



Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan
Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian

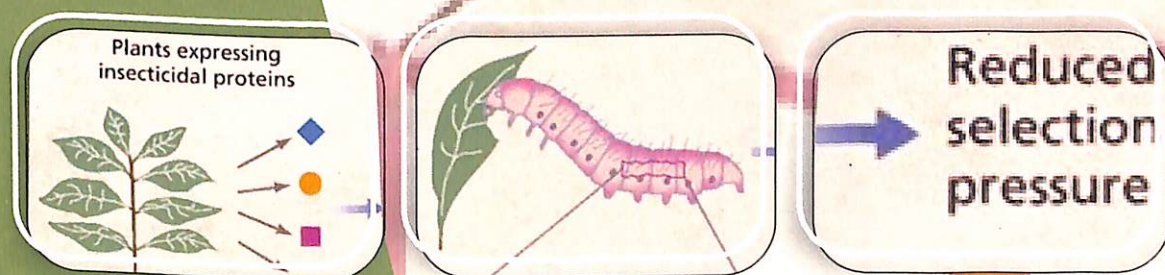
Sirkuler

TEKNOLOGI TANAMAN REMPAH DAN INDUSTRI

Teknologi Tanaman Perkebunan

RESISTEN TERHADAP HAMA

Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri



Unit Penerbitan dan Publikasi

Balitri 2011

Toxin A



Teknologi Tanaman Perkebunan Resisten terhadap Hama

Penyunting

Ir. Bambang Eka Tjahjana

Ir. Edi Wardiana

Dani, SP., M Sc

Ayi Ruslan

©Hak cipta dilindungi undang-undang, dilarang memperbanyak buku ini sebagian atau seluruhnya dalam bentuk dan dengan cara apapun juga, baik secara mekanis maupun elektronik termasuk fotocopy rekaman dan lain-lain tanpa izin tertulis dari penerbit.

ISBN : 978-602-99554-8-4

Unit Penerbitan & Publikasi

Balittri 2011

Alamat Redaksi :

Jln. Raya Pakuwon km-2 Parungkuda-Sukabumi 43357,

e-mail : upublikasi@gmail.com

Desain Sampul : Amrizal M Rivai

Setting : Dermawan P. dan Arifa N. Chan

ISBN : 978-602-99554-8-4

Sirkuler

Teknologi Tanaman Rempah dan Industri

TEKNOLOGI TANAMAN PERKEBUAN RESISTEN TERHADAP HAMA

Tanggal Terima :	19-4-2012
No. Induk :	1337/D/2012
Sumber :	Beli/Hadiah/Tukar

Samsudin



Unit Penerbitan dan Publikasi

Balitri 2011

KATA PENGANTAR

Fenomena adanya proses interaksi antara tanaman dengan serangga herbivor telah lama diketahui, diantaranya adalah ditemukannya tanaman yang tidak atau kurang diserang hama diantara tanaman-tanaman yang dibudidayakan, sehingga tanaman tersebut memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan tanaman lainnya yang sejenis. Tanaman yang tidak atau kurang diserang oleh hama tersebut kemudian disebut sebagai tanaman resisten. Mekanisme pertahanan tanaman merupakan sebuah manifestasi respon tanaman terhadap serangan serangga herbivor untuk menghindari atau mengurangi kerusakan yang ditimbulkannya.

Buku ini disusun untuk memberikan informasi yang sangat penting bagi para peneliti, penyuluh dan penentu kebijakan terutama bagi para pemulia tanaman agar dapat menyilangkan tanaman resisten dengan tanaman yang berproduksi tinggi, dengan harapan akan dihasilkan tanaman ideal yang resisten terhadap hama sekaligus memiliki produktivitas tinggi.

Kami mengucapkan terima kasih kepada penyusun yang telah bekerja keras tersusunnya buku ini sebagai pedoman untuk petani, penyuluh dan penentu kebijakan dalam pengembangan tanaman perkebunan ke depan. Adanya kritik dan saran membangun sangat diharapkan untuk kesempurnaan buku ini.

Balai Penelitian Tanaman Rempah
dan Aneka Tanaman Industri
Kepala,



Dr. Ir. Agus Wahyudi, M.S.

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
PENDAHULUAN.....	1
DEFINISI RESISTENSI TANAMAN	3
SEJARAH PERKEMBANGAN TANAMAN RESISTEN	2
MEKANISME RESISTENSI TANAMAN	4
SIFAT-SIFAT RESISTENSI TANAMAN.....	6
KEUNTUNGAN DAN KELEMAHAN PEMANFAATAN TANAMAN RESISTEN	9
PERAKITAN TANAMAN RESISTEN TERHADAP HAMA	10
SKRINING RESISTENSI TANAMAN TERHADAP HAMA.....	15
STATUS PENELITIAN TANAMAN PERKEBUNAN RESISTEN TERHADAP HAMA DI INDONESIA.....	20
PENUTUP	21
KEPUSTAKAAN	22

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 1. Faktor-faktor ketahanan morfologi yang umum ditemukan pada tanaman ..	8
Tabel 2. Beberapa gen tahan terhadap hama dan sumbernya	14

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Skema metode seleksi berulang (<i>recurrent selection</i>) pemuliaan ketahanan	11
Gambar 2. Perakitan tanaman resisten terhadap hama dengan rekayasa genetik	15

PENDAHULUAN

Proses interaksi antara tanaman dengan serangga hama telah terjadi secara kompleks dan berlangsung sangat lama secara terus menerus. Sehingga tanaman telah mengembangkan sistem pertahanan diri terhadap serangan serangga hama, sementara itu serangga berupaya untuk mengembangkan sistem adaptasi untuk dapat mengatasi sistem pertahanan tanaman tersebut. Futuyma dan Stalkin (1983) menjelaskan bahwa proses interaksi antara tanaman dan serangga akan menghasilkan perubahan secara bertahap dan terjadi secara resiprok, yang disebut dengan koevolusi (co-evolution).

Fenomena adanya proses interaksi antara tanaman dengan serangga herbivor telah lama diketahui, diantaranya adalah ditemukannya tanaman yang tidak atau kurang diserang hama diantara tanaman-tanaman yang dibudidayakan, sehingga tanaman tersebut memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan tanaman lainnya yang sejenis. Tanaman yang tidak atau kurang diserang oleh hama tersebut kemudian disebut sebagai tanaman resisten. Berbagai teori tentang resistensi tanaman ini kemudian dikembangkan dan dibuktikan dengan penelitian yang menunjukkan bahwa tanaman mempunyai suatu mekanisme pertahanan. Mekanisme pertahanan tanaman merupakan sebuah manifestasi respon tanaman terhadap serangan serangga herbivor untuk menghindari atau mengurangi kerusakan yang ditimbulkannya.

Informasi mekanisme pertahanan tanaman terhadap serangga hama merupakan informasi yang sangat penting bagi para pemulia tanaman untuk dapat menyilangkan tanaman resisten dengan tanaman yang berproduksi tinggi, dengan harapan akan dihasilkan tanaman ideal yang resisten terhadap hama sekaligus memiliki produktivitas tinggi (Anonim, 2007). Sejalan dengan perkembangan ilmu pengetahuan tentang tanaman, genetika dan biologi molekuler serta pemahaman terhadap sistem mekanisme pertahanan tanaman, saat ini para peneliti dapat melakukan identifikasi terhadap gen-gen yang menentukan sifat-sifat resistensi pada tanaman dan memasukkan gen pembawa sifat resistensi tersebut ke dalam tanaman target. Bahkan gen-gen yang menghasilkan toksin dari organisme lain seperti bakteri *Bacillus thuringiensis* saat ini dapat dimasukkan ke dalam genom tanaman yang “dirakit” sebagai tanaman resisten terhadap hama tertentu, yang kemudian toksin tersebut akan terekspresikan dalam tanaman.

Menurut Schoonhoven *et. al.* (1998) tanaman resisten dan musuh alami merupakan dua faktor dominan untuk mengendalikan populasi serangga herbivor di alam. Pada pendekatan pengendalian hama modern, pemanfaatan tanaman resisten tersebut akan menjadi faktor kunci

pengaturan populasi hama pada tanaman budidaya. Varietas tanaman yang tahan terhadap hama akan selalu didambakan petani dan merupakan salah satu komponen penting dalam pengendalian hama secara terpadu, oleh karena itu pengadaannya perlu terus diupayakan. Varietas dengan ketahanan tunggal (*vertical resistance*) mudah patah oleh timbulnya biotipe hama baru. Karena itu perlu diupayakan untuk merilis varietas dengan ketahanan horisontal atau ketahanan ganda (*multiple resistance*) atau multilini.

DEFINISI RESISTENSI TANAMAN

Definisi resistensi tanaman terhadap serangga yang disampaikan para ahli beragam sesuai sudut pandang mereka. Painter (1951) mendefinisikan resistensi tanaman merupakan sifat-sifat tanaman yang dapat diturunkan dan dapat mempengaruhi tingkat kerusakan oleh serangga. Beck (1965) mengemukakan bahwa resistensi tanaman adalah semua ciri dan sifat tanaman yang memungkinkan tanaman terhindar, mempunyai daya tahan atau daya sembuh dari serangan serangga dalam kondisi yang akan menyebabkan kerusakan lebih besar pada tanaman lain dari spesies yang sama. Sedangkan Teetes (1996) menyatakan bahwa dalam praktek pertanian, resistensi tanaman berarti kemampuan tanaman untuk berproduksi lebih baik dibandingkan tanaman lain dengan tingkat populasi hama yang sama.

SEJARAH PERKEMBANGAN TANAMAN RESISTEN

Upaya untuk menyeleksi tanaman yang lebih tahan terhadap serangan hama dan penyakit telah dilakukan oleh manusia sejak dimulainya proses budidaya tanaman (Schoonhoven *et al.*, 1998). Berikut ini disampaikan catatan sejarah penemuan tanaman resisten terhadap hama (Anonim, 2007), sebagai berikut:

1. Tahun 1782 Havens dari Amerika Serikat melaporkan ditemukannya satu kultivar gandum yang resisten terhadap lalat Hessian.
2. Tahun 1788 ditemukannya tanaman gandum resisten terhadap lalat *Mayetiola destructor* (Say) di New York.

3. Tahun 1831 dilaporkan oleh Lindley bahwa di Inggris telah ditemukan tanaman apel resisten terhadap kutu wol *Eriosoma lanigerum* (Hausmann).
4. Tahun 1888 Stahl dari Jerman pertama kali menggunakan istilah pertahanan kimia untuk menerangkan mengapa suatu tanaman tidak diserang serangga.
5. Tahun 1890 seorang ahli serangga Charles Valentine Riley mengimpor batang bawah anggur yang tahan terhadap *Phylloxera* anggur (*Phylloxera vitiloviae*). Namun tidak lama kemudian dilaporkan munculnya biotipe *Phylloxera* yang dapat mematahkan ketahanan tersebut.
6. Tahun 1900 ditemukannya Hukum Mendel mengenai sifat yang dapat diturunkan. Hukum Mendel dianggap sebagai awal perkembangan ilmu pemuliaan untuk tanaman terhadap hama. Upaya pemuliaan tanaman resisten terhadap serangga dilakukan pada awal hibridisasi tanaman.
7. Tahun 1907 Beffen menyatakan bahwa penyakit karat gandum dikendalikan oleh gen tunggal resesif. Temuan ini mendorong ahli genetik dan pemulia tanaman mencari gen penentu sifat resistensi pada tanaman.
8. Tahun 1920-an Prof. Reginald H Paniter dari Kansas State University memulai upaya pemuliaan tanaman gandum resisten terhadap lalat Hessian.
9. Tahun 1951 Painter mengemukakan dasar-dasar ketahanan tanaman terhadap serangga.
10. Tahun 1959 IRRI didirikan di Los Banos dengan misi varietas padi berproduksi tinggi. Keberhasilan ini berkontribusi besar dalam revolusi hijau di Asia. Bersamaan dengan itu dikembangkan program mengidentifikasi faktor resistensi terhadap hama dan penyakit dan pemuliaan tanaman resistensi terhadap hama dan penyakit.
11. Tahun 1960-1980 dilaporkan telah ditemukan senyawa kimia sebagai faktor resistensi tanaman terhadap serangga, salah satunya adalah DIMBOA.
12. Tahun 1964 berbagai varietas resistensi sudah menyebar luas dan beberapa hama utama dapat diatasi.
13. Tahun 1970 Hatchett & Gallun mempelajari kemampuan genetik *Hessian fly* mengatasi tanaman gandum resisten.

14. Tahun 1973 dilepas varietas padi tahan terhadap wereng. Beberapa tahun kemudian ternyata wereng dapat mematahkan ketahanan tersebut.
15. Tahun 1980 Gallun & Kush mempelajari genetika yang mendasari interaksi tanaman terhadap serangga untuk menerangkan fenomena timbulnya biotipe baru yang mematahkan ketahanan tanaman terhadap serangga.
16. Tahun 1980 Maxwell & Jennings melaporkan berbagai kemajuan penelitian resistensi tanaman terhadap serangga, antara lain: dasar-dasar kimia, fisik dan sensori serangga serta perannya dalam tanaman resisten terhadap hama dan penyakit.
17. Tahun 1989 Smith melaporkan ratusan tanaman resisten dimanfaatkan di seluruh dunia terutama untuk tanaman pangan.
18. Tahun 1990 terjadi perkembangan yang luar biasa dalam bidang bioekologi, biologi molekuler dan teknik kultur jaringan yang telah mendorong kemajuan dalam pengembangan tanaman resisten. Dengan penggunaan teknik fusi protoplasma memungkinkan menghasilkan hibrida secara cepat. Pemindahan gen dan spesies liar ke kultivar unggul dimungkinkan. Rekayasa genetik gen Bt yang menentukan sifat racun terhadap serangga dapat dipindahkan ke tanaman.
19. Tahun 2000-an telah diperdagangkan berbagai varietas resisten hasil rekayasa genetik tetapi interaksi tanaman-serangga dan berbagai faktor yang melandasi tanaman resisten masih belum mendapat perhatian.

MEKANISME RESISTENSI TANAMAN

Ada 4 strategi dasar yang digunakan tanaman sebagai mekanisme pertahanan dirinya untuk mengurangi kerusakan akibat serangan serangga herbivor, yaitu: 1) *escape* atau menghindari serangan serangga berdasarkan waktu atau tempat, misalnya tumbuh pada tempat yang tidak mudah diakses oleh herbivor atau menghasilkan bahan kimia penolak herbivor (*repellen*), 2) tanaman toleran terhadap herbivor dengan cara mengalihkan herbivor untuk makan bagian yang tidak penting bagi tanaman atau mengembangkan kemampuan untuk melakukan penyembuhan (*recovery*) dari kerusakan akibat serangan herbivor, 3) tanaman menarik datangnya musuh alami bagi herbivor yang dapat melindungi tanaman tersebut dari serangan herbivor, dan

4) tanaman melindungi dirinya sendiri secara konfrontasi menggunakan mekanisme pertahanan kimia atau mekanik, seperti menghasilkan toksin yang dapat membunuh herbivor atau dapat mengurangi kemampuan herbivor untuk mencerna tanaman itu yang sering disebut dengan antibiosis (Painter, 1951).

Oleh karena itu, suatu varietas tanaman dapat disebut tahan apabila (1) memiliki sifat-sifat yang memungkinkan tanaman itu menghindar, atau pulih kembali dari serangan hama pada keadaan yang akan mengakibatkan kerusakan pada varietas lain yang tidak tahan, (2) memiliki sifat-sifat genetik yang dapat mengurangi tingkat kerusakan yang disebabkan oleh serangan hama, (3) memiliki sekumpulan sifat yang dapat diwariskan, yang dapat mengurangi kemungkinan hama untuk menggunakan tanaman tersebut sebagai inang, atau (4) mampu menghasilkan produk yang lebih banyak dan lebih baik dibandingkan dengan varietas lain pada tingkat populasi hama yang sama (Sumarno, 1992).

Painter (1951) membagi mekanisme resistensi tanaman terhadap serangga hama ke dalam 3 bentuk, yaitu:

- a). Ketidaksukaan (*non preferences*) yang kemudian oleh Kogan dan Ortman (1978), istilah tersebut diganti dengan antixenosis atau menolak kehadiran serangga pada tanaman. Bentuk mekanisme resistensi antixenosis dibagi dalam dua kelompok, yaitu antixenosis kimiawi, menolak karena adanya senyawa allelokimia, misalnya kumbang mentimun *Diabrotica undecimpunctata* menyenangi mentimun yang memiliki kandungan kukurbitasin (suatu zat atraktan dan penggairah makanan) dan antixenosis fisik, menolak karena adanya struktur atau morfologi tanaman, misalnya *Conomorpha cramerella* tidak menyukai meletakkan telurnya pada buah kakao yang licin (halus) jika dibandingkan dengan buah kakao yang kasar.
- b). Antibiosis yaitu semua pengaruh fisiologis pada serangga yang merugikan dan bersifat sementara atau yang tetap, yang merupakan akibat dari serangga yang makan dan mencerna jaringan atau cairan tanaman tertentu. Gejala-gejala akibat antibiosis pada serangga diantaranya adalah kematian larva atau pradewasa, pengurangan laju pertumbuhan, peningkatan mortalitas pupa, ketidakberhasilan dewasa keluar dari pupa, imago tidak normal dan fekunditas serta fertilitas rendah, masa hidup serangga berkurang, terjadi malformasi morfologi, kegagalan mengumpulkan cadangan makanan dan kegagalan hibernasi, perilaku gelisah dan abnormalitas lainnya. Menurut Kogan dan Ortman (1978) gejala-gejala abnormal tersebut terjadi diakibatkan oleh beberapa hal, antara lain adanya metabolit toksik pada jaringan tanaman seperti alkaloid, glukosid dan quinon, tidak ada atau kurang tersedianya unsur nutrisi utama bagi serangga,

ketidakseimbangan perbandingan unsur-unsur nutrisi yang tersedia, adanya antimetabolit yang menghalangi ketersediaan beberapa unsur nutrisi bagi serangga, dan adanya enzim-enzim yang mampu menghalangi proses pencernaan makanan dan pemanfaatan unsur nutrisi oleh serangga. Contoh beberapa kasus antibiosis, antara lain kandungan gosipol pada untuk ketahanan *Heliothis*, pengurangan kadar asparagin pada varietas yang tahan terhadap wereng coklat padi, kandungan DIMBOA (*glucoside*) pada jagung untuk ketahanan terhadap penggerek batang jagung (*Ostrinia sp*).

- c). Toleran merupakan respon tanaman terhadap serangga, sehingga beberapa ahli tidak memasukkannya dalam ketahanan. Beberapa faktor yang mengakibatkan tanaman toleran terhadap serangan hama adalah kekuatan tanaman secara umum, pertumbuhan kembali jaringan tanaman yang rusak, ketegaran batang dan ketahanan terhadap rebah, produksi cabang tambahan, pemanfaatan lebih efisien oleh serangga dan kompensasi lateral oleh tanaman tetangganya. Misalnya, tanaman jagung yang memiliki volume perakaran yang lebih besar lebih tahan terhadap kumbang akar jagung *Diabrotica virgifera*.

SIFAT-SIFAT RESISTENSI TANAMAN

Ketahanan tanaman inang terhadap hama, dapat bersifat : (1) *genetis*, yaitu sifat tahan yang diatur oleh sifat-sifat genetik yang dapat diwariskan, (2) *morfologis*, yaitu sifat tahan yang disebabkan oleh sifat morfologi tanaman yang tidak menguntungkan hama, dan (3) *ekologis*, yaitu ketahanan tanaman yang disebabkan oleh pengaruh faktor lingkungan.

Ketahanan genetis

Berdasarkan susunan dan sifat-sifat gen, ketahanan genetis dapat dibedakan menjadi : (1) monogenik, sifat tahan diatur oleh satu gen dominan atau resesif, (2) oligogenik, sifat tahan diatur oleh beberapa gen yang saling menguatkan satu sama lain, (3) poligenik, sifat tahan diatur oleh banyak gen yang saling menambah dan masing-masing gen memberikan reaksi yang berbeda-beda terhadap biotipe hama sehingga mengakibatkan timbulnya ketahanan yang luas. Ketahanan genetik juga dapat dibedakan menjadi beberapa tipe : (1) ketahanan vertikal, ketahanan hanya terhadap satu biotipe hama, dan biasanya bersifat sangat tahan tetapi mudah patah oleh munculnya biotipe baru, (2) ketahanan horizontal atau ketahanan umum, ketahanan terhadap banyak biotipe

hama dengan derajat ketahanan “agak tahan “, dan (3) ketahanan ganda, memiliki sifat tahan terhadap beberapa jenis hama.

Tipe ketahanan vertikal dikendalikan oleh gen tunggal (monogenik) atau oleh beberapa gen (oligogenik) dan hanya efektif terhadap biotipe hama tertentu. Secara umum sifat ketahanan vertikal mempunyai ciri-ciri : (1) biasanya diwariskan oleh gen tunggal atau hanya sejumlah kecil gen, (2) relatif mudah diidentifikasi dan banyak dipakai dalam program perbaikan ketahanan genetik, 3) biasanya dikaitkan dengan hipotesis “gen for gen”, (4) menghasilkan ketahanan genetik tingkat tinggi, tidak jarang mencapai imunitas, tetapi jika timbul biotipe baru maka ketahanan ini akan mudah patah dan biasanya tanaman menjadi sangat rentan terhadap biotipe tersebut, dan (5) biasanya menunda awal terjadinya epidemi, tetapi apabila terjadi epidemi maka kerentanannya tidak akan berbeda dengan kultivar yang rentan (Van der Plank, 1963 dalam Sutopo dan Saleh, 1992).

Tipe Ketahanan horizontal disebut juga ketahanan kuantitatif. Tanaman yang memiliki ketahanan demikian masih menunjukkan sedikit kepekaan terhadap hama tetapi memiliki kemampuan untuk memperlambat laju perkembangan epidemi. Secara teoritis, ketahanan horisontal efektif untuk semua biotipe suatu hama. Oleh karena itu, umumnya sulit dipatahkan meskipun muncul biotipe baru dengan daya serang yang lebih tinggi. Varietas dengan tipe ketahanan demikian dapat diperoleh dengan cara mempersatukan beberapa gen ketahanan minor ke dalam suatu varietas dengan karakter agronomik yang unggul melalui pemuliaan konvensional (Kush, 1997) maupun non-konvensional (Arus dan Moreno-Gonzalez, 1993, Liu *et al.*, 2000, Witcombe dan Hash, 2000). Ciri-ciri khusus ketahanan horizontal adalah : (1) biasanya memiliki tingkat ketahanan yang lebih rendah dibandingkan dengan tipe ketahanan vertikal, dan jarang didapat imunitas, (2) diwariskan secara poligenik dan dikendalikan oleh beberapa atau banyak gen, (3) pengaruhnya terlihat dari penurunan laju perkembangan epidemi.

Berdasarkan gambaran di atas dapat disimpulkan, bahwa pemanfaatan varietas unggul dengan tipe ketahanan horisontal akan efektif terutama bila pada daerah pertanian terdapat beberapa biotipe hama, karena varietas ini mempunyai beberapa gen pengendali ketahanan (poligenik) sehingga akan mampu mengendalikan serangan beberapa biotipe hama. Salah satu kerugian pemanfaatan varietas unggul dengan ketahanan horizontal adalah karena sifat ketahanan ini masih memungkinkan terjadinya infestasi oleh hama. Walaupun tingkat infestasi tersebut tidak menimbulkan kerugian ekonomik, tetapi tingkat penerimaan konsumen mungkin menjadi rendah. Misalnya, rendahnya permintaan konsumen atas buah yang luka atau sedikit berlubang, juga hasil biji

bijian yang berubah warnanya akibat serangan hama (Sumarno, 1992).

Ketahanan morfologi

Ketahanan morfologi adalah ketahanan tanaman yang dipengaruhi oleh bentuk fisik dan struktur jaringan tanaman sehingga mempengaruhi penggunaannya sebagai inang oleh serangga (Beck, 1965; Pathak, 1975). Dalam Tabel 1 dapat dilihat beberapa faktor fisik tanaman yang menyebabkan ketahanan dan pengaruhnya terhadap serangga (Norris dan Kogan, 1980).

Tabel 1. Faktor-faktor ketahanan morfologi yang umum ditemukan pada tanaman

Faktor-faktor tanaman	Pengaruhnya terhadap serangga
Ketebalan dinding sel, peningkatan kekerasan jaringan	Gangguan pada makan dan mekanisme peletakan telur
Pemulihan jaringan yang terluka	Serangga mati setelah pelukaan awal
Kekokohan dan sifat-sifat lain dari batang	Gangguan pada makan, mekanisme peletakan telur, dehidrasi telur
Rambut-rambut	Pengaruh pada makan, pencernaan, peletakan telur, daya gerak, menempel, pengaruh racun dan pengacauan oleh alelokimia kelenjar rambut, halangan sebagai tempat tinggal
Akumulasi lilin pada permukaan	Pengaruh pada kolonisasi dan peletakan telur
Kandungan silika	Abrasi kutikula, hambatan makan
Adaptasi anatomi dari organ nonspesifik dan struktur pelindung	Berbagai pengaruh

Sumber : Norris dan Kogan, 1980

Ketahanan ekologi

Ketahanan ekologi atau ketahanan tampak (*apparent resistance*) atau ketahanan palsu (*pseudo resistance*) dikendalikan oleh keadaan lingkungan. Ketahanan ekologi ini tidak diturunkan dan tergantung dari kekuatan tekanan dari lingkungan. Ada 3 bentuk ketahanan ekologi yaitu; a) pengelakan inang (*escape*), misalnya fenologi tanaman dan fenologi serangga sangat jauh berbeda, b) ketahanan dorongan, misalnya ketahanan yang disebabkan adanya unsur hara N,P,K yang sangat mempengaruhi populasi hama seperti Aphis yang sangat peka terhadap kandungan N pada tanaman dan mempunyai respon negatif terhadap kandungan K, c) ketahanan karena luput dari serangan hama, hal ini terjadi karena serangga hama menyerang tanaman inang secara acak, sehingga ada beberapa tanaman luput dari serangan.

KEUNTUNGAN DAN KELEMAHAN PEMANFAATAN TANAMAN RESISTEN

Keuntungan pemanfaatan tanaman resisten

Keuntungan menggunakan varietas resisten dalam pengendalian hama antara lain: (1) mengendalikan populasi hama tetap di bawah ambang kerusakan dalam jangka panjang, (2) tidak berdampak negatif pada lingkungan, (3) tidak membutuhkan alat dan teknik aplikasi tertentu, dan (4) tidak membutuhkan biaya tambahan lain (Wiryadiputra, 1996). Namun demikian penggunaan varietas resisten tidak selamanya efektif, terutama apabila menggunakan varietas dengan ketahanan tunggal (ketahanan vertikal) secara terus menerus (Liu *et al.*, 2000, Witcombe dan Hash, 2000).

Secara ekonomi keuntungan penggunaan tanaman resisten disebabkan karena tanaman resisten dapat meminimumkan kehilangan hasil akibat serangan hama dan dapat mengurangi pengeluaran untuk penggunaan pestisida. Beberapa contoh keuntungan ekonomi dari pemanfaatan tanaman resisten adalah: keuntungan petani gandum karena penggunaan varietas resisten mencapai \$250 juta per tahun, sedangkan pemanfaatan varietas padi IR 36 yang mempunyai sifat resistensi ganda telah menyelamatkan produksi petani di Asia senilai \$ 1 triliun. Hasil analisa keuntungan ekonomi dan pengurangan insektisida dari tanaman hasil rekayasa genetik dengan menyisipkan gen yang menghasilkan toksin dari bakteri *Bacillus thuringiensis* (Bt) di Amerika Serikat pada tahun 1999 yang dilakukan EPA adalah \$ 65.4 juta (jagung), \$ 45.9 juta (kapas), \$0.2 juta (jagung manis) dan \$ 0.5 juta (kentang), sehingga total keuntungan ekonomi mencapai \$ 111.9 juta. Sedangkan pada pengurangan insektisida adalah sebesar 7.5 juta acre perlakuan (kapas), 0.127 juta (jagung manis) dan 0.089 juta (kentang), tetapi belum bisa dikalkulasi pada pertanaman jagung karena banyak jenis hama yang menyerangnya (Shelton *et al.*, 2002).

Keuntungan lain dari pemanfaatan tanaman resisten dalam pengendalian hama adalah berkurangnya penggunaan pestisida kimia yang berarti mengurangi polusi racun kimia pada lingkungan dan dapat mempertahankan atau meningkatkan keanekaragaman spesies. Di samping itu dalam tataran operasional pemanfaatan tanaman resisten kompatibel untuk dikombinasikan dengan hampir semua taktik pengendalian.

Kelemahan Penggunaan Tanaman Resisten

Oka (1995) menyampaikan beberapa kelemahan penggunaan tanaman resisten terhadap hama berdasarkan pengalaman selama ini, sebagai berikut:

- a). Daya tahan suatu varietas unggul yang berhasil dirakit sampai sekarang terbatas menghadapi beberapa spesies hama saja.
- b). Varietas yang baru berhasil dirakit belum tentu disukai oleh petani dan konsumen, karena belum dapat memenuhi keinginan mereka, seperti rasa, umur tanaman, produktifitas, dan lain-lain.
- c). Memperkenalkan varietas baru kepada petani memerlukan usaha penyuluhan yang intensif dan memakan waktu.
- d). Biaya yang harus disediakan untuk mengganti varietas lama dengan yang baru cukup banyak.
- e). Penelitian memerlukan waktu yang cukup lama untuk menghasilkan satu varietas unggul baru yang tahan terhadap satu spesies hama.
- f). Tidak mudah untuk menggabungkan faktor-faktor ketahanan dari suatu varietas atau organisme ke dalam varietas baru.

PERAKITAN TANAMAN RESISTEN TERHADAP HAMA

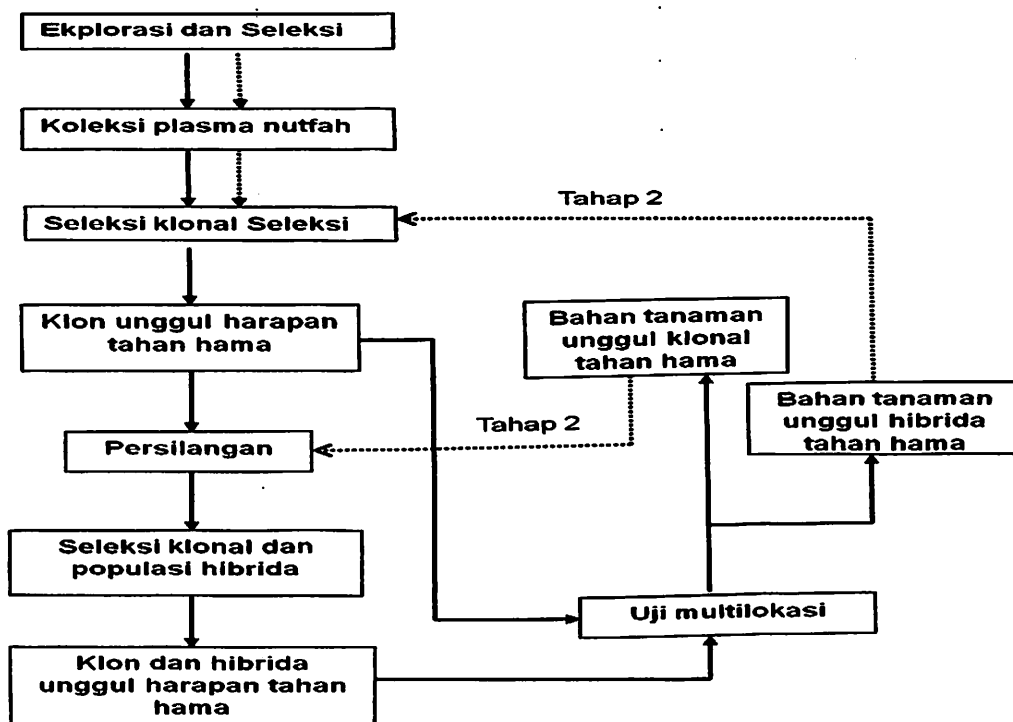
Perakitan tanaman resisten terhadap hama secara konvensional

Program perakitan dan pengembangan tanaman resisten terhadap hama secara konvensional memerlukan kerjasama team dari berbagai bidang keahlian, antara lain pemulia tanaman (*breeder*), ahli hama (*entomologist*), ahli penyakit tanaman (*plant pathologists*), ahli nematoda (*nematologist*), ahli gulma (*weed scientists*), ahli tanah (*soil scientists*), ahli fisiologi tanaman (*plant physiologists*), ahli agronomi (*agronomists*), dan ahli sosial ekonomi (*socio-economists*) (Heinrichs, 1994) dan didukung pula oleh koleksi plasma nutfah yang memadai.

Beberapa kegiatan yang terkait dengan program perakitan dan pengembangan tanaman resisten, antara lain:

1. Identifikasi sumber ketahanan.
2. Penetapan mekanisme ketahanan.
3. Penyilangan sifat ketahanan dengan sifat agronomik lainnya sehingga dapat diperoleh tanaman yang unggul.
4. Analisa genetik terhadap sifat ketahanan.
5. Identifikasi sifat-sifat kimia dan sifat fisika ketahanan.
6. Pengujian laboratorium dan rumah kaca.
7. Pengujian di lapangan multi lokasi.
8. Perlepasan tanaman tahan hama yang baru.

Menurut Untung (1993), kegiatan identifikasi sumber ketahanan tanaman memerlukan beberapa kegiatan penelitian, antara lain penentuan ukuran atau kriteria ketahanan, metode perbanyakkan serangga di laboratorium, penentuan tanaman yang di uji dan metode infestasi massal hama di rumah kaca atau dipetak percobaan. Sedangkan metode pemuliaan yang sering digunakan untuk merakit tanaman resisten terhadap hama, antara lain metode *backcrossing*,



pedigree selection, *single-seed descent*, and *reccurent selection*. Salah satu contoh metode pemuliaan untuk merakit tanaman resisten terhadap hama yaitu metode *reccurent selection* digambarkan pada gambar 1.

Gambar 1. Skema metode seleksi berulang (*recurrent selection*) pemuliaan ketahanan

Sumber genetik ketahanan terhadap hama diperoleh dari hasil eksplorasi dan seleksi. Klon-klon tahan terseleksi selanjutnya digunakan sebagai induk persilangan untuk membentuk bahan tanam baru atau sebagai genotipe unggul harapan tahan hama (Susilo, 2008).

Perakitan tanaman transgenik tahan hama

Tanaman transgenik yang pertama kali dilepas secara komersial pada tahun 1996 dan sangat populer di dunia adalah tanaman transgenik yang membawa gen penyandi delta-endotoksin (*gen cry*) dari *Bacillus thuringiensis* (Bt). Saat ini, pengembangan tanaman transgenik sudah mengalami kemajuan yang sangat pesat. Bukan hanya tanaman transgenik Bt, tetapi juga tanaman transgenik lainnya yang ditujukan untuk peningkatan produktivitas, stabilitas hasil, dan nilai tambah produk pertanian. Mulai adanya keterbukaan banyak negara untuk menanam dan menerima produk tanaman transgenik menjadi pemicu kemajuan riset dalam pengembangan tanaman transgenik.

Menurut laporan *International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications* (ISAAA), luas areal tanaman transgenik di dunia mencapai 102 juta hektar pada tahun 2006. Hal ini menunjukkan terjadi penambahan luas lahan tanaman transgenik 12 juta hektar dibanding tahun sebelumnya. Diperkirakan nilai pasar global dari tanaman tersebut untuk tahun 2006 sebesar US\$ 1,5 milyar. Jumlah tersebut hanya 16% dari nilai pasar global tanaman pangan sebesar US\$ 38,5 milyar. Sementara itu menurut data *global status of commercialized biotech/ GM crops* tahun 2010, luas tanaman transgenik yang ditanam di 29 negara sudah mencapai 148 juta hektar. Dari luasan itu, sekitar 39% atau 58,6 juta hektar adalah tanaman transgenik Bt.

Perakitan tanaman transgenik tahan hama merupakan salah satu bidang yang mendapat perhatian besar dalam perbaikan tanaman. Perakitan tanaman transgenik tahan hama umumnya memanfaatkan gen dari *B. thuringiensis* (Bt). *B. thuringiensis* menghasilkan protein kristal Bt, atau *Crystal protein* (Cry) yang merupakan protein endotoksin yang bersifat racun bagi serangga (*insektisidal*) (Macintosh *et al.*, 1990).

Tersedianya bioaktif dari kristal protein yang dikode oleh gen Bt tersebut, memungkinkan modifikasi genetik tanaman yang disisipi dengan gen Bt sehingga dihasilkan tanaman transgenik Bt. Bt protein yang dihasilkan oleh gen Bt dapat meracuni hama yang menyerang tanaman. Setelah dimakan oleh serangga hama, protein Bt dipecah oleh suatu enzim pemecah dalam pencernaan yang bersifat alkalin dari larva serangga dan menghasilkan protein pendek yang mengikat dinding pencernaan. Pengikatan dapat menyebabkan kerusakan membran sel sehingga larva berhenti beraktivitas (Syngenta Seeds Communication, 2003).

Terdapat dua metode dalam pemanfaatan teknologi transfer gen (transgenik), yaitu secara langsung dan tidak langsung. Metode transfer gen secara langsung di antaranya adalah:

a. Elektroforasi (*electroporation*)

Metode ini menggunakan protoplas sebagai inang. Dengan bantuan polyetilen glikol (PEG), DNA interes terpresipitasi dengan mudah dan kontak dengan protoplas. Setelah dilakukan elektroforasi dengan voltase yang tinggi permeabilitas protoplas menjadi lebih tinggi, sehingga DNA melakukan penetrasi ke dalam protoplas. Metode elektroforasi telah diaplikasikan pada protoplas jagung dan berhasil mendapatkan tanaman jagung transgenik (Rhodes *et al.*, 1988) tetapi tidak fertil.

b . Penembakan partikel (*Particle bombardment*), yaitu teknologi yang menggunakan metode penembakan partikel atau *gen gun*. DNA yang melapisi partikel ditembakkan secara langsung ke dalam sel atau jaringan tanaman. Partikel yang mengandung DNA tersebut menembus dinding sel dan membran, kemudian DNA berdifusi dan menyebar di dalam sel secara independen. Metode transformasi dengan penembakan partikel pertama kali diaplikasikan pada jagung oleh Gordon-Kamm *et al.* (1990) dan berhasil mendapatkan jagung transgenik yang fertil.

c. Karbid silikon (*silicon carbide*), yaitu teknologi transfer gen di mana suspensi sel tanaman inang dicampur dengan serat karbid silikon yang mengandung DNA plasmid dari gen interes, kemudian dimasukkan ke dalam tabung mikro dan dilakukan pemutaran dengan vortex. Serat silikon karbida berfungsi sebagai jarum injeksi mikro (*micro injection*) untuk memudahkan perpindahan DNA ke dalam sel tanaman. Metode ini telah digunakan dan menghasilkan tanaman jagung transgenik yang fertil (Kaeppeler *et al.*, 1990).

Transfer gen secara tidak langsung, yaitu transfer gen yang dilakukan melalui bantuan bakteri *Agrobacterium* (tidak langsung ditransfer ke sel atau tanaman). Gen yang berupa fragmen DNA disisipkan pada plasmid Ti (*tumor inducing*) dari bakteri *Agrobacterium*. Melalui bakteri tersebut Ti yang mengandung fragmen DNA diinfeksi ke dalam inti sel dan berintegrasi dalam genom tanaman.

Beberapa gen tahan terhadap serangan hama telah berhasil diisolasi dari beberapa sumber seperti tercantum pada Tabel 2 dan dapat diintroduksi pada tanaman.

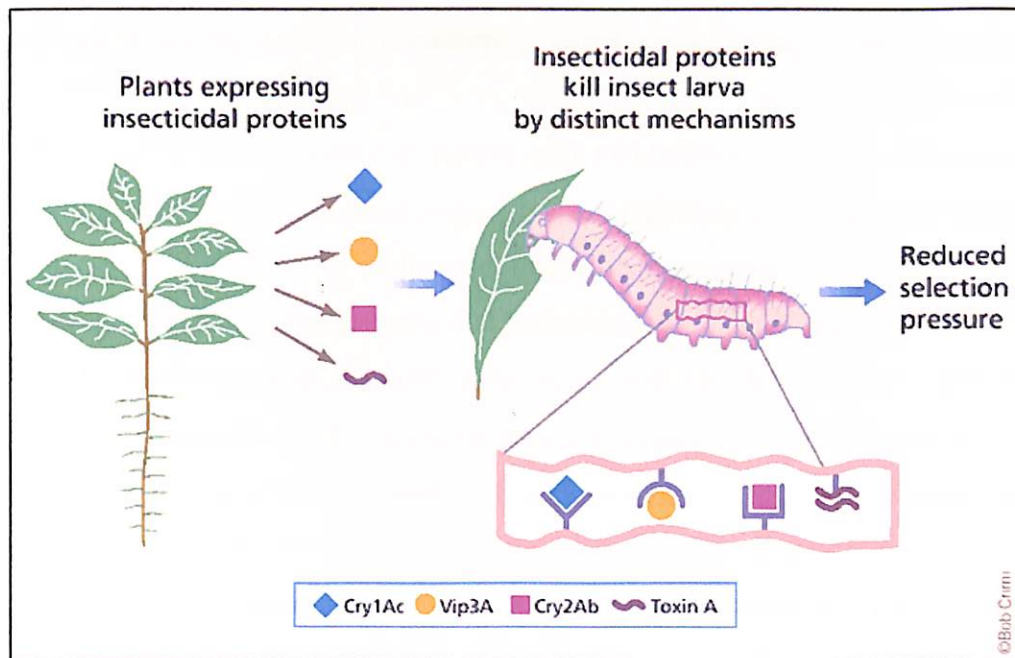


Tabel 2. Beberapa gen tahan terhadap hama dan sumbernya

Hama sasaran	Nama gen	Sumber gen
Coleoptera	<i>α-amylase inhibitor</i>	Tanaman
	<i>cryIII, cryV, cryVII</i>	Bakteri
	<i>proteinase inhibitor</i>	Tanaman
Diptera	<i>CryIV</i>	Bakteri
Homoptera	GNA	Tanaman
Lepidoptera	<i>cryI, cryII, cryV, cryIX, cryX</i>	Bakteri
	<i>cowpea trypsin inhibitor, proteinase inhibitor</i>	Tanaman

Teknologi tanaman transgenik sudah mulai diterapkan pada beberapa tanaman perkebunan seperti tebu, tembakau, kelapa sawit dan lain-lain. Di Amerika, hingga saat ini tanaman transgenik yang paling banyak dilepas adalah kapas. Kapas transgenik yang terkenal adalah kapas Bt. Dengan introduksi gen *Bt*, tanaman kapas menjadi tahan terhadap hama yang disebabkan tanaman dapat memproduksi protein *Bt-toxin*. Perakitan tanaman perkebunan yang mengandung kombinasi dua atau lebih toksin Bt akan lebih efektif untuk mengendalikan hama sasaran (Tabashnik, *et al.* 2009).

Meski dianggap efektif mengendalikan hama dan menurunkan penggunaan pestisida, tetapi penanaman tanaman transgenik Bt menghadapi risiko patahnya ketahanan tanaman dan munculnya serangga hama yang resisten. Resistensi serangga terhadap Bt sudah banyak dilaporkan sebelum adanya penanaman tanaman transgenik Bt, dan risiko patahnya ketahanan tanaman juga tidak hanya dihadapi oleh tanaman transgenik yang dikembangkan melalui bioteknologi, tetapi juga oleh varietas-varietas tahan yang dikembangkan secara konvensional. Perkembangan resistensi hama merupakan proses alami yang akan selalu terjadi ketika serangga mengalami tekanan seleksi yang kuat dan terus-menerus, sehingga muncul serangga yang mampu beradaptasi dengan baik. Artinya, munculnya resistensi hama merupakan sesuatu yang tidak dapat dihindari, tetapi dapat dihambat melalui strategi pengelolaan hama yang tepat.



Gambar 2. Perakitan tanaman resisten terhadap hama dengan rekayasa genetik
(Sumber: <http://www.nature.com/nbt/journal>)

SKRINING RESISTENSI TANAMAN TERHADAP SERANGGA HAMA

Keberhasilan program pemuliaan resistensi terhadap hama sangat tergantung pada efisiensi teknik skrining. Skrining yang dilakukan pada kondisi laboratorium harus mempertimbangkan hal-hal berikut:

1. Hubungan tanaman inang dengan hama, pada kasus tertentu, akan berbeda antara kondisi laboratorium dengan kondisi lapangan/alami.
2. Mengetahui tentang biologi serangga, perkembangan, reproduksi, cara hidup, cara makan dan kisaran tanaman inangnya.
3. Memperhatikan keseragaman pemberian jumlah telur, larva, atau serangga dewasa, pada plot yang diinfeksi.

4. Memperhatikan fase pertumbuhan larva yang dilepas, misalnya instar kesatu, kedua, dst.
5. Populasi serangga yang dilepas harus mencakup semua biotipe yang biasa menyerang di daerah tersebut.
6. Memperhatikan fase pertumbuhan tanaman yang dipergunakan, misalnya fase bibit, dewasa, atau fase berbuah, yang memungkinkan serangan hama berlangsung secara maksimum.
7. Keragaman plasma nutfah yang diuji harus memadai.

Varietas yang memiliki sifat tahan terhadap hama tertentu perlu dicari dari plasma nutfah, yang jumlahnya mungkin puluhan ribu. Identifikasi sumber ketahanan dari koleksi plasma nutfah ini dilakukan dengan metode skrining. Kriteria dalam melakukan skrining tergantung pada tipe ketahanan tanaman (penghindaran, antixenosis (non-preference), tolerance, atau antibiosis). Tipe ketahanan yang terbaik tergantung pada jenis tanaman, jenis hama, hasil panen, serta toleransi konsumen terhadap kerusakan oleh hama. Ketahanan antibiosis misalnya, akan kurang bermanfaat jika adanya zat kimia penimbul antibiotik menurunkan mutu hasil.

Skrining dapat dilakukan di lapang, dalam kurungan, dalam rumah kaca, atau di laboratorium, masing-masing dengan kelebihan dan kekurangannya. Skrining di lapang hanya dapat diterapkan pada tanaman yang hamanya mudah berkembang di lapangan, atau hamanya terdapat di lapangan secara merata. Untuk jenis hama yang dapat berpindah dengan cara terbang, maka skrining di lapangan hasilnya tidak meyakinkan. Adakalanya infeksi buatan perlu dilakukan seperti pada skrining ketahanan terhadap penggerek batang jagung. Dalam hal ini perlu dilakukan pembiakan larva di laboratorium.

Skrining dalam kurungan sangat teliti, tetapi memerlukan banyak biaya. Cara ini dipergunakan untuk mengevaluasi hasil skrining di lapangan, dan terutama dipakai untuk skrining terhadap hama yang mudah terbang dan berpindah. Skrining ketahanan varietas terhadap hama gudang sering dilakukan di laboratorium dengan menggunakan kotak berisi biji-bijian. Varietas yang diteliti ditulari serangga hama. Agar hama dapat hidup, pada bagian tutup kotak dibuat jendela udara yang ditutup kain kasa.

Secara umum untuk keberhasilan skrining baik di lapangan maupun di rumah kaca atau di laboratorium harus memperhatikan hal-hal berikut :

(1) biotipe hama yang diuji harus sama (murni), (2) populasinya merata, (3) stadia pertumbuhan hama harus seragam (uniform), (4) cara pembiakan hama telah dikuasai sehingga dihasilkan hama yang sehat, (5) varietas pembanding baik yang tahan maupun yang rentan harus diikuti sertakan dan harus berupa varietas murni atau homosigot, (6) cara penentuan reaksi tahan dan tidak tahan harus efisien, efektif, dan jelas terlihat secara visual, (7) lingkungan seragam, (8) teknik penularan hama telah dikuasai (jumlah hama per tanaman dan stadia hama yang digunakan), (9) tanaman yang diskriming harus bebas dari gangguan faktor lain seperti gulma, kekeringan, unsur hara, dan lain-lain, serta (10) pengamatan dilakukan pada saat yang tepat ; mungkin perlu pengamatan beberapa kali pada waktu yang berbeda.

Uji yang digunakan dalam melakukan skrining tergantung pada tipe ketahanan tanaman, yaitu: *antixenosis (non-preference) test*, *tolerance test*, atau *antibiosis test*.

a. *Antixenosis (Preference) test*

Uji preferensi dilakukan untuk mengetahui tingkat preferensi suatu hama terhadap varietas yang diuji, sehingga dapat ditentukan apakah suatu varietas menjadi inang utama atau sebagai inang alternatif. Makin tinggi tingkat preferensi suatu hama berarti makin rentan suatu varietas, sehingga dapat ditentukan apakah suatu varietas dapat dijadikan sebagai sumber gen ketahanan atau tidak. Variabel yang diamati dalam uji preferensi adalah : intensitas serangan hama, populasi larva, dan berat larva (Kardian, 1993) atau preferensi nimfa, preferensi stadia dewasa jantan dan betina, preferensi meletakkan telur, dan persentase telur menetas (Sharma *et al.*, 2002).

b. *Tolerance test*

Uji toleransi dilakukan untuk mengetahui kemampuan recovery tanaman setelah mengalami kerusakan akibat serangan hama. Dalam hal ini, hama hadir pada tanaman inang, namun kerusakan dan kerugian yang ditimbulkan dapat diminimalisir karena kemampuan varietas tersebut untuk memperbaiki (*repair*) dan mengganti (*replace*) kerusakan yang diinduksi oleh hama sehingga tanaman dapat melanjutkan pertumbuhannya kembali (*regrowth*). Variable yang diukur pada uji toleransi tanaman (contoh : toleransi tanaman padi terhadap wereng coklat) adalah : jumlah anakan baru, tinggi tanaman, dan komponen hasil.

c. *Antibiosis Test*

Varietas tanaman dengan tipe ketahanan antibiosis mempunyai kemampuan menghasilkan zat kimia tertentu yang dapat menghambat pertumbuhan dan perkembangan hama atau patogen.

Sterol yang dapat menghambat *Heliothis zea* dan *Micropletis demolitor*, asam salisik yang dihasilkan tembakau sebagai respon pertahanan terhadap *tobacco mosaic virus* (Popova *et al.*, 1997), *thionin* yang merupakan protein anti bakteri sehingga meningkatkan resistensi tanaman terhadap serangan bakteri (Florack *et al.*, 1994), kandungan asparagin rendah pada padi Mudgo sehingga tidak diserang oleh wereng coklat, senyawa dimboa yang diproduksi oleh jagung yang tahan terhadap serangan penggerek batang *Ostrinia nubilalis*, maysin yang menyebabkan jagung resisten terhadap hama *Helicoverpa zea* (Widstrom dan Snook, 2001), dan tanin pada biji sorghum sehingga resisten terhadap Sorghum midge (Sharma *et al.*, 2002).

Uji ketahanan dapat pula dilakukan dengan menilai kemampuan hama untuk menghasilkan senyawa tertentu, misalnya embun madu (*honeydew*) yang dihasilkan wereng coklat. Jika dalam pengujian ditemukan banyak embun madu pada tanaman yang diuji, berarti tanaman tersebut rentan terhadap wereng coklat.

Skrining ketahanan dapat juga dilakukan berdasarkan ketahanan tanaman yang bersifat morfologis. Ketahanan morfologis adalah sifat tahan yang diperoleh tanaman secara tidak langsung, disebabkan oleh sifat morfologi tanaman yang tidak menguntungkan hama, seperti (1) dinding sel yang tebal dan jaringan sel yang keras karena mengandung silika atau kutikula sehingga menghambat cara makan hama, (2) terdapat bulu yang panjang dan keras sehingga cara makan, peneluran, dan pergerakan hama terhambat (Velasco *et al.*, 2001), dan (3) penutupan bagian yang peka terhadap hama secara rapat.

Skrining ketahanan dapat juga dilakukan berdasarkan warna tanaman. Pada kubis, warna merah kurang disenangi *Aphids* dibanding warna hijau, sedangkan pada kapas, batang merah kurang disenangi penggerek huah dibanding batang hijau (Sumarno, 1992).

Banyaknya biotipe baru dan perkembangannya yang cepat, menyebabkan metode tradisional untuk mengidentifikasi gen ketahanan atas dasar ketahanannya terhadap suatu biotipe menjadi tidak praktis, lebih membosankan, dan hasilnya sering dipengaruhi oleh berbagai faktor. Akibatnya pemuliaan ketahanan tanaman yang bersifat "durable" terhadap hama dan penyakit masih merupakan suatu pekerjaan yang sulit bagi pemulia tanaman. Namun demikian upaya pyramiding gen-gen ketahanan menggunakan marka molekuler ke dalam suatu genotipe telah menjadi salah satu solusi jalan keluarnya. Penggunaan marka molekuler dalam prosedur pemuliaan ketahanan telah diperkenalkan sejak awal abad ke-20an (Arus dan Moreno-Gonzalez, 1993) dan sangat prospektif (Liu *et al.*, 2000, Witcombe dan Hash, 2000).

Penggunaan marka lebih efisien dalam situasi : (1) jika karakter yang ingin diseleksi lambat terespresi dalam perkembangan tanaman, dan (2) jika ekspresi karakter yang dikehendaki dikendalikan oleh gen-gen resesif. Selain itu, seleksi dapat dilakukan tanpa inokulasi atau infeksi buatan, kesalahan akibat ketidaktepatan dalam metode inokulasi atau infeksi buatan dapat dihindari, dan pemuliaan ketahanan dapat dilakukan pada waktu dan tempat yang tidak perlu sesuai dengan kebutuhan hama.

Keberhasilan seleksi menggunakan marka molekuler sangat tergantung pada kualitas marka yang digunakan. Arus dan Moreno-Gonzales (1993) menyatakan bahwa, sifat-sifat penting dari marka yang baik dan berkualitas adalah: 1) ekspresinya mudah dikenal dalam semua kemungkinan fenotip, baik homosigot maupun heterosigot, 2) ekspresinya lebih cepat dalam perkembangan tanaman, 3) tidak mempengaruhi morfologi tanaman ketika suatu lokus alel digantikan oleh lokus marker, dan 4) rendah atau tidak ada interaksi antar marka dalam populasi segregasi.

Transfer gen yang diminati dari donor ke genotipe resipien (recurrent) umumnya dilakukan menggunakan metode *backcross* (silang balik) dengan tujuan untuk memperoleh individu yang sama dengan *recurrent parent* (tetua berulang/RP), kecuali satu atau beberapa gen dari *donor parent* (tetua donor/DP). Gen yang diminati baru akan diperoleh pada RP setelah minimal 5 – 6 generasi *backcross*. Kendala ini dapat diatasi dengan seleksi menggunakan marka molekuler (Arus dan Moreno-Gonzalez, 1993, Liu *et al.*, 2000, Witcombe dan Hash, 2000; Kush, 2002; Gupta *et al.*, 2002) .

STATUS PENELITIAN TANAMAN PERKEBUNAN RESISTEN TERHADAP HAMA DI INDONESIA

P erkembangan penelitian tanaman perkebunan resisten terhadap hama di Indonesia sejak kemerdekaan dapat dikatakan belum banyak, belum substansial dan masih bersifat parsial. Upaya pemuliaan tanaman perkebunan pada umumnya menggunakan metode seleksi dan sangat berorientasi pada produksi yang tinggi. Beberapa jenis klon tanaman dari beberapa komoditi telah mulai diteliti ketahanannya terhadap beberapa serangga. Upaya yang telah dilakukan pada tanaman kakao untuk mengatasi hama penggerek buah kakao (PBK) *Conopomorpha crumaria* (Gambar 2) adalah menyambung (mengokulasi) batang bawah dengan batang atas ICS 13, TCS 60, Vit 1, Pa 300, RCC 70, RCC 71, RC 72, dan RCC 73. Sedangkan pengujian yang didasarkan pada morfologi tanaman telah dilakukan oleh Asrul (2004) yang mendapatkan setidaknya ada 13 tanaman kakao yang diduga tahan PBK di Provinsi Sulawesi Selatan. Sementara itu Puslit Koka Jember juga telah menguji 2 klon tahan terhadap PBK, yaitu klon KW 215 dan KW 514.

Minat penelitian ke pengembangan tanaman resisten terhadap hama masih rendah, dicerminkan dengan rendahnya jumlah penelitian. Salah satu kendala yang dikemukakan adalah umur tanaman yang panjang, sehingga memerlukan waktu dan biaya yang sangat besar. Sehubungan dengan semakin berkembangnya teknologi pemuliaan tanaman non konvensional melalui teknologi transgenik, semestinya kendala tersebut bukan lagi menjadi hambatan berarti untuk melakukan upaya perakitan tanaman perkebunan resisten terhadap hama.

PENUTUP

Tanaman dinilai memiliki resistensi terhadap suatu hama apabila memiliki ciri dan sifat yang memungkinkan tanaman tersebut terhindar, mempunyai daya tahan atau daya sembuh dari serangan serangga dalam kondisi yang akan menyebabkan kerusakan lebih besar pada tanaman lain dari spesies yang sama. Ada 3 mekanisme resistensi tanaman terhadap serangga, yaitu: antixenosis, antibiosis dan toleran. Resistensi tanaman dapat bersifat genetik, morfologis atau ekologis. Tipe resistensi genetik dibagi 2 yaitu: resistensi vertikal yang dikendalikan secara monogenik dan oligogenik, dan resistensi horisontal yang dikendalikan secara poligenik.

Pemanfaatan tanaman resisten terhadap hama merupakan komponen penting dalam pengendalian hama terpadu dan akan memberikan keuntungan secara ekonomi dan ekologi. Perakitan tanaman perkebunan resisten terhadap hama perlu terus dikembangkan baik melalui teknik pemuliaan konvensional maupun dengan menggunakan teknologi rekayasa genetik. Hal yang tidak kalah pentingnya dalam perakitan tanaman perkebunan resisten terhadap hama adalah pelaksanaan uji skrining ketahanan terhadap hama yang benar.

KEPUSTAKAAN

- Anonim. 2007. Resistensi Tanaman. Bahan Kuliah Interaksi Tanaman Serangga Semester I, 2007/2008. Sekolah Pascasarjana IPB. 9 hal.
- Arus, P. and J. Moreno_Gonzalez, 1993. Marker-assisted selection. *In Plant Breeding, Principles and prospects*. Ed. M.D. Hayward, N.O. Bosemark, and I. Ramagosa. Chapman & Hall, London-Glasgow-New York-Toyo- Melbourne-Madres.
- Asrul L. 2004. Seleksi dan karakterisasi morfologi tanaman kakao harapan tahan penggerek buah kakao (*Conopomorpha cramerella* Snell.). *Journal Sains & Teknologi*. 4(3): 109-122.
- Beck, S.D. 1965. Resistance of Plant to Insects. *Ann. Rev. Entomol.* 10:207-232.
- Florack, D.E.A., W.G. Dirkse, B. Visser, F. Heidekamp, W.J. Stikema. 1994. Expression of biologically active hordothionin in tobacco. Effects of pre-and pro-sequences at the amino and carboxyl termini of the hordothionin precursor on nature protein and sorting. *Plant Mol.Bio.* 24: 83-96.
- Futuyma, D. J. and Stalkin, M. 1983. Coevolution. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates.
- Gordonn-Kamm, W.J., T.M. Spencer, M. Mangano, T.R. Adams, R.J. Daines, W.G. Start, J.V. O'Brien, S.A. Chambers, W.R. Adams and N.G. Willetts. 1990. Transformation of maize cells and regeneration of fertile transgenic plants. *Plant Cell*. 2: 603-618.
- Gupta, P.K., R.K. Varshney, and M. Prasad. Molecular markers: principles and methodology. *In Molecular techniques in crop improvement*. Ed. S.M. Jain, D.S. Brar, and B.S. Ahloowalia. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht-Boston-London.
- Heinrichs, E.A. 1994. Development of multiple pest resistant crop cultivars. *Journal Agricultural Entomology*. 11(3): 225-253.
- Heinrichs, E.A., F.G. Medrano, and H.R. Rapusas. 1995. Genetic evaluation for resistance in rice. IRRI. Los-Banos, Philippines. 356 p.
- Herman, M. 2002. Perakitan tanaman tahan serangga hama melalui teknik rekayasa genetik. *Buletin AgroBio*, 5 (1): 1-13.
- Kaeppler H.F., W. Gu, D.A. Sommers, H.W. Rines and A.F. Cockburn. 1990. Silicon carbide fiber mediated DNA delivery into plant cells. *Plant Cell Rept.* 9:415-418.
- Kardian, A. 1993. Preference of seedling fly *Atherigona* sp to oviposit some host plants. *Buletin Pertanian*. 12 (2) : 22 - 24.

- Kogan, M. and E. F. Ortman. 1978. Antixenosis: A new Term Proposed to Define Painter's "Non preference" Modality of Resistance. *Entomol. Soc. Am. Bull.* 24:175-176.
- Kush, G.S. 1997. Genetic of and breeding for resistance to the brown planthopper. Plant Breeding Departement. IRRI. Los-Banos, Philippines.
- , 2002. Molecular genetics-plant breeder's perspective. *In* Molecular techniques in crop improvement. Ed. S.M. Jain, D.S. Brar, and B.S. Ahloowalia. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht-Boston-London.
- Liu, J., D. Liu, W. Tao, W. Li, S. Wang, P. Chen, and D. Gao, 2000. Molecular marker-facilitated pyramiding of different genes for powdery mildew resistance in wheat. *Plant Breeding.* 119 : 21-24.
- MacIntosh, S.C., T.B. Stone, S.R. Sims, P. Hunst, J.T. Greenplate, P.G. Marrone, F.J. Perlak, D.A. Fischhoff and R.L. Fuchs. 1990. Specificity and efficacy of purified *Bacillus thuringiensis* proteins against agronomically important species. *Journal Insects Path.* 56:95-105.
- Norris, D.M. and M. Kogan. 1980. Biochemical and Morphological Bases of Resistance. Pp. 23-62. in F.G. Maxwell and P.R. Jennings (Eds). *Breeding Plant Resistant to Insects.* John Wiley & Sons. New York. Chisester, Brisbane, Toronto.
- Oka, I.N. 1995. Pengendalian Hama Terpadu dan Implementasinya di Indonesia. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 255 h.
- Painter, R.H. 1951. *Insect Resistance in Crop Plants.* The Mac Millan Company, New York. 520 pp.
- Panda N. dan G.S. Kush, 1995. *Host Plant Resistance to Insects.* Cabinternational- IRRI. Los-Banos, Philippines
- Pathak, M.D. 1975. Utilization of Insect-Plant Interaction in Pest Control, pp. 121-148. In D. Pimentel (Eds). *Insect, Science & Society.* Academic Press, Inc. New York, San Fransisco, London.
- .Pathak, M.D. and G.S. Kush, 1999. Studies of varietal resistance in rice to the brown planthopper at the IRRI. Plant breeding departemen, IRRI., Los-Banos Philippines.
- Popova L., T. Pancheva, and A. Uzunova, 1997. Salicylic acid; Properties, biosynthesis, and physiological role. Plant Physiology Departemen of Sofia University, Bulgaria.
- Rhodes, C.A., D.A. Pierce, I.J. Mettler, D. Mascarenhas, and J.J. Detmer. 1988. Genetically transformed maize plants from protoplasts. *Science*, 240:204-207

- Schoonhoven, L.M., T. Jermy and J.J.A. van Loon. 1998. Insect-Plant Biology, from Physiology to Evolution. Chapman & Hall. London. 409 h.
- Sharma, H.C., B.A. Franzmann, and R.G. Henzell, 2002. Mechanism and diversity of resistance to sorghum midge, *Stenodiplosis sorghicola* in *Sorghum bicolor*. *Euphytica*. 124 : 1-12.
- Shelton, A.M, J.-Z. Zhao, and R.T. Roush. 2002. Economic, Ecological, Food Safety, and Social Consequences of the Deployment of Bt Transgenic Plants. *Annu. Rev. Entomol.* 2002. 47:845-81.
- Sumarno, 1992. Pemuliaan untuk ketahanan terhadap hama. Prosiding symposium Pemuliaan Tanaman I. Perhimpunan Pemuliaan Tanaman Indonesia, Komisariat Daerah Jawa Timur.
- Susilo, A.W. 2008. Ketahanan tanaman kopi (*Coffea spp.*) terhadap hama penggerek buah kopi (*Hypothenemus hampei* Ferr.). *Review Penelitian Kopi dan Kakao*, 24 (1): 1-15.
- Sutopo, L. dan N. Saleh, 1992. Perbaikan ketahanan genetik tanaman terhadap penyakit. Prosiding symposium Pemuliaan Tanaman I. Perhimpunan Pemuliaan Tanaman Indonesia, Komisariat Daerah Jawa Timur.
- Syngenta Seeds Communication. 2003. Kernels of gold: the fact of Bt corn. Syngenta Seeds AG, Basel, Switzerland.
- Tabashnik, B.E., J.B.J. van Rensburg, and Y. Carriere. 2009. Field-evolved insect resistance to Bt crops: definition, theory and data. *Journal of Economic Entomology*. 102(6): 2011-2025.
- Teetes, G.L. 1996. Plant Resistance to Insects: A Fundamental Component of IPM. <http://ipmworld.umn.edu/chapters/teetes.htm>. (akses Januari 2008).
- Untung, K. 1993. Pengantar Pengelolaan Hama Terpadu. Gajah Mada University Press Yogyakarta.
- Velasco, L., J.M. Fernandez-Martinez, and A. De Haro, 2001. Inheritance of trichome density in Ethiopian mustard leaves. *Euphytica*. 117 : 241-244.
- Widstrom, N.W. and M.E. Snook, 2001. Recurrent selection for meysin, a compound in maize silks, antibiotic to earworm. *Plant Breeding*. 120 : 357-359.
- Witcombe, J.R. and C.T. Hash, 2000. Resistance gen deployment strategies in cereal hybrids using marker-assisted selection: Gene pyramiding, three-way hybrids, and synthetic parental population. *Euphytica*. 112 : 175-186.
- Wiryadiputra, S., 1996. Resistance of Robusta coffee to coffee root lesion nematode, *Pratylenchus coffeae*. *Pelita Perkebunan*. 12(3) : 137-148.

PEDOMAN PENULISAN

1. Sirkuler Teknologi Tanaman Rempah dan Industri merupakan publikasi semi ilmiah yang memuat hasil penelitian komoditas tanaman rempah dan tanaman industri yang belum pernah diterbitkan.
2. Naskah ditulis dalam bahasa Indonesia atau bahasa Inggris, diketik pada kertas HVS ukuran A4 dengan jarak 1,5 spasi, dalam format MS Word, font New Times Roman 12, 25 halaman.
3. Judul ringkas, padat, jelas, menggambarkan isi dan substansi tulisan serta tidak lebih dari 15 kata.
4. Penyusun ditulis tanpa gelar.
5. Kata pengantar ditulis secara ringkas menghantarkan informasi dan tujuan penerbitan sirkuler ini.
6. Struktural naskah terdiri dari pendahuluan, informasi teknologi dan analisa usahatani.
7. Ucapan terima kasih bila dipandang perlu dapat dikemukakan diakhir naskah.
8. Bahan bacaan, memuat nama pengarang, tahun penerbit, judul tulisan, terbitan, volume, nomor seri dan kota terbitan, disusun secara alfabetis, mengacu pada model standar.
9. Naskah dikirim kepada Unit Penerbitan & Publikasi Balittri sebanyak satu eksemplar disertai file elektronik atau melalui e-mail: upublikasi@gmail.com.

