

Status Perkembangan Kapas Bt

Muhammad Herman

Balai Penelitian Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian, Bogor

ABSTRACT

Development of Bt cotton. *Muhammad Herman.* Bt cotton has been grown on over four million hectares by millions of farmers in nine countries including Indonesia since its introduction in 1996. Indonesian farmers in seven districts of South Sulawesi Province have grown Bt cotton at about four to five thousand hectares since 2001. The utilization of Bt cotton in Indonesia is regulated by the Joint Decree of Minister of Agriculture, Minister of Forestry and Estate Crops, Minister of Health, and the State Minister of Food and Horticulture 1999 No. 998.1/Kpts/OT.210/9/99; 790a/Kpts-IX/1999; 1145A/MENKES/SKB/IX/199; 015A/NmenegPHOR/09/1999 concerning Biosafety and Food Safety of Genetically Engineered Agricultural Products, and the Decree of Minister of Agriculture 1998 concerning Testing, Evaluation, and Variety Release. The fact that farmers continue to embrace transgenic crops varieties such as Bt cotton provides ample evidence that they have been beneficial to the farm. Bt cotton provides significant multiple benefits such as economic advantages to the farmers, reduce use of broad spectrum insecticides, reduce of farmers' toxicity due to exposure of insecticides. In addition to the fact that the overwhelming majority of scientists, as well as every major scientific organization that has evaluated the safety of transgenic crops including Bt cotton, find them to be as safe as or safer than conventional crops, provides ample evidence that health and environmental issues have been adequately addressed.

Key words: Bt cotton, transgenic

Serangga hama merupakan kendala utama pada produksi tanaman kapas. Di samping dapat menurunkan produksi, serangan serangga hama dapat menurunkan kualitas kapas. Tingkat serangan serangga hama pada tanaman kapas sangat bervariasi dari tahun ke tahun dan dari negara ke negara (Benedict dan Altman, 2001). Menurut James (2002a) jenis serangga hama utama pada tanaman kapas adalah *Helicoverpa armigera* (cotton bollworm = CBW), *Pectinophora gossypiella* (pink bollworm = PBW), *Earias* spp. (spiny bollworm = SPW), *Heliothis virescens* (tobacco budworm = TBW). Kehilangan hasil dapat mencapai 5 miliar dolar Amerika Serikat per tahun. Secara global 20% insektisida digunakan untuk pengendalian hama kapas (James, 2002a). Pada tahun 2001, petani kapas dunia menggunakan insektisida seharga 1,7 miliar dolar Amerika Serikat (James, 2002a).

Salah satu cara pengendalian hama kapas adalah penggunaan

varietas kapas tahan hama. Perbaikan sifat tanaman kapas dapat dilakukan melalui modifikasi genetik baik dengan pemuliaan tanaman secara konvensional ataupun dengan bioteknologi khususnya teknologi rekayasa genetik. Kadang-kala dalam perakitan varietas kapas tahan serangga hama pemulia konvensional menghadapi suatu kendala yang sulit dipecahkan, yaitu langkanya atau tidak adanya sumber gen ketahanan di dalam koleksi plasma nutfah kapas. Contoh sumber gen ketahanan yang langka adalah gen ketahanan terhadap serangga hama dari kelompok Lepi-doptera, khususnya CBW (Herman, 1997). Akhir-akhir ini kesulitan pemulia konvensional tersebut dapat diatasi dengan teknologi rekayasa genetik melalui kapas transgenik (Herman, 1996).

Melalui rekayasa genetik sudah dihasilkan kapas transgenik yang memiliki sifat baru, yaitu ketahanan terhadap CBW. Gen yang ditransfer ke dalam genom tanaman kapas untuk membentuk kapas transgenik bisa berasal dari spesies lain

seperti bakteri, virus, atau tanaman (Bennet, 1993). Salah satu contoh gen untuk ketahanan serangga hama adalah Bt.

Gen Bt adalah gen hasil isolasi bakteri tanah *Bacillus thuringiensis*. Istilah populer *cry* (Held *et al.*, 1982) merupakan singkatan dari *crystal* sebagai representasi gen dari strain Bt yang memproduksi protein kristal yang bekerja seperti insektisida (*insecticidal crystal protein*) yang dapat mematikan serangga hama (MacIntosh *et al.*, 1990). Ada beberapa gen *cry* yang ditransformasikan ke kapas transgenik, yaitu *cryIA(a)*, *cryIA(b)*, *cryIA(c)*, *cryIF*, dan *cryIIA(b)* (Benedict dan Altman, 2001; James, 2002a).

Secara global, kapas Bt telah ditanam sejak tahun 1996 seluas 0,8 juta ha dan meningkat terus mencapai 3,1 juta ha pada tahun 2003 (Tabel 1). Pada tahun 2000 kapas Bt dan kapas Bt/RR ditanam masing-masing seluas 1,5 juta ha (3% dari total area) dan 1,7 ha (4%) (Tabel 2) di Afrika Selatan, Amerika Serikat, Argentina, Australia, Cina, dan Meksiko (James, 2001a). Pada tahun 2001-2003, ada tiga negara mulai menanam untuk komersial maupun pra komersial, yaitu Indonesia, India, dan Kolumbia (James, 2002a; 2003). Pada tahun 2003, dibandingkan dengan tanaman transgenik lain dengan sifat toleran herbisida atau tahan serangga hama, kapas Bt menduduki tingkatan nomor 5 dalam hal luas area pertanaman (Tabel 2). Pada tahun 2003, dari empat jenis tanaman transgenik yang dominan ditanam secara global, kapas transgenik termasuk kapas Bt menduduki urutan kedua setelah kedelai dalam hal tingkat adopsi oleh petani (Tabel 3).

Dari data peningkatan luas area penanaman kapas Bt dan kapas Bt/TH sejak 1996 sampai 2003, dan tingkat adopsi yang mencapai 21%, memberikan indikasi kuat bahwa

Tabel 1. Luas kapas Bt (Bt dan Bt/TH) secara global dari 1996-2003

Sifat	Luas (juta ha)							
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Bt	0,8	1,1	1,4	1,3	1,5	1,9	2,4	3,1
Bt/TH	0,0	<0,1	0,1	0,8	1,7	2,4	2,2	2,6
Total	0,8	1,1	1,5	2,1	3,2	4,3	4,6	5,7

Bt = *Bacillus thuringiensis*, TH = toleran herbisida

Sumber: Modifikasi James (2002b; 2003)

Tabel 2. Luas tanaman transgenik secara global dari 2000-2003 berdasarkan sifat

Tanaman	2000			2001			2002			2003		
	Juta ha	Persentase	No.*	Juta ha	Persentase	No.*	Juta ha	Persentase	No.*	Juta ha	Persentase	No.*
Kedelai TH	25,8	59	1	33,3	63	1	36,5	62	1	41,4	61	1
Jagung Bt	6,8	15	2	5,9	11	2	7,7	13	2	9,1	13	2
Kanola TH	2,8	6	3	2,7	5	3	3,0	5	3	3,6	5	3
Jagung TH	2,1	5	4	2,1	4	6	2,5	4	4	3,2	5	4
Kapas Bt	1,5	3	6	1,9	4	7	2,4	4	5	3,1	5	5
Kapas TH	2,1	5	4	2,5	5	4	2,2	4	6	1,5	2	7
Kapas Bt/TH	1,7	4	5	2,4	5	5	2,2	4	6	2,6	4	6
Jagung Bt/TH	1,4	3	7	1,8	3	8	2,2	4	6	3,2	5	4
Total	44,2	100		52,6	100		58,7	100		67,7	100	

Bt = *Bacillus thuringiensis*, TH = toleran herbisida, * nomor tingkatan luas area pertanaman secara global

Sumber: Modifikasi James (2001a; 2001b; 2002a; 2002b; 2003)

Tabel 3. Tingkat adopsi jenis tanaman transgenik secara global tahun 2003

Tanaman	Luas keseluruhan (juta ha)	Luas tanaman transgenik (juta ha)	Tingkat adopsi (%)
Kedelai	76	41,4	55
Kapas	34	7,2	21
Kanola	22	3,6	16
Jagung	140	15,5	11
Total	272	67,7	

* Nomor tingkatan adopsi

Sumber: Modifikasi James (2003)

para petani kapas transgenik diuntungkan dengan menanam produk teknologi rekayasa genetik tersebut. Di samping hal positif dari kapas Bt, terdapat isu kekhawatiran bahwa kapas Bt akan mengganggu, merugikan, dan membahayakan bagi keanekaragaman hayati, lingkungan, dan kesehatan manusia. Sehubungan dengan itu, perlu dilakukan evaluasi dan kajian teknis aspek *biosafety* (keamanan hayati) dan *food safety* (keamanan pangan) sebelum kapas Bt tersebut digunakan dan dikomersialisasikan. Dalam makalah ini akan dijelaskan tentang kapas Bt di luar negeri;

kapas Bt di Indonesia; dan manfaat dan keuntungan, serta isu serta fakta kapas Bt.

KAPAS BT DI LUAR NEGERI

Selain Indonesia, ada tujuh negara yang menanam kapas Bt. Dalam tulisan ini akan diuraikan kapas Bt di Amerika Serikat, Argentina, Afrika Selatan, Meksiko, Cina, India, dan Australia.

Amerika Serikat

Di Amerika Serikat, penanaman kapas Bt dimulai tahun 1996 (James, 2001b). Pada tahun tersebut luasan pertanaman kapas Bt mencapai 12% dari total area per-

tanaman kapas di Amerika Serikat. Sejak tahun 1996 sampai 2000 terjadi peningkatan persentase area pertanaman kapas Bt dan kapas Bt/RR yang stabil, yaitu 18% pada tahun 1997 menjadi 23% tahun 1998, 32% tahun 1999, dan tahun 2000 meningkat menjadi 39% dari total pertanaman kapas. Kapas Bt dapat menurunkan serangan tiga serangga hama utama pada kapas, yaitu CBW, TBW, dan PBW (James, 2002a). Sebelum ada kapas Bt, petani kapas menggunakan insektisida untuk mengendalikan tiga serangga hama utama tersebut, sehingga terjadi resistensi serangga hama terhadap insektisida. Dengan

menanam kapas Bt, petani dapat mengurangi jumlah insektisida (bahan aktif) sebesar 900 *metric ton* pada tahun 1998 dan 1.200 *metric ton* pada tahun 1999 (Carpenter dan Gianessi, 2001). Keuntungan ekonomi nasional Amerika Serikat bagi petani kapas adalah 142 juta dolar Amerika Serikat pada tahun 1996 (Falck-Zepeda *et al.*, 2000a), 80 juta dolar Amerika Serikat pada tahun 1997 (Falck-Zepeda *et al.*, 2000b), serta pada tahun 1998 dan 1999 masing-masing 92 dan 99 juta dolar Amerika Serikat (Carpenter dan Gianessi, 2001).

Dalam rangka pengelolaan ketahanan serangga hama (*Insect Resistance Management/IRM*), penggabungan dua gen *cry* yang mempunyai cara bekerja (*mode action*) telah dilakukan. Hal tersebut dituju-kan untuk mencegah terjadinya ke-patahan ketahanan atau resistensi dari kapas Bt (James, 2002a). Bollgard generasi ke II atau diberi nama Bollgard II telah dirakit de-ngan menggabungkan gen *cryIA(c)* dan *cryIIA(b)* (James, 2002a). Bollgard II *event* 15985 dirakit de-ngan menembakkan gen *cryIIA(b)* dengan sistem transformasi *particle bombardment* ke kapas DP50B yang telah mengandung gen *cryIA(c)* (Rahn *et al.*, 2001). Selain untuk IRM, penggabungan dua gen ditujukan untuk meningkatkan ketahanan Bollgard terhadap serangga hama utama. Percobaan lapang yang ekstensif menunjukkan hasil bahwa Bollgard II dapat mengendalikan serangga hama utama kapas lebih baik dibandingkan dengan Bollgard saja (Catchot, 2001; Norman dan Sparks, 2001; Lorenz *et al.*, 2001; Penn *et al.*, 2001; Ridge *et al.*, 2000). Bollgard II telah mendapatkan izin untuk komersialisasi di Amerika Serikat pada musim tanam 2003 (GKCCB, 2003).

Argentina

Kapas Bt ditanam pertama kali di Argentina pada tahun 1998 seluas 5000 ha dari 750.000 ha total area pertanaman kapas (James, 2001a). Keuntungan yang diperoleh petani kapas Bt adalah 65,05 dolar Amerika Serikat per ha (Elena, 2001). Peningkatan area pertanaman kapas terjadi pada tahun 1999, menjadi 10.000 ha dengan keuntungan ekonomi nasional sebesar 1 juta dolar Amerika Serikat (Elena, 2001). Pada tahun 2000 area pertanaman kapas Bt menjadi 30.000-40.000 ha (James, 2001a).

Afrika Selatan

Kapas merupakan tanaman utama sebagai sumber penghasilan petani kecil di Makhatini Flats, Afrika Selatan (ISAAA, 2002b). Sejak tahun 1997 kapas Bt disetujui untuk ditanam petani kecil di Afrika Selatan, setelah lulus peraturan per-undang-undangan Afrika Selatan, yaitu South African Genetic Modification Organisms Act (ISAAA, 2002d). Dampak dari penggunaan kapas Bt, telah menurunkan penggunaan insektisida sampai 50% dari 10 kali penyemprotan menjadi 4 kali per musim tanam (Ismael *et al.*, 2002a). Dengan menurunnya penggunaan insektisida kelompok *organophosphates*, menurun pula tingkat kasus keracunan insektisida pada petani (Ismael *et al.*, 2002a). Di samping itu, ada manfaat lain, yaitu telah terjadi peningkatan jumlah katak di daerah pertanaman kapas Bt. Peningkatan hasil kapas mencapai 27-48% dengan keuntungan rata yang diperoleh petani 50 dolar Amerika Serikat per ha (Ismael *et al.*, 2002a). Pada tahun 2000/2001 tingkat adopsi teknologi kapas Bt oleh petani kecil di Makhatini Flats mencapai 92% (Ismael *et al.*, 2002b). Hal tersebut disebabkan oleh beberapa faktor seperti produksi kapas Bt yang

lebih tinggi dibandingkan dengan kapas non Bt (27-48%), penurunan aplikasi pestisida, dan keuntungan rata-rata mencapai 50 dolar Amerika Serikat per ha (Ismael *et al.*, 2002b).

Meksiko

Sebelum penanaman kapas Bt, serangan serangga hama seperti PBW, TBW, dan *fall army worm* (FAW), selalu mencapai tingkat yang kritis. Petani kapas Meksiko telah menanam kapas Bt sejak tahun 1996 (ISAAA, 2002a). Penggunaan kapas Bt efektif menurunkan serangan PBW dan TBW, serta efektif menekan populasi FAW di sebagian area. Akibat penggunaan kapas Bt, aplikasi insektisida menurun sampai 80% dibandingkan dengan kapas non Bt (ISAAA, 2002a). Petani diuntungkan secara rata-rata 335,45 dolar Amerika Serikat per ha pada tahun 1997-1998 (ISAAA, 2002a).

Cina

CBW merupakan serangga hama utama pada pertanaman kapas di Cina. Serangga hama tersebut menyebabkan kehilangan hasil yang besar bagi produksi kapas Cina. Komisi Keamanan Hayati Cina (*Chinese Biosafety Committee*) telah menyetujui komersialisasi kapas Bt pada tahun 1997. Pada tahun 1999, 20 varietas kapas Bt telah ditanam untuk komersial seluas 370.000 ha (ISAAA, 2002c). Kapas Bt dapat mengurangi serangan CBW. Lima puluh persen kapas yang ditanam di Provinsi Hebei adalah kapas Bt, sedangkan 30% kapas Bt ditanam di Provinsi Shandong (ISAAA, 2002c). Keuntungan yang paling besar dari penanaman kapas Bt di Cina adalah pengurangan biaya pembelian insektisida. Antara tahun 1996, petani kapas di Provinsi

Hebei dan Shan-dong dapat mengurangi biaya pembelian insektisida masing-masing 69% dan 27% (Pray *et al.*, 2001). Pengurangan terjadi pada frekuensi aplikasi insektisida dari 12-30 kali aplikasi menjadi 3-4 kali aplikasi (Pray *et al.*, 2001). Hal tersebut menghemat biaya sampai 144 dolar Amerika Serikat per ha (Pray *et al.*, 2001). Pengurangan insektisida jenis *organophosphate* dan *organochlorine* mencapai 80%. Data tentang petani kapas yang keracunan insektisida dilaporkan bahwa angka keracunan petani kapas Bt 4,7%, petani kapas Bt dan kapas non Bt 11%, sedangkan petani kapas non Bt saja mencapai 22% (Pray *et al.*, 2001).

Tiga varietas kapas Bt yang dikomersialkan di Cina, yaitu kapas Bollgard yang mengandung gen *cryIA(c)* dari Monsanto dan dua varietas kapas transgenik yang dirakit oleh Chinese Academy of Agricultural Sciences (CAAS) di Beijing. Dua varietas yang dirakit oleh CAAS mengandung gabungan gen *cryIA(b)* dengan *cryIA(c)*, dan gen *cryIA(c)* dengan gen CpTi (*cowpea trypsin inhibitor*) (James, 2002a).

India

Produksi kapas India rendah dibandingkan dengan produksi rata-rata dunia, sebagian diakibatkan kehilangan hasil kapas oleh serangan kompleks CBW. Rata-rata kehilangan hasil akibat serangan serangga hama antara 10-14% setiap tahun (ISAAA, 2002d). Pengendalian serangan kompleks CBW yang dilakukan oleh petani kapas di India adalah penyemprotan insektisida. Petani di daerah pertanaman kapas utama (*cotton belt*) Andhra Pradesh dan Karnataka menyemprot insektisida 15-18 kali per musim tanam, padahal secara umum petani hanya menyemprot 8-9 kali (ISAAA, 2002d). Aplikasi insektisida

yang tinggi akibat terjadinya resistensi CBW terhadap insektisida di daerah tersebut. Sehubungan dengan kebutuhan teknologi pengendalian serangga hama kapas yang aman lingkungan, pengujian lapang (uji multilokasi) kapas Bt dilakukan pada tahun 1998/99 dan 2000/2001. Uji multilokasi dilakukan pada area 85 ha, di berbagai negara bagian India (ISAAA, 2002d). Penggunaan kapas Bt telah menurunkan penggunaan insektisida sampai 80%. Dibandingkan dengan kapas non Bt, petani kapas Bt dapat memperoleh keuntungan 93,4 dolar Amerika Serikat per are pada tahun 1998/99 dan 41 dolar Amerika Serikat pada tahun 2000/2001 (Naik, 2001). Penurunan keuntungan pada tahun 2000/2001 akibat hasil kapas Bt lebih rendah dibandingkan pada tahun 1998/99. Hal tersebut disebabkan waktu penanaman yang terlambat dan faktor stres lingkungan yang tinggi (Naik, 2001).

Australia

Seperti halnya di negara lain, di Australia serangga hama merupakan faktor utama dalam kendala produksi kapas. Serangga hama utama adalah *Helicoverpa punctigera* (Australian Budworm = ABW) dan CBW (James, 2002a). Petani biasanya menggunakan insektisida dalam pengendalian CBW. Pada awal tahun 1990 telah berkembang resistensi ABW dan CBW terhadap insektisida yang digunakan dalam pengendalian serangga hama tersebut. Pada tahun 1996/97 petani kapas Australia mulai menanam kapas Bt seluas 30.000 ha (James, 2002a). Dari tahun ke tahun terjadi peningkatan luas pertanaman kapas Bt. Pada tahun 2000/2001 luas pertanaman kapas Bt mencapai 165.000 ha atau 30% dari total luas pertanaman kapas di Australia (James, 2002a).

Untuk mengantisipasi terjadinya resistensi CBW terhadap

kapas Bt, maka dirakit kapas Bt generasi kedua yang tahan CBW. Kapas Bt INGARD (r) (tahan CBW), Bollgard II(r) (tahan CBW), dan kapas Bt Bollgard II(r)/*Roundup Ready* (tahan CBW dan toleran herbisida) telah dilepas secara terbatas pada tahun 2002 (GKCCB, 2002). Pelepasan terbatas dilakukan di tiga lokasi dengan kondisi terkendali, yaitu di daerah Wyndham-East Kimberley pada area seluas 3 ha. Lisensi pelepasan dipegang oleh *Commonwealth Scientific and Industrial Research (CSIRO)*. Per-setujuan pelepasan terbatas dilakukan oleh Kantor Teknologi Gen Australia (*Australian Office of Gene Technology* atau OGTR). Permisian lisensi lain pada tiga kapas transgenik yang sama untuk pelepasan terbatas dan kondisi terkendali diajukan oleh Departemen Pertanian Australia Barat (*Western Australia*). Lokasi pelepasan terbatas yang diajukan adalah 30 lokasi di Kununura dan Broome, Western Australia dengan total area seluas 500 ha. Hasil panen kapas transgenik tersebut tidak boleh digunakan sebagai bahan pangan (GKCCB, 2002).

KAPAS Bt DI INDONESIA

Salah satu kendala utama produksi kapas di Indonesia, khususnya di daerah Sulawesi Selatan adalah serangan serangga hama CBW (*H. armigera*) dan *Earias vitella*. Seperti halnya di negara lain, karena tidak ada varietas tahan terhadap CBW, petani kapas di Indonesia selalu menggunakan insektisida dalam pengendalian CBW. Untuk keperluan pengendalian CBW dan serangga hama Lepidoptera yang lain maka pada tanggal 7 Februari 2001 dikeluarkan Keputusan Menteri Pertanian No. 107/Kpts/KB.430/2/2001 tentang Pelepasan

secara Terbatas Kapas Bt. Dari sekian banyak berita pro dan kontra tanaman transgenik, kasus kapas Bt di Sulawesi Selatan paling banyak mendominasi berita. Dalam Bab ini dijelaskan status kapas tersebut yang meliputi evaluasi, pengkajian dan pengujian kapas Bt, pelepasan terbatas kapas Bt, dan pelepasan 2003.

Evaluasi, Pengkajian, dan Pengujian Kapas Bt

Tahap evaluasi, pengkajian, dan pengujian kapas Bt yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

- Menurut Keputusan Menteri Pertanian No. 856/Kpts/HK. 330/9/1997 tentang Ketentuan Keamanan Hayati Produk Bioteknologi Pertanian Hasil Rekayasa Genetik (PBPHRG) bahwa pemanfaatan kapas Bt harus memenuhi persyaratan keamanan hayati dan mempertimbangkan kaidah agama, etika, sosial budaya, dan estetika (gen yang ditransformasikan harus tidak bertentangan dengan kaidah agama atau harus halal).
- Pengkajian kelengkapan permohonan yang meliputi antara lain:
 - akte pendirian/legalitas hukum;
 - nomor pokok wajib pajak (NPWP);
 - dokumen jawaban-jawaban pertanyaan inti;
 - dokumen pernyataan aman;
 - data-data keamanan hayati dan/atau keamanan pangan.
- Evaluasi dan kajian dokumen dan pustaka ilmiah tentang keamanan hayati kapas Bt yang diuji dilakukan oleh TTKHKP Kelompok Tanaman; evaluasi dan kajian dokumen dan pustaka ilmiah dilakukan terhadap data dan dokumen jawaban per-tanyaan-pertanyaan inti yang mencakup antara lain spesies yang akan diuji, tujuan khusus pengujian, lokasi, habitat dan ekologi, genetika kapas Bt, pro-sedur percobaan, dan peman-tauan; dokumen pernyataan aman yang disetujui untuk di-komersialkan di berbagai nega-ra; dan data-data keamanan hayati yang meliputi:
 - stabilitas gen interes (mengikuti hukum Mendel);
 - cara penyerbukan (sendiri atau silang);
 - sistem transformasi tanaman (melalui vektor *Agrobacterium tumefaciens* atau *particle bombardment*);
 - karakterisasi molekuler (jumlah kopi DNA);
 - fenotipik karakter tidak menunjukkan sifat abnormal dan tidak berbeda dengan tanaman non transgenik;
 - tidak menunjukkan sifat *weediness* yang berpotensi sebagai gulma dan tidak ber-sifat merusak habitat alam;
 - tidak berpengaruh negatif terhadap organisme bukan sasaran (lebah madu, ulat suta-ra, cacing tanah, *collembola*, predator, parasit, hewan ter-nak);
- Kajian dokumen dan pustaka ilmiah tentang risiko keamanan hayati dan keamanan pangan sangat penting dilakukan oleh TTKHKP; informasi tentang cara penyerbukan tanaman (silang atau sendiri) untuk mengetahui apakah ada kemungkinan berpindahannya gen ke tanaman budi daya sejenis, *center of origin* untuk mengetahui keberadaan kerabat liarnya; informasi tentang gen interes apakah mudah larut/labil dalam suasana asam atau pada pemanasan; informasi *mode of action* dari gen interes seperti Bt yang hanya akan aktif apabila ada *receptor* di usus serangga sasaran; informasi asal usul gen interes apakah dari sumber alergen atau bukan.
- Interview* pemohon oleh TTKHKP tentang permohonan pengujian keamanan hayati dan penjelasan jawaban daftar pertanyaan.
- Persetujuan pengujian keamanan hayati di Fasilitas Uji Terbatas (FUT) diberikan oleh TTKHKP; rumah kaca dalam FUT ini dibangun dalam rangka pendekatan kehati-hatian (*precautionary approach*) dalam menangani kapas Bt; FUT dibangun dengan konstruksi pintu ganda (*double door*) dan dinding dari poly carbonat dan kawat kasa 200 mesh untuk mencegah keluar masuknya serangga, dan penyebaran serbuk sari tanaman.
- Pengujian kapas Bt di FUT dilaksanakan sesuai dengan Pedoman Pengujian Keamanan Hayati PBPHRG Seri Tanaman tahun 1998. Pengujian dilakukan oleh Tim Penguji Keamanan Hayati Tanaman Transgenik (TPKHHT). Pengamatan meliputi:
 - perbandingan fenotipik karakter kapas Bt dan non transgenik pada fase vegetatif dan generatif (morfologi, pertumbuhan, warna, dan tekstur), apakah ada abnormalitas;
 - sifat *weediness* dan *invasiveness* dari kapas Bt dengan perbandingan tanaman non transgenik;
 - pengujian kemungkinan pengaruh negatif terhadap organisme bukan sasaran (lebah madu dan ulat sutera);
 - secara kualitatif dilihat apakah TPHHTT selama peng-

- ujian mengalami iritasi kulit akibat bersentuhan dengan kapas Bt dengan perbandingan kapas non transgenik, serta mengalami alergi atau keracunan akibat tepung sari (*pollen*) kapas Bt dengan perbandingan kapas non transgenik
- stabilitas gen dilihat dari efikasi gen interes.
8. TTKHKP melakukan monitoring terhadap pelaksanaan pengujian kapas Bt di FUT.
 9. Hasil pengujian kapas Bt di FUT dikaji oleh TTKHKP.
 10. Dari hasil *review* pengujian keamanan hayati di FUT dan kajian ilmiah data-data dan dokumen keamanan hayati di luar negeri, diketahui tidak ada dampak negatif dan efikasi positif dari sifat utama yang diklaim dari kapas Bt; TTKHKP menetapkan pengujian keamanan hayati kapas Bt dapat dilanjutkan di Lapangan Uji Terbatas (LUT);
 11. Tidak semua hasil pengujian keamanan hayati suatu jenis tanaman transgenik di FUT langsung ditetapkan oleh TTKHKP untuk dilanjutkan pengujiannya ke LUT; pengujian suatu jenis tanaman transgenik yang mengandung gen Bt pernah diputuskan ditolak dua kali untuk dilanjutkan ke LUT, karena dua kali hasil pengujian di FUT menunjukkan gen yang ditransformasikan belum stabil 100%.
 12. Pengujian kapas Bt di LUT dilaksanakan di tiga lokasi.
 13. Disebut Lapangan Uji Terbatas karena memerlukan berbagai persyaratan, misalnya dengan memperlakukan jarak isolasi minimum, atau memanen kapas Bt sebelum berbunga, dan menghilangkan putik sebelum serbuk sari masak atau membungkus bunga kapas Bt dengan kantong khusus, atau menanam di daerah yang tidak ada tanam-an sejenis, atau di daerah yang ada tanaman sejenis tetapi umurnya jauh berbeda; tindakan tersebut ditujukan untuk mengurangi kemungkinan perpindahan gen baru melalui penyebaran serbuk sari dari kapas Bt ke tanaman sejenis atau kerabat liar.
 14. Pengujian kapas Bt di LUT dilaksanakan sesuai dengan Pedoman Pengujian Keamanan Hayati PBPHRG Seri Tanaman tahun 1998. Pengujian dilakukan oleh TPKHTT. Pengamatan meliputi:
 - perbandingan fenotipik karakter kapas Bt dan non transgenik pada fase vegetatif dan generatif (morfologi, pertumbuhan, warna, dan tekstur), apakah ada abnormalitas;
 - sifat *weediness* dan *invasiveness* dari kapas Bt dengan perbandingan tanaman non transgenik;
 - secara kualitatif apakah TPKHTT selama pengujian mengalami iritasi kulit akibat bersentuhan dengan kapas Bt dengan perbandingan tanaman non transgenik; dan alergi atau keracunan akibat tepung sari (*pollen*) kapas Bt dengan perbandingan tanaman non transgenik
 - kemungkinan pengaruh negatif terhadap organisme bukan sasaran (predator dan parasit);
 - stabilitas gen dilihat dari efikasi gen interes.
 15. TTKHKP melakukan monitoring terhadap pelaksanaan pengujian kapas Bt di LUT.
 16. Seperti halnya hasil FUT, evaluasi dan pengkajian data hasil pengujian LUT dilakukan oleh TTKHKP Kelompok Tanaman; dasar pertimbangan *review* pengujian dilakukan oleh TTKHKP juga seperti yang telah diuraikan.
 17. Pelaporan hasil evaluasi, pengkajian dan pengujian keamanan hayati oleh TTKHKP kepada KKHKP tentang rekomendasi aman hayati kapas Bt.
 18. Atas saran TTKHKP, KKHKP merekomendasikan aman hayati terhadap kapas Bt yang diuji kepada Direktur Jenderal terkait.

Pelepasan Terbatas Kapas Bt

Pelepasan Tahun 2001

Berdasarkan rekomendasi KKHKP, kapas Bt telah memperoleh status aman hayati melalui proses evaluasi, pengkajian dan pengujian baik di FUT dan LUT. Pada tanggal 7 Februari 2001 dikeluarkan Keputusan Menteri Pertanian No. 107/Kpts/KB.430/2/2001 tentang Pelepasan secara Terbatas Kapas Bt DP5690B sebagai Varietas Unggul dengan nama NuCotn 35B (Bollgard). Keputusan tersebut dikeluarkan berdasarkan beberapa pertimbangan, yaitu bahwa tanaman transgenik dapat memberikan manfaat yang besar, namun ada kemungkinan mempunyai dampak negatif terhadap keanekaragaman hayati, lingkungan, dan kesehatan manusia; bahwa dalam upaya memenuhi kebutuhan kapas dalam negeri diperlukan tanaman kapas varietas unggul yang tahan terhadap hama utama kapas; bahwa para petani kapas di Sulawesi Selatan sangat mengharapkan tersedianya varietas kapas yang tahan terhadap hama untuk pengembangan kapas pada musim tanam tahun 2001; bahwa berdasarkan hasil uji adaptasi di Kabupaten Takalar, Gowa, Bantaeng, Bulukumba, Bone, Soppeng, dan Wajo Provinsi Sulawesi Selatan, kapas Bt DP 5690B tahan terhadap hama utama kapas *H. Armigera*, produksi tinggi

dan mutu serat baik. Pelepasan terbatas yang dimaksud di dalam Keputusan Menteri Pertanian adalah terbatas untuk dimanfaatkan oleh petani pekebun di Provinsi Sulawesi Selatan yang meliputi Kabupaten Bantaeng, Bone, Bulukumba, Gowa, Soppeng, Takalar, dan Wajo dalam jangka pelepasan satu tahun sejak tanggal ditetapkan. Varietas kapas Bt tersebut dilarang untuk dikembangkan di daerah lain selain tujuh kabupaten tersebut. Penanaman dan pemanfaatan varietas kapas Bt harus dipantau dan dievaluasi secara terpadu oleh Tim Pemantau dan Pengawasan Penggunaan kapas transgenik yang telah dibentuk oleh Gubernur Sulawesi Selatan, TPPV, dan KKHKP.

Sehubungan dengan keperluan pemantauan dan pemanfaatan kapas Bt di Sulawesi Selatan seperti yang dijelaskan di atas, maka dalam rangka pendekatan kehati-hatian telah dikeluarkan Keputusan Menteri Pertanian No. 305/Kpts/Kp. 150/5/2001 tentang Pembentukan Tim Pengendalian Kapas Transgenik, pada tanggal 16 Mei 2001. Keanggotaan Tim Pengendalian berasal dari unsur Menteri Negara Lingkungan Hidup/Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Pusat, Departemen Pertanian, Pemerintah Daerah Provinsi Sulawesi Selatan, Tim Penilai dan Pelepas Varietas, Komisi Keamanan Hayati dan Keamanan Pangan, Kelompok Pakar Bioteknologi, Lingkungan, Sosial Ekonomi, dan Pemuliaan. Tim tersebut terdiri dari berbagai bidang, antara lain Bidang Produksi dan Pengembangan, Bidang Pengkajian yang terbagi menjadi tiga subbidang, yaitu Subbidang Daya Hasil, Subbidang Analisis Risiko Lingkungan, Subbidang Sosial Ekonomi, dan Bidang Pemantauan dan Pengawasan.

Pelepasan Tahun 2002

Hasil evaluasi kapas transgenik Bt musim tanam 2001 yang meliputi hasil analisis risiko lingkungan (ARL), uji daya hasil, ketahanan terhadap hama dan sosial ekonomi, membuktikan bahwa kapas Bt di Sulawesi Selatan aman terhadap lingkungan, produktivitas tinggi, tahan terhadap hama dan menguntungkan bagi petani kapas di wilayah Sulawesi Selatan. Keuntungan bersih petani kapas Bt berkisar antara Rp 3,1-5,6 juta per ha dibandingkan hanya Rp 600.000 per ha pada kapas non Bt (Lokollo *et al.*, 2001). Selain itu, petani kapas yang tergabung dalam Asosiasi Petani Kapas Indonesia meminta agar penanaman kapas Bt tetap dilanjutkan dalam musim tanam 2002. Berdasarkan dua hal tersebut maka Menteri Pertanian melalui Keputusan Menteri Pertanian No. 03/Kpts/KB.430/1/2002 melanjutkan pelepasan kapas Bt untuk ditanam di tujuh kabupaten di Provinsi Sulawesi Selatan seperti tahun 2001.

Pelepasan Tahun 2003

Hasil studi tahun 2002 Bidang Produksi dan Pengembangan, Bidang Pengkajian yang terbagi menjadi tiga subbidang, yaitu Subbidang Daya Hasil, Subbidang Analisis Risiko Lingkungan, Subbidang Sosial Ekonomi, dan Bidang Pemantauan dan Pengawasan, telah dilaporkan dan dipresentasikan di Hotel Salak, Bogor, pada tanggal 14 November 2002 dalam Diskusi Ilmiah tentang Evaluasi Pelepasan Terbatas Kapas Bt di Sulawesi Selatan. Hasil pengujian Analisis Risiko Lingkungan dan Sosial Ekonomi tahun 2002 menunjukkan bahwa kapas Bt tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan dan 95,79% petani di lokasi kajian berkeinginan menanam

kembali kapas transgenik pada mu-sim tanam berikutnya karena rata-rata keuntungan petani kapas transgenik Rp 1.386.706 per ha diban-dingkan hanya Rp 756.299 per ha pada kapas non transgenik.

Berdasarkan hasil laporan tersebut, Menteri Pertanian melalui Keputusan Menteri Pertanian No. 102/Kpts/KB.430/2/2003 melanjutkan pelepasan kapas Bt. Pelepasan tersebut tetap terbatas dalam hal waktu pelepasan yang hanya setahun dan untuk ditanam di sembilan kabupaten di Provinsi Sulawesi Selatan, yaitu Takalar, Gowa, Bantaeng, Bulukumba, Bone, Soppeng, Wajo, Jeneponto, dan Sinjai. Dua kabupaten terakhir masih baru dibandingkan dengan pelepasan tahun 2001 dan 2002. Biar-pun telah mendapatkan izin pelepasan, perusahaan pemilik kapas Bt memutuskan hanya menanamnya seluas 70 ha (Bermawie *et al.*, 2003) bahkan selanjutnya menghentikan penanaman kapas tersebut di Indonesia.

MANFAAT, KEUNTUNGAN, ISU, DAN FAKTA KAPAS BT

Manfaat dan Keuntungan

Peningkatan hasil kapas Bt bervariasi tergantung negara di mana kapas tersebut ditanam. Di Cina berkisar antara 5-10%, di Amerika Serikat dan Meksiko 10% atau lebih, dan 25% di Afrika Selatan. Manfaat utama adalah terjadinya pengurangan aplikasi insektisida sampai 50%, sehingga residu insektisida di lingkungan berkurang drastis. Dengan berkurangnya penggunaan insektisida oleh petani, mengakibatkan pengurangan kasus keracunan insektisida pada petani kapas, khususnya di Cina dan Afrika Selatan (James, 2002a). Keuntungan petani kapas Bt berkisar antara 50-500 dolar Amerika Serikat per ha

tergantung pada masing-masing negara. Pada tahun 2001, petani kapas Bt di Amerika Serikat diuntungkan 50 dolar Amerika Serikat per ha dengan keuntungan ekonomi secara nasional 100 juta dolar Amerika Serikat (James, 2002a). Sedangkan di Cina petani mendapatkan keuntungan 500 dolar Amerika Serikat per ha dengan keuntungan ekonomi nasional 750 juta dolar Amerika Serikat (James, 2002a). Dengan berkurangnya aplikasi insektisida dalam pengendalian serangga hama, maka petani kapas Bt dapat meluangkan waktu untuk pekerjaan lain yang mendatangkan penghasilan tambahan.

Isu dan Fakta

Isu

Terjadi perpindahan gen (*gene flow*) dari kapas Bt ke kapas non Bt termasuk kapas lokal.

Fakta

Perpindahan gen (*gene flow*) atau dalam bahasa pemuliaan diistilahkan sebagai penyerbukan silang atau hibridisasi silang adalah suatu peristiwa alami yang terjadi secara rutin. Perpindahan gen dari suatu tanaman ke tanaman lain sangat dipengaruhi oleh cara penyerbukan dan kompatibilitas seksual antara tanaman yang memindahkan gen dan tanaman yang menerima. Kapas (*Gossypium hirsutum*) 98% menyerbuk sendiri, hanya 2% melalui penyerbukan silang oleh serangga sebangsa lebah yang jenisnya berbeda-beda tergantung negara. Serangga dari genus *Bombus*, *Mellisodes* atau lebah madu *Apis mellifera* di Amerika Serikat, *Apis Dorsata*, *Antophora confusa*, dan *Elis thoracica* di Pakistan, *A. Mellifera* dan *A. cerana* di India, *A. cerana*, *A. dorsata*, dan *A. florea* dilaporkan di negara tropis Asia termasuk

Indonesia (Tanda dan Goyal, 1979). Penyerbukan silang kapas oleh serangga hanya bisa terjadi kalau serangga penyerbuknya dijumpai di kebun kapas.

Penelitian tentang perpindahan gen dari kapas Bt (Bollgard) ke kapas non Bt telah dilakukan oleh Dr. Purwito dan kawan-kawan dari Institut Pertanian Bogor dalam pengujian Analisis Risiko Lingkungan (Purwito *et al.*, 2001) di dua lokasi di Sulawesi Selatan. Peneliti tersebut melaporkan bahwa transfer gen *cry1Ac* dari kapas Bt ke kapas non Bt dapat dideteksi menggunakan teknik antibodi dan *Polymerase Chain Reaction*. Frekuensi transfer atau persilangan sebesar 7,6% pada jarak 1 m, kemudian menurun menjadi 3,3% pada jarak 2 m, dan hanya 1,9% pada jarak 3 m dari kapas Bt. Pada jarak 6 m persilangan sudah tidak ditemui lagi.

Isu

Perpindahan gen dari kapas Bt ke kapas non Bt termasuk kapas lokal merupakan pencemaran atau kontaminan dan menyebabkan erosi genetik.

Fakta

Perpindahan gen secara alami dari suatu tanaman ke tanaman lain menghasilkan suatu turunan hasil persilangan yang dapat “tidak stabil” atau “stabil”. Apabila gen yang diturunkan tersebut “tidak stabil” maka gen tersebut secara alami terseleksi (segregasi) dan hilang dari genom tanaman. Kata pencemaran atau kontaminan patut dipertanyakan karena berkonotasi negatif, padahal perpindahan gen adalah fenomena alami dan tidak berdampak negatif ke tanaman yang dipindah. Karena “gen” berbeda dengan limbah suatu teknologi atau pabrik suatu teknologi. Seandainya tidak diinginkan gen tersebut akan terseleksi secara alami.

Dari sisi pandangan pemuliaan tanaman, perpindahan gen *cry1A(c)* (gen ketahanan terhadap hama *cotton boll worm*) ke kapas non Bt secara alami membawa “keberuntungan” bukan membawa “kerugian” karena kalau hasil turunannya stabil (tetap mengandung gen tersebut) dan apabila kita tetap menginginkan gen tersebut berada dalam genom tanaman, maka kapas non Bt akan menjadi tahan terhadap hama CBW, tanpa harus melakukan rekayasa genetik melalui transformasi, sehingga akan menambah variasi genetik tanaman tersebut. Seandainya kita tidak menginginkan gen tersebut, dapat dihilangkan dengan teknik *back cross* dan menyeleksi individu tanaman yang tidak diinginkan. Menyeleksi individu tanaman yang tidak diinginkan dan mengandung gen yang pindah akan lebih mudah dilakukan dengan bantuan markah molekuler. Jadi istilah telah terjadi “pencemaran” tidak tepat karena tidak berdampak merugikan.

Demikian pula istilah erosi genetik tidak tepat karena yang disebut dengan erosi selalu berarti ada sesuatu yang berkurang dari aslinya, padahal perpindahan gen selalu ada sesuatu yang bertambah dari aslinya, jadi akan menambah variasi genetik. Sedangkan kekhawatiran bahwa kapas lokal akan menjadi tidak asli karena perpindahan gen tersebut, selalu dapat diatasi dengan teknik yang telah diuraikan.

Isu

Kapas Bt akan menyebabkan timbulnya gulma super.

Fakta

Kekhawatiran tersebut timbul dari kemungkinan pindahnya gen ketahanan herbisida dari suatu kapas transgenik yang mempunyai sifat toleran terhadap herbisida ter-

tentu (misal herbisida X) ke kerabat liarnya (*wild relative*) “bukan ke rumput” yang ada di pertanaman kapas transgenik. Kekhawatiran bahwa kapas Bt akan memindahkan gen ke kerabat liar sehingga menjadi “gulma super” adalah kekhawatiran yang tidak berdasar. Dalam mengkaji risiko tersebut TTKHKP didukung oleh beberapa hal:

1. Kerabat liar (*wild relative*) kapas jarang dijumpai di Indonesia; menurut Harlann (1991), tanam-an yang berasal dari Indonesia dan mempunyai kerabat liar adalah pisang dan kelapa. Indonesia bukan merupakan *center of origin* dari beberapa komoditas seperti kapas, kedelai, jagung, dan kacang tanah. Tanam-an dari genus *Gossypium* L. yang lebih dikenal dengan nama tanaman kapas, terdiri atas kurang lebih 32 spesies. Menurut Irawati *et al.* (2002) kerabat dekat *G. hirsutum* yang ada di Indonesia adalah *G. barbadense*. Di Sulawesi Selatan, area sebaran *G. hirsutum* dan *G. barbadense* berbeda, sehingga kemungkinan dua spesies tersebut bersilang sangat kecil. Pusat asal usul spesies kapas adalah dari Afrika, Amerika Selatan, Amerika Tengah, Australia, India, dan Hawaii.
2. Perpindahan gen dari suatu tanaman ke tanaman lain sangat dipengaruhi oleh cara penyerbukan seperti yang telah diuraikan. Apabila suatu tanaman menyerbuk silang seperti jagung maka dimungkinkan akan terjadi perpindahan gen dari jagung transgenik ke jagung lain yang non transgenik, begitu pula sebaliknya dari jagung non transgenik ke transgenik. Biar pun suatu tanaman dapat menyerbuk silang, tetapi ada beberapa

kendala yang menghalangi keberhasilan berpindahnya gen dari tanaman budi daya ke tanam-an liar (*wild relative*) atau sebaliknya. Menurut Brar dan Khush (1986) ada beberapa kendala yang menghalangi keberhasilan berpindahnya gen dari spesies liar ke spesies budi daya atau sebaliknya. Kendala tersebut dikenal sebagai inkompatibilitas yang disebabkan oleh perbedaan morfologi bunga atau oleh adanya gen yang menyebabkan inkompatibilitas. Inkompatibilitas dapat dibagi menjadi dua, yaitu yang terjadi sebelum fertilisasi (prafertilisasi) dan sesudahnya (pascafertilisasi). Prafertilisasi dapat mengakibatkan kegagalan serbuk sari berkecambah dan lambatnya pertumbuhan tabung serbuk sari (*pollen tube*), sedangkan yang terjadi pada pascafertilisasi meliputi eliminasi kromosom, aborsi embrio, kematian hibrida, dan sterilitas hibrida. Sebagai contoh penelitian yang dilakukan oleh Fatchurochim *et al.* (1994), persilangan antara kultivar padi (*Oryza sativa*) varietas Pandanwangi dan kerabat liarnya, yaitu spesies *O. grandiglumis* hanya dapat dilakukan dengan pertolongan teknik penyelamatan embrio (*embryo rescue*) melalui kultur jaringan (*secara in vitro*). Persilangan tersebut dilakukan di rumah kaca dan menghasilkan F1. Dengan beberapa kendala seperti yang telah disebutkan, terjadinya persilangan antara tanaman yang dibudidayakan dengan kerabat liar, secara alami kemungkinannya sangat kecil.

3. Kapas Bt tidak mengandung gen tahan herbisida melainkan mengandung gen *cryIA(c)*, sehingga seandainya gen *cryIA(c)* tersebut dapat

terpindahkan ke kerabat liar, tidak akan menyebabkan terjadinya gulma super.

Seandainya ada kerabat liar kapas di Indonesia dan kapas transgenik toleran herbisida (misalnya herbisida X) ditanam di Indonesia. Seandainya gen toleran terhadap herbisida X yang dikandung kapas transgenik yang toleran herbisida X tersebut dapat dipindahkan ke kerabat liarnya. Seandainya hasil persilangan alami antara kapas transgenik toleran herbisida X dan kerabat liarnya dapat menghasilkan turunan yang fertil, maka kerabat liar tersebut juga akan toleran terhadap herbisida X. Telah diketahui bahwa jenis dan macam herbisida banyak sekali seperti halnya insektisida. Oleh karena itu, kerabat liar yang menjadi toleran terhadap herbisida X dapat diatasi dan dikendalikan dengan herbisida lain (misalnya herbisida Y, atau herbisida Z atau herbisida A, B, C, maupun D) yang mempunyai cara kerja yang berbeda. Dengan demikian, apakah tetap dapat dikatakan bahwa kerabat liar yang menjadi toleran terhadap herbisida X tersebut adalah “gulma super” yang tidak dapat dikendalikan?.

Isu

Kapas Bt akan bersifat *weedy* dan *invasive* seperti gulma.

Fakta

Isu tersebut didasarkan pada anggapan bahwa dengan dimasukkannya gen *exogenous* (bukan dari tanaman, tetapi dari bakteri tanah dalam hal ini adalah gen Bt) ke dalam tanaman kapas yang kemudian menjadi kapas Bt, adalah identik dengan spesies asing (*alien species*) seperti eceng gondok dan *Lantana camara*. Seperti diketahui bahwa eceng gondok telah menjadi makhluk yang sulit dikendalikan. Berkaitan

dengan itu, timbul kekhawatiran bahwa kapas Bt akan menjadi tanaman seperti "gulma" yang berdampak negatif terhadap keanekaragaman hayati, sebagai perusak habitat alam karena akan bersifat *weedy* dan *invasive*. Bahkan menurut Suwanto (2000) ada yang sampai menganggap bahwa tanaman transgenik akan berubah menjadi "tanaman raksasa" atau "monster".

Menurut Baker (1965), karakteristik tanaman yang berpotensi menjadi gulma antara lain pertumbuhan sangat cepat pada fase vegetatif ke generatif, mampu bertahan hidup tanpa bantuan manusia, mempunyai toleransi yang sangat tinggi terhadap cekaman biotik atau abiotik, mempunyai sifat dormansi tinggi, dan bersifat *non shattering*. Karakteristik fenotipe tanaman transgenik perlu diketahui untuk melihat apakah memang tanaman tersebut mempunyai daya kompetisi yang tinggi dan karakter yang bersifat merusak serta mendominasi habitat alam, ataukah tanaman tersebut mempunyai karakter yang sama dengan tanaman non transgenik.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mempelajari apakah suatu tanaman transgenik mempunyai risiko menjadi tanaman yang bersifat *weedy* dan *invasive*. Meskipun studi tersebut bukan pada kapas Bt, tetapi hasilnya dapat digunakan sebagai bahan perbandingan.

1. Di Kanada, kanola (*Brassica napus*) transgenik toleran herbisida *glufosinate* dibandingkan dengan kanola non transgenik dalam hal *seed shattering*, dormansi, *dispersal*, ketahanan terhadap cekaman biotik (hama dan penyakit), dan abiotik (salinitas dan kekeringan). Hasil yang diperoleh menunjukkan

bahwa dari parameter yang diuji tidak ada perbedaan antara kanola transgenik dan non transgenik (CFIA, 2000).

2. Percobaan lain dilaporkan oleh Sanders *et al.* (1995) yang mempelajari jagung Bt. Percobaan tersebut dilakukan di Amerika Serikat dari tahun 1993-1994 dengan menggunakan jagung Bt yang dibandingkan dengan jagung non Bt dalam hal *weediness* yang meliputi daya perkecambahan (germinasi), pertumbuhan vegetatif, adaptasi terhadap cekaman abiotik (kekeringan, panas, dan kebekuan). Hasilnya ternyata jagung Bt tidak mempunyai karakteristik yang berbeda dengan non Bt dan tidak mempunyai sifat *weedy* atau *invasive* (Sanders *et al.*, 1995).

3. Suatu percobaan jangka panjang (1990-2000) untuk mempelajari penampilan tanaman transgenik apakah lebih *invasive* atau lebih *persistent* di habitat *natural*, telah dilakukan di 12 lokasi di Inggris (Crawley *et al.*, 2001). Empat jenis tanaman transgenik yang diteliti adalah kanola (*B. napus* subsp. *oleifera*) toleran terhadap herbisida *glufosinate*, jagung (*Zea mays*) toleran herbisida *glyphosate*, gula bit (*Beta vulgaris*) toleran herbisida *glyphosate*, dan kentang (*Solanum tuberosum*) Bt dan *pea lectin* tahan serangga hama. Empat jenis tanaman transgenik tersebut telah ditanam dan dimonitor dalam kurun waktu 10 tahun. Dari data yang dikumpulkan selama 10 tahun menunjukkan bahwa semua jenis tanaman transgenik yang diuji tidak berbeda dalam hal *invasive* atau *persistent* pada habitat *natural* dengan tanaman non transgenik.

4. Begitu pula pengamatan di Indonesia yang dilakukan oleh TTKHKP di FUT dan LUT serta percobaan uji multilokasi, menunjukkan tidak ada perbedaan fenotipik karakter antara tanaman transgenik termasuk kapas Bt dan non Bt (TTKH, 1999a; 1999b; Herman, 2000). Melalui teknologi rekayasa genetika, tanaman transgenik merupakan suatu tanaman hasil dari pemindahan satu gen donor ke varietas tanaman yang sudah dibudidayakan yang secara substansial sepadan dengan tanaman aslinya, jadi tidak mempunyai sifat yang akan merusak habitat alam seperti eceng gondok. Prinsip kesepadanan substansial telah disetujui oleh Food and Agriculture Organization/World Health Organization (FAO/WHO, 1996). Kesepadanan substansial terkait dengan karakter fenotipik antara lain meliputi morfologi, pertumbuhan, hasil, warna, aroma, rasa, tekstur.

Isu

Kapas Bt menimbulkan dampak negatif terhadap organisme bukan sasaran termasuk predator dan parasit.

Fakta

Timbul kekhawatiran bahwa organisme bukan sasaran seperti serangga berguna atau organisme tanah atau air, dan hewan ternak yang memakan tanaman transgenik yang mengandung gen Bt akan mati karena keracunan. Kekhawatiran tersebut didasari oleh sifat beracun dari gen Bt terhadap serangga, karena serangga yang memakan tanaman transgenik tersebut akan mati akibat racun gen Bt (MacIntosh *et al.*, 1990). Di Indonesia, kekhawatiran bahwa kapas Bt akan meracuni organisme bukan

sasar-an, khususnya hewan ternak atau hewan lainnya adalah kekhawatiran yang kemungkinan terjadinya sangat kecil dan terlalu dibesar-besarkan karena di Indonesia, kapas hanya digunakan untuk keperluan industri tekstil atau hanya dipanen untuk kapasnya, bukan untuk makanan ternak. Meskipun demikian, informasi tentang asal usul gen donor dan sejarah penggunaan yang aman dari donor organisme, penting dan perlu diperoleh (McLean dan MacKenzie, 2001).

Gen Bt adalah hasil isolasi bakteri tanah *Bacillus thuringiensis*. *B. thuringiensis* telah digunakan oleh petani di negara maju sebagai pestisida hayati yang aman sejak puluhan tahun yang lalu (Shadduck, 1983; McClintock *et al.*, 1995). Istilah populer *cry* (Held *et al.*, 1982) merupakan singkatan dari *crystal* sebagai representasi gen dari strain Bt yang memproduksi protein kristal yang bekerja seperti insektisida (*insecticidal crystal protein*) yang dapat mematikan serangga hama (MacIntosh *et al.*, 1990). Sampai saat ini, telah diisolasi gen Bt yang dimasukkan ke dalam delapan kelompok atau kelas *cry* (Rajamohan dan Dean, 1995; Krattiger, 1997; Crickmore *et al.*, 1998). Kelas *cry* tersebut dikelompokkan berdasarkan virulensinya yang spesifik terhadap kelompok serangga sasaran. Sebagai contoh *cryI*, *cryIX*, dan *cryX* mematikan serangga golongan Lepidoptera, *cryV* bisa mematikan golongan Lepidoptera dan Coleoptera.

Gen Bt yang ditransformasikan ke tanaman kapas adalah *cryIA(c)* yang hanya virulen terhadap serangga hama Lepidoptera. Kristal protein tersebut hanya akan bekerja secara aktif apabila bertemu sinyal penerima (*receptor*) di dalam usus serangga dari golongan

yang sesuai dengan kelas virulensinya, misalnya *cryI* hanya bisa aktif dan beracun pada serangga golongan Lepidoptera (Van Rie *et al.*, 1990). Oleh karena itu, secara teori tanaman transgenik yang mengandung gen *cryI* tidak akan beracun terhadap serangga berguna atau hewan lainnya, kecuali terhadap serangga Lepidoptera. Beberapa gen *cry* telah diteliti dan mendapatkan izin dari Environmental Protection Agency (EPA), Amerika Serikat untuk digunakan dalam tanaman transgenik. Sebagai contoh, *cryIA(c)* yang digunakan dalam kapas Bt (EPA, 1995a), *cryIA(b)* (EPA, 1997; 1998a) dan *cryIA(c)* (EPA, 1998b) dalam jagung Bt, dan *cryIIIA* dalam kentang Bt (EPA, 1995b).

Di Indonesia juga telah dilakukan pengamatan populasi serangga berguna pada tanaman transgenik dan non transgenik yang mengandung gen Bt baik di FUT maupun LUT (TTKH, 1999b; TTKHKP, 2000). Hasil pengamatan di FUT menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh tanaman transgenik terhadap lebah madu (TTKHKP, 2000). Demikian pula pengamatan di LUT (TTKH, 1999b), menunjukkan bahwa tanaman transgenik yang diuji, yaitu jagung Bt, jagung *Roundup Ready* (RR), kapas Bt, kapas RR, dan kedelai RR tidak berpengaruh terhadap predator (kumbang *Coccinella*, larva dan imagonya; kepik; *green lacewing*; laba-laba, belalang; semut merah), dan parasitoid (*Aphid*, *Jassid*, *Trichogramma*). Penelitian yang dilakukan oleh Tim Entomologi dari Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada (Trisyono *et al.*, 2000; 2001; 2002), tentang pengaruh kapas Bt terhadap organisme bukan sasaran juga menghasilkan tidak adanya pengaruh kapas Bt terhadap jenis dan populasi berbagai famili predator (*Araenidae*, *Salticidae*, *Oxyopidae*,

dan *Coccinellidae*), parasitoid (*Braconidae*), dan serangga penyerbuk (*Apidae*).

Isu

Kapas Bt akan menimbulkan dampak negatif terhadap mikroba tanah, terjadinya transfer gen ke mikroba tanah, dan meninggalkan residu gen *cryI* di dalam tanah.

Fakta

Penelitian tentang kekhawatiran tersebut telah dilakukan selama dua tahun oleh Suwanto *et al.* (2001; 2002), serta Hidayat dan Prijono (2002) dalam penelitian Analisis Risiko Lingkungan Kapas Bt di Sulawesi Selatan. Penelitian tersebut tentang aspek mikrobiologi, dampak terhadap mikroba tanah, transfer gen horizontal dan lateral (Suwanto *et al.*, 2001; 2002) dan tentang kajian aktivitas residu protein *cryI* pada pertanaman kapas transgenik (Hidayat dan Prijono, 2002).

Dari hasil analisis mikrobiologi, fisiologi, dan genetika yang relevan untuk mengamati kemungkinan pengaruh kapas terhadap mikroorganisme dan sejumlah biota tanah makro, menunjukkan bahwa pengaruh kapas Bt terhadap sejumlah mikroorganisme dan biota tanah, serta transfer gen horizontal dan lateral tidak berbeda nyata dengan kapas non Bt (Suwanto *et al.*, 2001; 2002). Hasil bioasai residu protein *cryI* pada tanah terhadap *H. armigera* menunjukkan bahwa residu *cryI* pada tanah tidak menyebabkan kematian serangga hama tersebut atau mortalitas 0% (Hidayat dan Prijono, 2002). Konsentrasi *cryI* pada tanah di pertanaman kapas Bt terlalu rendah atau tidak ada sehingga tidak terukur dengan menggunakan kurva standar dan bioasai (Hidayat dan Prijono, 2002).

Isu

Kapas Bt akan menimbulkan hama super.

Fakta

Ada kekhawatiran bahwa dengan menanam tanaman transgenik yang mengandung gen ketahanan (misalnya gen Bt) terhadap se-rangga hama tertentu akan menimbulkan biotipe serangga hama baru yang lebih ganas atau yang lebih dikenal dengan istilah "hama super", sehingga ketahanan tanaman transgenik menjadi patah (*break down*). Pemikiran tersebut didasari oleh tekanan searah terus menerus dari tanaman transgenik terhadap target serangga hama akan menyebabkan perubahan genetik dalam tubuh se-rangga, sehingga serangga hama tersebut akan menjadi tahan terhadap gen Bt, atau dalam istilah lain terjadi kepatahan resistensi tanam-an. Masalah resistensi ini sudah diketahui sejak lama. Serangga hama telah mampu membuktikan dapat beradaptasi dengan teknologi pengendalian hama seperti rotasi tanaman, mekanik, agensia hayati, atau insektisida, sehingga serangga hama menjadi resisten terhadap teknologi pengendalian tersebut.

Di Indonesia, kasus patahnya resistensi varietas tanaman terhadap serangga hama dan penyakit sasaran (*target*) telah terjadi pada tanaman hasil persilangan konvensional baik yang terjadi di lapang maupun di laboratorium dan telah banyak dilaporkan. Penanaman varietas padi unggul misalnya tahan hama wereng atau tahan penyakit blas atau tahan penyakit hawar daun bakteri (HDB), yang terus menerus secara monokultur menyebabkan adanya perubahan genetik dalam tubuh serangga atau patogen, sehingga menimbulkan suatu biotipe baru dari hama wereng atau ras/strain baru dari penyakit blas atau penyakit HDB, yang dapat

mematahkan resistensi tanaman (Bahagiawati *et al.*, 1988b; Bahagiawati dan Oka, 1986; 1987; Sogawa *et al.*, 1984; Oka dan Bahagiawati, 1984; Amir dan Edwina, 1988; Amir dan Anggiani, 1994; Hifni dan Miharja, 1981; 1994). Hama wereng coklat dikenal mempunyai empat biotipe (Bahagiawati *et al.*, 1988a), sedangkan penyakit blas mempunyai 37 ras (Amir dan Edwina, 1988), dan HDB mempunyai 11 strain (Hifni dan Miharja, 1994). Dengan mengatur pola tanam padi yang baik dan teratur ternyata dapat mengendalikan timbulnya biotipe atau ras/strain baru, sehingga kepatahan resistensi dapat dicegah.

Untuk mencegah kekhawatiran tersebut terjadi pada tanaman transgenik, menurut Whalon dan Norris (1999), EPA (1999), dan Shelton *et al.* (2000) perlu dilakukan beberapa strategi, yaitu (1) menggunakan dosis tinggi (*high dose*); (2) menjaga populasi hama atau penyakit target tetap rentan dengan melakukan penanaman tanaman suaka atau *refugia* (tanaman non transgenik) 20-50% dari total area sebagai suaka, atau melakukan pergiliran tanaman dengan varietas non transgenik, atau mencampur benih transgenik dan non transgenik; (3) diversifikasi sumber gen ketahanan, yaitu menggunakan dua gen yang berbeda *mode of action*-nya (*pyramiding genes*) misalnya gen *cryI* dan *cryX*, atau *cryI* dengan *pin* (*proteinase inhibitor*) dalam satu tanaman; dan (4) melakukan monitoring yang intensif untuk mendeteksi secara dini timbulnya populasi biotipe atau ras/strain baru. Contoh penggabungan dua gen ketahanan yang mempunyai *mode of action* berbeda telah dilakukan pada perakitan Bollgard II, yaitu *cryIA(c)* dan *cryIIA(b)*.

Hasil penelitian Analisis Risiko Lingkungan Kapas Bt di Sulawesi

Selatan yang dilakukan oleh Tim Entomologi dari Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada (Trisyono *et al.*, 2001; 2002) selama dua tahun menunjukkan bahwa populasi CBW (*H. armigera*) yang dikumpulkan dari beberapa daerah di Sula-wesi Selatan masih peka terhadap *cryI(A)c* (kapas Bt). Hasil lain yang ditemukan adalah tanaman jagung cukup potensial sebagai tanaman refugia. Namun demikian, pola tanam perlu disesuaikan dengan dinamika populasi *H. armigera* dan perilaku serangga hama tersebut pada tanaman jagung perlu dipelajari lebih lanjut (Trisyono *et al.*, 2001; 2002).

Isu

Kapas Bt akan membentuk senyawa yang menimbulkan alergi atau keracunan bagi manusia.

Fakta

Kekhawatiran bahwa kapas Bt akan membentuk senyawa yang akan menimbulkan alergi dan keracunan bagi manusia adalah kekhawatiran yang secara ilmiah tidak logis dan tidak masuk akal, karena di Indonesia tanaman kapas tidak untuk dimakan atau digunakan sebagai bahan pangan, tetapi dipanen untuk digunakan sebagai bahan industri tekstil. Walaupun demikian, dalam penjelasan ini akan diuraikan tentang kajian ilmiah kemungkinan tanaman transgenik menimbulkan alergi atau keracunan bagi manusia. Pengujian kapas Bt baik di Fasilitas Uji Terbatas dan Lapangan Uji Terbatas selama dua musim tanam tidak pernah mengalami alergi atau keracunan dari *pollen* (tepung sari) kapas Bt.

Kekhawatiran ini timbul karena penggunaan gen interes bukan berasal dari tanaman itu sendiri tetapi berasal dari sumber lain seperti virus, bakteri, jamur, serangga atau

hewan. Sebagai contoh, gen Bt berasal dari bakteri tanah *B. thuringiensis* dan gen Bt ini bersifat mematikan terhadap serangga tertentu karena dapat mengeluarkan racun di dalam sistem pencernaan serangga, apabila larva serangga memakan tanaman transgenik yang mengandung gen Bt.

Alergenitas makanan adalah reaksi efek samping yang melibatkan sistem kekebalan tubuh antigen spesifik imunoglobulin E (Ig E) pada individu yang sangat peka terhadap substansi khusus yang terdapat pada makanan atau komponen makanan. Satu sampai dua persen orang dewasa dan 4-6% anak-anak menderita alergi akibat makanan (McLean dan MacKenzie, 2001). *Codex Alimentarius Commission* telah mengadopsi daftar komoditas sebagai bahan makanan yang paling dikenal sebagai sumber bahan penyebab alergi (*allergen*) dan berasosiasi dengan reaksi yang dimediasi IgE (McLean dan MacKenzie, 2001). Bahan penyebab alergi tersebut antara lain adalah kacang tanah, kedelai, gandum, padi, pepaya, *Brazil nut*, apel, susu, telur, *crustacean* (kepiting, udang, kerang), dan ikan (Metcalf, 1985; Metcalf *et al.*, 1996; Astwood dan Fuchs, 1996). Dengan diketahuinya bahwa sebagian orang dewasa atau anak-anak menderita alergi akibat makan makanan yang mengandung bahan alergen seperti telur, susu, udang atau kacang tanah, apakah kita harus melarang atau melakukan moratorium terhadap makanan tersebut ataukah kita harus melabel bahwa makanan tertentu mengandung alergen?

Menurut hasil penelitian protein *cryIA(c)* menunjukkan bahwa protein *cry* tersebut di dalam tanaman terkandung dalam konsentrasi rendah, dan tidak mempunyai sekuen homologi dengan protein yang bersifat toksik dan alergen. Seperti

yang telah diuraikan, gen Bt hanya akan bekerja secara aktif dan bersifat racun apabila bertemu sinyal penerima (*receptor*) di dalam sistem pencernaan serangga dari golongan yang sesuai dengan kelas virulensinya (Van Rie *et al.*, 1990). Bahkan menurut hasil penelitian lain menunjukkan bahwa gen *cryI* labil dan tidak tahan didegradasi dengan pemanasan (suhu >65°C), perlakuan asam (pH <5), dan protease. Berarti manusia tidak akan keracunan akibat memakan bahan pangan yang mengandung tanaman transgenik Bt apalagi dalam keadaan setelah direbus atau dimasak atau diproses.

Oleh karena itu, secara ilmiah tanaman transgenik yang mengandung gen *cryI* tidak akan menimbulkan keracunan dan alergi terhadap manusia, kecuali terhadap serangga Lepidoptera yang mempunyai *receptor* dan ber-pH basa, sedangkan lambung manusia tidak mempunyai *receptor* Bt dan mempunyai pH asam. Selain itu, protein dari gen Bt dapat dihancurkan dalam waktu kurang dari 15 detik dalam cairan lambung dan kurang dari 1 menit pada cairan usus. Sebagai perbandingan, 50% bahan pangan padat dicerna dan dikeluarkan dari lambung ke usus halus dalam waktu 2 jam, sedangkan bahan cair dalam waktu 25 menit.

Isu

Gen Bt tidak stabil.

Fakta

Pengalaman TTKHKP Kelompok Tanaman dalam pengujian efikasi kapas Bt (untuk membuktikan bahwa ekspresi gen Bt tetap stabil sebagaimana di "*claim*" sebagai sifat utama) baik di Fasilitas Uji Terbatas maupun Lapangan Uji Terbatas menunjukkan bahwa gen *cryIA(c)* tetap efektif mematikan serangga sasaran, yaitu penggerek

bol kapas (*H. armigera*). Seperti diketa-hui bahwa gen *cryIA(c)* hanya akan efektif mematikan serangga sasaran golongan Lepidoptera yang ususnya mempunyai *receptor*. Oleh karena itu, hama *Sundapteryx biguttula* yang termasuk golongan Hemiptera tidak akan dimatikan oleh *cryIA(c)*, karena bukan golongan Lipidoptera. Sedangkan hama *Spodoptera* biar pun termasuk golongan Lepidoptera, tetapi di dalam ususnya tidak mempunyai *receptor*, dan bukan merupakan hama sasaran di kapas.

Isu

Penghentian (moratorium) penanaman tanaman transgenik.

Fakta

Penghentian penanaman transgenik ini memang terkait dengan kehendak dan usaha dari kalangan LSM yang kontra transgenik. Dalam setiap kesempatan mereka selalu meminta "moratorium" atau penghentian pemanfaatan tanaman transgenik di Indonesia dengan alasan bahwa risiko dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan belum diketahui dan tidak dapat diprediksi, serta belum adanya peraturan yang mengikat. Hal tersebut dibahas dari segi peraturan dan risiko kemungkinan dampak negatif tanaman transgenik.

Dari segi peraturan, tahun 1993, Departemen Pertanian telah membuat peraturan mengenai pemanfaatan produk bioteknologi pertanian hasil rekayasa genetik yang di dalamnya termasuk tanaman transgenik. Peraturan dan pedoman tentang keamanan hayati (*biosafety*) dari Amerika Serikat, Kanada, Australia, Jepang, negara Eropa, Malaysia, Filipina, dan Thailand dikumpulkan dan ditelaah untuk dapat diakomodasikan dengan kebutuhan Indonesia. Akhirnya pada ta-

ahun 1997 dikeluarkan Keputusan Menteri Pertanian No. 856/Kpts/HK. 330/9/1997 tentang Ketentuan Keamanan Hayati Produk Bioteknologi Pertanian Hasil Rekayasa Genetik. Kemudian pada tahun 1999, karena adanya kekurangan pengaturan aspek keamanan pangan, maka Keputusan Menteri Pertanian tahun 1997 tersebut direvisi menjadi Keputusan Bersama Menteri Pertanian, Menteri Kehutanan dan Perkebunan, Menteri Kesehatan, dan Menteri Negara Pangan dan Hortikultura tentang Keamanan Hayati dan Keamanan Pangan Produk Pertanian Hasil Rekayasa Genetik. Untuk mengimplementasikan Keputusan tersebut maka dibentuklah Komisi Keamanan Hayati (KKH) melalui KepMentan 1997. KKH kemudian diganti menjadi Komisi Keamanan Hayati dan Keamanan Pangan (KKHKP) melalui Keputusan bersama empat menteri tersebut. Agar independen, KKHKP disusun dari penentu kebijakan yang berasal dari berbagai institusi yang terkait dengan tanaman transgenik. Di dalam menunaikan tugasnya KKHKP dibantu oleh suatu Tim Teknis yang dibentuk dari pakar-pakar lintas disiplin ilmu dan lintas institusi. Tim Teknis dikenal dengan nama Tim Teknis Keamanan Hayati dan Keamanan Pangan (TTKHKP) yang terbagi menjadi lima kelompok, yaitu Tanaman, Hewan, Ikan, Jasad Renik, dan Pangan.

Dari segi risiko, tugas TTKHKP menilai, mengevaluasi, dan mengkaji risiko keamanan hayati dan keamanan pangan tanaman transgenik. Pemanfaatan tanaman transgenik baik produk yang berasal dari dalam maupun luar negeri "harus memenuhi persyaratan keamanan hayati dan keamanan pangan serta mempertimbangkan kaidah agama, etika, sosial budaya, dan estetika". TTKHKP mengkaji data-data hasil penelitian ilmiah yang

diserahkan oleh Pemohon pemanfaatan tanaman transgenik. Data-data ilmiah itu berasal dari hasil penelitian di luar negeri maupun di dalam negeri, dan apabila diperlukan dilakukan pengkajian ulang. Dengan adanya ketentuan inilah tanaman transgenik tidak seenaknya berkeliaran di Indonesia. Hal ini mencerminkan begitu sangat hati-hatinya Menteri Pertanian terhadap pelepasan tanaman transgenik. TTKHKP dalam melakukan pekerjaannya selalu profesional dan independen berdasarkan kajian ilmiah, tanpa profokasi atau tekanan dari pihak mana-pun. Jadi tidak benar kalau diisukan bahwa "Indonesia bisa jadi surga karena hampir tidak ada peraturan yang mengikat di samping mudahnya para pengambil keputusan membuat kebijakan setelah dilobi". Menurut James (2003) bahwa secara global area penanaman tanaman transgenik pada tahun 2003 masih didominasi negara maju (70%) dan negara berkembang 30%. Dari total 67,7 juta hektar, lima negara yang menduduki peringkat atas adalah Amerika Serikat 42,8 juta ha (63%), Argentina 13,9 juta ha (21%), Kanada 4,4 juta ha (6%), Brasil 3,0 juta ha (4%), dan Cina 2,8 juta ha (4%). Luas area penanaman tanaman transgenik di lima negara tersebut 99% dari total area secara global. Sisa luas area yang hanya 1% berada di 13 negara termasuk Indonesia. Apakah mungkin Indonesia dalam waktu dekat dapat menanam tanaman transgenik seluas di Cina?

Dalam kaitan dengan tuntutan moratorium tersebut lebih bersifat kajian emosional daripada kajian ilmiah, dan ada sesuatu yang aneh, karena didasarkan pada suatu risiko yang tidak dapat diprediksi atau belum diketahui. Mengapa aneh, karena mereka tidak meminta penghentian penggunaan suatu

teknologi yang dampak negatifnya bahkan sudah diketahui dan sudah dapat diprediksi misalnya penggunaan pestisida, penggunaan bahan pewarna, dan pengawet makanan. Khususnya insektisida, telah diketahui bahwa pengendalian hama dengan menggunakan insektisida di samping berdampak positif dalam mengendalikan populasi hama atau penyakit, tetapi juga telah menimbulkan dampak negatif terhadap hama atau penyakit sasaran yang kemudian menjadi tahan atau kebal terhadap pestisida. Dampak negatif yang lain adalah mematikan organisme bukan sasaran seperti musuh alami (predator dan parasit) dan serangga berguna yang lain. Ada pula pangan seperti susu, udang, kerang, telur, kacang tanah yang sudah diketahui akan menimbulkan alergi pada sekelompok kecil manusia (1-6%) seperti yang telah dijelaskan (McLean dan MacKenzie, 2001). Ada pula teknologi yang risikonya terhadap kesehatan manusia belum diprediksi dan tidak diketahui seperti *hand phone* dan komputer. Dengan fakta tersebut apakah kita akan meminta penghentian (moratorium) penggunaan pangan atau teknologi tersebut, ada apa dibalik semua itu?. Marilah kita renungkan bersama, dari sisi kajian ilmiah, berapa besar risiko kemungkinan dampak negatif dari pemanfaatan tanaman transgenik terhadap lingkungan dan kesehatan manusia jika dibandingkan dengan penggunaan teknologi lain misalnya automotif, penebangan dan penjarahan hutan, limbah dari pabrik-pabrik bahan kimia, dan lain-lain.

Hasil pengujian Analisis Risiko Lingkungan dan Sosial Ekonomi tahun 2002 menunjukkan bahwa kapas Bt tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan dan 95,79% petani di lokasi kajian berkeinginan menanam kembali

kapas transgenik pada musim tanam berikutnya karena rata-rata keuntungan petani kapas transgenik adalah Rp 1.386.706 per ha dibandingkan hanya Rp 756.299 per ha pada kapas nontransgenik.

Isu

Apakah benar Indonesia akan dijadikan tempat buangan (*dumping site*) tanaman transgenik yang ditolak di luar negeri.

Fakta

Hal ini merupakan kekhawatiran yang mengada-ada, karena setiap tanaman transgenik yang akan dimanfaatkan di Indonesia apalagi dari luar negeri "harus memenuhi persyaratan keamanan hayati dan keamanan pangan serta mempertimbangkan kaidah agama, etika, sosial budaya, dan estetika", sumber gen interest harus berasal dari hewan yang tidak dilarang oleh suatu agama tertentu. Pemohon diwajibkan menyertakan sertifikat aman hayati, aman pangan, dan izin komersialisasi di luar negeri sebagai bukti bahwa tanaman transgenik tersebut sudah dikomersialisasikan di luar negeri. Di samping itu, tanaman transgenik yang dimasukkan ke Indonesia adalah tanaman generasi lanjut (paling sedikit generasi ke-5 dan bukan generasi pertama) sehingga mempunyai kestabilan genetik yang sudah mantap. Data tersebut didukung dengan data analisis molekuler untuk menunjukkan bahwa gen interest yang dimasukkan ke tanaman transgenik tersebut terbukti masih ada di dalam genom tanaman transgenik. TTKHKP yang bertanggung jawab dalam menilai, mengevaluasi, dan mengkaji data-data tersebut.

Isu

Kemungkinan tidak diterimanya minyak yang berasal dari biji kapas yang telah disilangi gen dari kapas Bt.

Fakta

Pada kenyataannya selama ini penanaman kapas di Indonesia hanya untuk memproduksi serat kapas yang ditujukan untuk keperluan perusahaan tekstil. Sampai saat ini, belum ada pengusaha di Indonesia yang memproses biji kapas untuk dijadikan minyak. Seandainya memang sampai terjadi gen dari kapas Bt menyilangi kapas lokal, tidak berpengaruh terhadap minyak yang berasal dari biji kapas lokal tersebut. Seperti telah diketahui bersama bahwa hasil penelitian menunjukkan bahwa minyak yang berasal dari biji tanaman transgenik tidak mengandung DNA ataupun protein dari gen tanaman transgenik tersebut. Perlu diketahui juga bahwa Korea dan Jepang telah menerima dan mengonsumsi minyak yang dibuat dari biji kapas transgenik. Hal tersebut disebabkan mereka telah menyatakan bahwa minyak yang berasal dari tanaman transgenik aman untuk dikonsumsi.

KESIMPULAN

1. Secara global kapas Bt telah ditanam sejak tahun 1996 seluas 0,8 juta ha dan dengan gabungan sifat toleran herbisida meningkat terus mencapai 5,7 juta ha atau 9% dari total luas area tanaman transgenik pada tahun 2003.
2. Pemanfaatan kapas Bt di Indonesia telah memenuhi persyaratan keamanan hayati dan keamanan pangan serta mempertimbangkan kaidah agama, etika, sosial budaya, dan estetika sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku

dan selalu menggunakan pendekatan kehati-hatian.

3. Pemanfaatan kapas Bt di Indonesia diatur melalui Keputusan Bersama Menteri Pertanian, Menteri Kehutanan dan Perkebunan, Menteri Kesehatan, dan Menteri Negara Pangan dan Hortikultura No. 998.1/Kpts/OT.210/9/99; 790.a/Kpts-IX/1999; 1145A/MENKES/SKB/IX/199; 015A/Nmeneg PHOR/09/1999 tentang Keamanan Hayati dan Keamanan Pangan Produk Pertanian Hasil Rekayasa Genetik dan KepMentan No. 737/Kpts/TP. 240/9/98 tentang Pengujian, Pe-ilaian, dan Pelepasan Varietas.
4. Manfaat kapas Bt adalah terjadinya pengurangan aplikasi insektisida dan kasus keracunan insektisida, serta keuntungan ekonomi bagi petani.
5. Isu kekhawatiran bahwa kapas Bt yang sudah dikomersialisasikan akan berdampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia, ternyata faktanya belum terbukti terjadi di habitat natural.

DAFTAR PUSTAKA

- Amir, M. dan R. Edwina. 1988. Regionalisasi varietas padi untuk pengendalian penyakit blas (*Pyricularia oryzae*, Cav.) di Indonesia. Seminar Hasil Penelitian Tanaman Pangan. Balittan, Bogor.
- Amir, M. dan N. Anggiani. 1994. Monitoring of *M. grisea* races. Laporan Penelitian ARBN, CRIFC.
- Astwood, J.D. and R.L. Fuchs. 1996. Allergenicity of foods derived from transgenic plants. Monogr. Allergy 32:105-120.
- Bahagiawati dan I.N. Oka. 1986. Adaptasi wereng coklat, *N. lugens* Stal. Sumatera Utara pada varietas padi IR56. Seminar Hasil Penelitian Balittan Bogor 1:223-232.
- Bahagiawati dan I.N. Oka. 1987. Perkembangan biotipe wereng coklat,

- N. lugens* Stal. di Indonesia. Edisi Khusus Balittan Bogor 1:17-31.
- Bahagiawati, I.N. Oka, dan A.A.N.B. Kamandalu. 1988a.** Monitoring biotipe wereng coklat. Edisi Khusus Balittan Bogor 2:27-32.
- Bahagiawati, F.G. Medrano, and E.A. Hemrich. 1988b.** Effect of host plant on the level of virulence of *N. lugens* (Hom.: Delphacidae) on rice cultivar. *Environmental Entomology* 18(3):489-493
- Baker, H.G. 1965.** Characteristics and modes of origin of weeds. In Baker, H.G. and G.L. Stebbins (Eds.). *The Genetics of Colonizing Species*. Academic Press, New York. p. 147-168.
- Benedict, J. and D.W. Altman. 2001.** Commercialization of transgenic cotton expressing insecticidal crystal protein. In Jenkins, J. and S. Saha (Eds.). *Genetic Improvement of Cotton: Emerging Technologies*. Science Publications, Enfield. New Hampshire, USA 8:137-201.
- Bennet, J. 1993.** Genes for crop improvements. *Genetic Engineering* 16:93-113.
- Bermawie, N., Bahagiawati, K. Mulya, D. Santoso, Budihardjo, E. Julian-ti, Syahyuti, Erizal, Hasnam, M. Herman, dan Y.A. Trisyono. 2003.** Survei perkembangan dan dampak pelepasan produk rekayasa genetik (PRG) dan produk komersialnya. Balai Penelitian Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian. Proyek Nasional Biosafety Framework GEF-UNEP. Kementerian Lingkungan Hidup.
- Brar, D.S. and G.S. Khush. 1986.** Wide hybridization and chromosome manipulation in cereals. In Evans, D.A., W.R. Sharp, and P.V. Ammirato (Eds.). *Hand Book of Plant Cell Culture* 4:221-263.
- Canadian Food Inspection Agency. 2000.** Case study Glufosinate tolerant canola HCN 28. Environmental assessment: potential to become a weed or invasive of natural habitats. Plant Biosafety Office. p. 17-24.
- Carpenter, J.E. and L.P. Gianessi. 2001.** Agricultural biotechnology: Updated benefit estimates. January 2001. National Center for Food and Agricultural Policy. Washington DC.
- Catchot, A.L. 2001.** Bollgard II cotton efficacy summary-Midsouth. Proceeding of the Beltwide Cotton Conference 2:835.
- Crawley, M.J., S.L. Brown, R.S. Hails, D.D. Kohn, and M. Rees. 2001.** Biotechnology: Transgenic crops in natural habitat. *Nature* 409:682-683.
- Crickmore, N., D.R. Zeigler, J. Feitel-son, E. Schnepf, J. van Rie, D. Lereclus, J. Baum, and D. Dean. 1998.** Revision of the nomenclature for the *Bacillus thuringiensis* pesticidal crystal proteins. *Micrbiol. And Mol. Biol. Rev.* 62:807-813.
- Elena, M.G. 2001.** Economic advantage of transgenic cotton in Argentina. In Proceeding of the 2001 Beltwide Cotton Conference. Anaheim, California.
- Environmental Protection Agency. 1995a.** Pesticide fact sheet: *Bacillus thuringiensis* subspecies *kurstaki* delta endotoxin and its controlling sequences as expressed in cotton. Issued October 31, 1995.
- Environmental Protection Agency. 1995b.** Pesticide fact sheet: Plant pesticide *Bacillus thuringiensis* cryIIIA delta endotoxin and the genetic material necessary for its production; tolerance exemption. 60 Fed. Reg. 21725.
- Environmental Protection Agency. 1997.** Pesticide fact sheet: *Bacillus thuringiensis* cryIA(b) delta endotoxin and the genetic material necessary for its production in corn. Issued August 28, 1997.
- Environmental Protection Agency. 1998a.** Pesticide fact sheet: *Bacillus thuringiensis* cryIA (b) delta endotoxin and the genetic material necessary for its production in corn. Update to include popcorn use. Issued April 1998.
- Environmental Protection Agency. 1998b.** Pesticide fact sheet: *Bacillus thuringiensis* subspecies *kurstaki* cryIA(c) delta endotoxin and the genetic material necessary for its production in corn. Issued August 1998.
- Environmental Protection Agency. 1999.** EPA and USDA position paper on insect resistance management in Bt crops. Washington D.C. (http://www.epa.gov/oppbppd/biopesticides/otherdocs/Bt_position_paper618.htm).
- Falck-Zepeda, J.B., G. Traxler, and R.G. Nelson. 2000a.** Rent creation and distribution from biotechnology innovations: the case of Bt cotton and herbicide tolerant soybeans in 1997. *Agribusiness* 16(1):21-32.
- Falck-Zepeda, J.B., G. Traxler, and R.G. Nelson. 2000b.** Surplus distribution from the introduction of biotechnology innovations. *American Journal of Agricultural Economics* 16(1):21-32.
- FAO/WHO. 1996.** Biotechnology and food safety. Report of a joint FAO/WHO consultation. FAO Food and Nutrition Paper 61. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Fatchurochim, M., A.D. Ambarwati, and I. Hanarida. 1994.** Wide hybridization between rice cultivars and wild *Oryza* species. *Indonesian Journal of Tropical Agriculture* 2:32-36.
- Global Knowledge Center on Crop Biotechnology. 2002.** Limited release of GM cotton in Australia. *Crop Biotech Update*: December 5, 2002. ISAAA SEAsia-Center and CAB International.
- Global Knowledge Center on Crop Biotechnology. 2003.** Monsanto receives clearance for GM cotton. *Crop Biotech Update*: January 10, 2003. ISAAA SEAsia-Center and CAB International.
- Harlann, J.R. 1991.** Centres of diversity of food crops. *National Geographic*. April Edition.
- Held, G.A., L.A. Bulla, E. Jr. Ferrari, J. Hoch, and A.I. Aronson. 1982.** Cloning and localization of the lepidopteran protoxin gene of *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki*. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 79:6065.
- Herman, M. 1996.** Rekayasa genetik untuk perbaikan tanaman. *Buletin AgroBio* 1(1):24-34.

- Herman, M. 1997.** Insect resistant via genetic engineering. In Darussamin, Komiang, I.P. and S. Moeljopawiro (Eds.). Current Status of Agricultural Biotechnology in Indonesia, Research Development and Priorities. Proceedings Second Conference on Agricultural Biotechnology. Jakarta, 13-15 June 1995. Agency for Agricultural Reserach and Development, Ministry of Agriculture. p. 217-226.
- Herman, M. 2000.** Kekhawatiran terhadap tanaman transgenik: antara isu dan fakta. *BioTan* 2(1):1-4.
- Hidayat, P. dan D. Prijono. 2002.** Analisis risiko lingkungan kapas transgenik di Sulawesi Selatan: kajian aktivitas residu protein *cry-1* pada pertanaman kapas transgenik di Makasar. Laporan Kajian Kapas Bt subbidang Analisis Risiko Lingkungan. Makalah dipresentasikan dalam Diskusi Ilmiah tentang Evaluasi Pelepasan Terbatas Kapas Bt di Sulawesi Selatan. Bogor, 14 November 2002.
- Hifni, H.R. dan S. Miharja. 1981.** Variasi patogenisitas *Xanthomonas campestris* pv. *oryzae* penyebab bakteri busuk daun pada tanaman padi. Kongres PFI V. Padang 11-13, Mei 1981.
- Hifni, H.R. dan S. Miharja. 1994.** Studi pergeseran strain bakteri *Xanthomonas campestris* pv. *oryzae* penyebab hawar daun bakteri. Laporan Intern Balai Penelitian Tanaman Pangan Bogor.
- International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications. 2002a.** Bt cotton in Mexico. ISAAA AmeriCenter. Ithaca, NY, USA.
- International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications. 2002b.** Bt cotton in South Africa. ISAAA AfriCenter. Nairobi, Kenya.
- International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications. 2002c.** Bt cotton in China. ISAAA SEAsiaCenter. Metro Manila, Philippines.
- International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications. 2002d.** Bt cotton in India. ISAAA SEAsiaCenter. Metro Manila, Philippines.
- Irawati, L.S. Juswara, Y.S. Poerba, H. Rustiami, E.A. Wijaya, and B. Rachman. 2002.** Closely related taxa of cotton (*Gossypium*) based upon morphological similarities and their distribution in Indonesia, particularly in South Sulawesi. LIPI.
- Ismael, Y., R. Bennett, S. Morse, and T.J. Buthelezi. 2002a.** Bt cotton and pesticides. A case study of smallholder farmers in Makhathini FItas South Africa. Paper presented at the 6th International Coference on Agricultural Biotechnology: New avenue for production, consumption and technology transfer. Ravello, Italy. 2002.
- Ismael, Y., R. Bennett, and S. Morse. 2002b.** Do small scale Bt cotton adopters in South Africa gain economic advantage? Paper presented at the 6th International Coference on Agricultural Biotechnology: New avenue for production, consumption and technology transfer. Ravello, Italy. 2002.
- James, C. 2001a.** Global review of commercialized transgenic crops: 2000. ISAAA Brief No. 23. ISAAA, Ithaca, NY.
- James, C. 2001b.** Global review of commercialized transgenic crops: 2001. ISAAA Brief No. 24. ISAAA, Ithaca, NY.
- James, C. 2002a.** Global review of commercialized transgenic crops: 2001 Feature Bt Cotton. ISAAA Brief No. 26. ISAAA, Ithaca, NY.
- James, C. 2002b.** Global review of commercialized transgenic crops: 2002. ISAAA Brief No. 27. ISAAA, Ithaca, NY.
- James, C. 2003.** Global review of commercialized transgenic crops: 2003. ISAAA Brief No. 30. ISAAA, Ithaca, NY.
- Krattiger, A.F. 1997.** Insect resistance to crops: a case study of *Bacillus thuringiensis* (Bt) and its transfer to developing countries. ISAAA Briefs No. 2. ISAAA, Ithaca, N.Y. p. 42.
- Lokollo, E.M., A. Syam, dan A.K. Zakaria. 2001.** Kajian sosial ekonomi pengembangan kapas transgenik di Sulawesi Selatan. Laporan Kajian Kapas Bt subbidang Sosial Ekonomi. Makalah dipresentasikan dalam Diskusi Ilmiah tentang Evaluasi Pelepasan Terbatas Kapas Bt di Sulawesi Selatan. Bogor, 21 November 2001.
- Lorenz, G., D. Johnson, J. Hopkins, J. Reaper, A.L. Fisher, and C. Norton. 2001.** Bollgard II performance in Arkansas. Proceeding of the Beltwide Cotton Conference. Memphis, TN. USA. National Cotton Council 2:1116-1117.
- 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. *J. Insects Path.* 56:95-105.
- McClintock, J.T., C.R. Schaffer, and R.D. Sjoblad. 1995.** A comparative review of the mammalian toxicity of *Bacillus thuringiensis*-based pesticides. *Pesticides Sci.* 45:95-105.
- McLean, M.A. and D.J. MacKenzie. 2001.** Principles and practice of environmental safety assessment of transgenic plants. Materials presented for Food Safety and Environmental Assesment Workshop. Bogor, April 10-12, 2001
- Metcalfe, D.D. 1985.** Food allergens. *Clin. Rev. Allergy* 3:331-349.
- Metcalfe, D.D., J.D. Astwood, R. Townsend, H.A. Sampson, S.L. Taylor, and R.L. Fuchs. 1996.** Assessment of the allergenic potential of foods derived from genetically engineered crop plants. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 36:S165-S186.
- Naik, G. 2001.** An analysis of socio-economic impact of Bt technology on Indian cotton farmers. Centre for Management in Agriculture, Indian Institute of Management. India.
- Norman, J.W. Jr. and A.N. Sparks Jr. 2001.** Performance of Bollgard II cotton against Lepidopterous pests in the Lower Rio Grande Valley of Texas. Proceeding of the Beltwide Cotton Conference. Memphis, TN. USA. National Cotton Council 2:833-835.
- Oka, I.N. and Bahagiawati. 1984.** Development and management of a

- new brown plant hopper (*N. lugens* Stal) biotype in North Sumatera, Indonesia. Puslitbangtan Contribution 71.
- Penn, S.R., B. Reich, J. Osborn, K. Embry, and J. Greenplate. 2001.** Quantification of Lepidopteran activity in a 2-gene product: A 2-year summary of Bollgard II. Proceedings of the Beltwide Cotton Conference. Memphis, TN. USA. National Cotton Council 2:830-832.
- Pray, C.E., D. Ma., J. Huang, and F. Qiao. 2001.** Impact of Bt cotton in China. *World Development*. 29(5): 815-825.
- Purwito, A., H. Aswidinnoor, dan N. Amin. 2001.** Gene flow kapas transgenik di Sulawesi Selatan: Jarak dan frekuensi persilangan luar pada kapas transgenik. Laporan Kajian Kapas Bt subbidang Analisis Risiko Lingkungan. Makalah dipresentasikan dalam Diskusi Ilmiah tentang Evaluasi Pelepasan Terbatas Kapas Bt di Sulawesi Selatan. Bogor, 21 November 2001.
- Rajamohan, F. and D.H. Dean. 1995.** Molecular biology of *Bacillus thuringiensis*. The workshop on Bt-technology for agriculture. Plant Genetic Engineering Unit, National Center for Genetic Engineering and Biotechnology, Kasetsart University, Thailand.
- Rahn, P.R., L. Ruschke, and Z.W. Shappley. 2001.** Efficacy and agronomic performance of Bollgard II. Proceedings of the Beltwide Cotton Conference. Memphis, TN. USA. National Cotton Council 2:832.
- Ridge, R.L. S.G. Turnipseed, and M.J. Sullivan. 2000.** Field comparison of genetically-modification cottons containing one strain (Bollgard) and two strain (Bollgard II) of *Bacillus thuringiensis kurstaki*. In Dugger, P. and D. Richter (Eds.). Proceedings of the Beltwide Cotton Conference. Memphis, TN. USA. National Cotton Council. p. 1057-1058.
- Sanders, P.R., E.N. Elswick, M.E. Groth, and B.E. Ledesma. 1995.** Evaluation of insect protected corn lines in 1994 US field test locations. Study number 94-01-39-01, MSL-14179, an unpublished study conducted by Monsanto Co. EPA MRID No. 43665502.
- Shaddock, J.A. 1983.** Some observations on the safety evaluation of nonviral microbial pesticides. *Bull. WHO* 61:117-128.
- Shelton, A.M., J.D. Tang, R.T. Roush, T.D. Metz, and E.D. Earle. 2000.** Field tests on managing resistance to Bt-engineered plants. *Nature Biotechnology* 18:339-342.
- Sogawa, K., J. Kilin, and Bahagiawati. 1984.** Characterization of the brown plant hopper population on IR42 in North Sumatera, Indonesia. *Internat. Rice. Res. Newslett.* 9(1).
- Suwanto, A. 2000.** Tanaman transgenik: bagaimana kita menyikapinya? *Hayati* 7(1):26-30.
- Suwanto, A., Y. Hala, dan N. Amin. 2001.** Analisis risiko lingkungan kapas transgenik di Sulawesi Selatan: Aspek mikrobiologi, dampak terhadap mikroba tanah, transfer gen horizontal. Laporan Kajian Kapas Bt subbidang Analisis Risiko Lingkungan. Makalah dipresentasikan dalam Diskusi Ilmiah tentang Evaluasi Pelepasan Terbatas Kapas Bt di Sulawesi Selatan. Bogor, 21 November 2001.
- Suwanto, A., Y. Hala, dan N. Amin. 2002.** Analisis risiko lingkungan kapas transgenik di Sulawesi Selatan: Aspek mikrobiologi, dampak terhadap mikroba tanah, transfer gen lateral. Laporan Kajian Kapas Bt subbidang Analisis Risiko Lingkungan. Makalah dipresentasikan dalam Diskusi Ilmiah tentang Evaluasi Pelepasan Terbatas Kapas Bt di Sulawesi Selatan. Bogor, 14 November 2002.
- Tanda, A.S. and N.P. Goyal. 1979.** Insec, mainly *Apis mellifera* and *Apis cerana indica*, pollination in Asiatic cotton (*Gossypium arbo-reum*) in Punjab, India. *J. Apiculture Research* 18:64-72.
- Tim Teknis Keamanan Hayati. 1999a.** Laporan pengujian keamanan hayati tanaman transgenik (jagung Bt, jagung *Roundup Ready*, kapas Bt, kapas *Roundup Ready*, dan kedelai *Roundup Ready*) di Fasilitas Uji Terbatas.
- Tim Teknis Keamanan Hayati. 1999b.** Laporan pengujian keamanan hayati tanaman transgenik (jagung Bt, jagung *Roundup Ready*, kapas Bt, kapas *Roundup Ready*, dan kedelai *Roundup Ready*) di Lapangan Uji Terbatas.
- Tim Teknis Keamanan Hayati dan Keamanan Pangan. 2000.** Laporan pengujian keamanan hayati jagung Bt di Fasilitas Uji Terbatas.
- Trisyono, Y.A., S. Sudjono, and E. Mahrub. 2000.** Transgenic cotton: effects on target and non-target organisms. Progress report. Fac. of Agric., Gadjah Mada University.
- Trisyono, Y.A., S. Sudjono, E. Mahrub, B. Trimman, dan Suputa. 2001.** Kelimpahan jenis dan populasi arthropoda bukan sasaran pada kapas transgenik Bollgard. Laporan Kajian Kapas Bt subbidang Analisis Risiko Lingkungan. Makalah dipresentasikan dalam Diskusi Ilmiah tentang Evaluasi Pelepasan Terbatas Kapas Bt di Sulawesi Selatan. Bogor, 21 November 2001.
- Trisyono, Y.A., S. Sudjono, E. Mahrub, B. Trimman, dan Suputa. 2002.** Efek kapas transgenik Bollgard terhadap kelimpahan arthropoda. Laporan Kajian Kapas Bt subbidang Analisis Risiko Lingkungan. Makalah dipresentasikan dalam Diskusi Ilmiah tentang Evaluasi Pelepasan Terbatas Kapas Bt di Sulawesi Selatan. Bogor, 14 November 2002.
- Van Rie, J., S. Jansens, H. Hofte, D. Degheile, and Van Mellaert. 1990.** Receptors on the brush border membrane on the insect midgut as determinant of the specificity of *Bacillus thuringiensis* delta endotoxins. *Appl. Environ. Microbiol.* 56:1378-1385.
- Whalon, M.E. and D.L. Norris. 1999.** Managing target pest adaptation: the case of Bt transgenic plant deployment. In Cohen J.L. (Ed.). *Managing Agricultural Biotechnology: Addressing Research Program Needs and Policy Implications*, CAB International. p. 194-205.

