

# Padi

## Buku 3



Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian  
Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan  
Bogor

# **Padi**

## **Buku 3**

**Penyunting :**

**Edi Soenarjo  
Djoko S. Damardjati  
Mahyuddin Syam**

**Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian  
Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan  
Bogor  
1991**

ISBN 979-8161-03-3 (No. jilid lengkap)  
979-8161-15-7 (Jilid 3)

## Daftar Isi

|                                                                 |                                                   |     |
|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----|
| <b>Prakata</b>                                                  |                                                   | v   |
| <b>Pengendalian Hama Terpadu</b>                                | <i>I.N. Oka dan Bahagiawati A.H</i>               | 653 |
| <b>Status Hama Wereng pada Tanaman Padi dan Pengendaliannya</b> | <i>Baehaki S.E dan Mohammad Imam</i>              | 681 |
| <b>Bionomi dan Pengendalian Hama Penggerek Padi</b>             | <i>J. Soejitno</i>                                | 713 |
| <b>Walang Sangit dan Hama Minor Lain</b>                        | <i>Hendarsih Suharto<br/>dan Sri Suharni Siwi</i> | 737 |
| <b>Pengendalian Hama Tikus</b>                                  | <i>Rochman dan Dandi Sukarna</i>                  | 751 |
| <b>Pengendalian Hama Ganjur</b>                                 | <i>Edi Soenarjo</i>                               | 777 |
| <b>Hama Pascapanen dan Pengendaliannya</b>                      | <i>Suyono dan Dandi Sukarna</i>                   | 801 |
| <b>Penyakit Nematoda Padi dan Pengendaliannya</b>               | <i>M. Machmud<br/>dan M. Herman</i>               | 815 |
| <b>Pengendalian Penyakit Jamur</b>                              | <i>A. Mukelar dan M.K. Kardin</i>                 | 825 |
| <b>Penyakit Bakteri Padi dan Pengendaliannya</b>                | <i>M. Machmud</i>                                 | 845 |
| <b>Penyakit Virus dan Mikoplasma Padi</b>                       | <i>Nasir Saleh dan D.M. Tantera</i>               | 855 |
| <b>Mutu Beras</b>                                               | <i>Djoko S. Damardjati dan Endang Y. Purwani</i>  | 875 |
| <b>Penanganan Pascapanen Padi</b>                               | <i>Soemardi dan Ridwan Thahir</i>                 | 915 |
| <b>Pemanfaatan Limbah Padi untuk Industri</b>                   | <i>Budi Tangendjaja</i>                           | 943 |
| <b>Pemanfaatan Limbah Padi untuk Pakan</b>                      | <i>Budi Tangendjaja</i>                           | 963 |

Table

|     |     |
|-----|-----|
| 1   | ... |
| 2   | ... |
| 3   | ... |
| 4   | ... |
| 5   | ... |
| 6   | ... |
| 7   | ... |
| 8   | ... |
| 9   | ... |
| 10  | ... |
| 11  | ... |
| 12  | ... |
| 13  | ... |
| 14  | ... |
| 15  | ... |
| 16  | ... |
| 17  | ... |
| 18  | ... |
| 19  | ... |
| 20  | ... |
| 21  | ... |
| 22  | ... |
| 23  | ... |
| 24  | ... |
| 25  | ... |
| 26  | ... |
| 27  | ... |
| 28  | ... |
| 29  | ... |
| 30  | ... |
| 31  | ... |
| 32  | ... |
| 33  | ... |
| 34  | ... |
| 35  | ... |
| 36  | ... |
| 37  | ... |
| 38  | ... |
| 39  | ... |
| 40  | ... |
| 41  | ... |
| 42  | ... |
| 43  | ... |
| 44  | ... |
| 45  | ... |
| 46  | ... |
| 47  | ... |
| 48  | ... |
| 49  | ... |
| 50  | ... |
| 51  | ... |
| 52  | ... |
| 53  | ... |
| 54  | ... |
| 55  | ... |
| 56  | ... |
| 57  | ... |
| 58  | ... |
| 59  | ... |
| 60  | ... |
| 61  | ... |
| 62  | ... |
| 63  | ... |
| 64  | ... |
| 65  | ... |
| 66  | ... |
| 67  | ... |
| 68  | ... |
| 69  | ... |
| 70  | ... |
| 71  | ... |
| 72  | ... |
| 73  | ... |
| 74  | ... |
| 75  | ... |
| 76  | ... |
| 77  | ... |
| 78  | ... |
| 79  | ... |
| 80  | ... |
| 81  | ... |
| 82  | ... |
| 83  | ... |
| 84  | ... |
| 85  | ... |
| 86  | ... |
| 87  | ... |
| 88  | ... |
| 89  | ... |
| 90  | ... |
| 91  | ... |
| 92  | ... |
| 93  | ... |
| 94  | ... |
| 95  | ... |
| 96  | ... |
| 97  | ... |
| 98  | ... |
| 99  | ... |
| 100 | ... |

## **Prakata**

Swasembada beras yang telah dicapai dan dipertahankan sejak tahun 1984 yang lalu tetap merupakan komoditas pertanian terpenting yang mendapat prioritas utama dalam pembangunan pertanian nasional.

Tantangan yang dihadapi dalam meningkatkan produksi beras nasional tampaknya semakin beragam dan kompleks, yang tidak hanya berkaitan dengan faktor iklim, hama, penyakit, dan keseimbangan hara. Faktor sosial-ekonomi seperti beralihnya fungsi lahan subur untuk industri, perumahan, jalan raya, dan komoditas lainnya yang bernilai ekonomi tinggi juga merupakan tantangan yang tidak kalah pentingnya. Padahal produksi beras diharapkan terus meningkat, minimal setara dengan peningkatan jumlah penduduk sebesar 2% per tahun.

Upaya untuk menerapkan teknologi yang sudah tersedia perlu terus didorong sejalan dengan upaya untuk menghasilkan teknologi baru, baik dalam aspek produksi maupun penanganan pascapanen serta hal-hal yang berkaitan dengan diversifikasi dan agro-industri.

Padi Buku 3 ini yang berisi informasi hasil penelitian tentang hama, penyakit, dan penanganan pascapanen melengkapi dua buku sebelumnya yang memuat berbagai aspek lain seperti morfologi padi, perbaikan varietas, pemupukan, pola usahatani, dan mekanisasi pertanian dalam usahatani padi.

Kami berharap agar buku ini dapat digunakan sebagai salah satu acuan dalam aspek yang berkaitan dengan padi dan kepada semua pihak yang telah membantu sampai diterbitkannya buku ini, kami ucapkan terima kasih.

Bogor, Oktober 1991

Kepala  
Pusat Penelitian dan Pengembangan  
Tanaman Pangan

**Dr. Ibrahim Manwan**

## PLATE I

The above plate shows the first of the series of photographs taken at the same place as the one on the opposite page. It is a photograph of the same scene, but taken from a different angle, and is therefore a different view of the same place.

The second of the series of photographs taken at the same place as the one on the opposite page is a photograph of the same scene, but taken from a different angle, and is therefore a different view of the same place. It is a photograph of the same scene, but taken from a different angle, and is therefore a different view of the same place.

The third of the series of photographs taken at the same place as the one on the opposite page is a photograph of the same scene, but taken from a different angle, and is therefore a different view of the same place. It is a photograph of the same scene, but taken from a different angle, and is therefore a different view of the same place.

The fourth of the series of photographs taken at the same place as the one on the opposite page is a photograph of the same scene, but taken from a different angle, and is therefore a different view of the same place. It is a photograph of the same scene, but taken from a different angle, and is therefore a different view of the same place.

# Pengendalian Hama Terpadu

I.N. Oka dan Bahagiawati A.H.

Balai Penelitian Tanaman Pangan Bogor

## PENDAHULUAN

Pembangunan pertanian nasional bertujuan untuk mengatasi kekurangan pangan dalam jumlah dan mutu di samping untuk memperkuat sektor industri, memperbesar peranannya dalam memperoleh devisa, menaikkan dan pemeratakan pendapatan, meluaskan kesempatan kerja, dan sekaligus melestarikan sumberdaya alam pertanian.

Proyeksi peningkatan produksi pangan untuk masa yang akan datang berpedoman kepada perkiraan kenaikan jumlah penduduk dan peningkatan gizi masyarakat. Pada tahun 1980, produksi beras Indonesia sebesar 20.163 juta ton. Untuk mempertahankan tingkat konsumsi beras sebesar 137 kg/kapita/tahun, pada tahun 2000 produksi beras harus ditingkatkan menjadi 29,5 juta ton. Karena itu, setiap tahun produksi beras harus ditingkatkan minimal sekitar 0,55 juta ton beras atau 3-4%.

Untuk dapat memenuhi target produksi beras tersebut, salah satu jalan yang dapat ditempuh adalah melalui program intensifikasi. Pengalaman menunjukkan bahwa sejalan dengan usaha intensifikasi, kendala-kendala produksi pun makin tampak. Kegagalan produksi yang disebabkan oleh pengaruh iklim (kekeringan atau banjir) sering terjadi. Juga masalah berbagai hama yang makin meningkat, yang selain mengurangi produksi juga menyebabkan produksi tidak stabil.

Pengujian kehilangan hasil yang dilakukan di 254 lokasi di Asia menunjukkan bahwa kompleks hama serangga mengurangi produksi padi sekitar 0,4 ton beras/ha (13). Wabah berbagai jenis hama, seperti wereng coklat, pernah merugikan produksi padi yang senilai antara setengah juta sampai seratus juta dolar Amerika setiap tahun antara 1974-79 di banyak negara Asia (Tabel 1). Di Indonesia, antara 1976-77, lebih dari 450.000 ha rusak oleh hama wereng tersebut yang sempat mengurangi produksi beras lebih dari 350.000 ton setiap tahun. Bila konsumsi per kapita adalah 120 kg beras, maka angka tersebut dapat memberi makan lebih dari tiga juta manusia selama setahun penuh (27).

Jenis hama yang bersifat epidemik yang terlihat meningkat pada areal-areal intensifikasi adalah wereng punggung putih (*Sogatella furcifera*), wereng hijau (*Nephotettix virescens*), wereng coklat (*Nilaparvata lugens*) beserta penyakit-penyakit virus yang ditularkannya. Penyakit virus tungro (*Rice Tungro Virus* = RTV) ditularkan oleh wereng hijau, sedangkan penyakit kerdil rumput (*Grassy Stunt Virus* = GSV) dan penyakit kerdil hampa (*Ragged Stunt Virus* = RSV), ditularkan oleh wereng coklat.

Table 1. Ringkasan kerugian (dalam dolar AS) pada padi disebabkan oleh wereng coklat dan virus kerdil rumput.

| Negara            | Kerugian<br>(dalam dolar AS) |
|-------------------|------------------------------|
| Fiji              | 0,50                         |
| India             | 20,00                        |
| Indonesia         | 100,00                       |
| Jepang            | 100,00                       |
| Korea             | 10,00                        |
| Malaysia          | 1,00                         |
| Filipina          | 26,00                        |
| Kepulauan Solomon | 0,12                         |
| Sri Lanka         | 1,00                         |
| Taiwan            | 50,00                        |
| Vietnam           | 3,00                         |
| Total             | 311,62                       |

Sumber: Dyck (7).

Hama yang endemik dan menyerang tanaman padi dalam areal luas dan intensitas yang berubah-ubah adalah ganjur (*Orseolia oryzae*), penggerek batang padi putih, kuning, bergaris, dan jingga (*Tryporyza innotata*, *T. incertulas*, *Chilo suppressalis*, dan *Sesamia inferens*), penggulung daun (*Nymphula depunctalis* dan *Ganaphalocrosis medinalis*), kepik batu (*Podops* sp.), kepik hijau (*Nezara viridula*), walang sangit (*Leptocoris acuta*) dan berbagai jenis ulat grayak (*Spodoptera litura*, *S. exempta*, *S. exigua*). Di antara vertebrata yang tergolong hama padi yang sangat penting adalah tikus *Rattus argentiventer* dan *Rattus exulens* yang terdapat di daerah pasang surut.

Hingga kini belum ada jawaban ilmiah mengapa serangan hama tertentu meningkat di daerah-daerah intensifikasi. Namun demikian, dapat disusun hipotesis beberapa faktor penyebab meningkatnya masalah hama tersebut, yaitu:

1. penanaman beberapa jenis varietas modern secara luas, mengurangi diversifikasi yang mengakibatkan hubungan komunitas makin tidak mantap atas keuntungan hama-hama tersebut;
2. tidak semua varietas modern memiliki daya resisten terhadap berbagai hama sehingga komposisi hama akan berubah;
3. penanaman varietas-varietas modern yang masing-masing memiliki gen resistensi yang dasarnya sempit akan merangsang timbulnya ras atau biotipe baru;

4. penanaman secara terus-menerus sepanjang tahun menyebabkan setiap saat di lapang terdapat padi dengan berbagai tingkat umur yang merupakan persediaan makanan sepanjang tahun bagi hama-hama tersebut;
5. penggunaan pupuk kimia nitrogen yang makin meningkat (berlebihan) menyebabkan tanaman makin peka terhadap serangan berbagai hama;
6. terlalu mengandalkan pestisida saja dalam pemberantasan hama dapat menyebabkan hama menjadi resisten terhadap pestisida, resurgensi, timbulnya wabah hama sekunder, dan berbagai macam pencemaran lingkungan lainnya, serta kecelakaan pada manusia (keracunan dan kematian).

Hal-hal di atas memerlukan lebih banyak penelitian untuk mengetahui interaksi antara inang--hama--musuh alami dalam lingkungan tropis. Strategi pengendalian hama harus berdasarkan pengetahuan yang mendalam tentang hubungan timbal-balik yang rumit antara komponen-komponen ekosistem tersebut.

Pengendalian hama/penyakit dengan satu cara pendekatan (*ad hoc approach*), seperti penggunaan pestisida saja, terbukti tidak cukup dan sering kurang berhasil. Di daerah-daerah eksplosif wereng coklat, misalnya, meskipun penyemprotan telah dilakukan tiap 2 atau 3 hari sekali hingga puluhan kali semprot, hasilnya ternyata kurang memuaskan, antara lain karena (i) hama wereng mungkin sudah menjadi resisten; (ii) terjadi resurgensi hama tersebut; (iii) matinya parasit/predator (musuh-musuh alam); dan (iv) cara-cara penyemprotan kurang baik.

Bila dilakukan dengan jenis, waktu, dan cara yang tepat, penggunaan pestisida dapat berhasil baik. Tetapi ketergantungan kepada pestisida saja perlu dihindari, karena penggunaan pestisida yang banyak akan memperbesar risiko pencemaran lingkungan dan keracunan manusia. Selain itu, untuk negara-negara yang sedang berkembang, harga pestisida masih terlalu mahal bagi petani.

Teknologi pertanian maju yang sedang dibangun masih memerlukan masukan yang tinggi dan sekaligus tetap mempertahankan kelestarian sumberdaya alam dan lingkungan hidup. Berdasarkan ini, maka dikembangkan konsepsi pengelolaan hama/penyakit terpadu yang berpangkal pada prinsip-prinsip ekologi. Konsep ini adalah paling tepat untuk mempertahankan dan memantapkan produksi dalam taraf tinggi, melindungi produsen dan konsumen, membatasi pencemaran lingkungan, dan paling menguntungkan bagi petani. Secara teknis konsepsi pengendalian hama terpadu ini adalah (i) penggunaan varietas tahan; (ii) bercocok tanam secara baik, serentak dalam areal seluas mungkin dan dirotasikan dengan tanaman non-padi dengan sanitasi selektif; (iii) peranan musuh alami dimaksimalkan; (iv) pestisida digunakan secara benar yang didasarkan atas (v) pengamatan/monitoring. Pengendalian hama terpadu ini lebih menjamin kemandirian produksi yang tinggi dan konsepsi ini masih harus disempurnakan, baik teknis maupun aspek sosial-ekonominya.

## EKOLOGI UNTUK PENGENDALIAN TERPADU HAMA PADI

Seperti dikemukakan di atas, pendekatan secara *ad hoc*, misalnya dengan hanya menggunakan pestisida untuk mencegah/memberantas sesuatu hama, kurang tepat sebab tidak mempertimbangkan sistem interaksi tanaman—inang—hama/penyakit dan lingkungan yang sangat kompleks. Cara ini sering sekali menimbulkan eksese-eksese ekologis yang tidak diinginkan dan sangat merugikan bagi berfungsinya keseimbangan sistem kehidupan.

Pengendalian hama tersebut menjadi makin penting sejalan dengan usaha modernisasi pertanian untuk meningkatkan produksi pertanian dan mempertahankannya dalam jangka panjang, sekaligus memelihara keserasian dan menghindari pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, secara berangsur-angsur dikembangkan konsepsi baru dalam usaha manusia mengatasi kehilangan hasil pertanian yang disebabkan oleh gangguan hama-penyakit. Konsepsi tersebut adalah Pengendalian Hama Terpadu (PHT) (*Integrated Pest Management*). Konsepsi ini berdasarkan kepada ekologi, yaitu suatu ilmu yang mempelajari hubungan fungsional timbal-balik antar komponen ekosistem tersebut. Konsep ini merupakan perkembangan lebih lanjut dari teknik-teknik pemberantasan hama yang menggunakan satu cara saja yang tidak memperhitungkan interaksi faktor-faktor ekologi.

Hasil penelitian dari berbagai cabang disiplin ilmu seperti ekologi, entomologi, fitopatologi, pemuliaan, klimatologi, tanah, agronomi, biometri, sosial-ekonomi, dan praktisi lapang adalah mutlak diperlukan dalam konsepsi tersebut. Berikut ini dijabarkan beberapa aspek ekologi yang kiranya penting untuk digunakan sebagai dasar dalam pengendalian terpadu hama tanaman.

### Agroekosistem

Agroekosistem seperti sawah, tegal, kebun, empang, dan lain-lain adalah ekosistem buatan manusia. Sifatnya *non-perpetuating* yaitu tidak dapat berdiri sendiri secara terus-menerus. Agar dapat berfungsi, ekosistem ini harus dibantu oleh manusia dan masukan energi dalam berbagai bentuk. Hal ini berlainan dengan ekosistem alam seperti hutan, danau, atau laut yang sanggup berdiri sendiri. Dengan demikian, ekosistem alam relatif sangat mantap (stabil), sedangkan agroekosistem relatif sangat labil sebab strukturnya relatif lebih "sederhana" (32).

Vegetasi dalam ekosistem alam yang telah mencapai klimaks adalah produk dari proses panjang melalui seleksi alami terhadap iklim, tanah, dan berbagai hubungan interaksi biotis. Vegetasi tersebut adalah spesies-spesies yang daya adaptasinya paling berhasil terhadap lingkungan itu. Sebaliknya, vegetasi dalam agroekosistem adalah hasil seleksi manusia yang dilaksanakan dalam suatu kondisi buatan. Perbedaan ini menyebabkan vegetasi agroekosistem relatif mudah menderita berbagai kerusakan, baik karena iklim maupun biotis.

Salah satu sifat agroekosistem buatan manusia adalah "kesederhanaan" komponen vegetasi tersebut sedemikian jauh, hingga satu spesies atau varietas meliputi areal yang luas (monokultur). Sedangkan ekosistem alam terdiri atas berbagai jenis tanaman (beraneka ragam). Pertanaman monokultur ternyata mendorong timbulnya biotipe/ras baru dari hama/penyakit hingga menghancurkan tanaman tersebut. Misalnya monokultur jagung yang memiliki sitoplasma TMS (*Texas Male Sterility*) yang ditanam dalam areal yang sangat luas dengan cepat menyebabkan timbulnya ras T dari *Helminthosporium maydis* yang virulen sekali terhadap tanaman jagung dengan sitoplasma TMS (25). Contoh lain ialah dua jenis penyakit karat (*stem rust* dan *crown rust*) pada terigu. Varietas-varietas terigu harus diganti setiap 4-5 tahun sekali untuk dapat mengatasi ras baru yang timbul dari kedua penyakit tersebut (37). Akhir-akhir ini timbul biotipe baru dari hama wereng coklat *Nilaparvata lugens* di Filipina dan Indonesia yang dapat mengalahkan daya tahan varietas PB26 (16). Dalam ekosistem alam di daerah tropis, lebih-lebih yang telah mencapai klimaks, tidak pernah terjadi kerusakan demikian oleh hama/penyakit (34).

Agroekosistem modern mutlak harus ditunjang oleh masukan energi dalam berbagai bentuk dan salah satu di antaranya ialah energi dalam bentuk pupuk N. Pemberian pupuk N berkorelasi positif dengan timbulnya berbagai hama/penyakit. Hama penggerek batang, misalnya, makin subur dengan meningkatnya pupuk N (14). Hal yang sama juga terjadi pada wereng coklat (1, 7, 18, 22). Penyakit bakteri busuk daun *X. oryzae* dan penyakit busuk pangkal batang *R. solani*, makin mengganas pada pemupukan N yang tinggi. Bertambah pekanya tanaman yang menerima N yang tinggi itu mungkin disebabkan oleh kualitas gizi tanaman tersebut bertambah baik untuk hama/penyakitnya.

### Komunitas dan Sistem Kehidupan (*Life System*)

Komunitas terdiri dari berbagai jenis populasi makhluk yang berinteraksi satu sama lain, dan merupakan satu kesatuan yang dinamis. Komunitas dalam ekosistem alam sangat beraneka-ragam dan relatif mantap, terlebih di daerah-daerah tropis.

Analisis struktur dan fungsi komunitas sangat sulit dilakukan, antara lain disebabkan oleh sulitnya mengadakan percobaan-percobaan yang tepat (13). Atribut-atribut suatu komunitas sering tidak dapat memberikan informasi rinci tentang proses-proses yang mendasari atribut tersebut. Selain itu juga data dasar untuk pembuatan model yang realistik tidak tersedia.

Oleh karena itu Clark *et al.* (5) memperhatikan sebagian dari komunitas, yang disebutnya sistem kehidupan (*life system*), untuk mempermudah analisis. Sistem kehidupan adalah sebagian dari suatu ekosistem yang menentukan eksistensi dari populasi tertentu. Ia terdiri

dari spesies populasi dan keadaan lingkungannya yang efektif. Yang dimaksudkan dengan lingkungan efektif ialah:

1. lingkungan sebagai sumber (*resources*) yang diperlukan oleh populasi tersebut untuk pemeliharaannya, ruang hidup, makanan, dan keadaan lingkungan yang baik baginya;
2. faktor-faktor biotis dan abiotis yang menentang kelangsungan hidup dan reproduksi populasi itu.

Bagan 1 memperlihatkan proses interaksi kedua komponen tersebut. Spesies populasi itu memiliki sifat-sifat genetik yang diturunkannya (*genotipe*). Sebagai hasil dari interaksi antara genotipe dari spesies populasi tersebut dengan lingkungannya yang efektif, terjadilah individu-individu (*fenotipe*) populasi yang memiliki sifat-sifat yang khas, misalnya laju kelahiran, laju kematian, dispersi, serta keragaan populasi. Akhirnya proses interaksi tersebut menentukan jumlah dan daya persistensi populasi. Interaksi tersebut bersifat dinamis dan relatif peka terhadap perubahan-perubahan. Dinamika suatu populasi yang berfungsi dalam batas minimum dan maksimum pada suatu masa tertentu adalah salah satu ciri interaksi tersebut. Campur tangan manusia dapat mengubah interaksi tersebut, misalnya dengan perubahan varietas, penambahan pupuk, perubahan waktu dan teknik bertanam dan pemberian pestisida. Apabila campur tangan tersebut menimbulkan perubahan interaksi yang menguntungkan suatu spesies herbivora, maka ia akan dapat mencapai status hama/penyakit. Jadi pada dasarnya semua makhluk herbivora (vertebrata, akarida, mikroba, tanaman) yang menjadi komponen-komponen hidup dari suatu sistem dapat mencapai status yang merugikan. Besarnya suatu populasi hama/penyakit adalah produk dari berbagai faktor yang sangat kompleks dan saling berhubungan.



Bagan 1. Komponen dalam sistem kehidupan (*life system*).

## Keragaman dan Stabilitas

Stabilitas suatu ekosistem adalah konsekuensi dari keragaman. Makin beragam spesies tumbuhan dan hewan terdapat dalam suatu sistem, makin stabil (mantap) sistem tersebut dalam arti tidak terdapat guncangan-guncangan besar antar populasi yang berinteraksi. Interaksi yang kompleks dari semua komponen ekosistem tersebut tidak memberikan kesempatan bagi salah satu komponen untuk berkembang biak dengan cepat.

Hukum ini dapat dimanfaatkan dalam mengelola suatu hama/penyakit. Pada areal yang luas, misalnya, dapat ditanam satu spesies tanaman yang terdiri dari berbagai varietas yang masing-masing memiliki gen resisten yang berbeda-beda terhadap suatu patogen. Contohnya, di Amerika Serikat ditanam terigu *multilines* terhadap penyakit karat. Dapat juga ditanam berbagai spesies tanaman dalam areal yang luas dengan cara, misalnya, *strip cropping*.

## Populasi

Apabila sudah dapat ditentukan bahwa suatu spesies menjadi hama utama, maka spesies itu harus dianggap sebagai populasi, sebab dalam tingkat populasi lah ia dapat berbahaya. Dengan demikian harus diketahui sifat-sifat dari populasi itu: laju kelahiran, laju kematian, penyebaran dan kepadatan dalam ruang, penyebaran umur, dispersi, migrasi (imigrasi dan emigrasi), potensi biotik, dan sifat-sifat genetik suatu populasi.

Sesuai dengan biologi dan faktor-faktor yang mempengaruhinya, dan setelah diteliti dalam jangka waktu cukup lama, dapat disusun suatu *life table* yang mengemukakan secara kuantitatif sejarah hidup dan faktor-faktor utama yang berperan dalam pengaturan populasi.

Beberapa faktor memegang peranan hingga jumlah populasi beroksilasi antara batas maksimum dan minimum tertentu. Faktor-faktor tersebut ialah persaingan inter-spesies dan antar-spesies, jumlah dan penyebaran inangnya, derajat keragaman dan *randomness* dari lingkungan, faktor-faktor yang tidak bertautan padat (*density-independent*), cuaca, dan yang bertautan padat (*density dependent*) seperti parasit predator, penyakitnya hama, di samping faktor genetik dari populasi yang berinteraksi itu. Faktor terakhir ini dikenal dengan prinsip mekanisme umpan balik genetik (*genetic feedback mechanism*). Intinya ialah sebagai berikut:

*Populasi herbivora yang sangat padat akan mengadakan tekanan seleksi yang berat terhadap inangnya. Seleksi ini berangsur-angsur mengubah struktur genetik inang tersebut hingga inang menjadi makin tahan. Ketahanan ini memberikan umpan-balik yang negatif terhadap herbivora, hingga ia pun mengalami tekanan seleksi juga. Interaksi demikian berlangsung terus dan bila diberikan cukup waktu, kedua-duanya akan kembali berada dalam hubungan yang lebih mantap. Prinsip ini berlaku untuk semua komponen hidup yang berinteraksi dan sangat penting artinya dalam pengendalian biologis dengan mengimpor spesies parasit/predator.*

## Homeostasis

Tiap ekosistem mempunyai daya untuk bertahan dan mengusahakan diri untuk kembali lagi kepada keadaan semula setelah faktor pengganggu berhenti bekerja, atau akan berusaha untuk menghentikan kerja pengganggu tersebut. Ekosistem alam seperti hutan, laut, danau, gurun pasir yang keragamannya sangat tinggi daya homeostasisnya relatif besar. Sebaliknya ekosistem buatan manusia yang keragamannya relatif rendah seperti pertanian, daya homeostasisnya kecil. Pengertian ini sangat penting berkaitan dengan sejauh mana sebaiknya campur tangan manusia diberikan terhadap suatu ekosistem pertanian agar tidak melebihi daya homeostasis komponen-komponennya yang ternyata sudah cukup baik untuk kepentingan manusia.

## Daya Dukung (*Carrying Capacity*)

Suatu jenis (populasi) tanaman mempunyai daya dukung yang berbeda-beda. Ada yang hanya dapat memberi makan kepada jumlah konsumen yang sedikit, tapi ada juga tanaman yang dapat mendukung sejumlah besar populasi konsumen tanpa ia memperlihatkan tanda-tanda kerusakan yang berarti. Jadi jumlah makhluk konsumen yang dapat didukung oleh habitatnya adalah *daya dukung* habitat itu. Prinsip ini sangat penting dalam penentuan derajat ketahanan suatu varietas tanaman dan dalam mengambil langkah pengendaliannya.

## Tekanan Seleksi

Interaksi antara dua spesies populasi (tanaman—hama, tanaman—patogen, hama—parasit, parasit—hiperparasit), pada hakekatnya adalah saling menekan dalam populasi. Susunan gen suatu spesies populasi adalah heterogenik dalam suatu sifatnya, misalnya sifat patogenitasnya. Dalam hubungan interaksi yang stabil, populasi pihak kesatu akan didominasi oleh individu-individu yang memiliki gen (gen-gen) yang paling cocok interaksinya dengan populasi pihak kedua. Populasi pihak kedua ini pun akan didominasi oleh individu-individu yang memiliki gen (gen-gen) yang paling cocok berinteraksi dengan gen (gen-gen) populasi pihak kesatu tadi.

Apabila susunan gen (gen-gen) pihak kesatu diubah, hubungan interaksinya dengan pihak kedua akan terpengaruh. Misalnya populasi tanaman inang yang hanya memiliki satu gen untuk resisten terhadap suatu hama akan sangat menekan populasi hama itu. Resistensi monogenik bekerja sangat kuat. Populasi hama itu "diseleksi" dengan ketat. Pada generasi-generasi permulaan, semua individu yang tidak memiliki gen virulensi yang "cocok" dengan gen resistensi tanaman akan musnah. Lama kelamaan yang tinggal hanya individu-individu yang memiliki gen yang "cocok". Individu-individu ini yang mendapat kesempatan berkembang biak dengan cepat sehingga tanaman yang tadinya resisten menjadi makin peka. Populasi patogen terakhir ini disebut ras baru atau pada hama disebut biotipe

baru. Misalnya *P. infestans* pada kentang memiliki beberapa ras, penyakit *Southern American Leaf Blight* punya 6 ras, hama wereng memiliki 4 biotipe, dan seterusnya.

Dalam pengendalian hama-penyakit, hendaknya diusahakan strategi agar tekanan seleksi tetap minimal, yaitu dengan membuat varietas-varietas tanaman yang memiliki resistensi lapang (*field resistance*); dengan *multiline* (satu spesies tanaman yang terdiri dari beberapa varietas yang daya resistennya berbeda-beda); dengan multispesies, yaitu berbagai spesies tanaman dalam suatu areal (*multi-cropping* dalam ruang); atau dengan penggabungan beberapa gen resisten utama dalam satu varietas.

## KONSEPSI PENGENDALIAN HAMA TERPADU

Secara resmi konsepsi PHT tersebut telah diterima menjadi kebijakan pada tahun 1979 dengan dimasukkannya ke dalam GBHN III dan dipertegas lagi dalam GBHN IV. Sebagai penjabarannya ialah peningkatan kemampuan operasional dan institusi Direktorat Perlindungan Tanaman Pangan antara lain dengan menambah jumlah petugas pengamat hama, mengadakan latihan-latihan keterampilan, lebih menekankan kepada penggunaan pengendalian kultur teknis, varietas resisten dan menerapkan sistem pengamatan sebagai dasar penggunaan pestisida. Dengan demikian kegiatan ini sekaligus mengurangi terbunuhnya musuh-musuh alami dan makhluk bukan sasaran. Penggunaan pestisida diharapkan dapat lebih dihemat. Hasil-hasilnya dibuktikan dengan makin berkurangnya terjadinya wabah-wabah hama, terutama wereng coklat dan virus tungro, namun ancaman serangan hama masih cukup besar. Pelaksanaan konsepsi tersebut di lapang boleh dikatakan tersendat-sendat, sebab masih harus menghadapi berbagai kendala.

Instruksi Presiden No. 3 tahun 1986 yang diumumkan bulan November pada hakekatnya merupakan penegasan dan kemauan politik pemerintah, bahwa konsepsi PHT lah yang harus dipakai dalam mengatasi masalah-masalah hama tanaman di Indonesia. Instruksi Presiden tersebut antara lain menekankan diadakannya pelatihan-pelatihan kepada para petugas lapang dan para petani agar pengetahuan dan keterampilan mereka untuk melaksanakan PHT di lapang lebih meningkat. Kebijakan ini merupakan salah satu usaha dalam pengembangan tenaga manusia agar petani makin siap melanjutkan pembangunan pertanian di masa yang akan datang. Inpres tersebut juga melarang penggunaan 57 jenis formulasi pestisida pada tanaman padi.

## Definisi dan Kedudukan PIIT dalam Pertanian

PHT adalah teknologi pengendalian hama dengan pendekatan komprehensif berdasarkan ekologi yang dalam keadaan lingkungan tertentu mengusahakan pengintegrasian berbagai taktik tertentu yang kompatibel satu sama lain sedemikian rupa,

hingga populasi hama dapat dipertahankan di bawah jumlah-jumlah yang secara ekonomis tidak merugikan, mempertahankan kelestarian lingkungan, dan menguntungkan bagi petani.

Pada dasarnya PHT memanfaatkan berbagai disiplin ilmu yaitu entomologi, fitopatologi, virologi, nematologi, genetika, pemuliaan, agronomi, ekologi, dan statistik. Ia juga sangat memerlukan bantuan dari berbagai cabang ilmu-ilmu sosial seperti ekonomi, sosiologi, dan antropologi.

Seorang pengendali hama harus mengapresiasi dan memahami berbagai disiplin ilmu tersebut untuk dimanfaatkan dalam merencanakan PHT untuk situasi dan kondisi tertentu.

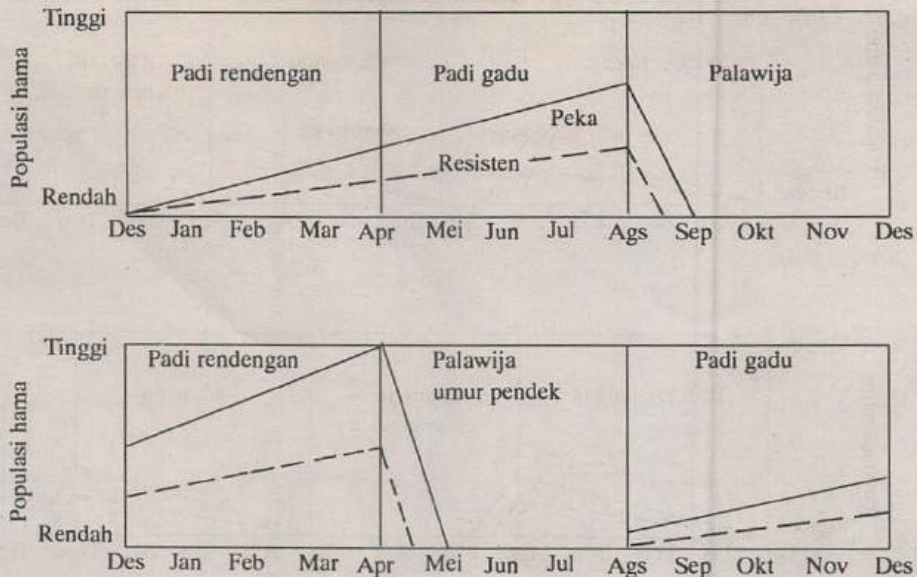
PHT tidak berdiri sendiri tetapi sebaliknya merupakan bagian yang tidak dipisahkan dari teknologi produksi secara keseluruhan. Ia hanya salah satu komponen saja dalam konteks pembangunan pertanian. Dengan demikian mutlak perlu dipahami keterkaitan dan saling ketergantungan antara berbagai komponen teknologi pertanian modern seperti teknik-teknik agronomi tanaman yang baik, perbenihan, pascapanen, sosial-ekonomi, dan lain-lain dengan PHT.

Pengalaman Indonesia dalam melaksanakan PHT untuk skala luas menunjukkan bahwa di samping mengusahakan penggabungan komponen-komponen teknis pengendalian, juga mutlak perlu dimanfaatkan rekayasa institusi-institusi formal dan non-formal yang telah ada dengan memperhatikan adat-istiadat/kebiasaan setempat. Dalam hubungan ini, program PHT dijadikan salah satu program dari institusi-institusi yang telah ada dari pusat sampai ke daerah. Institusi-institusi formal yang dimaksud misalnya yang menangani pelatihan-penyuluhan, institusi teknis perlindungan yang mengeluarkan rekomendasi teknis tentang PHT dalam negeri yang akan memberikan kemudahan dalam pelaksanaan operasional PHT di lapang, institusi penelitian yang memasok hasil-hasil penelitian untuk dimanfaatkan oleh PHT. Institusi-institusi non-formal antara lain ialah KUD dan pedagang pestisida sebagai penyedia pestisida serta kelompok-kelompok tani yang melaksanakan PHT di sawahnya masing-masing.

### Taktik (Komponen) Pengendalian

#### Kultur Teknik

Kultur teknik mungkin merupakan komponen pengendalian yang sama tuanya dengan pertanian itu sendiri. Di daerah tropis, tanaman akan terus-menerus diganggu oleh berbagai jenis hama, terutama bila dalam areal luas tersebut terdapat tanaman dengan berbagai stadia pertumbuhan sepanjang tahun. Dalam keadaan demikian, makanan dan tempat berkembang-biak berbagai jenis hama senantiasa tersedia (Gambar 1 dan 2). Dalam pertanian tradisional, kultur teknik tertentu dipergunakan untuk mencegah perkembangan hama lebih lanjut atau menghindari serangan hama seperti memilih waktu tanam yang tepat yang sudah biasa dilaksanakan di daerah itu, dikenal dengan *pranata mangsa* di Jawa atau



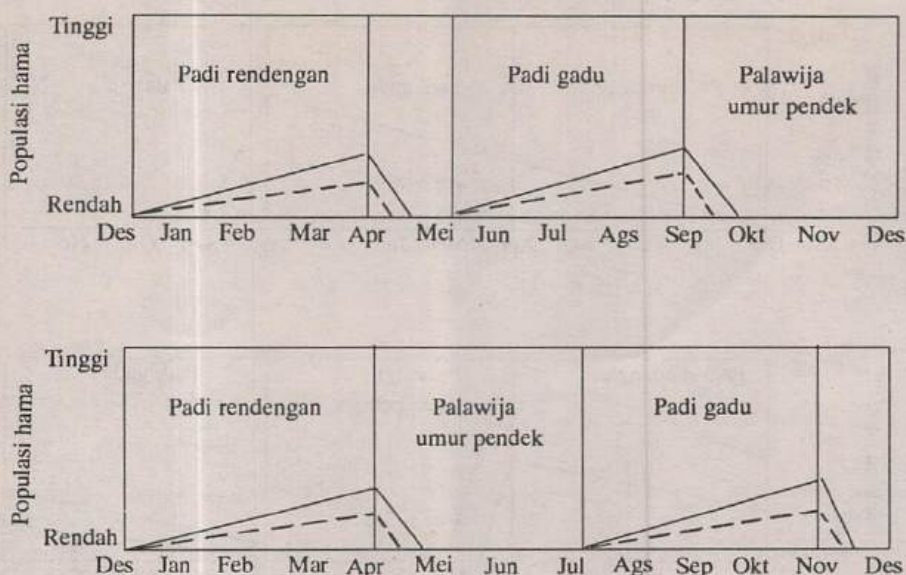
Gambar 1. Populasi hama pada pola tanam persawahan irigasi dengan masa tanam tidak teratur.

kerta masa di Bali. Merotasikan beberapa jenis tanaman dapat mencegah perkembangan hama, misalnya padi dirotasikan dengan palawija; pada musim palawija, perkembangan hama-hama padi dapat dicegah.

Pengendalian dengan kultur teknik adalah memodifikasi teknik bertanam sedemikian rupa hingga dapat mencegah perkembangan hama tetapi tidak mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Pengendalian dengan kultur teknik merupakan pertahanan pertama dari serangan hama, dapat dipercaya, ekonomis, tidak mencemari lingkungan, dari segi ekologi tepat sebab ia mempertahankan kelestarian lingkungan, dan mudah dimengerti oleh petani. Di daerah tropis seperti di Indonesia, yang kehidupan biologisnya sangat aktif sepanjang tahun, termasuk perkembangan hama, pengendalian dengan kultur teknik mutlak diperlukan.

Namun pengendalian dengan kultur teknik memiliki beberapa keterbatasan, misalnya tidak dapat menekan jumlah populasi hama dengan segera seperti dengan pestisida, sebab terikat oleh waktu. Lagipula cara ini harus dilaksanakan pada areal yang relatif luas yang membutuhkan kerja sama sejumlah petani. Bersamaan dengan itu sistem irigasi juga harus baik sehingga dapat menyediakan air pengairan yang cukup untuk mengairi areal yang luas sekaligus menurut kebutuhan.

Mengembangkan pengendalian dengan kultur teknik yang tepat mensyaratkan pengetahuan yang mendalam tentang ekologi hama tersebut, daur hidupnya, dan agronomi tanaman itu. Bagian dari daur hidup serangga yang paling mudah diserang penting untuk



Gambar 2. Populasi hama pada pola tanam yang disarankan, tanam serentak.

diketahui. Berdasarkan informasi-informasi itu pengendalian dengan kultur teknik tertentu ditujukan untuk membinasakan hama tertentu, misalnya memotong batang padi sedekat mungkin dengan permukaan tanah ketika panen dan membenamkan sisa-sisa tanaman di bawah air pengairan dan sekaligus dibajak, akan membunuh larva-larva penggerek batang padi, hama wereng coklat, dan sekaligus menghilangkan sumber infeksi penyakit-penyakit tertentu. Tanam dini bertujuan agar tanaman terhindar dari serangan jenis hama tertentu, misalnya padi yang ditanam pada bulan November atau permulaan Desember kemungkinan besar akan terhindar dari serangan hama ganjur. Beberapa pengendalian dengan kultur teknik dapat disebutkan di bawah ini:

**Tanam serentak dan rotasi tanaman.** Tipe tanam serentak dan rotasi tanaman tergantung dari tersedianya air pengairan dan kebiasaan setempat. Daerah-daerah dengan sistem pengairan yang baik memungkinkan penanaman padi tiga kali setahun atau dua kali padi dan satu kali palawija atau bera. Pola-pola tanam berikut ini adalah memungkinkan di areal tersebut:

- Padi - padi - padi
- Padi - padi - palawija
- Padi - padi - bera
- Padi - palawija - padi
- Padi - palawija - bera

Bila penanaman padi dilakukan serentak meliputi areal yang luas pada bulan April atau November (Gambar 2), masalah hama pada tanaman padi berikutnya akan jauh berkurang. Karena itu pengintegrasian varietas resisten dengan cara tersebut di atas akan makin mengurangi masalah hama.

**Sanitasi.** Sanitasi bertujuan untuk membinasakan tempat-tempat yang dipergunakan oleh serangga untuk berlindung dan berkembang serta menghilangkan sumber makanannya. Sanitasi dilakukan, misalnya, dengan membinasakan segera tunggul-tunggul padi dan jerami setelah panen sehingga berbagai jenis hama penggerek batang padi dan hama wereng coklat tidak dapat terus berkembang dan sekaligus membersihkan sawah dari sumber infeksi penyakit-penyakit penting.

**Pengolahan tanah.** Mengolah tanah untuk tanaman berikutnya juga berperan untuk mengendalikan jenis-jenis hama tertentu, misalnya membajak tanah lebih dalam akan membinasakan sisa-sisa tanaman dan dengan demikian hama-hama yang tinggal di sana juga akan binasa. Hama-hama yang hidup di dalam tanah sebagian besar akan terbawa ke permukaan, dimakan burung, atau mati terkena sinar matahari. Mengairi sawah segera setelah panen akan membinasakan sebagian besar hama-hama yang tertinggal.

**Pengelolaan pupuk kimia.** Pemberian pupuk kimia N yang melebihi dosis yang dianjurkan akan mengakibatkan tanaman menjadi lebih peka terhadap serangan berbagai hama. Karena itu pemupukan N harus mengikuti dosis yang dianjurkan, misalnya untuk tanaman padi antara 90-120 kg N/ha.

**Waktu tanam dan varietas umur pendek.** Menanam dini atau lambat bertujuan untuk menghindari serangan hama. Misalnya di beberapa daerah di Jawa Barat, menanam padi pada bulan November atau permulaan Desember untuk menghindari serangan hama ganjur. Di daerah Jawa Timur, penanaman kedelai yang dilakukan pada bulan Maret-April terhindar dari serangan lalat bibit.

Menanam varietas umur pendek juga memungkinkan terhindarnya tanaman dari serangan hama sebab tanaman itu telah dipanen sebelum hama berkembang menjadi banyak.

**Tanaman perangkap.** Tanaman perangkap adalah tanaman yang paling disukai oleh hama tertentu dan ditanam di sela-sela tanaman utama atau di sekitarnya dalam areal yang sempit. Misalnya penanaman jagung hibrida berhasil menanggulangi serangan hama penggerek buah kapas *Heliothis* sp. yang merupakan hama utama pada kapas.

**Jarak tanam.** Jarak tanam yang terlalu rapat mungkin berpengaruh baik terhadap perkembangan suatu jenis hama. Hama wereng coklat, misalnya, dapat berkembang lebih baik pada tanaman padi yang jarak tanamnya rapat, sebab kelembaban di antara baris-baris tanaman menjadi tinggi dan sinar matahari tidak dapat mencapai pangkal batang tanaman. Lingkungan demikian sangat ideal bagi perkembangan hama wereng.

**Pemangkasan.** Praktek pemangkasan biasanya dilakukan pada tanaman tahunan, tanaman pelindung atau tanaman hias. Untuk mengurangi serangan hama Anona pada pohon kelapa, misalnya, disarankan untuk memotong dan membakar daun-daun yang tua bilamana pada setiap dua anak daun pada satu pohon ditemukan lima stadium larva hidup. Dengan memangkas sejumlah pohon yang diserang itu, perkembangan wahab dapat dicegah.

**Waktu panen dan menyimpan hasil.** Memanen hasil pada waktu yang tepat dapat mengatasi masalah hama. Misalnya ubi jalar harus segera dipanen bila sudah waktunya untuk menghindari serangan hama lanas. Teknik menyimpan hasil juga sangat penting agar tidak diserang hama. Para petani biasa menyimpan gabah dan jagung yang masih dalam kelobot yang ditaruh di atas dapur. Dengan demikian hama akan sulit menyerangnya.

### Tanaman Resisten

Penggunaan tanaman resisten terhadap hama-hama tertentu dapat menahan perkembangan hama itu dengan relatif murah, tidak mencemari lingkungan, dan kompatibel dengan taktik-taktik pengendalian yang lain. Tanaman resisten telah banyak digunakan oleh fito- patologi untuk mengatasi penyakit-penyakit tanaman. Akhir-akhir ini entomologi pun telah makin banyak menggunakan varietas resisten untuk mengatasi beberapa jenis hama padi. Misalnya telah ditemukan 6 gen resisten pada padi (antara lain *Bph-1*, *bph-2*, *Bph-3*, dan *bph-4*) untuk menghadapi biotipe-biotipe wereng coklat yang ada di Asia Tenggara. Lebih dari 20 juta ha sawah telah ditanami dengan varietas-varietas yang memiliki gen (gen-gen) resisten itu di kawasan tersebut. Tujuh gen resisten untuk menghadapi hama wereng hijau dan empat gen resisten terhadap wereng punggung putih telah pula diidentifikasi.

Di samping itu telah diusahakan untuk dirakit varietas-varietas yang tahan hama pengerek batang padi, ganjur, virus tungro, dan virus kerdil rumput (2, 32). Namun penggunaan varietas resisten mempunyai keterbatasan, antara lain varietas resisten yang dasar genetiknya sempit (resistensi vertikal) dapat merangsang timbulnya ras/biotipe baru hama tersebut. Pengalaman dengan timbulnya ras/biotipe 2 wereng coklat dan akhir-akhir ini dengan berkembangnya biotipe wereng coklat yang sangat mirip dengan biotipe SA (South Asia) di Sumatera Utara dan berkembangnya GSW (Green) di Filipina merupakan bukti dari hal itu.

Patahnya daya tahan suatu varietas terhadap suatu hama tertentu dapat membawa konsekuensi yang cukup sulit pada pola tanam petani. Penggunaan varietas tahan dengan varietas tahan memerlukan waktu. Jumlah petani pengguna yang memutuskan untuk pindah bagi petani. Penyuluhan yang intensif sangat diperlukan untuk meyakinkan petani bahwa penggantian varietas tersebut perlu dilakukan dan menguntungkan. Varietas baru tersebut tidak selalu disukai petani, tergantung dari faktor-faktor agroklimat dan rasa nasi. Hal ini menyebabkan petani kembali menanam varietas lama meskipun kemungkinan besar akan diserang hama. Akibat lanjut adalah bahwa kepercayaan petani pada teknologi maju dan penyuluh mungkin berkurang.

Oleh sebab itu, untuk mengatasi masalah-masalah tersebut, ketahanan tanaman harus relatif panjang (*durable*). Varietas yang *durable resistant* tetap efektif selama jangka waktu yang panjang pada keadaan lingkungan yang baik bagi perkembangan hama dan penyakit. Varietas dengan *durable resistant* dapat memantapkan hubungan inang—hama pada tingkat infestasi hama yang rendah. Memperluas daya tahan dapat dicapai dengan menggabungkan resistensi vertikal dan horizontal atau mungkin juga dengan jalan *pyramiding resistance* terhadap beberapa biotipe/ras. Strategi ini harus mulai dirintis. Selain pemuliaan konvensional, teknik-teknik pemuliaan inovatif seperti padi hibrida, *distant hybridization* dan kultur jaringan juga memberikan kemungkinan untuk mencapai resistensi yang mantap. Untuk itu diperlukan dukungan dan kerjasama antar peneliti dari berbagai disiplin ilmu.

Variabilitas genetik yang besar dari tanaman padi seharusnya memungkinkan perakitan varietas-varietas unggul yang memiliki resistensi ganda terhadap berbagai hama penting dalam berbagai lingkungan yang berbeda (Tabel 2). Di samping penggunaan perakitan secara konvensional, teknik-teknik perakitan yang inovatif seperti teknik biak jaringan (*tissue culture*), hibridisasi antarspesies/genus (*distant breeding*), mutasi, dan padi hibrida sangat memberi harapan (17).

Untuk mengurangi tekanan hama, penggunaan varietas-varietas resisten tersebut harus digabungkan dengan taktik-taktik pengendalian lainnya yaitu cara bercocok tanam, pengendalian biologis, fisik/mekanik, dan pestisida. Dengan demikian, kemungkinan berkembangnya ras/biotipe baru dari jenis hama tertentu dapat dikurangi/diperlambat.

### Pengendalian Secara Hayati

Pengendalian hayati pada dasarnya memanfaatkan sumber hayati alamiah yang kaya itu untuk kepentingan umat manusia. Di alam bebas, terdapat beribu jenis makhluk yang menjadi musuh jenis-jenis makhluk lainnya, termasuk hama-hama tanaman. Musuh-musuh alami ini terdiri dari predator, parasitoid, dan patogen serangga.

Pengendalian hayati ini tidak menimbulkan pencemaran, dari segi ekologi tetap lestari, dan relatif murah. Namun ia tidak begitu kompatibel dengan pengendalian dengan pestisida.

Pengendalian hayati dikatakan berhasil bila fluktuasi populasi hama yang dikendalikan itu tetap berada di bawah tingkat yang secara ekonomis tidak merugikan.

Pengendalian hayati memiliki beberapa kelemahan antara lain:

1. Memerlukan waktu sebelum ia dapat dimanfaatkan dengan berhasil.
2. Musuh-musuh alami itu juga mempunyai musuh-musuhnya yang dikenal dengan hiperparasit yang menekan perkembangan populasi musuh-musuh alami itu hingga menjadi kurang efektif.
3. Faktor-faktor iklim (cahaya, kelembaban, suhu) mungkin kurang baik untuk perkembangan suatu jenis musuh alami.

Tabel 2. Tingkat ketahanan terhadap hama/penyakit utama pada varietas padi unggul yang banyak ditanam di Indonesia.

| Varietas     | Biotype<br>wereng coklat |       |       | Wereng<br>punggung<br>putih |       |       | Isolat<br>wereng hijau |        |         | Peng-<br>gerak<br>padi | Ganjur | Virus<br>Kerdil<br>rumpuk | Virus<br>Kerdil<br>hampa | Tungro | Bakteri<br>busuk<br>daun | Blas | Busuk<br>pelepah |
|--------------|--------------------------|-------|-------|-----------------------------|-------|-------|------------------------|--------|---------|------------------------|--------|---------------------------|--------------------------|--------|--------------------------|------|------------------|
|              | 1                        | 2     | 3     |                             |       |       | Bali                   | Lombok | Sul-Sel |                        |        |                           |                          |        |                          |      |                  |
| PB5          | P                        | P     | P     | P                           | P     | P     | AT                     | -      | -       | P                      | P      | P                         | P                        | P      | P                        | AP   | AP               |
| PB8          | P                        | P     | P     | P                           | P     | P     | AP                     | AP     | AP      | P                      | P      | P                         | P                        | P      | AT                       | P    | AT               |
| IR20         | P                        | P     | P     | P                           | P     | P     | AP                     | AT     | AP      | P                      | P      | -                         | -                        | AT     | AT                       | P    | P                |
| Pelita       | P                        | P     | P     | P                           | P     | P     | -                      | -      | -       | P                      | P      | P                         | P                        | P      | AT                       | -    | -                |
| Siampat (C4) | P                        | P     | P     | P                           | P     | P     | -                      | -      | -       | AT                     | P      | -                         | -                        | AT     | AT                       | AT   | AT               |
| PB26         | T                        | P     | R     | P                           | P     | P     | AT                     | AT     | AT      | AT                     | P      | AP                        | P                        | AT     | P                        | -    | -                |
| PB28         | T                        | P     | R     | P                           | P     | P     | AT                     | AT     | AT      | AT                     | P      | T                         | P                        | AT     | T                        | -    | -                |
| PB29         | T                        | P     | R     | P                           | P     | P     | AT                     | AT     | AT      | AT                     | P      | -                         | -                        | -P     | -                        | -    | -                |
| PB30         | T                        | P     | T     | P                           | P     | P     | AT                     | AT     | AT      | AT                     | P      | T                         | P                        | AT     | P                        | -    | -                |
| PB32         | T                        | T     | P     | P                           | P     | P     | AT                     | AT     | AT      | AT                     | P      | AT                        | P                        | AT     | P                        | -    | -                |
| PB34         | T                        | P     | T     | P                           | P     | P     | AT                     | AT     | AT      | AT                     | P      | T                         | P                        | -      | P                        | P    | P                |
| PB36         | T                        | T     | P     | P                           | P     | P     | AT                     | AT     | AT      | AT                     | P      | T                         | P                        | P      | AT                       | AT   | AT               |
| PB38         | T                        | T     | P     | P                           | P     | P     | AT                     | AT     | AT      | AT                     | P      | T                         | P                        | AT     | AT                       | AT   | AT               |
| IR40         | -                        | -     | -     | -                           | -     | -     | -                      | -      | -       | -                      | -      | -                         | -                        | -      | AT                       | P    | -                |
| PB42         | T                        | T     | P     | -                           | -     | -     | AT                     | AT     | AT      | -                      | -      | T                         | P                        | P      | T                        | P    | P                |
| Brantas      | T                        | P     | T     | P                           | P     | P     | AT                     | AT     | AT      | -                      | P      | -                         | -                        | T      | P                        | P    | -                |
| Serayu       | T                        | P     | -     | -                           | -     | -     | AT                     | AT     | AT      | -                      | P      | -                         | -                        | T      | -P                       | -    | -                |
| Cilarum      | T                        | P     | AT    | AT                          | AT    | AT    | AT                     | AT     | AT      | -                      | P      | -                         | -                        | T      | P                        | -    | -                |
| Asahan       | T                        | P     | AT    | AT                          | AT    | AT    | AT                     | AT     | AT      | -                      | P      | T                         | AT                       | AT     | P                        | -    | -                |
| Ayung        | T                        | AT    | T     | P                           | P     | P     | AT                     | AT     | AT      | P                      | P      | T                         | -                        | P      | -                        | -    | -                |
| Cisadane     | T                        | AT    | T     | T                           | T     | T     | AT                     | AT     | AT      | -                      | P      | AP                        | AP                       | P      | AT                       | -    | -                |
| Cimandiri    | T                        | AT    | T     | T                           | T     | T     | AT                     | AT     | AT      | P                      | P      | T                         | AT                       | P      | T                        | AT   | AT               |
| Semeru       | T                        | AT    | -     | AP                          | AP    | AP    | AT                     | AT     | AT      | P                      | P      | P                         | P                        | P      | T                        | P    | P                |
| Cipunegara   | T                        | AT    | -     | -                           | -     | -     | -                      | -      | -       | P                      | -      | P                         | P                        | P      | AT                       | P    | P                |
| PB50         | T                        | T     | T     | T                           | T     | T     | AT                     | AT     | AT      | -                      | -      | T                         | -                        | AT     | T                        | P    | P                |
| PB52         | T                        | T     | T     | T                           | T     | T     | AT                     | AT     | AT      | P                      | -      | AT                        | P                        | AT     | T                        | P    | P                |
| PB54         | T                        | T     | T     | T                           | T     | T     | AT                     | AT     | AT      | -                      | -      | -                         | -                        | AT     | AT                       | -    | -                |
| Barito       | T                        | AT/AP | AT/AP | AT/AP                       | AT/AP | AT/AP | -                      | -      | -       | -                      | -      | -                         | -                        | P      | AT                       | -    | -                |
| Krueng Aceh  | T                        | T     | T     | T                           | T     | T     | -                      | -      | -       | -                      | -      | -                         | -                        | AT     | -                        | -    | -                |
| Batang Agam  | P                        | P     | P     | P                           | P     | P     | -                      | -      | -       | -                      | -      | -                         | -                        | T      | AT                       | -    | -                |

\*Sumber: Data dari Kelti Hama dan Kelti Penyakit, Balai Penelitian Tanaman Pangan Bogor.

T = tahan; AT = agak tahan; P = peka; AP = agak peka.

4. Pada umumnya musuh alami tidak kompatibel dengan pestisida, sebab dalam kebanyakan kasus musuh-musuh alami itu lebih peka terhadap pestisida dibandingkan dengan hama sasaran. Dengan demikian penggunaan pestisida akan membinasakan musuh-musuh alami terlebih dahulu.

**Predator.** Predator berukuran lebih besar dari mangsanya. Ia membunuh mangsanya dan untuk hidup seekor predator biasanya membutuhkan beberapa ekor mangsa. Pada umumnya predator adalah polifag yaitu memakan sejumlah spesies mangsa, seperti jenis-jenis predator yang termasuk keluarga *Coccinellidae* (kepik), *Carabidae*, *Syrphidae*, *Staphilinidae*, dan *Histeridae*. Keluarga predator yang paling penting ialah *Coccinellidae* dan *Carabidae* yang terdapat di seluruh dunia, terutama memangsa Aphid, kutu kebul, serangga perisai, dll. *Curinus coeruleus*, misalnya, sangat efektif memangsa kutu loncat lamtoro. Keluarga-keluarga lainnya yang termasuk Ordo Neuroptera (*Chrysopidae*, *Hemerobiidae*), Diptera (*Syrphidae*, *Asilidae*) dan Hemiptera (*Myridae*) mungkin juga memiliki jenis-jenis sebagai predator.

**Parasitoid.** Parasitoid berukuran lebih kecil dari inangnya. Dalam hubungannya dengan inang itu parasitoid lebih bersifat khusus, artinya satu spesies parasitoid mungkin hanya dapat menyerang satu atau beberapa spesies inang. Spesies parasitoid yang hanya memiliki satu species inang disebut *host specific*. Satu spesies parasitoid yang dapat menyerang beberapa spesies inang disebut *oligophagous*. Spesies parasitoid disebut *polyphagous* ialah bila spesies tersebut dapat menyerang sejumlah spesies inang. Ada dua tipe parasitoid yaitu endoparasitoid dan ektoparasitoid.

Endoparasitoid meletakkan telur-telurnya di dalam tubuh inangnya. Larva-larva yang menetas memakan bagian-bagian dalam tubuh inang hingga menjadi pupa. Imago parasitoid itu keluar dari dalam sisa-sisa tubuh inangnya.

Ektoparasitoid menghabiskan seluruh siklus hidupnya di luar tubuh inangnya. Spesies-spesies parasitoid yang penting termasuk Ordo *Hymenoptera* dan *Diptera*. Ordo *Hymenoptera* memiliki jumlah spesies parasitoid yang terbesar. Lebih dari 2/3 pengendalian hayati yang berhasil berasal dari spesies-spesies Ordo ini. Telah diketahui, bahwa sembilan super famili dari Ordo *Hymenoptera* memiliki spesies-spesies parasitoid. Misalnya *Ichneumonoidea*, *Chalcidoidea*, *Evaniodea*, dan *Cynipoidea*. Superfamili *Ichneumonoidea* diwakili oleh dua famili yaitu *Ichneumonoidea* dan *Braconidae*.

**Patogen serangga.** Pengendalian hama serangga dengan mikroba adalah penerapan yang penting dari pengetahuan patologi serangga (*insect pathology*) yang merupakan cabang dari entomologi. Pengendalian dengan mikroba merupakan satu aspek dari pengendalian hayati untuk membunuh serangga hama atau mengatur populasinya di suatu tempat. Patologi serangga mempelajari gejala-gejala penyakit serangga, diagnosis penyakit, epizootiologi, perubahan struktur, fungsi, dan kimiawi yang terjadi di dalam tubuh serangga yang disebabkan oleh patogen serangga atau oleh pelukaan.

Pengendalian dengan mikroba mensyaratkan pengetahuan dan latihan berbagai cabang ilmu, seperti entomologi, dasar-dasar patologi serangga, mikrobiologi, nematologi, dan berbagai teknik laboratorium mikrobiologi.

Mikroba yang dapat mengendalikan serangga hama termasuk spesies-spesies dari cendawan, bakteri, virus, dan nematoda. Dari kelas *Phycomycetes* ada empat Ordo yang memiliki spesies bersifat patogenik terhadap serangga yaitu *Entomophthorales*, *Mucorales*, *Blastocladales*, dan *Chitridiales*. Dari Ordo *Entomophthorales* dikenal *Empusa musae* yang menyerang lalat rumah. *Entomophthora sphaerosperma* menyerang *Pieris brassicae* dan *Plutella xylostella*.

Kelas-kelas *Ascomycetes* dan *Deuteromycetes* juga memiliki berbagai spesies cendawan patogen. Bakteri yang termasuk kelas *Schyzomycetes* juga memiliki spesies-spesies yang patogenik terhadap serangga, misalnya *Bacillus thuringiensis* terbukti cukup efektif mengendalikan sejumlah spesies dari Lepidoptera seperti *Xylostella maculipennis* dan *Ostrinia nubilalis*. *Bacillus popilliae* bila digabungkan dengan pestisida sangat efektif mengendalikan kumbang Jepang *Popillia japonica*.

Virus-virus seperti *Borrelina*, *Poilotella*, dan *Bergoldia* cukup penting sebagai patogen serangga. *Borrelina* diketahui membuat inklusi polihedral di dalam sel inang, misalnya polihedrosis pada ulat sutera. *Poillotela* membuat berbagai bentuk inklusi yang polimorfik di dalam sel inang, misalnya pada ngengat *Pieris rapae* hama kubis. *Bergoldia* membentuk inklusi-inklusi kecil-kecil di dalam sitoplasma inang misalnya *Pieris brassicae*. Virus yang termasuk Morator tidak membuat tubuh inklusi, tapi menyebabkan *sacbrood* dan paralisis pada tawon muda.

Ada 3 teknik dalam pengendalian hayati yaitu konservasi, inundasi, dan introduksi. Konservasi ialah mengelola lingkungan sedemikian rupa hingga baik bagi perkembangan parasitoid dan predator. Inundasi ialah melepaskan parasitoid atau predator dalam jumlah besar secara periodik untuk meningkatkan jumlah populasi yang telah ada, sedangkan introduksi ialah memasukkan spesies predator/parasitoid baru dari suatu daerah/negara ke daerah/negara lain.

Beberapa tahun terakhir ini Indonesia telah mengintroduksi beberapa spesies parasitoid dan predator, misalnya *Tryoxis indicus* dari Australia, *Lysiphlebus rotundiformis* dari Amerika Serikat untuk mengendalikan *Aphis craccivora* pada kacang-kacangan, dan *Curinus coeruleus* dari Hawaii untuk mengendalikan hama kutu loncat pada lamtoro.

### **Pengendalian Secara Mekanik/Fisik**

Taktik-taktik pengendalian ini ditujukan untuk langsung membunuh hama serangga atau tidak langsung dengan mengubah lingkungan atau fisiologi serangga sedemikian rupa sehingga hama serangga itu tidak dapat hidup. Kedua cara itu menghendaki pengetahuan

yang cukup tentang ekobiologi serangan, misalnya respon hama terhadap fluktuasi suhu yang ekstrim, kelembaban nisbi, suara, dan gelombang elektromagnetik.

Taktik-taktik tersebut ada yang sangat canggih, tapi ada juga yang sangat sederhana, misalnya mengambil kelompok-kelompok telur hama penggerek batang padi, menghembuskan gas belerang ke dalam lubang tikus, atau membakar dengan minyak tanah.

### Pestisida

Penggunaan pestisida dalam pengendalian hama terpadu hanyalah salah satu taktik pengendalian. Pestisida dapat menurunkan populasi hama dengan sangat cepat, dapat digunakan kapan saja di tempat-tempat yang diperlukan. Namun karena tingkat pengetahuan dan keterampilan teknis petugas, dan terutama para petani, tentang pestisida masih kurang, ditambah dengan perundang-undangan tentang pestisida dan penerapannya yang masih mengandung banyak kelemahan, maka sering terjadi pemalsuan dan penyalahgunaan pestisida, sengaja maupun tidak. Dilaporkan bahwa telah terjadi resurgensi hama yaitu hama menjadi resisten terhadap pestisida, peledakan hama sekunder, musuh-musuh alami dan makhluk bukan sasaran menjadi binasa, timbulnya masalah residu pestisida dalam tanaman, air, dan tanah, pencemaran lingkungan, dan kecelakaan pada manusia.

Perlu diteliti jenis-jenis pestisida yang berspektrum lebih sempit yaitu pestisida yang hanya efektif terhadap golongan hama tertentu, tapi relatif tidak berbahaya terhadap musuh-musuh alaminya. Misalnya, pestisida yang hanya efektif terhadap golongan *Lepidoptera* (penggerek batang, penggulung daun); hama serangga pengisap (jenis-jenis wereng dan kutu daun); hama serangga tanah (misalnya jenis-jenis ulat grayak) dan seterusnya. Sumibaz 75EC dan Brantasan 750EC dilaporkan efektif terhadap wereng coklat, tapi toksisitasnya sangat rendah terhadap predatornya, *Lycosa pseudoannulata*, dan tidak mempengaruhi predator *Paederus tanulus*, *Casnodea interstitialis*, dan *Coccinellidae* (6). Pengaruh pestisida terhadap musuh-musuh alami terpenting dalam kondisi lapang juga perlu diteliti.

Waktu aplikasi pestisida harus berpedoman kepada ambang kerusakan ekonomi yang diperoleh dari data hasil pengamatan. Untuk beberapa jenis hama serangga pada padi telah ditentukan ambang kerusakan ekonominya (11). Metode aplikasi pestisida dengan cara menebarkan langsung ke dalam tanah atau menebarkan di antara tanaman padi sangat baik dan lebih ekonomis. Di samping itu perlu diteliti dan dipantau kemungkinan terjadinya resistensi hama terhadap pestisida. Penggunaan jenis-jenis pestisida yang cara kerjanya berbeda-beda secara bergantian satu sama lain perlu juga ditelaah untuk menghindari terjadinya resistensi hama terhadap pestisida.

Di samping itu, peranan pestisida mikroba seperti *Bacillus thuringiensis*, yang ternyata efektif terhadap berbagai jenis hama serangga *Lepidoptera* perlu diteliti lebih lanjut. Pemanfaatan mikroba (fungi, virus, protozoa) sebagai pestisida perlu dieksplorasi lebih mendalam.

Penggunaan sejenis *feromone* untuk mencegah kopulasi dan *antifeedants* dalam pengendalian populasi hama (12) juga perlu diteliti lebih lanjut dalam kondisi tropis.

### Pengamatan dan Peramalan

Pengamatan dan peramalan mutlak diperlukan dalam penerapan konsep pengendalian hama terpadu. Tujuan jangka pendek pengamatan terutama untuk mengetahui kemungkinan timbulnya wabah hama tertentu yang meliputi areal yang luas. Dengan demikian dapat diambil langkah-langkah sedini mungkin untuk mencegahnya. Karena untuk beberapa jenis hama padi telah diperoleh ambang kerusakan ekonominya, maka hasil pengamatan digunakan sebagai pedoman penggunaan pestisida yang tepat waktu.

Negara-negara Asia Selatan dan Asia Tenggara mengembangkan sistem pengamatan/peramalan yang sebagian ada yang diatur dan dilaksanakan oleh pemerintah dan bukan oleh petani (12). Di Indonesia, meskipun sistem pengamatan/peramalan diatur dan dilaksanakan oleh petugas pemerintah namun dalam penerapannya di lapang pengamat memperoleh bantuan aktif dari para petani. Para petani diminta mengamati tanamannya dan segera memberitahukan kepada petugas pengamat dan atau penyuluh bila ada hal-hal yang mencurigakan.

Secara bertahap, teknologi pengamatan harus disempurnakan agar ia mampu meramalkan kemungkinan terjadinya wabah jenis hama tertentu, jauh sebelum ada gejala-gejala serangan.

Potensi zat-zat kimia yang mempengaruhi perilaku serangga hama seperti *sex-attractants* perlu dimanfaatkan dalam rangka memantau populasi hama tertentu (24). Sistem pengamatan/peramalan harus tetap sederhana agar dapat dilaksanakan oleh petugas lapang dan petani sendiri. Selain itu sistem ini juga harus konsisten, dapat dipercaya berdasarkan data empiris (30). Pengetahuan tentang perilaku dan dinamika populasi hama yang dipengaruhi oleh faktor-faktor biologis (varietas, musuh alami) dan fisik (antara lain pestisida) sangat penting untuk menunjang ketepatan pengamatan/peramalan. Pengetahuan tentang interaksi varietas padi dengan biotipe-biotipe wereng coklat, misalnya, memungkinkan dikembangkan teknologi pengamatan lapang biotipe hama tersebut. Deteksi sedini mungkin perkembangan biotipe tertentu di lapang mutlak diperlukan untuk pedoman alokasi varietas resisten yang tepat untuk daerah tersebut (28). Akhirnya, data pengamatan tersebut harus distandardisasi untuk dapat dimasukkan dalam komputer agar dapat dianalisis dengan cepat menurut keperluan. Tidak semua komponen harus diterapkan di lapang, karena tergantung kepada keadaan.

## APLIKASI PENGENDALIAN TERPADU

Pengintegrasian metode-metode pengendalian dalam suatu kesatuan harus berdasarkan analisis biaya dan keuntungan. Sudah tentu tidak semua metode itu dapat diintegrasikan. Berdasarkan dari jenis tanaman, hama, dan keadaan dapat dipilih metode mana yang terbaik dan paling efisien.

### Varietas Resisten x Pestisida

Sejumlah varietas modern yang memiliki resistensi ganda dirakit oleh IRRI dan ditanam secara luas meliputi areal antara 20-30 juta ha di seluruh dunia (20). Di samping itu, masing-masing negara secara berkala melepas varietas-varietas modern yang juga memiliki resistensi ganda. Varietas-varietas tersebut hanya memiliki daya resisten terhadap beberapa jenis hama penting saja. Karena itu, pestisida diperlukan hanya untuk mengendalikan jenis-jenis hama yang varietas itu peka terhadapnya (29).

### Teknik Bercocok Tanam x Pestisida x (Hayati)

Hama ganjur, *Orseolia oryzae*, di Cina daratan ditanggulangi dengan melakukan sanitasi gulma, *Leersia hexandra*, menjelang musim dingin, agar hama itu tidak dapat meneruskan hidupnya pada gulma tersebut (*overwintering*). Gulma ini adalah tanaman inang pengganti yang sangat penting bagi hama ganjur. Insektisida diberikan ketika hama tersebut berada dalam generasi ke-3 dan ke-4 pada persemaian dan pertanaman yang ditanam lambat (4).

Di Indonesia, hama ini dapat diatasi dengan penanaman dini, menjelang musim hujan, dan pemberian pestisida bila ditemukan 5 puru/m<sup>2</sup> pada tanaman yang berumur kurang dari 40 hari. Pengurangan pemberian pestisida akan dapat meningkatkan peranan berbagai jenis musuh alaminya, seperti *Platigaster oryzae*, salah satu parasit larva yang sangat efektif.

### Varietas Resisten x Teknik Bercocok Tanam x Hayati x Pestisida

Pengintegrasian taktik-taktik pengendalian tersebut di atas telah diterapkan dan berhasil menanggulangi hama wereng coklat, wereng punggung putih, wereng hijau, dan tungro di Indonesia. Untuk menanggulangi masalah hama wereng coklat, misalnya, beberapa varietas modern yang memiliki resistensi ganda terhadap beberapa jenis hama penting, khususnya resisten terhadap biotipe 1, 2, dan 3 ditanam meliputi sekitar 70% dari areal padi di Indonesia. Dengan demikian tidak diperlukan lagi aplikasi pestisida terhadap hama wereng coklat. Varietas-varietas tersebut ditanam secara serentak meliputi areal seluas-luasnya sepanjang sistem irigasi memungkinkan. Dalam setahun diprogramkan hanya menanam padi dua kali, yaitu padi musim rendengan dan padi musim gadu. Waktu yang masih tersisa sebelum menanam padi rendengan lagi ditanam palawija. Dengan demikian perkembangan populasi

hama wereng dapat dicegah (siklusnya dipotong) yaitu ketika masa penggarapan tanah dan penanaman palawija. Sanitasi dilakukan secara selektif, yaitu hanya membersihkan tunggul-tunggul dan turiang dengan luku sambil diiri segera setelah panen. Dengan demikian wereng coklat, termasuk GSV, RSV dan RTV yang hidup di tempat itu, ikut binasa.

Penggunaan pestisida hanya untuk pengendalian jenis hama yang lain seperti penggerek batang, walang sangit, atau penggulung daun yang berpedoman kepada ambang ekonomi. Dengan demikian, frekuensi aplikasi pestisida dapat dikurangi. Pengurangan ini akan memberi kesempatan kepada sejumlah musuh alami untuk lebih berperan menekan perkembangan hama wereng tersebut.

Usaha pengendalian yang baik tidak boleh lepas dari persyaratan ekonomi. Sebab petani akan enggan melaksanakan pengendalian hama tanamannya apabila harus mengeluarkan biaya lebih besar daripada keuntungan yang akan diperoleh. Pada dasarnya semua metode pengendalian dapat dinilai atau diperhitungkan dengan uang. Karena itu, setelah dipelajari berbagai kombinasi metode yang ada tentang efektivitas, harga, pengaruh-pengaruh buruknya terhadap lingkungan (*environmental cost*) yang sulit dinilai, serta hasilnya, dapat ditentukan kombinasi terbaik bagi yang berkepentingan.

## MASALAH DAN PROSPEK PENGENDALIAN TERPADU

Berbagai kendala dan masalah menghalangi program pengendalian hama terpadu. Kendala-kendala lingkungan (pemilikan lahan yang sempit, terbatasnya persediaan air irigasi, kesehatan petani), kendala sosial-ekonomi (fasilitas perkreditan, kebijaksanaan harga, infrastruktur, jaringan distribusi sarana produksi dan produk), kendala sosial-budaya (adat kebiasaan, struktur sosial), dan kendala teknologi (penyuluhan, keterampilan, pendidikan, komunikasi) saling berhubungan dan sangat kompleks (10).

Oleh karena itu, usaha pengendalian hama dengan pendekatan yang simplistik tidak akan efektif dan berhasil baik. Tapi sebaliknya, pendekatan yang komprehensif, berencana, dan terintegrasi, mengharuskan kerja sama antara para ahli berbagai disiplin ilmu seperti entomologi, fitopatologi, gulma, agronomi, pemuliaan tanaman, sosial-ekonomi dan penyuluhan untuk menghasilkan program pengendalian terpadu yang mantap. Program tersebut harus dirancang agar merupakan bagian integral dari sistem secara keseluruhan.

Di samping itu, khususnya untuk negara-negara berkembang, beberapa hal berikut patut dipertimbangkan:

1. Harus ada kemauan politik untuk melindungi dan menolong para petani dalam semua aspek dan meningkatkan kesejahteraannya. Kemauan politik yang telah ada harus dimanfaatkan sebaik-baiknya untuk mengembangkan konsep pengendalian terpadu tersebut. Dalam hubungan ini, campur-tangan dan bimbingan pemerintah mutlak diperlukan.

2. Harus dikembangkan kerja sama yang erat antara pejabat-pejabat pemerintah, para penyuluh, teknisi lapangan, peneliti, swasta, pemimpin masyarakat desa yang berpengaruh, dan para petani.
3. Harus diadakan program penyuluhan yang mantap dan berencana untuk secara bertahap memberikan motivasi kepada para petani dan pemimpin-pemimpin lainnya bahwa konsepsi tersebut lebih menjamin keberhasilan produksi, lebih aman, dan menguntungkan.
4. Harus ada wadah organisasi untuk para petani tempat mereka dapat berembuk dan mengambil keputusan bersama tentang produksi, termasuk kegiatan pengendalian hama. Di Indonesia wadah ini adalah kelompok-kelompok tani, KUD (Koperasi Unit Desa) dan organisasi petani pemakai air yang sedang dikembangkan, maupun perkumpulan sejenis berdasarkan tradisi (subak, dharmatirta, mitra cai, panriahan pamokkahan, dan sebagainya).
5. Pengaturan tentang pembagian air irigasi yang ada harus disempurnakan dan dikembangkan untuk lebih menjamin pelaksanaan tanam serentak dan pergiliran tanaman yang meliputi areal pertanaman yang luas. Usaha pemerintah untuk mengembangkan infrastruktur yang memadai mutlak diperlukan.
6. Pengendalian pestisida (*pesticide management*) berikut pengawasan peralatan pemberantasan yang ada harus diperkuat untuk lebih menjamin pestisida dan peralatan yang efektif, dan relatif aman bagi lingkungan dan manusia. Sistem penyaluran sarana tersebut diatur sedemikian rupa agar para petani memperoleh pestisida tepat jenis dan tepat waktu, termasuk di dalamnya pencegahan pemalsuan sarana yang penting tersebut.
7. Prioritas penelitian dalam proteksi tanaman harus diarahkan agar memperkuat konsepsi pengendalian hama terpadu. Aspek-aspek sosial-ekonomi dari penerapan konsepsi tersebut pada tingkat petani sangat memerlukan perhatian.
8. Pengujian-pengujian konsepsi tersebut dalam bentuk pilot-pilot proyek yang meliputi areal cukup luas (di Indonesia antara 5.000-10.000 ha) yang sedang berjalan di beberapa negara Asia Selatan dan Asia Tenggara harus diteruskan dan disempurnakan. Koordinasi, pertukaran informasi, dan evaluasi bersama yang dikoordinasikan oleh FAO tentang PHT untuk padi yang telah ada perlu diteruskan.
9. Untuk lebih menjamin penerapan konsepsi tersebut pada tingkat petani mutlak diperlukan petugas-petugas lapangan yang terlatih. Program latihan IRRI tentang PHT memegang peranan penting dalam latihan tersebut.
10. Mata-mata kuliah dalam proteksi tanaman yang diberikan di perguruan tinggi di negara berkembang harus berorientasi untuk memperkuat konsep pengendalian hama terpadu.

Sejauh ini penerapan PHT secara luas di tingkat petani di Indonesia dinilai cukup berhasil mengatasi beberapa hama padi seperti wereng coklat, virus tungro, dan tikus. Dalam

sub sektor perkebunan, PHT pernah berhasil mengendalikan hama Artona pada kelapa dengan mengintegrasikan dua komponen pengendalian yaitu hayati dan pestisida. PHT dengan menggunakan satu komponen pengendalian yaitu dengan penggunaan pestisida dengan bijaksana dinilai berhasil mengendalikan hama-hama penting kelapa sawit di Indonesia. Pengendalian hayati terhadap hama kutu loncat lamtoro dengan predator *Curinus coeruleus* di Indonesia juga dinilai cukup berhasil.

PHT adalah salah satu bentuk teknologi pertanian yang berdasarkan berbagai disiplin ilmu. Oleh karena itu ilmu-ilmu, baik yang bersifat fundamental (genetika, fisiologi, taksonomi, dll.), komponen-komponen pengendalian (tanaman resisten, kultur teknis, aspek-aspek pestisida, dll.), maupun yang terapan (pengembangan sistem pengendalian, analisis ekonomi, penilaian dampak lingkungan, dll.) perlu dikembangkan terus.

Penelitian-penelitian yang bersifat fundamental dan komponen-komponen pengendalian hendaknya diarahkan untuk memperkuat penerapan PHT. Hasil-hasil penelitian itu diuji lebih lanjut dalam areal terbatas di lapang untuk diputuskan mana yang dapat dimasukkan dalam program operasional PHT di lapang yang meliputi areal yang luas.

Para peneliti yang ada di lembaga penelitian dan perguruan tinggi bertanggung jawab untuk melaksanakan penelitian-penelitian sedangkan pengujian-pengujian hasil-hasil penelitian dan penerapannya dalam areal yang luas menjadi tanggung jawab instansi-instansi operasional di lapang.

Untuk memungkinkan dilaksanakannya penelitian-penelitian yang bermutu tinggi mutlak perlu dididik tenaga-tenaga peneliti yang terlatih dalam disiplin ilmu yang menjadi perhatian masing-masing calon peneliti. Pendidikan tenaga-tenaga akademis tersebut hanya dapat diperoleh di perguruan tinggi. Perguruan tinggi juga menghasilkan tenaga-tenaga profesional siap pakai dalam perlindungan tanaman, baik tingkat sarjana maupun non-gelar. Fungsi mereka memberikan informasi teknis dan menyuluhkan PHT, terutama kepada masyarakat petani. Mereka merupakan ujung tombak PHT di lapang, pengamat hama penyakit (PHP) dan penyuluh pertanian lapangan (PPL). Mereka berhadapan dengan para petani, pimpinan formal dan non-formal, perseorangan yang berpengaruh, para konsumen hasil pertanian, dan mereka yang langsung dan tidak langsung berkepentingan dengan pertanian dengan permasalahan-permasalahan teknis sampai yang bersifat sosial, budaya, adat-istiadat dan birokrasi. Agar lebih siap menghadapi medan tugasnya yang kompleks itu, mereka juga perlu dibekali beberapa ilmu-ilmu sosial.

Tidak kurang pula pentingnya, mengadakan pendidikan dan penyuluhan PHT kepada pejabat-pejabat struktural di Pusat dan daerah, sebab kenyataan menunjukkan, meskipun PHT telah lama dijadikan kebijakan, belum semua pejabat memahami dan bertindak ke arah penerapannya.

Pendidikan PHT untuk para petani dan para petugas lapangan (PHP dan PPL) sedang giat dilaksanakan melalui Program Nasional PHT dikoordinasikan oleh Bappenas, sebagai

pelaksanaan dari Inpres No. 3, 1986. Inpres ini merupakan pengejawantahan kemauan politik pemerintah dalam meningkatkan kemampuan dan kesejahteraan petani. Memasyarakatkan PHT kepada petani dilaksanakan melalui proses belajar-mengajar yaitu menemukan-mendiskusikan-memutuskan, yang juga dikenal dengan metode *bottom up*, berlawanan dengan metode *top down* yang penyuluhnya paling banyak memberikan penjelasan dan sering bersifat instruksi, sedangkan mereka yang diberi penyuluhan lebih banyak mendengarkan.

Melalui pendidikan PHT untuk para petani, dengan metode *bottom up* itu diharapkan para petani memiliki pengetahuan praktis tentang ekosistem padinya, dan membedakan mana yang termasuk hama dan mana musuh-musuh alami, dan sejauh mana peranannya sebagai pengendali hama. Selain itu petani diharapkan pula mengetahui apa pengaruh pestisida terhadap lingkungan, termasuk terhadap musuh-musuh alami, hingga mereka dapat memutuskan sendiri penggunaan pestisida dengan lebih tepat.

Sektor pertanian yang tangguh yang lebih mampu menghadapi tantangan pembangunan pada masa-masa yang akan datang sebagian besar terletak pada ketangguhan para petani yang langsung menghadapi berbagai tantangan dalam proses produksi, termasuk tantangan hama. Karena itu latihan keterampilan tentang PHT untuk petani yang sedang dilaksanakan sekarang ini dimaksudkan untuk membuat mereka lebih tangguh menghadapi masalah hama tanamannya sendiri.

Di samping itu pendidikan PHT untuk masyarakat umum juga sangat diperlukan melalui berbagai media massa: surat kabar, televisi, radio, film, pertunjukan-pertunjukan rakyat di desa, dll. Maksudnya ialah agar mereka dapat mengapresiasi dan memahami aspek permasalahan pertanian itu, lebih-lebih yang menyangkut kesehatan lingkungan seperti pencemaran dengan pestisida yang akibatnya akan dirasakan juga oleh mereka.

Tantangan lainnya yang masih harus dihadapi ialah melembagakan PHT pada instansi-instansi terkait agar dijadikan salah satu kegiatan operasional dari tahap penelitian, pengujian, hingga penerapannya di tingkat petani.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. **Abraham, E.V. 1957.** A note on the effect of manuring on the incidence of the fulgorid *Nilaparvata lugens* on paddy. Madras Agric. J. 44: 529-32.
2. **Balai Penelitian Tanaman Pangan Bogor. 1983.** Laporan tahunan, 1982-1983. Balai Penelitian Tanaman Pangan Bogor. 156 hal.
3. **Chiu, Shui-Chen. 1979.** Biological control of the brown planthopper. Brown planthopper: Threat to rice production in Asia. International Rice Research Institute, Los Banos, Laguna, Philippines. pp. 335-355.

4. **Chiu Shin-Foon (Zhao Shan-huan).** 1980. Integrated control of rice insect pests in China. Rice Improvement in China and other Asian Countries. International Rice Research Institute and Chinese Academy of Agricultural Sciences, pp. 239-250.
5. **Clark, L.r., P.W. Geier, R.D. Hughes, and R.F. Morris.** 1974. The ecology of insect populations in theory and practice. A Halsted Press Book. 232 p.
6. **Dandi Sukarna.** 1981. Pemberian insektisida berdasar populasi wereng coklat. Penelitian Pertanian, Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan Bogor, Vol. 1. No. 1: 38-41.
7. **Dyck, V.A.** 1974. General comments. Field problem in 1974. Rice Newsletter. 1: 2-3.
8. **Eddy Mahrub, A. Mukidjo, K. Untung, S. Mangundihardjo, Sundoro, dan S. Hadiyani.** 1980. Laporan inventarisasi musuh alami wereng coklat dan penggerek batang padi di WKBPP Sewon, Yogyakarta (Laporan Kemajuan). Lokakarya Pengendalian Hama Terpadu, 22-27 September 1980. 16/LPHT. 14 hal.
9. **Greathead, D.** 1982. The needed for biological control input to the FAO integrated pest control in rice programme in South and South East Asia. AGP: IPC/11/WP/7. Eleventh Session of the Panel of Experts on IPC, FAO, Kuala Lumpur, Malaysia, March 1982.
10. **Haskell, P.T., T. Beacock, and P.J. Wortley.** 1979. World wide socio-economic constraints to crop protection. Proc. Symposia IX International Congress of Plant Protection Vol. 1: Fundamentals pp: 39-41.
11. **Heinrichs, E.A., R.C. Saxena, and S. Chelliah.** 1978. Development and implementation of insect pest management systems for rice in tropical Asia.. Seminar on "Sensible Use of Pesticides", Tokyo, Japan, Nov. 29-Dec. 3, 1979. 33 p.
12. **Heinrichs, E.A., V.A. Dyck, R.C. Saxena, and J.A. Litsinger.** 1979. Development of rice insect pest management systems in the tropics. Proc. of Symposia IX Internat. Congress of Plant Protection Vol. II ed. Dr. Thor Kommendahl. Dept. of Plant Pathology, Univ. of Minnesota, pp: 463-466.
13. **Herd, Robert W.** 1982. Changing Asian rice technology: Impact, benefits and constraints. Selected Papers from IRRI Research on Consequences of New Rice Technology. Assembled for the Quinquennial Review Jam, 1982. IRRI pp: 81-129.
14. **Hirano, C.** 1964. Studies on the nutritional relationships between larvae of *Chilo suppressalis* Walker and the rice plant, with special references to role of nitrogen in nutrition of larvae. Bull. Natl. Inst. Agric. Sci. Ser. C., 17: 146-50.
15. **International Rice Research Institute.** 1973. Annual report for 1972. IRRI, Los Banos, Philippines. 246 p.

16. **International Rice Research Institute. 1975.** Rice Ent. Newsletter. 3: 3.
17. **International Rice Research Institute. 1980.** Innovative approaches to rice building. Selected papers from the 1979 International Rice Research Conference. IRRI, Los Banos, Philippines. 182 pp.
18. **International Rice Research Institute. 1974.** Annual report for 1974. IRRI, Los Banos, Philippines. pp: 86-22.
19. **International Rice Research Institute. 1981.** Research highlights for 1980. 119 pp.
20. **International Rice Research Institute. 1982.** Quinquennial Draft Report. TAC Secretariate, FAO of the United Nations: Genetic evaluation and utilization. 15 pp.
21. **John, V.T., K.C. Ling, and M.C. Rush. 1979.** Strategies for rice disease control. Proc. Symposia IX Internat. Congress of Plant Protection. Washington, D.C. USA. August 5-11, 1979. Vol. II: 455- 458.
22. **Kalode, M.B. 1971.** Biochemical basis of resistance or susceptibility to brown planthopper and green leafhopper in some rice varieties (mimeographed). IRRI Seminar, July 10. 19 pp. with tables and figures.
23. **Khush, G.S. 1980.** Breeding for multiple disease and insect resistance. Rice Improvement in China and other Asian Countries. International Research Institute and Chinese Academy of Agricultural Science. pp: 238-239.
24. **Lewis, W.J., K.S. Hagen, W.L. Roelofs, and L.M. Schoonheven. 1980.** Status and potential use of behavioral chemicals in pest management. FAO Plant Prot. Bull. 28(4): 121-128.
25. **Nelson, R.r., J.e. Ayers, H. Cole, and D.H. Petersen. 1970.** Studies and observations on the occurrence and geographical distribution of isolates of race T of *Helminthosporium maydis*. Plant Dis. Repr. 54: 1104-1108.
26. **Nishida, T. 1975.** Causes of brown planthopper outbreaks. Rice Entomol. News1. 2: 38.
27. **Oka, Ida Nyoman. 1979.** Cultural control of the brown planthopper. Brown planthopper: Threat to rice production in Asia. International Rice Research Institute, Los Banos, Laguna, Philippines, pp: 357-369.
28. **Oka, Ida Nyoman. 1980.** Brown planthopper biotype survey technique. Rice Improvement in China and other Asian Countries. International Rice Research Institute and Chinese Academy of Agricultural Sciences. IRRI, Los Banos, Laguna, Philippines. pp: 287-291.
29. **Pathak, M.d. and G.S. Dhaliwal. 1981.** Trends and strategies for rice insect problems in tropical Asia. IRRI Research Paper Series 64: 15 pp.

30. **Rabbinge, R.** 1979. Warning systems. Introduction Proc. of Symposia IX Internat. Congress of Plant Protection Vol. I: Fundamentals. Minnesota, pp: 163-166.
31. **Ricklefs, Robert E.** 1973. Ecology Chiron Press. New York, Massachusetts. 1816 S.W. Hawthorne Terrace, Portland, Oregon. 861 p.
32. **Rudd, Robert L.** 1970. Pesticides and the living landscape. The University of Wisconsin Press. Madison, Wisc. 320 pp.
33. **Statistik Pertanian Tanaman Pangan.** 1984. Direktorat Jenderal Pertanian Tanaman Pangan. Direktorat Bina Program Tanaman Pangan. Sub Direktorat Data dan Statistik. 339 p.
34. **Southwood, T.E.R., and M.J. Way.** 1970. Ecological background to pest management. Proceedings of a Symposium on Concepts of Pest Management. North Carolina State University. 242 pp.
35. **Suenaga, H.** 1963. Analytical studies on the ecology of two species of planthoppers, the white back planthopper (*Sogatella furcifera* Hovarth) and the brown planthopper (*Nilaparvata lugens* Stal), with special reference to their outbreaks (in Japanese). Bull. Kyushu Agric. exp. Stat. 8: 1-152.
36. **Tjoa, T.M.** 1952. Memberantas hama-hama padi di sawah dan di dalam gudang (in Indonesia). Noordhoff-Rolff N.V. Jakarta. 127 pp.
37. **Van Der Plank, j.e.** 1968. Disease resistance in plants. Academic Press, New York and London. 206 pp.
38. **World Development Report.** 1982. Published for the World Bank. Oxford University Press. 172 pp.
39. **Yasamatsu, K., T. Wongsiri, S. Navavichit, and C. Tirawat.** 1975. Approaches towards integrated control of rice pests. Part I. Survey of Natural Enemies of Important Rice Pests in Thailand. Plant Prot. Serv. Tech. Bull. No. 24. Dept. Agric., Thailand and UNDP 9/FAO THA 68/526.

- I.N. Oka dan Bahagiawati A.H. **Pengendalian Hama Terpadu**
- Baehaki S.E dan Mohammad Iman. **Status dan Pengendalian Hama Wereng**
- J. Soejitno. **Bionomi dan Pengendalian Hama Penggerek Padi**
- Hendarsih Suharto dan Sri Suharni Siwi. **Walang Sangit dan Hama Minor Lain**
- Rochman dan Dandi Sukarna. **Pengendalian Hama Tikus**
- Edi Soenarjo. **Pengendalian Hama Ganjur**
- Suyono dan Dandi Sukarna. **Hama Pascapanen dan Pengendaliannya**
- M. Machmud dan M. Herman. **Penyakit Nematoda Padi dan Pengendaliannya**
- A. Mukelar dan M.K. Kardin. **Pengendalian Penyakit Jamur**
- M. Machmud. **Penyakit Bakteri Padi dan Pengendaliannya**
- Nasir Saleh dan D.M. Tantera. **Penyakit Virus dan Mikoplasma Padi**
- Djoko S. Damardjati dan Endang Y. Purwani. **Mutu Beras**
- Soemardi dan Ridwan Thahir. **Penanganan Pascapanen**
- Budi Tangendjaja. **Pemanfaatan Limbah Padi untuk Industri**
- Budi Tangendjaja. **Pemanfaatan Limbah Padi untuk Pakan**