

© 2003 La Muhuria
Pengantar Falsafah Sains (PPS702)
Program Pascasarjana/S3
Institut Pertanian Bogor
November 2003

Posted: 17 November 2003

Dosen :
Prof. Dr. Ir. Rudy C. Tarumingkeng (Penanggung Jawab)
Prof. Dr. Ir. Zahrial Coto

STRATEGI PERAKITAN GEN-GEN KETAHANAN TERHADAP HAMA

Oleh :

**LA MUHURIA
A361030121**

PENGANTAR

Varietas tahan hama selalu didambakan petani dan merupakan salah satu komponen penting dalam pengendalian hama secara terpadu, oleh karena itu pengadaannya perlu diupayakan terus. 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.

Merilis varietas dengan ketahanan horisontal, bukanlah pekerjaan yang mudah, butuh biaya dan tenaga yang banyak serta waktu yang lama. Karena itu tidak berlebihan jika disebutkan bahwa pelepasan varietas tahan hama selalu terlambat. Kecepatan menghasilkan varietas tahan hama jauh di bawah kecepatan perkembangan biotipe hama baru. Bahkan selagi pemulia bekerja untuk

menghasilkan varietas tahan terhadap suatu biotipe hama, biotipe baru telah muncul pula. Sedemikian banyak dan cepatnya perkembangan hama biotipe baru sehingga pemulia dituntut untuk menghasilkan varietas tahan dalam waktu yang relatif singkat dan ketahanannya bersifat durable. Salah satu penyebab keterlambatan menghasilkan varietas baru adalah metode skrining untuk mengetahui “apakah suatu varietas telah memiliki gen-gen ketahanan atau belum”. Metode yang digunakan membutuhkan waktu 10 hingga 15 tahun. Selain itu, metode yang diterapkan terasa bertele-tele dan karena itu lebih membosankan.

Dalam makalah ini diajukan sebuah ide sebagai salah satu solusinya yakni dengan melakukan penyatuan gen-gen ketahanan melalui skrining berdasarkan mekanisme dan pola pewarisan ketahanan, yang dapat dipelajari dari gejala-gejala yang ditunjukkan tanaman. Dengan cara ini, pemulia tidak perlu menyediakan hama yang jumlahnya dapat ribuan untuk skrining ketahanan, cukup memahami mekanisme, pola pewarisan gen-gen ketahanan, dan bagaimana wujud ekspresi gen-gen ketahanan tersebut. Setelah informasi ini dipunyai, pemulia dapat memulai penyatuan gen-gen ketahanan melalui persilangan. Solusi yang lain adalah dengan seleksi menggunakan marka molekuler. Solusi ini sangat prospektif, selain karena mudah dan cepat mendapatkan varietas tahan (2 hingga 3 tahun), juga beberapa kesalahan dalam prosedur konvensional dapat dihindari.

I. PENDAHULUAN

Cara pengendalian hama yang seefektif mungkin telah dirumuskan dalam “Teknik Pengendalian Hama Terpadu” yang salah satu komponennya adalah penggunaan varietas toleran atau resisten terhadap hama. Keuntungan menggunakan varietas resisten dalam pengendalian hama/penyakit antara lain (Wiryadiputra, 1996) : (1) mengendalikan populasi hama/penyakit tetap di bawah ambang kerusakan dalam jangka panjang, (2) tidak berdampak negative, (3) tidak membutuhkan alat dan teknik aplikasi tertentu, dan (4) tidak membutuhkan biaya tambahan. 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).

Penggunaan varietas dengan ketahanan vertikal akan menyebabkan tekanan seleksi yang kuat terhadap hama sehingga dapat menimbulkan munculnya biotipe hama baru dengan daya serang yang lebih kuat lagi (Sharma *et al.*, 2002). Contoh kasus ini adalah pada penggunaan varietas padi resisten yang telah menekan kerugian akibat hama wereng coklat dan penyakit virus yang ditularkannya. Tetapi keberhasilan tersebut telah dibatasi oleh timbulnya biotipe baru yang dapat hidup, berkembang, dan selanjutnya menghancurkan varietas yang semula tahan terhadap wereng ini (Bahagiawati dan Samudra, 1998). Oleh karena itu pemulia tanaman mendapat tantangan untuk menghasilkan varietas dengan ketahanan horizontal atau multiple resisten atau juga varietas multilini.

Menghasilkan varietas dengan ketahanan horisontal bukanlah hal yang mudah, diperlukan transfer gen dari satu tanaman ke tanaman lain. Demikian juga, perlu dikembangkan metode skrining yang efektif dan cepat untuk : (1) mendapatkan sumber ketahanan, (2) mengetahui pola atau bentuk pewarisan gen, dan (3) mengetahui mekanisme ketahanan yang dibangun tanaman. Setelah informasi ini dipunyai, pemulia tanaman dapat memutuskan untuk menyatukan gen-gen ketahanan ke dalam satu genotype tertentu sehingga genotype tersebut memiliki ketahanan yang bersifat umum (horisontal) terhadap beberapa biotipe hama tertentu. Perakitan gen-gen ketahanan dapat dilakukan secara konvensional (Kush, 1997) maupun inkonvensional (Arus dan Moreno-Gonzalez, 1993, Liu *et al.*, 2000, Witcombe dan Hash, 2000, Kush, 2002, Gupta *et al.*, 2002, Bar, 2002).

Penerapan metode konvensional dalam perakitan gen-gen ketahanan ke dalam genotype tertentu membutuhkan waktu yang lama, apalagi bila gen-gen yang diminati bersifat resisif dan heritabilitasnya rendah. Selain itu, skrining ketahanan masih melibatkan inokulasi buatan yang bukan saja membutuhkan waktu, tenaga, dan biaya besar, juga hanya dapat dilakukan oleh mereka yang telah berpengalaman. Sementara itu, secara teoritis diketahui bahwa tanaman dapat membangun mekanisme ketahanannya melalui beberapa cara yang dapat dipelajari dari symptoms yang diekspresikannya. Dengan mempelajari mekanisme dan pola pewarisan ketahanan tanaman tersebut, sesungguhnya pemulia tidak perlu menyediakan dan melakukan inokulasi buatan. Pemulia dapat merakit gen-gen ketahanan dengan melakukan evaluasi terhadap ekspresi gen melalui symptom yang ditunjukkannya. Solusi yang lain adalah dengan seleksi menggunakan marka

molekuler. Dengan marka molekuler, gen yang lambat terekspresi dapat dideteksi lebih awal sehingga pekerjaan pemuliaan tanaman menjadi tidak membosankan, juga tidak perlu menyediakan waktu dan tempat yang sesuai untuk kebutuhan pertumbuhan dan perkembangan hama.

II. MEKANISME KETAHANAN TANAMAN TERHADAP HAMA

Kerusakan tanaman oleh hama dapat mencapai lebih dari 50%, tetapi belum pernah ada dalam sejarah bahwa suatu spesies tanaman musnah dari alam, semata-mata disebabkan oleh hama. Hal ini menggambarkan bahwa secara alamiah tanaman mempunyai sistem perlindungan terhadap hama sehingga menjadi tahan.

Suatu varietas 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).

Mekanisme pertahanan varietas terhadap hama, secara umum dapat digolongkan menjadi 3 macam (Panda dan Kush, 1995) yaitu : (1) *antixenosis* (*nonpreference*), (2) toleran, dan (3) *antibiosis*. Sedangkan menurut Morrill (1995), ketahanan tanaman terhadap hama dapat berupa : (1) *avoidance* (tanaman menyelesaikan siklus hidupnya sebelum munculnya hama), (2) *tolerance* (tanaman mampu recovery dari serangan hama), (3) *antibiosis* (tanaman menghasilkan toksin yang dapat membunuh atau menghambat pertumbuhan hama). Ketahanan tanaman inang, dapat bersifat : (1) genik, sifat tahan diatur oleh sifat genetik yang dapat diwariskan, (2) morfologik, sifat tahan yang disebabkan oleh sifat morfologi tanaman yang tidak menguntungkan hama, dan (3) kimiawi, ketahanan yang disebabkan oleh zat kimia yang dihasilkan oleh tanaman.

Berdasarkan susunan dan sifat gen, ketahanan genetik dapat dibedakan menjadi : (1) monogenik, sifat tahan diatur oleh satu gen dominan atau resesif, (2)

oligenonik, sifat tahan diatur oleh beberapa gen yang saling menguatkan satu sama lain, (3) polygenik, 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.

2.1. Ketahanan Vertikal

Tipe ketahanan ini 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*” dari flor, (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 *cit* Sutopo dan Saleh, 1992).

Berdasarkan gambaran di atas, dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan varietas unggul dengan tipe ketahanan vertikal hanya akan efektif bila : (1) hama yang dikendalikan merupakan satu-satunya hama yang menyebabkan turunnya produksi (tidak ada hama lain), (2) varietas ini tidak ditanam secara terus menerus tetapi harus dirotasikan dengan tanaman lain, (3) tidak diusahakan secara besar-besaran dalam hamparan yang luas, dan (4). ditanam dengan sistem tumpang sari (*multiple cropping*). Kerugian yang dapat terjadi dalam penggunaan varietas dengan ketahanan vertikal adalah bahwa peluang terjadinya biotipe baru sangat besar akibat adanya tekanan seleksi yang kuat oleh sifat ketahanan ini. Jika ini terjadi, maka

ketahanan vertikal ini akan mudah patah dan biasanya tanaman menjadi sangat rentan terhadap biotipe baru tersebut.

2.2 Ketahanan Horisontal

Van der Plank (1963) *cit* Sutopo dan Saleh (1992) memberikan batasan umum ketahanan horizontal sebagai suatu tipe ketahanan nir-spesifik yang berlaku terhadap semua jenis biotipe dari suatu hama. 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, 1977) maupun inkonvensional (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 immunitas, (2) diwariskan secara poligenik dan dikendalikan oleh beberapa atau banyak gen, (3) pengaruhnya terlihat dari penurunan laju perkembangan epidemi.

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 horizontal efektif untuk semua biotipe suatu hama. Oleh karena itu, umumnya sulit dipatahkan meskipun muncul biotipe baru dengan daya serang yang lebih tinggi.

Berdasarkan gambaran di atas dapat disimpulkan, bahwa pemanfaatan varietas unggul dengan tipe ketahanan horizontal akan efektif terutama bila pada daerah pertanaman 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).

2.3 Varietas Multilini

Multilini adalah campuran beberapa galur komponennya, masing-masing dengan fenotipe yang sama tetapi dengan gen yang berbeda untuk ketahanan terhadap hama khusus. Pengembangan varietas multilini menyangkut suatu program pemuliaan yang luas untuk mengidentifikasi gen-gen ketahanan dan menyilang-balik galur-galur isogenik. Pendekatan ini telah dilakukan oleh Borlaug (1958) dengan cara menyatukan beberapa gen major ke dalam suatu isogenik, campuran lini-lini tersebut akan menyusun suatu varietas multilini. Strategi ini telah berhasil diterapkan dalam pemuliaan ketahanan oats terhadap *Crown rust* di Iowa, USA (Browning dan Frey, 1969 *cit* Pathak dan Kush 1979). Varietas multilini akan memberikan keragaman antara satu dengan yang lain dalam satu pertanaman sehingga akan mengurangi perkembangan hama. Cara ini merupakan suatu usaha untuk mengurangi kepekaan genetik yang biasa dialami oleh varietas dengan ketahanan vertikal.

III. POLA PEWARISAN GEN KETAHANAN

Pola pewarisan ketahanan genetik tanaman terhadap hama perlu diketahui sebelum memulai merencanakan program perbaikan ketahanan genetik. Selain pola pewarisan, juga informasi mengenai tipe ketahanan, mekanisme ketahanan, dan sumber ketahanan genetik yang diperlukan.

Ketahanan genetik tanaman terhadap hama dapat diwariskan sebagai sifat monogenik sederhana dengan gen-gen penentunya mungkin dominan sebagian atau sempurna ataupun resesif (Allard, 1960 *cit* Sutopo dan Saleh, 1992). Kultivar padi unggul seperti PB 26, PB 28, PB 30, PB 34, dan asahan merupakan contoh-contoh kultivar padi yang tahan terhadap wereng coklat dengan gen ketahanan dominan Bph1. Gen ketahanan tersebut diperoleh dari tetua Mudgo yang diwariskan secara sederhana. Sedangkan varietas lain seperti Cisadane, tahan terhadap wereng coklat oleh adanya gen resesif bph2 yang diperoleh dari tetua CR94-13 (Soewito dan Hanarida, 1993).

Namun pada kebanyakan kasus diduga terdapat gen-gen minor atau modifier yang ikut serta bekerjasama dengan gen major dalam menentukan sifat ketahanan pada tanaman. Kultivar padi kencana merupakan salah satu contoh yang dapat menerangkan peranan gen-gen minor. Kultivar ini mempunyai ketahanan horizontal

di mana sifat ketahanannya diatur oleh gen-gen minor (Oka, 1986). Kultivar padi yang tahan terhadap hama penggerek batang juga dikendalikan oleh gen-gen minor.

Ketahanan genetik tanaman mungkin pula bersifat kompleks dan dikendalikan oleh beberapa atau banyak gen dan dikenal sebagai pola pewarisan oligogenik atau poligenik

IV. SKRINING KETAHANAN TANAMAN TERHADAP HAMA

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 skrining varietas.

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 pindah dengan cara terbang skrining di lapangan hasilnya tidak meyakinkan. Adakalanya infeksi buatan perlu dilakukan seperti pada skrining ketahanan terhadap penggerek batang jagung. Dalam hal ini perlu dilakuakn pembiakan larva di laboratorium.

Skrining dalam kurungan sangat teliti, tetapi memerlukan banyak biaya. Cara ini dipergunakan untuk menevaluasi 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 dilaboratorium, 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 diskriminasi 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.

4.1 Antixenosis (*Preference*) Tests

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).

4.2 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 (Hendrichs *et al.*., 1985).

4.3 Antibiosis Test

Varietas tanaman dengan tipe ketahanan antibiosis mempunyai kemampuan menghasilkan zat kimia tertentu yang dapat menghambat pertumbuhan dan perkembangan hama atau patogen. Contoh zat kimia seperti itu adalah : **sterol** yang dapat menghambat *Heliothis zea* dan *Micropletis demolitor* (Ritter dan Johnson, 1991), **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 dari 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 **tannin** pada biji sorghum sehingga resisten terhadap *Sorghum midge* (Sharma, 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 (Hendrichs *et al.*, 1985).

Skrining ketahanan dapat juga dilakukan berdasarkan ketahanan tanaman yang bersifat morfologik. Ketahanan morfologik 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 buah dibanding batang hijau (Sumarno, 1992).

V. PERAKITAN VARIETAS DENGAN BEBERAPA GEN KETAHANAN (KETAHANAN HORIZONTAL) : SUATU IDE

5.1. Penyatuan Gen-gen Ketahanan secara Konvensional

Sampai saat ini, skrining untuk mendapatkan varietas yang tahan terhadap hama masih menggunakan metode yang membutuhkan dana yang besar, waktu yang lama, dan tenaga yang banyak. Dalam skrining ketahanan hama harus dipelihara ratusan bahkan mungkin ribu ekor hama yang bukan saja membutuhkan dana yang besar, juga hanya dapat dilakukan oleh mereka yang telah berpengalaman dan trampil.

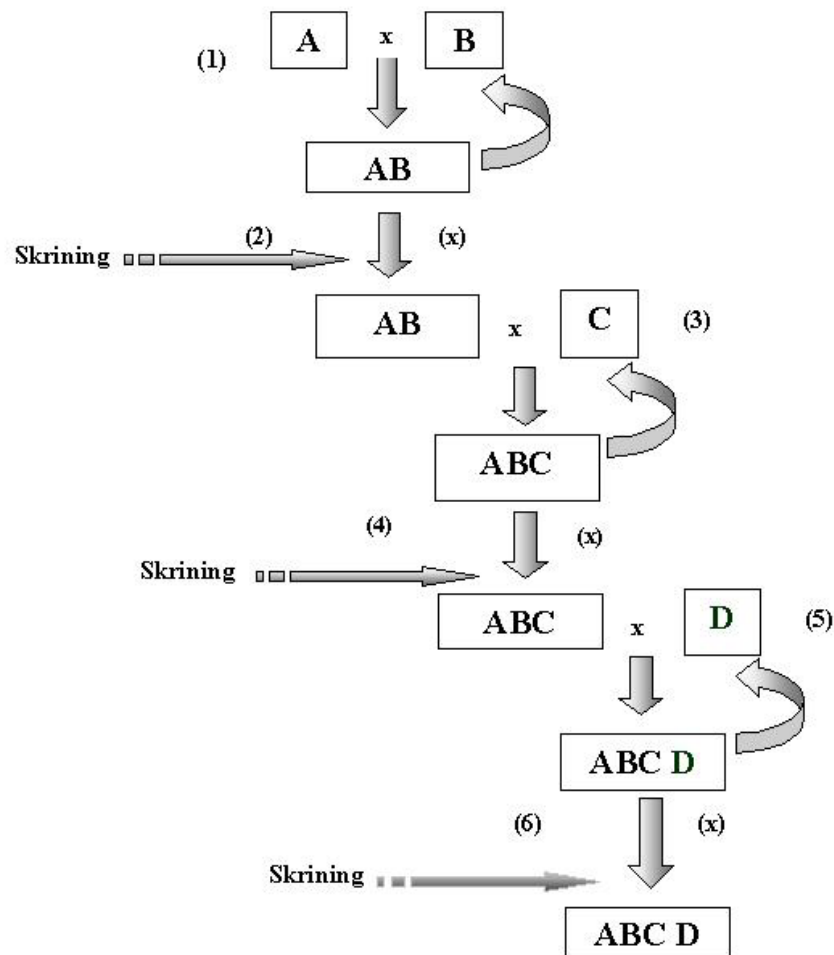
Sementara itu, ketika para pemulia (yang jumlah dan peminatnya sedikit) sedang bekerja untuk mendapatkan suatu varietas tahan terhadap hama yang sedang berkembang, hama baru sudah muncul lagi. Artinya, varietas tahan belum lagi diperoleh, hama lain telah muncul pula. Fenomena ini merupakan suatu tantangan besar yang tak mungkin dihindari. Oleh karena itu, dibutuhkan ide-ide baru yang dapat memberikan alternatif terbaik bagi pemecahan masalah tersebut.

Telah diuraikan bahwa tanaman dapat membangun ketahanan terhadap hama berdasarkan mekanisme antixenosis (*nonpreference*), tolerance, dan antibiosis. Informasi penting ini seyogyanya dimanfaatkan secara maksimal, baik untuk mendapatkan sumber ketahanan maupun untuk membentuk varietas unggul baru.

Berdasarkan uraian teoritis seperti dikemukakan di atas, pada kesempatan ini penulis mencoba menawarkan suatu ide bagi pemuliaan ketahanan hama yang diharapkan dapat dilaksanakan secara praktis, murah, dan dapat dilakukan tanpa melibatkan tenaga kerja yang banyak. Ilustrasi ide dimaksud terangkum dalam skema di bawah ini (Gambar 1).

Keterangan :

1. Varietas padi A (produksi tinggi, rentan terhadap penggerek batang) disilangkan dengan varietas padi B (produksi rendah, tahan terhadap penggerek batang karena kandungan silikanya).
2. Hasil persilangan (AB) diselfing, kemudian diskriminasi berdasarkan produksi dan kandungan silikanya. Produksi dan kandungan silika tertinggi dijadikan varietas tahan terhadap penggerek batang. Bila kandungan silika belum terkumpul pada varietas AB, maka backcross terhadap tetua B perlu dilakukan.



Gambar 1. Prosedur penyatuan gen-gen ketahanan (suatu ide)

3. Varietas AB disilangkan dengan varietas padi C yang tahan terhadap wereng coklat biotipe 2 karena kandungan asam oksalatnya.
4. Hasil persilangan (ABC) diselfing, kemudian diskriming berdasarkan produksi, kandungan silica, dan kandungan asam oksalatnya. Produksi, kandungan silica, dan kandungan asam oksalat tertinggi dijadikan varietas tahan terhadap penggerek batang dan wereng coklat biotipe 2. Bila kandungan asam oksalat belum terkumpul pada varietas ABC, perlu dilakukan backcross terhadap tetua C.

5. Varietas ABC disilangkan dengan varietas padi D yang tahan terhadap wereng coklat biotipe 1 karena kandungan asparaginnnya yang rendah.
6. Hasil persilangan (ABCD) diselfing, kemudian diskriming berdasarkan produksi, kandungan silica, kandungan asam oksalatnya, dan kandungan asparaginnnya. Produksi, kandungan silica, dan kandungan asam oksalat tertinggi, serta kandungan asparagin terendah dijadikan varietas tahan terhadap penggerek batang serta wereng coklat biotipe 1 dan 2. Bila kandungan asparagin pada varietas ABCD masih tinggi, backcross terhadap tetua D perlu dilakukan.

Dari gambaran di atas, tampak bahwa skrining ketahanan tidak perlu memelihara dan menyediakan hama (yang membutuhkan waktu, tenaga, dan biaya besar), tetapi cukup diketahui penyebab ketahanan dan sifat pewarisannya. Ide di atas memanfaatkan mekanisme ketahanan antibiosis. Tanaman dengan mekanisme ketahanan seperti ini lebih mudah diwariskan dibandingkan dengan tipe escape/avoidance, tolerance, maupun antixenosis (non-preference) (Soemarno, 1992). Jika ditinjau dari sifat ketahanan tanaman, ide di atas menggabungkan sifat ketahanan genetik, ketahanan morfologi, dan ketahanan kimiawi.

Dalam rangka penyatuan dan pengumpulan gen-gen yang diminati, beberapa catatan berikut perlu dipertimbangkan : (1) apabila varietas unggul yang akan diperbaiki sifat ketahanan hamanya ingin dipertahankan sifat-sifat unggulnya, metode silang balik dapat dilakukan, terutama bila gen donor ketahanan bersifat monogenic, (2) apabila tetua donor memiliki sifat agronomis yang inferior, maka silang balik dengan menggunakan tetua ulang (recurrent parent) varietas unggul dapat dianjurkan, (3) apabila ketahanan diatur oleh banyak gen yang bersifat aditif, maka seleksi daur (recurrent selection) dapat diterapkan, dan (4) apabila gen yang diminati memiliki heritabilitas tinggi dan keragaan jenis terlihat, metode pedigree dapat diterapkan, sebaliknya jika heritabilitas agak rendah sampai sedang, cara bulk atau seleksi massa dapat diterapkan.

5.2. Penyatuan Gen-gen Ketahanan secara Inkonvensional

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 tereskpresi dalam perkembangan tanaman, dan (2) jika ekspresi karakter yang dikehendaki dikendalikan oleh gen-gen resisif. Selain itu, seleksi dapat dilakukan tanpa inokulasi atau infeksi buatan, kesalahan akibat ketidak-tepatan 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. Sifat-sifat penting dari marka yang baik dan berkualitas adalah (Arus dan Moreno-Gonzales, 1993) : (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 dengan tujuan untuk memperoleh individu yang sama dengan recurrent parent (RP), kecuali satu atau beberapa gen dari donor parent (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, Bar, 2002) . Liu *et al.* (2000) berhasil membuat 3 kombinasi persilangan dan penyatuan dua dari tiga gen-gen *ketahanan pada gandum*. Skrining menggunakan marka molekuler dilakukannya dalam dua sampai tiga generasi; untuk pekerjaan yang sama dengan

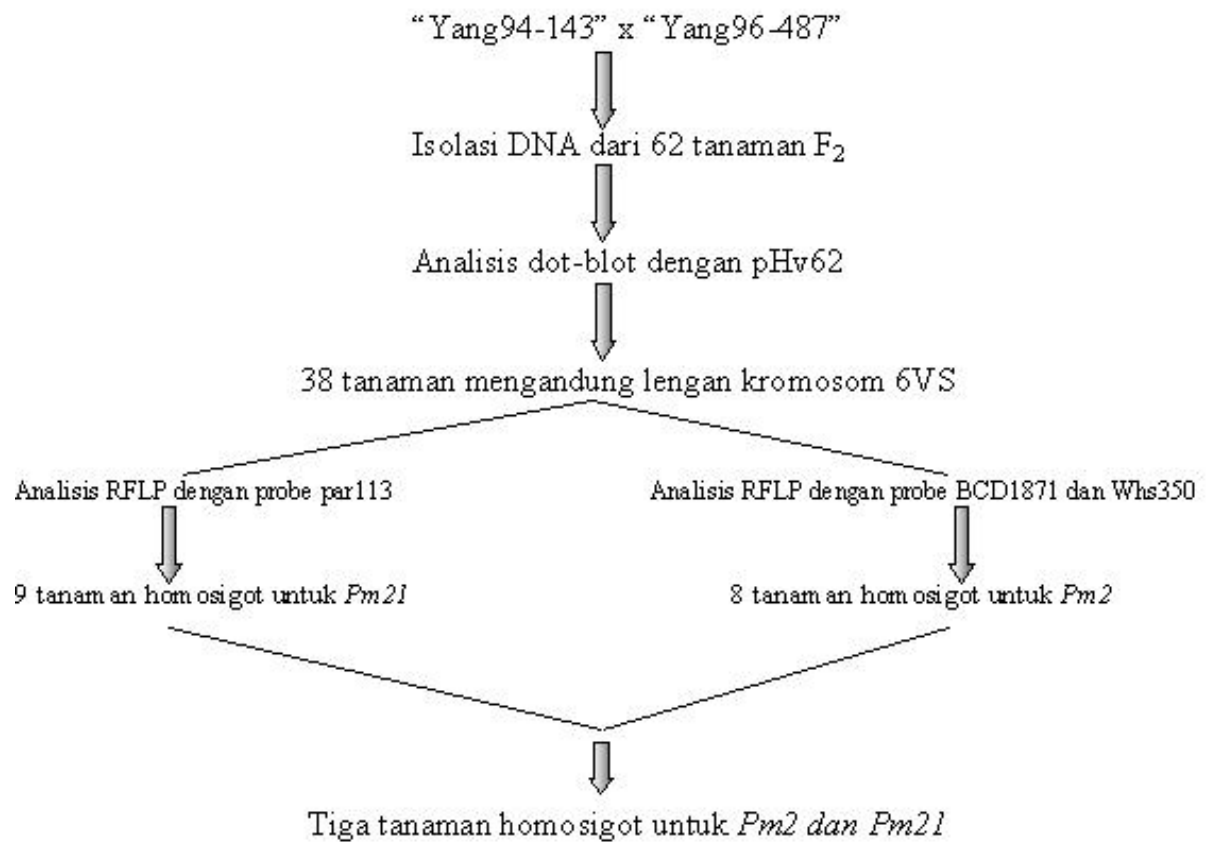
menggunakan uji konvensional akan membutuhkan banyak generasi (5-6 generasi) dan karena itu lebih membosankan.

Prosedur pyramiding gen-gen ketahanan yang dilakukan oleh Liu *et al* (2000) disajikan pada gambar 2 dan 3 sebagai berikut :



Gambar 2. Prosedur pyramiding gen-gen *Pm2* dan *Pm4a*

Keterangan : Tetua "Yang93-111" sebagai donor *Pm4a*, dan tetua "Yang94-143" sebagai donor *Pm2*. Skrining dilakukan pada stadia bibit.



Gambar 3. Prosedur pyramiding gen-gen *Pm2* dan *Pm21*

Keterangan : Tetua “Yang96-487” sebagai donor *Pm21* dan tetua “Yang94-143” sebagai donor *Pm2*. Skrining dilakukan pada stadia bibit.

VI. PENUTUP

Upaya perakitan dan pelepasan varietas dengan ketahanan horisontal masih diperhadapkan dengan kendala waktu. Waktu untuk merakit dan melepaskan varietas tahan masih terlalu lama dibandingkan dengan banyaknya dan cepatnya perkembangan hama biotipe baru. Karena itu pemulia dituntut untuk menghasilkan varietas tahan dalam waktu yang relatif singkat dan ketahanannya bersifat durable.

Salah satu solusinya adalah dengan melakukan penyatuan gen-gen ketahanan melalui skrining berdasarkan mekanisme dan pola pewarisan ketahanan, yang dapat dipelajari dari gejala-gejala yang ditunjukkan tanaman. Solusi yang lain adalah dengan seleksi menggunakan marka molekuler. Solusi ini sangat prospektif, selain karena mudah dan cepat mendapatkan varietas tahan, juga beberapa kesalahan dalam prosedur konvensional dapat dihindari.

DAFTAR PUSTAKA

- Arus, P. and J. Moreno_Gonzalez, 1993. Marker-assisted selection. *In* Plant Breeding, Principles and prospects. Ed. M.D. Hayward, N.O. Boserup, and I. Ramagosa. Chapman & Hall, London-Glasgow-New York-Tokyo-Melbourne-Madrid.
- Bahagiawati, A.H. dan M. Samudra. 1998. Resistensi beberapa varietas padi lokal terhadap wereng coklat (*Nilaparvata lugens* Stal) koloni Sumatera Utara. *Penelitian Pertanian*. 5 : 1 - 7.
- Brar, D.S., 2002. Molecular marker assisted breeding. *In* Molecular techniques in crop improvement. Ed. S.M. Jain, D.S. Brar, and B.S. Ahloowalia. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht-Boston-London.
- 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 native protein and sorting. *Plant Mol.Bio.* 24: 83-96.
- 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., F.G. Medrano, and H.R. Rapusas. 1995. Genetic evaluation for resistance in rice. IRRI. Los-Banos, Philippines. 356 p.
- Kardian, A. 1993. Preference of seedling fly *Atherigona* sp to oviposit some host plants. *Buletin Pertanian*. 12 (2) : 22 – 24.
- 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.
- Morrill, W.L., 1995. Insect pests of small grains. APS Press. St. Paul, Minnesota.
- Oka, I.N. 1986. Plant resistance in rice pest management in farming system in Indonesia. *IARD Journal*. 8(1) : 20 – 25.
- Panda N. dan G.S. Kush, 1995. Host Plant Resistance to Insects. Cabinternational-IRRI. Los-Banos, Philippines.
- 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.
- 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.
- Soewito, T. dan I. Hanarida, 1993. Peningkatan ketahanan varietas padi terhadap wereng coklat (*Nilaparvata lugens* Stal.). Seminar hasil penelitian Tanaman Pangan, Balittan Bogor.
- Sumarno, 1992. Pemuliaan untuk ketahanan terhadap hama. Prosiding symposium Pemuliaan Tanaman I. Perhimpunan Pemuliaan Tanaman Indonesia, Komisariat Daerah Jawa Timur.
- 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.
- 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 parent population. *Euphytica*. 112 : 175-186.
- Wiradiputra, S., 1996. Resistance of *Robusta coffea* to coffee root lesion nematode, *Pratylenchus coffeae*. *Pelita Perkebunan*. 12(3) : 137-148.

