

# Polemik Kapas-Bt di Indonesia

HASNAM

Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan  
*Indonesian Centre for Estate Crops Research and Development*

## ABSTRAK

Dalam makalah ini disajikan informasi ilmiah dengan adanya perdebatan mengenai manfaat dan risiko penanaman kapas-Bt di Sulawesi Selatan. Masyarakat mempertanyakan risiko kapas-Bt terhadap kesehatan manusia dan keanekaragaman hayati dengan pelepasan tanaman hasil konstruksi yang mengandung bahan-bahan genetik dari bakteri, virus serta parasit-parasit lainnya. Bukti-bukti menunjukkan bahwa kapas-Bt tidak berpotensi menyebabkan alergi atau menghasilkan bahan beracun, demikian juga penggunaan gen penanda yang menyebabkan ketahanan terhadap antibiotik tidak perlu dikuatkan. Efeknya terhadap parasit-parasit, predator-predator dan mikroba tanah sangat kecil. Gen-gen penghasil toksin tersebut tidak tersebar melalui tepung sari, karena gen-gen plastid hanya dapat diwariskan melalui tetua betina. Manfaat utama penggunaan kapas-Bt di Amerika Serikat adalah pengurangan pemakaian insektisida dan peningkatan produktivitas. Berkembangnya resistensi serangga terhadap protein yang dihasilkan gen Cry IA(c), akan menggagalkan manfaat tersebut di atas. Untuk itu perlu pengaturan dan pemantauan untuk menjaga keberlanjutan penggunaan kapas-Bt. Menghadapi ketidakpastian ilmiah dalam pemanfaatan tanaman transgenik, pemerintah Indonesia menganut prinsip kehati-hatian yang mensyaratkan dilakukannya penilaian dan pengelolaan risiko sebelum penggunaan tanaman transgenik.

Kata kunci : *Bacillus thuringiensis*, kapas, *Gossypium hirsutum*, transformasi, penilaian risiko, ketahanan serangga hama

## ABSTRACT

### *Bt-cotton's Polemic in Indonesia*

The purpose of this paper is to present the scientific information in the midst current debate of the benefits and risks involved in the planting of Bt-cotton in South Sulawesi, Indonesia. The public are questioning any risks to human health and biological diversity with the release of plants with artificial construct that contains genetic material from bacteria, viruses and other genetic parasites. The current evidence showed that there is no reason for such concerns on the potential for allergic reaction to cotton products or the possible increase in production of toxic compounds and likewise the use of antibiotic resistance marker-genes should not distress the public. The effects on the parasites, predators and soil-microbia are very sparse. The Bt-toxin genes are not pollen-transmitted as plastids genes in cotton are inherited by the maternal parent. Reduction in pesticide use and improvement in cotton productivity are the

main benefit that may result from the use of Bt-cotton in the USA. However, the development of insect resistance to the Cry IA(c) insecticidal protein will cause to fail those benefits. Some regulatory and monitoring systems have to be established to maintain the long term use of Bt-cotton. In the face of scientific uncertainty in the use of transgenic plants, the Indonesian government follows pre-cautionary approaches, where risk assessment and risk management have to be carried out prior to the use of transgenic plants..

Key words : *Bacillus thuringiensis*, cotton, *Gossypium hirsutum*, transformation, risk assessment, insect resistance.

## PENDAHULUAN

Penggunaan varietas-varietas tanaman transgenik sudah mencapai tahap komersialisasi; pada tahun 2000 yang lalu di Amerika Serikat, 54 % dari pertanaman kedelai, 25 % dari pertanaman jagung dan 61% dari pertanaman kapas, sudah menggunakan varietas-varietas transgenik yang mengandung gen-gen Bt, RR atau Bt/RR, yang membuat tanaman-tanaman tahan hama dari ordo Lepidoptera, tahan herbisida golongan glyphosat atau tahan terhadap keduanya (James, 2000)

Perusahaan-perusahaan multi nasional pemilik teknologi tersebut mengkampanyekan manfaat inovasi ini yaitu untuk menekan tingginya kehilangan hasil karena gangguan gulma dan serangga hama; manfaat lain adalah untuk pelestarian lingkungan dengan berkurangnya penggunaan pestisida. Kubu penentang menyatakan bahwa kampanye tersebut sebagai suatu hal yang ironis. Bio-revolusi ini diciptakan oleh perusahaan-perusahaan yang dahulu sangat gencar mempromosikan pertanian berbasis agro-kimia. Bagaimana mungkin perusahaan tersebut sekarang menjanjikan dunia yang lebih aman dari pestisida.

Jawaban yang masuk akal tentulah besarnya keuntungan yang akan diraih oleh industri bioteknologi tersebut, bila varietas-varietas transgenik dapat diterima pasar. Dengan menghasilkan tanaman yang tahan herbisida, perusahaan-perusahaan tersebut dapat memperluas pemasaran herbisida-herbisida yang sudah dipatenkan serta

meningkatkan keuntungan. Hal ini diperkuat dengan fakta diambil alihnya beberapa perusahaan benih oleh industri-industri pestisida yang sekarang juga memperluas usahanya ke industri bioteknologi.

Tulisan ini tidak bermaksud untuk ikut dalam kelompok pro atau kontra kapas transgenik. Walaupun kapas-Bt sudah dilepas secara terbatas di Sulawesi Selatan untuk tahun 2001 dan 2002, sikap pemerintah Indonesia sudah jelas yaitu berhati-hati dalam pemanfaatan hasil rekayasa genetik tersebut. Dalam tulisan akan dikemukakan status masalah kapas-Bt yang menjadi bahan perdebatan; dengan demikian akan diperoleh pandangan yang jernih dan rasional, sehingga terhindar dari sikap yang apriori atau mendukung sepenuhnya produk bioteknologi ini. Kapas Bt adalah sebuah pilihan teknologi dan setiap pilihan memiliki konsekuensi baik positif maupun negatif; kesamaan pandangan mungkin tidak akan dicapai, tetapi perlu dipersiapkan langkah-langkah akibat diambilnya suatu pilihan.

#### APA ITU KAPAS-BT

Kapas Bt adalah kapas yang memperoleh tambahan gen Cry IA(c) dari *Bacillus thuringiensis* yang menyebabkan tanaman tahan terhadap serangga hama dari ordo *Lepidoptera*. Prosedur perakitan kapas Bt sudah diuraikan oleh Dr. Norma Trolinder tahun 1995 pada Workshop Bioteknologi di San Antonio, Texas, Amerika Serikat.

Teknologi ini diawali dengan penemuan-penemuan dibidang biologi molekuler yaitu penemuan enzim endonuklease restriksi yang dapat memotong pita DNA pada tempat tertentu dan enzim lain yang dapat menyambungkan kembali DNA yang terpotong. Kemajuan tersebut diikuti oleh kemampuan memindahkan gen dari DNA satu organisme ke DNA organisme lain, sehingga gen tersebut dapat menghasilkan produk pada organisme lain tadi. Teknik tersebut dinamakan teknik *DNA-rekombinan* dan prosesnya dinamakan proses *transformasi*. Proses transformasi pada kapas dapat dilakukan dengan bantuan vektor bakteri *Agrobacterium tumefaciens* atau penembakan partikel (*particle gun bombardment*).

Jika menggunakan *A.tumefaciens*, terlebih dahulu dilakukan penyisipan gen Cry IA(c) yang berasal dari *B. thuringiensis* dan promoter 35 S dari

virus kembang kol (cauliflower); selain itu juga diintegrasikan gen-gen penanda npt II dan aad. Seluruh kegiatan ini dinamakan *konstruksi gen*. Dengan adanya gen-gen npt II dan aad akan menyebabkan ketahanan terhadap antibiotik.

Transformasi kapas dikerjakan melalui potongan-potongan hipokotil; potongan tersebut mengeluarkan substansi yang akan menginduksi bakteri *A. tumefaciens* untuk memindahkan DNANYA ke DNA tanaman kapas. Jaringan hipokotil tersebut kemudian dipindahkan ke media yang mengandung antibiotika; sel-sel yang tahan antibiotika adalah sel-sel yang telah memperoleh hasil konstruksi atau mengandung gen Cry IA(c); sel-sel tersebut ditumbuhkan menjadi embryo-embryo somatik yang akhirnya menjadi tanaman kapas transgenik yang membawa gen Cry IA(c).

Pada kapas, varietas-varietas Coker terutama Coker 312, sangat tinggi kemampuannya untuk beregenerasi dari sel-sel tunggal menjadi tanaman (*somatic embryogenesis*). Karena itu transformasi kapas umumnya dilakukan dengan Coker 312, disusul oleh silang balik dengan varietas-varietas komersial yang diinginkan.

#### MANFAAT DAN RISIKO

Dalam mengkaji manfaat dan risiko penggunaan kapas-Bt ada sederetan isu-isu yang harus dipertimbangkan. Selain pengkajian teknis dan ekonomis perlu diketahui apa risikonya terhadap kesehatan manusia serta keaneka ragaman hayati. Isu-isu tersebut akan dibahas pada bagian tulisan ini.

##### a). Manfaat kapas-Bt

Ditengah polemik dunia mengenai tanaman transgenik, negara-negara produsen kapas seperti Amerika Serikat, Australia, Argentina, Mexico dan Cina memacu penanaman kapas-Bt. Sebagai komoditas ekspor, serat kapas-Bt tidak mengalami hambatan dalam perdagangan internasional, berbeda dengan perdagangan biji jagung dan biji kedelai transgenik. Hal ini disebabkan oleh serat kapas tidak mengandung bahan genetik, karena itu hampir tidak ada risiko lingkungan (Hegwood dan O' Mara, 2000).

*Bacillus thuringiensis* sudah 40 tahun dimanfaatkan dalam bentuk insektisida Dipel, untuk mengendalikan hama penggerek kuncup bunga

dan buah (*Helicoverpa* sp. dan *Pectinophora gossypiella*) yang menyerang kapas, tetapi efektivitasnya kurang, karena insektisida tersebut mudah tercuci oleh hujan atau terurai oleh sinar matahari, sehingga daya proteksinya terhadap tanaman berkurang. Sebaliknya dengan kapas-Bt, tanaman mampu menyediakan insektisida selama pertumbuhan kapas.

Manfaat yang langsung dirasakan adalah pengurangan pemakaian insektisida dan peningkatan hasil, terutama di daerah-daerah dimana resistansi hama *Helicoverpa* sp. terhadap insektisida sudah terjadi atau sedang berkembang. Hal itu dilaporkan oleh Pigg (1995) di Texas, AS, yang menunjukkan bahwa hasil serat kapas-Bt, 23 % lebih tinggi dari hasil serat kapas non Bt yang dilindungi dengan insektisida.

Hasil pengkajian ekonomi tahun 1998 di daerah-daerah penghasil kapas di selatan AS menunjukkan bahwa penggunaan kapas-Bt memberikan kenaikan pendapatan sebesar \$100 per-hektar, yang berasal dari penghematan dalam pengendalian hama \$40 dan peningkatan hasil serat \$60 per hektar (Mullins dan Mills, 1999). Hasil analisis oleh Dewan Riset Nasional AS pada tahun 1999 melaporkan penghematan pemakaian insektisida pada kapas sejumlah satu juta kilogram dibandingkan dengan pemakaian insektisida tahun 1998 (NAS, 2000a).

Pengurangan pemakaian insektisida tentu akan meningkatkan efektivitas pemanfaatan serangga musuh-musuh alami kapas. Pengurangan insektisida akan memberi peluang penggunaan teknik-teknik pengendalian hayati dalam pengendalian hama kapas. Penggunaan kapas-Bt seharusnya bisa mempercepat dan memperluas penerapan teknik Pengendalian Hama Terpadu (PHT) pada kapas yang selama ini dirasakan sangat lambat adopsinya. Pengurangan pemakaian insektisida juga akan melindungi masyarakat petani dari bahaya keracunan dan kontaminasi air oleh insektisida.

#### b) Mengapa terjadi perdebatan di tanah air

Selama perundingan untuk menyusun Konvensi Keanekaragaman Hayati (Convention on Biological Diversity) pada awal 1990'an, ada kekhawatiran dari negara-negara peserta bahwa organisme hasil modifikasi genetik (GMO) mung-

kin menimbulkan risiko terhadap keanekaragaman hayati. Oleh karena itu Konvensi mengeluarkan Protokol Keamanan Hayati pada tanggal 29 Januari 2000 di Montreal, Canada, yang sering disebut Protokol Cartagena

Dalam Protokol Cartagena jelas dinyatakan bahwa "Semua pihak yang terlibat dalam pemindahan, penggunaan dan pengembangan LMO (living modified organism) harus memberikan tingkat perlindungan yang memadai untuk mencegah atau mengurangi risiko pada keanekaragaman hayati, termasuk risiko terhadap kesehatan manusia". Pada Annex II protokol tersebut juga dicantumkan prinsip umum bahwa: "Kurangnya atau ketidakterediaan bukti ilmiah atau konsensus ilmiah, tidak bisa diinterpretasikan bahwa penggunaan LMO tidak ada risiko atau risiko berada pada tingkat yang dapat diterima." (CBD, 2000).

Organisasi kerjasama ekonomi OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) pada tahun 1993 yang lalu juga sudah mengatur produksi berskala besar dan komersialisasi tanaman-tanaman hasil rekayasa genetik. Menurut OECD (1993):

"Safety in biotechnology is achieved by the appropriate application of risk/safety analysis and risk management. Risk/ safety analysis is conducted prior to an intended action and is typically a routine component of research development and testing of new organism, whether performed in a laboratory or a field testing. Risk/safety analysis is a scientific procedure which does not imply or exclude regulatory oversight or imply that every case will necessarily be reviewed by a national or other authority"

Hal tersebut di atas menjelaskan bahwa Protokol Cartagena dan OECD mensyaratkan dilakukannya analisis risiko/keamanan serta diketahuinya cara-cara pemusnahan atau memperkecil risiko sebelum penggunaan LMO. Untuk itu Pemerintah Indonesia, dalam hal ini Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian telah mengeluarkan "Pedoman Pelaksanaan Pengujian Keamanan Hayati Produk Bioteknologi Pertanian Hasil Rekayasa Genetika", pada tahun 1998. Karena peraturan perundang-undangan yang ada belum cukup mengatur keamanan hayati dan keamanan pangan produk pertanian hasil rekayasa genetik, maka pada tahun 1999 dikeluarkan Surat Keputusan Bersama Menteri Pertanian, Menteri

Kehutanan dan Perkebunan, Menteri Kesehatan dan Menteri Negara Pangan dan Hortikultura.

Penerapan isi konvensi dan peraturan pemerintah tersebut di atas menjadi bahan perdebatan di Indonesia, karena pengembangan kapas-Bt dianggap tanpa didahului oleh analisis risiko. Untuk diketahui, sampai tahun 2002 Indonesia belum ikut meratifikasi Protokol Cartagena. Pelepasan terbatas kapas Bt di tujuh kabupaten di Sulawesi Selatan pada tahun 2001 dan 2002 didukung oleh "Laporan Pengujian Kapas-Bt di fasilitas uji terbatas Balitbio" oleh Tim Teknis Keamanan Hayati dan Keamanan Pangan. Penelitiannya dilakukan bulan September sampai Nopember 1998.

Laporan tersebut memuat uji efikasi terhadap serangga hama sasaran. Penilaian toksikologi, penentuan senyawa alergen serta pengaruh negatif terhadap organisme bukan sasaran, dilakukan oleh pemohon di Amerika Serikat. Analisis risiko kapas Bt terhadap lingkungan serta uji keamanan hayati baru dilakukan pada tahun 2001 oleh Institut Pertanian Bogor dan Universitas Hasanuddin, setelah penanaman di lahan petani dimulai tahun 2000.

Protes masyarakat terhadap pelepasan terbatas kapas-Bt, varietas Nu COTN 35 B di Sulawesi Selatan, dapat dimengerti karena tidak ada penjelasan hasil analisis risiko/keamanan lingkungan yang dilakukan di luar dan di dalam negeri; masyarakat khawatir bagaimana mengendalikan risiko jika nanti ditemukan bahaya dari penanaman kapas tersebut. Setelah dua tahun penanaman kapas-Bt di Sulawesi Selatan, pemerintah Indonesia masih belum mengeluarkan pedoman pengelolaan risiko atau cara-cara pemusnahan apabila terjadi penyimpangan. Kekhawatiran tersebut harus dilihat sebagai suatu bentuk kepedulian masyarakat yang merasa bertanggung jawab dengan nasib dan lingkungan hidupnya.

### c) Issu kesehatan manusia

Salah satu kekhawatiran masyarakat dalam pengembangan tanaman transgenik adalah kemungkinan gangguan terhadap kesehatan, misalnya munculnya bahan-bahan yang menimbulkan alergi atau bersifat racun. Alergi merupakan reaksi berlebihan (hipersensitivitas) dari sistem kekebalan tubuh terhadap zat (senyawa) yang bagi kebanyakan orang dianggap normal. Alergi memang tidak mematikan, tetapi penderita alergi bisa mengalami

penurunan produktivitas dan kualitas hidup. Identifikasi senyawa-senyawa yang potensial menimbulkan alergi terhadap manusia sangat sulit, karena harus mempertimbangkan faktor kekebalan.

Hibridisasi konvensional atau rekayasa genetik berpotensi menimbulkan toksin atau senyawa yang menyebabkan alergi pada manusia. Persilangan antara *Solanum vernei* dengan *S. tuberosum* menghasilkan galur-galur kentang yang umbinya mengandung toksin *glycoalkaloid* (Van Gelder dan Scheffer, 1991). Tanaman kentang varietas *Magnum Bonum* yang merupakan hasil persilangan biasa telah dilarang beredar di AS, Kanada dan Swedia karena menimbulkan keracunan pada manusia (Hellenas *et al.*, 1995). Rekayasa genetika kedelai dengan memindahkan gen yang mengkode produksi methionine dari *Brazil nut* telah menghasilkan kedelai transgenik yang mengandung methionine tinggi. Pengujian sifat alergi menunjukkan bahwa senyawa tersebut menimbulkan alergi pada manusia (Nordlee *et al.*, 1996) sehingga kedelai transgenik tersebut dilarang. Pertanyaan sekarang apakah ada senyawa penyebab alergi atau racun pada kapas Bt?

Sampai saat ini belum ada protes dari konsumen tekstil atau produk lain dari serat kapas-Bt karena timbulnya alergi. Hal ini mudah dimengerti karena serat kapas terbuat dari *cellulose* yang tidak mengandung protein; jadi kapas-Bt tidak menghasilkan serat Bt. Hasil review dari suatu komisi yang terdiri dari National Academy of Sciences, National Academy of Engineering dan Institute of Medicine di Amerika Serikat menyimpulkan bahwa delta-endotoksin dari tanaman transgenik Bt diduga tidak menimbulkan risiko terhadap kesehatan manusia (NAS, 2000b). Laporan EPA (Environmental Protection Agency) tahun 1995 menunjukkan bahwa delta-endotoksin pada kapas-Bt tidak bersifat racun terhadap manusia karena cepat terdegradasi dalam cairan lambung; protein yang cepat didegradasi dalam saluran pencernaan, tidak akan terakumulasi dalam rantai makanan sehingga tidak bersifat racun atau tidak menjadi senyawa allergen.

Kekhawatiran lain dari masyarakat adalah gen penanda aad dan npt II yang menyebabkan sel hasil transformasi resistan terhadap antibiotik; dikhawatirkan kuman gonorrhoea (*Neisseria gonorrhoeae*) akan menjadi kebal terhadap antibiotik.

Akan tetapi Komisi Ilmiah mengenai Tanaman dari Direktorat Jenderal Kebijakan Konsumen dan Perlindungan Kesehatan Konsumen yang berada di bawah European Commission telah menyimpulkan bahwa potensi terjadinya transfer gen tersebut sangat kecil; kemungkinannya sangat kecil untuk kedua gen tetap ada dalam bentuk yang fungsional.

#### d) Dampak terhadap keanekaragaman hayati

Informasi yang tersedia sudah cukup banyak yang menyatakan bahwa delta endotoksin yang dihasilkan oleh gen Cry IA (c) tampaknya tidak berpengaruh terhadap herbivora dan lepidoptera bukan sasaran; demikian juga terhadap lebah madu, *Apis mellifera*, serangga predator *Chrysopa carnea* dan *Collembola*, invertebrata yang sangat berperan dalam menghancurkan sisa-sisa tanaman (Agbios, 2000). Walaupun demikian, EPA tetap mengharuskan pengujian efek toksin terhadap *Collembola* dan cacing tanah, untuk mengidentifikasi efek negatif dalam jangka panjang seperti terganggunya penghancuran sisa-sisa tanaman.

Pengaruh tanaman transgenik terhadap serangga-serangga musuh alami agak kompleks dan sulit diduga. Bukti selama ini menunjukkan bahwa pengaruh toksin-Bt terhadap musuh alami amat kecil, jika toksin-Bt diaplikasikan melalui penyemprotan. Laporan dari Tim Teknis Keamanan Hayati hasil uji lapang terbatas tahun 1999 menunjukkan bahwa kapas-Bt tidak berpengaruh terhadap *Coccinella*, kepik, laba-laba, belalang, semut merah dan parasitoid *Trichogramma*. Demikian juga Trisyono *et al.* (2000) melaporkan tidak ada pengaruh kapas Bt terhadap organisme bukan sasaran seperti predator *Araenidae*, *Salticidae*, *Oxyopidae* dan *Coccinellidae*, parasitoid *Braconidae* dan serangga penyerbuk *Apidae*. Namun, efek terhadap predator dan parasitoid mungkin saja ada karena keduanya memangsa atau memparasit serangga hama yang terkena toksin-Bt. Mortalitas larva *H. virescens* yang terparasit dan menyerang tanaman tembakau Bt lebih tinggi dibandingkan dengan larva terparasit yang menyerang tembakau bukan-Bt (Daly, 1994).

Kemungkinan perpindahan gen dari tanaman ke mikro organisme tanah masih harus dibuktikan; syarat utama untuk terjadinya perpindahan dan transformasi adalah jika bakteri tanah tersebut memiliki kompetensi fisiologis untuk mengambil DNA dari luar. Frekuensi perpindahan pada tanah steril telah dihitung oleh Nielsen *et al.* (dalam

Agbios, 2000) sebesar  $10^{-10}$ - $10^{-11}$ , dan di alam dengan tanah non-steril diperkirakan bisa terjadi dengan frekuensi  $10^{-17}$  (Schluter *et al.*, dalam Agbios 2000). Jadi kecil sekali peluang perpindahan gen Bt dari tanaman kapas ke mikrobia tanah.

Perpindahan gen dari tanaman transgenik ke tanaman lain yang berkerabat telah dilaporkan pada tanaman kanola yang tahan herbisida. Kondisi tersebut terjadi melalui penyebaran tepung sari karena tanaman kanola (1) menyerbuk silang, (2) kerabat liar kanola ada disekitarnya, dan (3) pembuahan terjadi, karena tidak ada faktor inkompatibilitas atau sterilitas. Penyebaran tepung sari pada kapas berbeda dengan penyebaran pada kanola. Dari hasil penelitian di Australia, Brown *et al.* (1995) menyimpulkan bahwa persilangan alami pada kapas sangat kecil. Perbedaan daerah sebaran kapas liar dengan daerah sebaran kapas yang dibudidayakan serta faktor kemandulan pada persilangan antar spesies menjadi faktor pembatas perpindahan gen Bt ke spesies liar. Amannya tepungsari kapas juga dinyatakan oleh Mc. Bride *et al.* (1995) yang menyatakan bahwa toksin-Bt tidak bisa tersebar melalui tepungsari, karena gen Bt berada pada *genome plastid* yang diturunkan hanya melalui tetua betina.

## PENGELOLAAN RISIKO

Pemanfaatan hasil rekayasa genetika menimbulkan kekhawatiran dimasyarakat. Banyak hal belum jelas karena kompleksitas masalah, keterbatasan ilmu pengetahuan, teknologi, dan instrumentasi serta singkatnya waktu untuk mengetahui dampaknya. Konstruksi gen-gen yang berasal dari bakteri, virus dan parasit-parasit genetik mungkin saja menimbulkan penyakit atau peningkatan ketahanan terhadap antibiotika sehingga menyulitkan pengobatan penderita penyakit tertentu. Masyarakat mengkhawatirkan bahwa pemindahan DNA transgenik berpotensi untuk memunculkan virus dan bakteri baru penyebab penyakit, menyebarnya gen-gen tahan antibiotika pada bakteri patogen atau merangsang munculnya kanker pada sel-sel mamalia.

Tantangan pertama yang dihadapi dalam pengembangan kapas Bt di Indonesia adalah serangan hama bukan sasaran seperti *Spodoptera litura*, *Sundapteryx biguttula*, dan *Aphis gossypii*.

Sampai saat ini gangguan hama *S. biguttula* dikendalikan dengan penggunaan varietas-varietas yang daunnya berbulu (Kanesia-1 sampai dengan Kanesia-7); inilah kelemahan varietas Nu COTN 35 B yang dilepas secara terbatas di Sulawesi Selatan. Dengan demikian untuk pengendalian hama tersebut tetap menggunakan insektisida.

Tantangan berikutnya yang sudah diperkirakan akan terjadi adalah munculnya resistansi hama *Helicoverpa* sp. terhadap delta-endotoksin yang dihasilkan oleh kapas-Bt. Berkembangnya resistansi hama ini dapat saja terjadi, seperti halnya resistansi terhadap insektisida. Hasil penelitian Hadiyani (1995) telah menunjukkan meningkatnya resistansi hama *Helicoverpa armigera* terhadap beberapa jenis insektisida di Sulawesi Selatan dan Sulawesi Tenggara. Tingkat resistensi hama tersebut terhadap endosulfan di Sulawesi Selatan sudah mencapai 80 kali dan terhadap profenofos mencapai 81 kali; tingkat resistansi terhadap piretroid sintetik di Sulawesi Tenggara sudah mencapai 111 kali. Oleh sebab itu mudah dimengerti mengapa pengendalian hama secara kimia-wi terhadap hama *H. armigera* di kedua wilayah tersebut sudah tidak efektif.

Berkembangnya resistansi hama *Helicoverpa virescens* terhadap toksin-Bt, telah dilaporkan oleh Tabashnik (1992); dari penelitian di laboratorium, *H. virescens* mampu mengembangkan resistansi terhadap Bt dalam 10 generasi. Dari penelitian lain pada populasi *Helicoverpa zea* di Alabama Selatan, Mississippi, Georgia, Florida dan Carolina Selatan, Sumerford *et al.* (1999) melaporkan meningkatnya toleransi (hampir 10 kali) *Helicoverpa zea* terhadap toksin dari Cry IA(c), selama periode 1996-1998; Hasil-hasil ini menyatakan bahwa faktor-faktor yang menuju ke peningkatan ketahanan *H. zea* sedang bekerja di lapangan.

Varietas-varietas kapas Bt sangat efektif menghadapi *H. virescens*, tetapi berpotensi rentan terhadap *H. zea* pada populasi tinggi. Oleh sebab itu tanaman kapas di Amerika Serikat tetap diserang oleh *H. zea*, sedang di Australia diserang oleh *H. armigera* dan *H. punctigera* (Layton *et al.*, 1998), penggunaan kapas Bt hanya efektif untuk paroh pertama pertumbuhan kapas. Tekanan populasi *H. zea* memaksa perlunya upaya tambahan dalam pengendalian hama untuk mencapai hasil yang optimal. Untuk itu tetap dilakukan panduan hama sebelum menggunakan insektisida, terutama menjelang akhir pertumbuhan kapas.

Kekhawatiran munculnya resistansi hama *Helicoverpa* sp. di Amerika Serikat, telah memaksa EPA dan Monsanto di Amerika Serikat mewajibkan petani-petani kapas-Bt untuk menerapkan pengelolaan resistansi hama. Para petani sehamparan diwajibkan menanam 4-5% tanaman refugia (tanaman kapas non Bt tempat mengungsi *Helicoverpa* yang tahan toksin Bt) sedangkan 95-96% ditanami kapas-Bt. Kapas-Bt bila perlu boleh disemprot dengan insektisida sedangkan tanaman refugia bebas dari insektisida.

Dengan penyediaan 5% tanaman refugia, pada frekuensi allel resistan  $10^{-3}$  -  $10^{-6}$ , Luttrell dan Carpio (1996) menemukan bahwa resistansi *Helicoverpa* sp. dapat ditunda sampai 500 - 1000 generasi serangga; tanpa upaya-upaya pengelolaan, diduga resistansi sudah terbentuk dalam 2 - 5 generasi. Selain cara tersebut di atas Mc.Gaughey dan Whalon (1992) juga menganjurkan teknik pengumpulan gen (*genes-pyramiding*) dan rotasi gen-gen penghasil toksin untuk menunda timbulnya resistansi.

Adanya risiko di atas kurang diperhatikan dalam pengembangan kapas-Bt di Indonesia. Dominasi *Helicoverpa zea* dan *Helicoverpa armigera* yang toleran terhadap toksin yang dihasilkan Cry IA (c), penggunaan insektisida untuk mengendalikan hama *S. biguttula*, tidak adanya pengawasan sebaran dan proporsi tanaman refugia, yang dikhawatirkan akan mematahkan resistansi kapas-Bt dalam waktu dekat; dengan demikian dikhawatirkan petani kapas di Sulawesi Selatan akan kembali menggunakan insektisida-insektisida yang harganya makin tidak terjangkau.

## KESIMPULAN

Bukti-bukti menunjukkan bahwa kapas-Bt tidak berpotensi menyebabkan alergi atau menghasilkan bahan beracun, demikian juga penggunaan gen penanda yang menyebabkan ketahanan terhadap antibiotik tidak perlu di khawatirkan. Efeknya terhadap parasit-parasit, predator-predator dan mikroba tanah sangat kecil. Gen-gen penghasil toksin tersebut tidak tersebar melalui tepungsari, karena gen-gen plastid hanya dapat diwariskan melalui tetua betina.

Dalam memanfaatkan tanaman transgenik, Indonesia menganut prinsip kehati-hatian sesuai dengan Protokol Cartagena. Manfaat utama pe-

ngembangan kapas-Bt adalah memproduksi serat kapas dengan pemakaian insektisida yang lebih rendah dan produktivitas lebih tinggi. Belum ada protes dari konsumen adanya toksin atau bahan penyebab alergi pada serat kapas-Bt; kemungkinan toksin-Bt berdampak negatif terhadap keanekaragaman hayati sangat kecil; terlepasnya gen Bt kekerabat liar kapas dibatasi oleh sifat gen Bt yang "maternal-inheritance", sifat kemandulan atau inkompatibilitas serta ketidaksamaan daerah sebaran spesies.

Pemanfaatan kapas Bt adalah pilihan teknologi; risiko yang diperkirakan akan segera muncul adalah berkembangnya resistansi terhadap toksin-Bt karena toleransi *H. zea* dan *H. armigera* terhadap toksin tersebut. Indonesia perlu sungguh-sungguh mempersiapkan regulasi untuk tanaman transgenik dan mengambil langkah-langkah untuk menunda munculnya resistansi terhadap toksin-Bt.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Agbios, 2000. Principles and practice of environmental safety assessment of transgenic plants. Agriculture and Biotechnology Strategies (Canada) Inc. 148p.
- Brown A.H.D., H.Hurka, L.A.Craven and J.P. Grace. 1995. Risk of escape of transgenes from cotton into natural populations of Australian *Gossypium* species. In Challenging the future. Ed.by G.A. Constable and N.W. Forrester. Proc. the World Cotton Research Conference I. p.275-281.
- Convention on Biological Diversity. 2000. Cartagena Protocol on Biosafety. UNEP/CBD/Ex COP/1/L.5. 11p.
- Daly, J.C. 1994. Ecology and resistance management for *Bacillus thuringiensis* transgenic plants. Biocontrol Science and Technology, 4, 563-571.
- Environmental Protection Agency (EPA). 1995. Pesticide Fact Sheet : *Bacillus thuringiensis sub species kurstaki* delta endotoxin and its controlling sequences as expressed in cotton. Issued October 31.1995.
- Hadiyani S. 1995. Pengendalian serangga hama serat dan tembakau ditingkat petani. Risalah Seminar Regional Resistensi serangga terhadap Insektisida dan Upaya Penanggulanganannya. PEI Cabang Malang, p26-32.
- Hegwood, D., and O'Mara. 2000. International trade implications of biotechnology. Proc Beltwide Cotton Conf. January 4-8, San Antonio, TX. Natl Cotton Council of America. p 79-81.
- Hellenas, K.E., C. Branzell, H.Johnson, and P.Salina.1995. High levels of glycoalkaloids in the established Swedish potato variety Magnum Bonum. J.Sci. Food Agric. 23 : 520-523.
- James, C. 2000. Global review of commercialized transgenic crops : 2000. ISAAA Briefs No.16. ISAAA: Ithaca. NY
- Layton, B., S.D Stewart, and M.R.Williams1998. Performance of Bt cotton in Mississippi, 1997. Proc.Beltwide Cotton Conf. p.970-973.
- Luttrell, R.G.and Mike Carpio.1996. Implementing resistance management Proc. Beltwide Cotton Conf. p 161-163.
- Mc Bride Kevin E., Zora Svab, David J. Schaaf, Patrick S.Hogan, David M.Stalker and Pal Maliga.1995. Amplification of a chimeric *Bacillus* gene in chloroplasts leads to an extraordinary level of an insecticidal protein in tobacco. Biotechnology Vo 13, p.362-365.
- Mc.Gaughey, W.H. and M.E. Whalon. 1992. Managing insect resistance to *Bacillus thuringiensis* toxins. Science 58.1451-1455.
- Mullins, J.W.and J.M.Mills. 1999. Economics of bollgard versus non-bollgard cotton in 1998. Proc Beltwide Cotton Conf. January 3-7, Orlando, FL Natl.Cotton Council, p 958-961.
- NAS (National Academy of Sciences). 2000a. Genetically modified pest-protected plants. National Academy Press, Washington. DC 20418, USA.
- NAS (National Academy of Sciences), 2000b. Transgenic plants and world agriculture. Report of working group representing the Royal Society of London, US National Academy of Sciences, Brazilian Academy of Sciences, Chinese Academy of Sciences, Indian National Science Academy, Mexican Academy of Sciences and Third World Academy of Sciences, 40 p.
- Nordlee, J.A., S.L.Taylor, J.A. Townsend, L.A. Thomas and R.K.Bush. 1996. Identification of a Brazil-nut allergen in transgenic soybeans. N.Engl.J.Med. 334 : 688-694.
- OECD (Organization for Economic Cooperation and Development). 1993. Safety considerations for Biotechnology : Scale-up of Crop Plants, Paris : OECD.
- Pigg,C.1995. Harvest results encouraging : Bad worm year spotlights Bt-cotton South West Farm Press. 22(21) : 1, 14-15.

- Sumerford, D.V., D.D. Hardee, L.C. Adams and W.L.Solomon.1999. Status of monitoring for tolerance to Cry IA (c) in populations of *Helicoverpa zea* and *Heliothis virescens*. Three year summary. In Proc. Beltwide Cotton Conferences. p. 936-939.
- Tabashnik, B.E. 1992. Resistance risk management: Realized heritability of resistance to *Bacillus thuringiensis* in diamond back moth (Lepidoptera : Plutellidae), tobacco budworm (Lepidoptera : Noctuedae) and Colorado potato beetle (Coleoptera : Chrysomelidae). J. Econ. Entomology 85 : 1551 - 1559.
- Trisyono, Y.A., S.Sudjono and E.Mahrub.2000. Transgenic cotton : effects on target and non target organisms. Progress report. Faculty of Agriculture, Gadjah Mada University.
- Trolinder, Norma L.1995. How to genetically engineer cotton. Proc.Beltwide Cotton Conf. January 4-7 San Antonio, TX. Natl. Cotton Council of America.p 165-166.
- Van Gelder W.M.J. and J.J.C. Scheffer.1991. Transmission of stereoidal glycoalkaloids from *Solanum vernei* to the cultivated potato. Phytochemistry 30:165-168.