun 1762 dan 1770 didatangkan burung **mynah** dari India sebagai pemangsanya dan berhasil mengendalikan belalang merah. Keberhasilan itu merupakan catatan pertama mengenai kasus pemindahan internasional dari agen pengendali hayati.

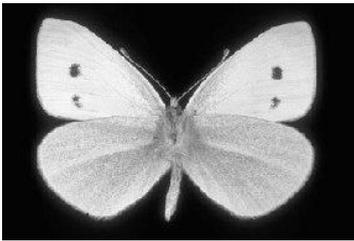
Dari catatan di atas tampaklah bahwa agen pengendalian hayati yang pertama-tama dimanfaatkan oleh manusia adalah pemangsa. Alasan yang paling logis tentu saja karena pemangsa mudah diamati melalui pengamatan yang seksama terhadap perilaku hewan.

Orang pertama yang memberikan gambaran tentang adanya parasitisme pada serangga adalah **Ulysses Aldrovandi** yang mempublikasikan deskripsi dari **larva** *Apanteles glomeratus* (suku **Braconidae**) yang muncul dari kupu-kupu kubis *Pieris rapae* (L) pada tahun 1602. Sayangnya dia salah

menginterpretasikannya dengan mengira kokon parasitoid sebagai telur kupu-kupu.

Pada tahun 1668 Francisco Redi menggambarkan terjadinya parasitisme oleh parasitoid dari suku Ichneumonidae, namun dia tidak mengerti mengenai proses yang sebenarnya terjadi. Secara bersamaan pula, pada tahun 1701-1710, beberapa orang, termasuk di antaranya van Leeuwenhoek, menggambarkan adanya interaksi antarjenis serangga termasuk parasitoid *Aphidius* sp. yang muncul dari kutu daun. Pemahaman mengenai adanya interaksi antara parasitoid dan inang telah memacu berbagai publikasi mengenai biologi berbagai jenis parasitoid pada tahun 1750 an.

Orang yang pertama kali memberikan komentar mengenai kemungkinan penggunaan serangga parasitoid untuk mengendalikan hama adalah Dr. Erasmus Darwin pada tahun 1800. Dia mencatat adanya kematian besar-besaran pada ulat-ulat *Pieris rapae* (Gambar 1.2a) yang menyerang tanaman kubis setelah parasitoid Ichneumonidae (Gambar 1.2b) meletakkan telur-telurnya di punggung ulat-ulat tersebut. Dr. Erasmus Darwin juga merekomendasikan untuk menggunakan kumbang lembing dari suku Coccinellidae (Gambar 1.2c) untuk mengendalikan kutu daun di dalam rumah kaca.



a. *Pieris rapae*



b. Ichneumonidae



c. Coccinellidae

Gambar 1.2.

Serangga Hama dan Musuh Alami yang menjadi Perhatian Dr. Erasmus Darwin

Keberadaan penyakit pada serangga sudah sejak lama diketahui orang jauh sebelum orang paham mengenai penyakit infeksi itu sendiri. Pada mulanya deskripsi hanya difokuskan pada serangga-serangga yang memiliki kepentingan ekonomi, misalnya penyakit pada lebah madu dan serangga-serangga lain. Tulisan-tulisan tersebut tercantum di dalam buku **Aristoteles** yang berjudul *Historia animalium* sekitar 2300 tahun lalu dan **Virgil**, seorang penulis Romawi, yang berkomentar mengenai penyakit pada lebah madu sekitar 300 tahun kemudian.

Deskripsi mengenai penyakit yang menyerang ulat sutera dipublikasikan di Jepang sekitar 1000 tahun yang lalu. Ulat sutera sendiri telah dipelihara di Cina selama kurang lebih 3000 tahun yang lalu sehingga ada kemungkinan literatur yang berkaitan dengan hal tersebut sebelumnya telah ada. Ulat sutera memainkan peranan sentral dalam patologi serangga sebagai sebuah disiplin ilmu, dan dapat dipertimbangkan sebagai sentral dari perkembangan seluruh konsep mengenai penyakit infeksi pada serangga.

Dengan berjalannya waktu pemeliharaan ulat sutera menyebar dari Asia ke Eropa dan Amerika Utara. Sering kali terjadi ledakan wabah penyakit yang menghancurkan seluruh populasi serangga yang dipelihara sehingga dibutuhkan persediaan ulat sutera yang bebas penyakit dari tempat lain. Salah seorang yang tertantang untuk mempelajari wabah penyakit tersebut adalah **Agostino Maria Bassi** yang meneliti penyakit ulat sutera yang dikenal dengan nama **calcino** di Italia dan **muscardine** di Perancis. Dia memperlihatkan bahwa penyakit tersebut disebabkan oleh semacam kapang (fungus) yang tumbuh pada ulat sutera. Pertumbuhan jamur pada ulat sutera mengakibatkan kematian ulat sutera dan dapat menular kepada individu yang sehat melalui kontak atau makanan yang terkontaminasi. Dia pun mampu menanggulangi penyakit tersebut dengan menggunakan senyawa-senyawa kimiawi tertentu. Penemuan itu terjadi pada tahun 1833, meskipun ia tidak mengemukakan penemuannya tersebut sampai tahun 1834.

Sekitar tahun 1865 **Louis Pasteur** berhasil mengisolasi beberapa mikroorganisme (bakteri dan protozoa) dari setiap macam penyakit yang menyerang ulat sutera. Dia juga mengemukakan adanya penyakit yang sekarang dikenal penyebabnya adalah virus RNA. Tentu saja pada waktu itu dia tidak mampu mengidentifikasinya.

Uji lapangan secara ilmiah terhadap pengendalian hama dengan menggunakan mikroba pertama kali dilakukan oleh seorang Rusia bernama **Krassiltschik**. Dia menggunakan kapang untuk mengendalikan kumbang

Curculionidae yang menyerang tanaman bit. Dalam penelitiannya Krassiltschik mengamati kematian hama sebesar 50% - 80% pada plot-plot percobaannya.

C. KISAH SUKSES PENGENDALIAN HAYATI

Keberhasilan pertama dalam pemanfaatan agen pengendalian hayati terhadap hama serangga terjadi pada tahun 1888 ketika kumbang lembing *Rodolia cardinalis* didatangkan dari Australia untuk mengendalikan *Icerya purchasi* di California, Amerika Serikat (Gambar 1.3a). Serangga *Icerya purchasi* merupakan kerabat dari kutu daun (aphid) yang menjadi hama tanaman jeruk. Serangan *Icerya purchasi* dapat menimbulkan kerusakan sangat parah dan bahkan mengakibatkan kematian pada tanaman jeruk.

Icerya purchasi sebenarnya adalah serangga asli Australia yang terbawa ke California secara tidak sengaja ketika tanaman jeruk dimasukkan ke Amerika. Hama tersebut berkembang biak dengan leluasa di California tanpa mampu dikendalikan oleh musuh alaminya yang masih tertinggal di tempat asalnya. Pada tahun 1887 hama tersebut telah mengancam keberadaan industri jeruk di California. Departemen Pertanian Amerika Serikat kemudian mengutus Albert Koebele untuk mengunjungi Australia guna mencari musuh alami *Icerya purchasi*. Di Australia dia menemukan bahwa *Icerya purchasi* ternyata memiliki banyak musuh, yaitu berbagai jenis kumbang, lalat, dan tawon (Koebele 1890 dalam Varley *et al.*, 1973). Dua di antaranya, yaitu lalat parasit *Cryptochaetum iceryae* dan *Rodolia cardinalis* kemudian dibawa dan kemudian dilepaskan di California. Kedua jenis serangga tersebut dapat berkembangbiak dengan baik. Namun, di banyak tempat kumbang *Rodolia* lebih berhasil daripada lalat parasit *Cryptochaetum*. Kumbang *Rodolia* lalu menyebar dengan sangat cepat dan berhasil mengendalikan *Icerya purchasi* sehingga julukan hama kepada *Icerya purchasi* hanya tinggal kenangan. Kini, serangga *Icerya purchasi* dan *Rodolia cardinalis* masih ada di California Selatan, tetapi jumlah mereka relatif sangat sedikit. Kadang-kadang ledakan hama *Icerya purchasi* muncul jika para petani menggunakan insektisida untuk mengendalikan hama lain pada pohon jeruk. Penggunaan insektisida dapat membunuh kumbang *Rodolia* sehingga *Icerya purchasi* bebas berkembang biak tanpa dikendalikan oleh musuh alaminya.

Atas dasar keberhasilan memanfaatkan *Rodolia cardinalis* dalam mengendalikan *Icerya purchasi* maka selama seabad terakhir ini berbagai negara telah melakukan program introduksi musuh alami dari luar, sebagian besar adalah pemangsa dan parasitoid, untuk melawan serangga hama (Waage, 1996).

Keberhasilan pengendalian hayati juga diperlihatkan dalam mengendalikan kaktus *Opuntia inermis* dan *O. stricta* yang menjadi gulma (tanaman pengganggu) di Australia. Pada awal abad ke-20 kaktus *Opuntia* dimasukkan ke Australia sebagai tanaman pagar. Kaktus *Opuntia* kemudian menyebar cepat dan menjadi gulma yang tak terkendali di Queensland dan New South Wales (Varley *et al.*, 1973). Sampai tahun 1925 kaktus tersebut telah mengambil alih sekitar 12 juta hektar lahan di Australia (Solomon, 1976). Pemerintah Australia, kemudian mengirim sebuah ekspedisi ke Amerika Selatan untuk mencari musuh alami kaktus *Opuntia*. Di Argentina mereka menemukan beberapa jenis ngengat yang larvanya memakan tanaman *Opuntia* dan mengirimkannya segera ke Australia. Setelah dilepaskan ke lapangan, salah satu diantaranya, yaitu ngengat *Cactoblastis cactorum* (Gambar 1.3b), secara cepat berkembang biak lalu menyebar dan berhasil mengendalikan kaktus *Opuntia*. Kini sejumlah kecil tanaman kaktus masih ditemui di sejumlah tempat di Australia, tetapi tidak lagi dominan dan posisinya telah diambil alih kembali oleh tanaman asli Australia.



a. *Rodolia cardinalis*



b. Larva *Cactoblastis cactorum*

Gambar 1.3.

Keberhasilan *Rodolia cardinalis* dan *Cactoblastis cactorum* telah Menjadi Legenda dalam Pengendalian Hayati Klasik Hama Serangga dan Gulma

Di Indonesia, keberhasilan pengendalian hayati dengan mengintroduksi musuh alami diperlihatkan pertama kali pada tahun 1920-an ketika dilakukan introduksi parasitoid *Pediobius parvulus* dari Fiji untuk mengendalikan hama kumbang kelapa *Promecotheca reichei*. Kasus terbaru adalah introduksi serangga pemangsa *Curinus coreolius* dari Hawaii pada tahun 1988-1990 untuk mengendalikan hama kutu loncat *Heteropsylla* yang menyerang tanaman lamtoro (Untung, 1993).

Contoh-contoh di atas merupakan keberhasilan yang luar biasa dalam pengendalian hayati hama secara klasik. Masih banyak lagi kisah sukses yang dilaporkan dalam penggunaan pengendalian hayati. Sampai kini tercatat sekitar 6000 musuh alami yang sudah diintroduksi untuk mengendalikan hama serangga, gulma, dan hama lainnya. Dari seluruh program introduksi tersebut sekitar 25-30% dapat dikategorikan berhasil (Waage, 1996).



LATIHAN

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

- 1) Apakah yang dimaksudkan dengan pengendalian hayati dan pengendalian alami? Apakah yang membedakan keduanya?
- 2) Sebutkan dan jelaskan tiga pendekatan yang digunakan di dalam pengendalian hayati serangga!
- 3) Apakah yang dimaksudkan dengan pemangsa, parasitoid, dan patogen di dalam pengendalian hayati serangga?
- 4) Mengapa para petani Cina dianggap sebagai praktisi pertama di dalam pengendalian hayati serangga?
- 5) Menurut Anda, faktor apakah yang paling berperan di dalam keberhasilan pengendalian hayati hama *Icerya purchasi* oleh kumbang *Rodolia cardinalis* dan kaktus *Opuntia* oleh ngengat *Cactoblastis cactorum*?

Anda harus mempelajari materi Kegiatan Belajar 1, khususnya mengenai konsep pengendalian hayati dan pengendalian alami, berbagai pendekatan yang dipakai di dalam pengendalian hayati serangga, agen-agen pengendali hayati serangga, awal sejarah pengendalian hayati, dan faktor kesamaan yang melandasi keberhasilan pengendalian hayati klasik.



RANGKUMAN

1. Pengendalian hayati adalah penggunaan musuh alami (pemangsa, parasitoid, dan patogen) untuk mengendalikan populasi hama.
2. Pengendalian hama dengan taktik atau teknologi berbasis biologi mencakup lima tipe, yaitu:
 - a. pengendalian hayati;
 - b. pestisida mikroba;
 - c. senyawa-senyawa kimia yang memodifikasi perilaku hama,
 - d. manipulasi genetika populasi hama;
 - e. imunisasi tanaman.
3. Pendekatan yang digunakan di dalam pengendalian hayati adalah:
 - a. pengendalian hayati klasik;
 - b. pengendalian hayati augmentasi;
 - c. konservasi musuh alami.
4. Pengendalian alami adalah pengendalian populasi makhluk hidup di alam karena tekanan faktor lingkungan biotik dan abiotik. Di dalam pengendalian alami tidak ada peran aktif manusia.
5. Musuh alami di dalam pengendalian hayati terdiri atas pemangsa, parasitoid, dan patogen. Pemangsa adalah serangga atau hewan pemakan serangga yang selama masa hidupnya banyak memakan mangsa. Parasitoid adalah serangga yang meletakkan telurnya pada permukaan atau di dalam tubuh serangga lain yang menjadi inang atau mangsanya. Ketika telur parasitoid menetas, larva parasitoid akan memakan inang dan membunuhnya. Patogen adalah makhluk hidup yang menjangkitkan penyakit pada inang atau menjadi pesaing untuk mikroba patogen yang menyerang tanaman.
6. Catatan sejarah pengendalian hayati diawali di Cina sebelum tahun 900. Para petani Cina telah memanfaatkan semut *Oecophylla smaradigna* untuk mengendalikan hama ulat dan kumbang yang menyerang tanaman jeruk.

7. Dr. Erasmus Darwin adalah orang yang pertama kali mengusulkan kemungkinan penggunaan serangga parasitoid untuk mengendalikan hama.
8. Keberhasilan kumbang *Rodolia cardinalis* mengendalikan *Icerya purchasi* dan ngengat *Cactoblastis cactorum* mengendalikan kaktus *Opuntia* telah menjadi legenda di dalam pengendalian hayati klasik hama serangga dan gulma.



TES FORMATIF 1 _____

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Pengendalian hayati serangga adalah pengendalian populasi hama serangga dengan menggunakan
 - A. pemangsa
 - B. parasitoid
 - C. patogen
 - D. musuh alami
- 2) Pengendalian hama yang bukan termasuk taktik atau teknologi berbasis biologi adalah pengendalian
 - A. hayati
 - B. alami
 - C. dengan feromon seks
 - D. dengan pestisida mikroba
- 3) Serangga yang meletakkan telurnya pada permukaan atau di dalam tubuh serangga lain yang menjadi inang dan ketika menetas larvanya memakan jaringan tubuh inangnya disebut
 - A. pemangsa
 - B. parasit
 - C. parasitoid
 - D. patogen
- 4) Orang yang pertama kali mengusulkan penggunaan parasitoid untuk mengendalikan hama serangga adalah
 - A. Ulysses Aldrovandi
 - B. Francesco Redi
 - C. Aristoteles
 - D. Dr. Erasmus Darwin

- 5) Contoh keberhasilan pengendalian hayati klasik terhadap hama serangga, antara lain ditunjukkan oleh pengendalian
- A. *Icerya purchasi* oleh *Rodolia cardinalis*
 - B. *Opuntia* oleh *Cactoblastis cactorum*
 - C. *Icerya purchasi* oleh *Cryptochaetum iceryae*
 - D. *Rodolia cardinalis* oleh *Cactoblastis cactorum*

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 1 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 1.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali

80 - 89% = baik

70 - 79% = cukup

< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan Kegiatan Belajar 2. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 1, terutama bagian yang belum dikuasai.

KEGIATAN BELAJAR 2**Potensi dan Masa Depan Pengendalian Hayati dalam Pengelolaan Hama**

Ketika insektisida sintetis ditemukan pada tahun 1940-an semua orang optimis bahwa pengendalian hama akan menjadi sangat mudah. Tetapi, semuanya semakin jelas bahwa banyak masalah yang muncul karena penggunaan insektisida sintetis. Beberapa jenis hama menjadi tahan (resisten), makhluk hidup yang bukan target menjadi korban, dan terjadi resurgensi hama. Selain itu, muncul pula masalah-masalah yang berkaitan dengan lingkungan dan kesehatan.

Sampai kini perlindungan terhadap sandang, pangan, dan papan dari serangan hama serangga, penyakit, dan gulma masih sangat tergantung pada penggunaan pestisida kimia. Meskipun taktik-taktik pengendalian hama, seperti penggunaan tanaman tahan hama, metode pengendalian dengan teknik budidaya, dan pengendalian hayati mampu mengurangi pemakaian pestisida, namun untuk menghilangkannya sama sekali adalah tidak mungkin. Beberapa tipe hama ternyata hanya mungkin dikendalikan dengan menggunakan pestisida. Untuk itu perlu adanya suatu strategi dalam pengelolaan hama yang mengintegrasikan berbagai taktik yang dikenal sebagai pengelolaan hama terpadu (PHT).

Pengendalian hayati merupakan salah satu komponen penting di dalam program pengelolaan hama terpadu (PHT). Komponen-komponen lainnya adalah pengendalian secara kimiawi, fisik dan mekanik, teknik budi daya, dan dengan penggunaan varietas tahan hama (Watson *et al.*, 1976). Potensi dan masa depan pengendalian hayati sangatlah terkait dengan perkembangan PHT.

A. KEBUTUHAN DAN POTENSI PENGENDALIAN HAYATI

Pengendalian hayati klasik dengan mengintroduksi musuh alami dari luar masih tetap dianggap sebagai suatu pendekatan yang telah terbukti keberhasilannya. Keberhasilannya dikategorikan sebagai moderat, tetapi sangat bernilai dan tingkat keamanannya tinggi. Masa depannya akan dipengaruhi oleh sejumlah isu dan kecenderungan masyarakat, yaitu:

1. meningkatnya kebutuhan pengendalian hayati klasik karena semakin banyak negara yang menyadari akan adanya ancaman hama asing pada masa mendatang akibat dari meningkatnya perdagangan antarnegara;
2. menyadari bahwa salah satu ancaman utama terhadap keanekaragaman hayati adalah masuknya hama asing ke daerah konservasi alam. Pada masa mendatang pengendalian hayati klasik akan bergerak dari sektor pertanian tradisional ke sektor lingkungan atau konservasi;
3. Keberhasilan pengendalian hayati augmentasi di negara-negara maju, terutama untuk bidang hortikultura di dalam rumah kaca, telah memunculkan industri pengendalian hayati komersial. Industri tersebut telah memperbanyak berbagai jenis musuh alami untuk dipasarkan di dalam negeri atau diekspor ke negara-negara lain. Perkembangan yang sama juga terjadi pada peningkatan penggunaan musuh alami sebagai biopestisida, khususnya nematoda, virus, kapang, dan bakteri. Di sejumlah negara maju, impor musuh alami secara komersial ternyata sudah melebihi impor agen-agen pengendali hayati klasik yang dilakukan secara tradisional.

Akibat yang muncul dari kecenderungan di atas adalah semakin banyaknya agen pengendali hayati asing yang diintroduksi ke suatu negara dan semakin banyak orang yang terlibat di dalam bisnis tersebut. Kesalahan di dalam introduksi agen-agen pengendali hayati mungkin saja terjadi. Atas dasar itu perlu sekali membangun suatu tingkat kekhawatiran yang bertanggung jawab mengenai pengendalian hayati, berkaitan dengan keuntungan dan risiko yang mungkin ditimbulkannya. Selain itu harus ada penjelasan mengenai potensi introduksi pengendali hayati sebagai alternatif dari penggunaan jenis-jenis pestisida tertentu yang dapat merusak lingkungan, sekaligus meyakinkan bahwa introduksi tersebut aman bagi lingkungan (Waage, 1996).

Pada dasarnya semua hama serangga memiliki musuh alami. Konservasi terhadap musuh alami mungkin merupakan praktik pengendalian hayati yang paling penting. Melalui penggunaan insektisida yang selektif dan penggunaan secara bijaksana insektisida berspektrum luas, musuh alami akan tetap ada dan menghasilkan dampak yang berarti terhadap populasi hama.

Masa depan pengendalian hayati cukup menjanjikan, tetapi taktik itu hanya merupakan salah satu dari beberapa pilihan pengelolaan hama. Berbagai kendala perlu diatasi sebelum pengendalian hayati mencapai

potensi yang penuh. Perlu penekanan khusus pada penelitian mengenai musuh alami lokal dan dampaknya terhadap populasi hama yang diserangnya. Dengan informasi tersebut ada kemungkinan untuk meningkatkan kerja musuh alami melalui manipulasi habitat, perubahan praktik budi daya atau aplikasi pestisida. Introduksi musuh alami dari luar melalui program pengendalian hayati klasik sangatlah berpotensi dan menjanjikan meskipun penuh dengan berbagai tantangan.

B. PENGENDALIAN HAYATI DAN MASALAH LINGKUNGAN

Dukungan masyarakat pemerhati lingkungan terhadap pengendalian hayati yang semula sangat besar kini mulai terpecah. Ada persepsi baru yang menganggap bahwa taktik pengendalian hama berbasis biologi, termasuk pengendalian hayati, juga mengandung berbagai risiko.

Masyarakat konservasi yang dahulu lebih memfokuskan diri pada kegiatan pelestarian habitat, kini sangat menyoroti masuknya jenis makhluk hidup yang berbahaya ke suatu negara karena akan mengganggu ekosistem alami. Jenis-jenis asing tersebut dikhawatirkan akan menyingkirkan jenis-jenis asli yang menjadi pesaingnya atau musuh alami dari luar dapat saja memusnahkan jenis-jenis asli meskipun tadinya diperuntukkan bagi jenis-jenis hama tertentu, khususnya hama yang berasal dari luar juga (Goldburg, 1996).

Dokumentasi mengenai dampak lingkungan menunjukkan bahwa telah terjadi penurunan tingkat populasi dan bahkan punahnya organisme bukan target akibat masuknya organisme dari luar. Namun, laporan tersebut mengindikasikan bahwa hal tersebut terjadi pada awal sejarah pengendalian hayati sebelum adanya proses pengaturan dan ketika perhatian orang masih sedikit terhadap nasib organisme asli (Mahr, 1996).

Risiko dari pengendalian hayati augmentasi yang tercatat adalah reaksi alergi dari para pekerja yang memproduksi musuh alami. Ada pula kekhawatiran akan menyebarnya suatu penyakit dari musuh alami yang dilepaskan ke alam. Kekhawatiran lain adalah semakin menurunnya populasi musuh alami karena kegiatan pengumpulan yang dilakukan di alam (Mahr, 1996).

Insektisida mikroba dapat menimbulkan risiko lingkungan, termasuk pengaruhnya terhadap organisme bukan target dan pemangsanya. *Bacillus thuringiensis* yang digunakan di dalam komunitas alam yang lebih kompleks,

misalnya hutan dapat mengakibatkan pengurangan jumlah larva ngengat dan kupu-kupu bukan target untuk sementara waktu. Risiko lain adalah kemungkinan munculnya ketahanan hama terhadap insektisida mikroba, misalnya yang terjadi akibat penggunaan *Bacillus thuringiensis* (Mahr, 1996).

Risiko pelepasan makhluk hidup hasil rekayasa genetika meliputi dua tipe risiko, yaitu:

1. pengaruh ekologi terhadap makhluk hidup bukan target. Misalnya, hasil rekayasa menghasilkan makhluk hidup yang dapat memproduksi racun tertentu maka bukan hanya makhluk hidup yang menjadi target yang akan terpengaruh tetapi juga yang bukan target;
2. kemungkinan transfer gen tahan hama dari tanaman budidaya hasil rekayasa ke gulma. Akibatnya, gulma akan terbebas dari herbivor yang menjadi musuh alaminya.

Bioteknologi modern yang digunakan untuk merekayasa agen-agen pengendali hayati dan biopestisida pada dasarnya tidak berbeda dengan pestisida kimia konvensional. Makhluk hidup yang menjadi target semakin banyak, lebih persisten di alam, dan semakin beracun. Ada kecenderungan bahwa bioteknologi akan mengalahkan pengendalian hayati yang tradisional karena produk-produk bioteknologi dapat dipatenkan sehingga menghasilkan keuntungan besar bagi perusahaan-perusahaan swasta. Masyarakat pemerhati lingkungan secara umum masih sangat mendukung pengendalian hayati, tetapi semakin khawatir dengan berbagai risiko yang akan ditimbulkan oleh produk-produk bioteknologi. Mereka juga skeptis bahwa produk bioteknologi akan seaman produk tradisional.

Ada pendapat yang sangat kuat di kalangan masyarakat ilmiah bahwa risiko dari taktik pengendalian hama berbasis biologi, bagaimanapun juga risikonya jauh lebih kecil daripada risiko yang ditimbulkan oleh pestisida konvensional. Pestisida kimia telah memunculkan berbagai isu penting yang berkaitan dengan kesehatan manusia dan lingkungan hidup, sedangkan pengendalian hama berbasis biologi terutama hanya berkaitan dengan pengaruhnya terhadap organisme asli yang merupakan isu yang relatif masih baru. Tidak mengherankan jika banyak orang yang menyimpulkan bahwa risiko-risiko yang mungkin muncul dari taktik pengendalian hama berbasis biologi jauh lebih kecil dibandingkan dengan keuntungan yang akan muncul dari penggunaannya (Mahr, 1996).

C. PERANAN PENGENDALIAN HAYATI DALAM PHT

Diperkenalkannya DDT dan insektisida organoklorin lainnya pada pertengahan tahun 1940 yang disusul kemudian oleh organofosfat dan karbamat telah membuat manusia sangat tergantung pada pestisida kimia untuk produksi tanaman pertanian. Selama lebih dari dua dekade pestisida sintetik seolah-olah telah menjadi semacam senyawa kimia ajaib yang menyelamatkan berjuta-juta umat manusia dari bencana kelaparan, penyakit, dan lain-lain. Namun, keajaiban tersebut digugat dengan terbitnya publikasi Rachel Carson berjudul **Silent Spring** pada tahun 1962. Rachel Carson telah menggugah kesadaran masyarakat terhadap berbagai pengaruh buruk dari penggunaan pestisida sintetik terhadap ekosistem.

Kenyataan bahwa pestisida menjadi sesuatu yang penting di dalam pengendalian hama dan di sisi lain telah menimbulkan pengaruh yang negatif terhadap kesehatan ekosistem menjadi dilema bagi semua pihak. Namun, keadaan tersebut tidak boleh dibiarkan berlarut-larut tanpa ada jalan ke luar. Pada tahun 1970-an mulailah dikembangkan suatu pendekatan **pengendalian hama berbasis ekologi** yang dikenal dengan nama **Pengendalian Hama Terpadu (PHT)**. Sasaran utama PHT adalah mengurangi kerugian karena serangan hama secara lebih efektif, ekonomis, dan ramah lingkungan. Jadi, sasarannya bukan hanya sekedar membunuh hama demi menyelamatkan kepentingan ekonomi tanpa memperhatikan dampak lingkungan yang ditimbulkannya. Oleh karena itu, sangatlah tepat jika PHT didefinisikan sebagai **suatu pendekatan berkelanjutan dalam mengelola hama dengan mengkombinasikan taktik pengendalian hayati, budi daya, fisika, dan kimia guna meminimalkan risiko ekonomi, kesehatan, dan lingkungan (Anonymous, 1994)**. Pengendalian hama terpadu bukan hanya ditujukan bagi perlindungan tanaman pertanian, tetapi meliputi pula berbagai masalah hama yang berkaitan dengan peternakan, perkotaan, dan kesehatan.

Filosofi dasar PHT adalah tidak semua serangga pada tanaman pertanian itu hama yang harus dibunuh dengan insektisida, dan bahkan jika benar bahwa serangga tersebut adalah hama maka tidak perlu dihilangkan seluruhnya. Hal yang perlu dilakukan adalah mengelola jumlah hama hingga di bawah tingkat yang akan merugikan secara ekonomi. Pengguna PHT mungkin akan memproduksi lebih sedikit daripada mereka yang memakai pestisida, tetapi balasan yang akan diterima jauh lebih besar. Para pekerja dan

orang-orang lain di sekitarnya akan lebih aman jika teknik PHT digunakan, kecuali itu lingkungan menjadi lebih sehat dan produksi akan lebih berkelanjutan karena hama tidak lagi mengembangkan ketahanan terhadap pestisida baru.

Jelaslah bahwa pengendalian hama terpadu merupakan metode pengendalian populasi hama yang secara sosial dapat diterima, secara lingkungan bertanggung jawab, dan secara ekonomi murah. Dengan pendekatan berbagai taktik pengendalian, PHT diharapkan akan memperkecil:

1. potensi munculnya resistensi hama terhadap pestisida,
2. biaya untuk pestisida,
3. pemaparan pestisida terhadap manusia, dan
4. dampak lingkungan akibat dari kegiatan pengelolaan hama.

Suatu program pengelolaan hama terpadu dapat saja menggunakan musuh alami, varietas tanaman tahan hama, pergiliran tanaman, sanitasi, dan lain-lain untuk menekan populasi hama di bawah tingkat kerusakan ekonomi (**economic threshold**). Penggunaan pestisida biasanya dilakukan dengan mempertimbangkan kebutuhan dan berbagai alternatif lain. Program PHT tergantung pada identifikasi dan pemahaman mengenai biologi hama yang menjadi penyebab masalah, serta hubungannya dengan inang dan lingkungannya. Status hama biasanya ditentukan melalui pengambilan sampel hama dan pengukuran tingkat kerusakan yang ditimbulkannya.

Para praktisi PHT sangat menyadari bahwa upaya untuk menghilangkan seluruh hama adalah sesuatu yang tidak mungkin atau secara ekonomi tidak layak. Oleh karena itu, populasi hama harus dikelola di bawah tingkat kerusakan ekonomi. Mereka pun memahami betapa pentingnya peranan pengendalian alami dalam mengatur populasi makhluk hidup di alam. Di dalam PHT, faktor-faktor yang menjadi penyebab kematian hama secara alami merupakan suatu kebutuhan dan menjadi suatu dambaan. Jika intervensi manusia memang dibutuhkan maka yang pertama kali diprioritaskan adalah praktik-praktik yang paling aman, seperti penggunaan tanaman tahan hama, pengendalian hayati, dan pengendalian melalui tenik budi daya. Ketiga hal tersebut merupakan praktik-praktik yang paling sesuai dengan pertanian berkelanjutan karena tidak mengganggu keberadaan faktor-faktor yang berperan di dalam pengendalian alami serangga. Praktik-praktik yang diperkirakan akan sangat mengganggu atau merusak lingkungan hanya

digunakan sebagai upaya terakhir. Pestisida kimia hanya digunakan jika perlu dan harus didasarkan pada pemantauan populasi hama yang dilakukan secara rutin dan sering. Pemantauan terhadap populasi musuh alami juga harus dilakukan untuk menentukan dampaknya terhadap populasi hama. Jika pestisida terpaksa digunakan hendaknya digunakan yang tidak membahayakan musuh-musuh alami.

Pengelolaan hama terpadu merupakan suatu praktik yang dinamis dan selalu berkembang. Strategi pengelolaan hama akan bervariasi sesuai dengan jenis tanaman, lokasi, waktu, dan didasarkan pada perubahan populasi hama serta pengendalian alaminya. Para pengelola hama modern akan menjadi sangat efektif jika mereka memiliki pengetahuan tentang hama yang dihadapi, musuh-musuh alami yang ada, dan mengetahui semua pilihan pengendalian hama yang tersedia.

D. METODE-METODE PENGENDALIAN HAMA LAIN

Pengendalian hayati hanyalah salah satu dari beberapa pendekatan umum untuk pengelolaan hama. Di dalam pengembangan strategi pengelolaan hama yang menyeluruh perlu kiranya mempertimbangkan semua pilihan yang tersedia, mengingat adanya keterkaitan yang erat antara pendekatan-pendekatan tersebut. Metode-metode pengendalian hama lain yang secara ringkas akan dibahas di bawah ini adalah pengendalian melalui teknik budidaya (**cultural control**), tanaman tahan hama (**host resistance**), pengendalian mekanik (**mechanical control**), dan pengendalian kimiawi (**chemical control**).

1. Pengendalian melalui Teknik Budi daya Tanaman

Di dalam pengendalian melalui teknik budi daya dilakukan modifikasi dari praktik pertanian baku untuk mencegah serangan hama atau membuat lingkungan menjadi kurang sesuai untuknya. Salah satu metode yang digunakan adalah dengan pergiliran tanaman untuk memutus daur hidup hama. Metode sanitasi dilakukan dengan cara membersihkan semua tanaman pengganggu (gulma) atau materi lain (sisa-sisa tanaman, buah busuk) yang dapat menjadi tempat berkembang biaknya hama. Praktik penanaman berbagai jenis tanaman yang berbeda atau polikultur membuat hama mengalami kesulitan untuk menemukan tanaman inangnya dan sekaligus menciptakan habitat yang nyaman bagi berbagai jenis musuh alami. Metode

lain adalah menggunakan tanaman perangkap yang disukai oleh hama di dekat tanaman yang dilindungi (**trap cropping**). Hama-hama yang terkonsentrasi pada tanaman perangkap, kemudian dapat dimatikan. Untuk menghindari jenis-jenis hama tertentu perlu mempertimbangkan waktu penanaman yang tepat.

2. Tanaman Tahan Hama

Secara alami berbagai jenis tanaman memiliki kemampuan untuk mengusir, mentoleransi, atau bahkan membunuh hama. Para pakar pemuliaan tanaman telah memanfaatkannya dan bahkan meningkatkan kemampuan tersebut untuk mengembangkan varietas-varietas tanaman yang tahan terhadap serangan jenis-jenis hama tertentu. Selain melalui teknik tradisional dengan melakukan persilangan, tanaman tahan hama juga sudah dapat dihasilkan dengan metode bioteknologi modern.

3. Pengendalian Mekanik

Metode pengendalian mekanik dilakukan dengan menyingkirkan atau membunuh hama yang dijumpai. Metode pengendalian mekanik sesuai untuk menghadapi masalah-masalah hama akut yang ringan. Pengendalian mekanik relatif tidak berdampak negatif terhadap musuh alami sehingga sangat tepat jika dipadukan dengan pengendalian hayati di dalam pendekatan PHT. Persiapan lahan pertanian yang dapat mengakibatkan hama yang hidup di tanah kekeringan atau rentan terhadap pemangsa juga merupakan contoh dari pengendalian mekanik.

4. Pengendalian Kimia

Pengendalian kimia adalah penggunaan senyawa kimia untuk membunuh, mengusir, menghambat makan, perkawinan, atau perilaku-perilaku lain yang penting. Senyawa-senyawa kimia yang digunakan dapat berupa produk alami atau materi sintesis.

Senyawa kimia pengusir (*repellant*), pbingung (*confusant*), pengiritasi (*irritant*) biasanya tidak beracun tetapi mengganggu perilaku normal hama. Contoh yang paling dikenal adalah pengusir nyamuk dan ngengat. Penggunaan feromon seks dapat membingungkan hama sehingga tidak dapat kawin dan menghasilkan keturunan.

Pestisida adalah macam-macam racun, baik produk alami ataupun sintesis, yang digunakan untuk membunuh hama. Beberapa alasan mengapa

pestisida organik sintetik sedemikian populer dan luas penggunaannya adalah karena:

1. sangat efektif, yaitu satu produk dapat mengendalikan beberapa jenis hama sekaligus berbeda;
2. harganya relatif murah;
3. hasilnya dapat diperkirakan;
4. hanya butuh sedikit orang untuk menerapkannya.

Di samping penggunaannya dalam bidang pertanian, insektisida kimia juga sangat penting dalam memerangi serangga yang menjadi vektor penyakit, misalnya nyamuk yang membawa penyakit malaria.

Kelemahan dari pengendalian kimia adalah pengaruh buruknya terhadap organisme bukan target. Sebagian besar insektisida sangat beracun terhadap jenis-jenis serangga yang bermanfaat bagi manusia, seperti musuh alami dan penyerbuk. Serangga yang menjadi target dan bukan target mampu mengembangkan ketahanan terhadap insektisida. Kecuali itu, pestisida juga dapat mengganggu kesehatan manusia, terutama bagi para penyemprot dan pekerja-pekerja pertanian. Ketergantungan yang berlebihan pada pestisida dapat mendorong pertanian menuju ke arah yang jauh dari keadaan yang lebih alami dan seimbang.

E. MASA DEPAN PENGENDALIAN HAMA

Pengendalian hama terpadu dan situasi hama selalu mengalami perubahan. Revolusi di dalam bidang bioteknologi tanaman pada tahun 1990-an telah memungkinkan para petani memilih tanaman transgenik dan melibatkannya di dalam program PHT. Tersedianya tanaman transgenik yang dapat memproduksi racun spesifik untuk jenis hama tertentu akan mengurangi kebutuhan pestisida dan memperkecil dampak pengelolaan hama pada organisme bukan target dan lingkungan. Tanaman transgenik dan tanaman tahan hama yang konvensional akan sangat berperan di dalam pengelolaan hama serangga pada masa-masa yang akan datang.

Di dalam Agenda 21 *United Nations Conference on Environment and Development* yang dilaksanakan pada tanggal 3-14 Juni 1992 di Rio de Janeiro, Brazil dinyatakan bahwa PHT yang mengombinasikan pengendalian hayati, tanaman tahan hama dan praktik budi daya yang tepat adalah pilihan terbaik untuk masa depan. Juga di dalamnya disarankan untuk menghindari

penggunaan senyawa-senyawa kimia secara berlebihan yang dapat berpengaruh buruk pada kesehatan manusia, lingkungan, dan anggaran pertanian. Penelitian dan pengembangan harus diarahkan pada pestisida yang spesifik terhadap target dan yang mudah terurai menjadi bahan-bahan yang tidak berbahaya setelah digunakan.



LATIHAN

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

- 1) Bagaimanakah prospek pengendalian hayati klasik dengan diterapkannya perdagangan bebas antarnegara?
- 2) Mengapa muncul kekhawatiran pada masyarakat pemerhati lingkungan dan konservasi terhadap taktik pengendalian hama berbasis biologi?
- 3) Apakah yang menjadi pemicu pendekatan pengendalian hama berbasis ekologi yang dikenal dengan nama pengendalian hama terpadu (PHT)?
- 4) Jelaskan empat metode pengendalian hama serangga di samping pengendalian hayati dan berikan contoh dari masing-masing metode tersebut!
- 5) Dengan menyimak Agenda 21 *United Nations Conference on Environment and Development* yang dilaksanakan pada tanggal 3-14 Juni 1992 di Rio de Janeiro, Brazil, apa pendapat Anda mengenai masa depan pengendalian hayati?

Petunjuk Jawaban Latihan

Baca kembali uraian materi Kegiatan Belajar 2 tentang hal-hal berikut.

- 1) Pengaruh perdagangan bebas terhadap penyebaran hama di dunia dan kemungkinan mengantisipasinya dengan pendekatan pengendalian hayati klasik.
- 2) Berbagai risiko dari introduksi musuh alami, pestisida mikroba, dan pelepasan makhluk hidup hasil rekayasa genetika.
- 3) Dampak penggunaan pestisida.
- 4) Beberapa pendekatan umum di dalam pengelolaan hama.
- 5) Pernyataan mengenai pht di dalam agenda 21 *United Nations Conference on Environment and Development*.



1. Masa depan pengendalian hayati akan dipengaruhi oleh adanya ancaman hama asing akibat perdagangan antarnegara, ancaman terhadap keanekaragaman hayati akibat masuknya hama dan musuh alami dari luar, serta perkembangan industri agen-agen pengendali hayati komersial dan biopestisida.
2. Ada persepsi baru yang menganggap bahwa taktik pengendalian hama berbasis biologi, termasuk pengendalian hayati, juga mengandung berbagai risiko. Masyarakat konservasi sangat menyoroti masuknya jenis makhluk hidup yang berbahaya ke suatu negara karena akan mengganggu ekosistem alami. Namun hal tersebut terjadi pada awal sejarah pengendalian hayati sebelum adanya proses pengaturan dan ketika perhatian orang masih sedikit terhadap nasib organisme asli.
3. Insektisida mikroba dapat menimbulkan risiko lingkungan, termasuk pengaruhnya terhadap organisme bukan target dan pemangsanya. *Bacillus thuringiensis* dapat mengakibatkan pengurangan jumlah larva ngengat dan kupu-kupu bukan target untuk sementara waktu. Risiko lain adalah kemungkinan munculnya ketahanan hama terhadap insektisida mikroba, misalnya yang terjadi akibat penggunaan *Bacillus thuringiensis*.
4. Risiko pelepasan makhluk hidup hasil rekayasa genetika meliputi dua tipe risiko, yaitu:
 - a. pengaruh ekologi terhadap makhluk hidup bukan target. Hasil rekayasa yang menghasilkan makhluk hidup yang memproduksi racun akan mempengaruhi makhluk hidup yang bukan target,
 - b. kemungkinan transfer gen tahan hama dari tanaman budi daya hasil rekayasa ke gulma. Akibatnya, gulma akan terbebas dari herbivor yang menjadi musuhnya.
5. Banyak orang yang menyimpulkan bahwa risiko-risiko yang mungkin muncul dari taktik pengendalian hama berbasis biologi jauh lebih kecil dibandingkan dengan keuntungan yang akan muncul dari penggunaannya.
6. Publikasi Rachel Carson berjudul **Silent Spring** pada tahun 1962 telah menggugah kesadaran masyarakat terhadap berbagai pengaruh buruk dari penggunaan pestisida sintesis terhadap ekosistem. Publikasi tersebut telah memicu dikembangkannya suatu pendekatan pengendalian hama berbasis ekologi yang dikenal dengan nama pengendalian hama terpadu (PHT) pada tahun 1970-an.

7. PHT didefinisikan sebagai suatu pendekatan berkelanjutan dalam mengelola hama dengan mengombinasikan taktik pengendalian hayati, budi daya, fisika, dan kimia guna meminimalkan risiko ekonomi, kesehatan, dan lingkungan.
8. Filosofi dasar PHT adalah tidak semua serangga pada tanaman pertanian itu hama yang harus dibunuh dengan insektisida, dan bahkan jika benar bahwa serangga tersebut adalah hama maka tidak perlu dihilangkan seluruhnya. Hal yang perlu dilakukan adalah mengelola jumlah hama hingga di bawah tingkat yang akan merugikan secara ekonomi.
9. Pengendalian hayati hanyalah salah satu dari beberapa pendekatan umum untuk pengelolaan hama. Di dalam pengembangan strategi pengelolaan hama yang menyeluruh perlu kiranya mempertimbangkan semua pilihan yang tersedia. Metode-metode pengendalian hama lainnya tersebut adalah pengendalian melalui teknik budidaya (*cultural control*), tanaman tahan hama (*host resistance*), pengendalian mekanik (*mechanical control*), dan pengendalian kimiawi (*chemical control*).
10. Agenda 21 *United Nations Conference on Environment and Development* yang dilaksanakan pada tanggal 3-14 Juni 1992 di Rio de Janeiro, Brazil menyatakan bahwa PHT yang mengombinasikan pengendalian hayati, tanaman tahan hama dan praktik budidaya yang tepat adalah pilihan terbaik untuk masa depan.



TES FORMATIF 2

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Untuk meningkatkan kerja musuh alami lokal dapat dilakukan dengan cara manipulasi habitat, perubahan praktik ...
 - A. budi daya, dan perubahan praktik aplikasi pestisida
 - B. budi daya, dan introduksi musuh alami dari luar
 - C. aplikasi pestisida, introduksi musuh alami dari luar
 - D. budi daya, dan penggunaan feromon
- 2) Masa depan pengendalian hayati klasik akan ditentukan oleh
 - A. ancaman hama asing karena meningkatnya perdagangan antarnegara
 - B. ancaman terhadap keanekaragaman hayati karena masuknya hama asing ke daerah konservasi alam
 - C. berkembangnya industri pengendalian hayati komersial
 - D. jawaban A, B, dan C benar

- 3) Salah satu jawaban berikut bukanlah pengaruh negatif dari taktik pengendalian hama berbasis biologi
- tersingkirnya jenis asli karena kalah bersaing dengan jenis introduksi
 - punahnya jenis asli karena menjadi target serangan jenis introduksi
 - pengaruh biopestisida terhadap organisme target
 - munculnya ketahanan hama terhadap insektisida mikroba
- 4) Metode-metode pengendalian hama yang pertama kali menjadi prioritas di dalam pengendalian hama terpadu adalah penggunaan tanaman tahan hama, pengendalian
- hayati, dan pengendalian mekanik
 - hayati, dan pengendalian melalui teknik budi daya
 - alami, dan pengendalian fisika
 - hayati, dan pengendalian kimiawi
- 5) Di dalam metode pengendalian kimia feromon seks digunakan untuk
- mengusir hama jantan sehingga tidak dapat kawin dan menghasilkan keturunan
 - membingungkan hama jantan sehingga tidak dapat kawin dan menghasilkan keturunan
 - membunuh hama jantan sehingga tidak dapat kawin dan menghasilkan keturunan
 - mengiritasi hama jantan sehingga tidak dapat kawin dan menghasilkan keturunan

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 2 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 2.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali
 80 - 89% = baik
 70 - 79% = cukup
 < 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan modul selanjutnya. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 2, terutama bagian yang belum dikuasai.

Kunci Jawaban Tes Formatif

Tes Formatif 1

- 1) D
- 2) B
- 3) C
- 4) D
- 5) A

Tes Formatif 2

- 1) A
- 2) D
- 3) C
- 4) B
- 5) B

Daftar Pustaka

- Anonymous. (1994). *Integrated Pest Management Practices on 1991: Fruits and Nuts*. RTD Updates Pest Management. USDA-ERS.
- Goldburg, R. (1996). *Is the Public Behind Biological Control? Cornell Community Conference on Biological Control*, April 11-13 1996. USA: Cornell University.
- Mahr, D. (1996). New Congressional Study Evaluates Biological Control. *Midwest Biological Control News Online*. Vol. III No. 1.
- Shelton, T. (1996). Current Efforts in Teaching Biological Control at Cornell. *Cornell Community Conference on Biological Control*, April 11-13 1996. USA: Cornell University.
- Solomon, M. (1976). *Population Dynamics*. The Institute of Biology's Studies in Biology no. 18. , London: Edward Arnold (Publishers) Ltd.
- Untung, K. (1993). *Pengantar Pengelolaan Hama Terpadu*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Varley, G.C., G.R. Gradwell, and M.P. Hassell. (1973). *Insect Population Ecology: An Analytical Approach*. Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Waage, J. (1996). Agendas, Aliens and Agriculture: Global Biocontrol in the Post UNCED Era. *Cornell Community Conference on Biological Control*, April 11-13 1996, USA: Cornell University.
- Watson, T.F., L. Moore, and G.W. Ware. (1976). *Practical Insect Pest Management: A Self-Instruction Manual*. San Francisco: W.H. Freeman and Company.