

Sebelas Tahun Perkembangan Jagung Bt dan Statusnya secara Global

M. Herman

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian, Jl. Tentara Pelajar 3A, Bogor 16111

ABSTRACT

Eleven Years Global Development of Bt Corn and Its Status. M. Herman. Major insect pests of corn are the Asian corn borer, the European corn borer, and the corn root worm. The value of crop losses due to the insect pests in America is \$2.6 billion, Asia \$1.6 billion, Africa \$0.8 billion, and Europe \$0.6 billion. Prior to the use of Bt corn, farmers used a lot of insecticides to control the insect pests. Following introduction of the Bt corn in 1996, this crop has been grown over 21 million hectares by millions of farmers from 13 countries in North America, Latin America, Asia, Africa and Europe. Globally, the farmers had been benefited by grown the Bt corn. The benefits varies, dependent on countries and level of the corn borer infestations. In 2001, the US farmers gained \$125 million benefit from growing the crop. In 2002, farmers in Spain gained 11-15 million benefit from the Bt corn alone. During the period of 2003-2005, corn farmers in the Philippines gained \$8 million from the Bt corn. Bt corn has not been grown commercially in Indonesia, although Bt corn MON810 has been declared as safe to release in the environment by the Indonesian Biosafety Committee. In 2001-2002, farmers in South Sulawesi with had grown Bt cotton, this was the first time Bt crop in the country since the placement and implementation of the biosafety regulation by the Indonesian Government in 1998.

Key words: Corn borers, Bt corn, global status.

PENDAHULUAN

Pada tahun 2006, luas pertanaman jagung di dunia sudah mencapai 147 juta ha (James 2007). Salah satu kendala utama produksi jagung adalah serangan serangga hama. Di samping menurunkan kualitas jagung, serangan serangga hama juga menurunkan kualitas jagung. Dari tahun ke tahun dan dari negara ke negara, tingkat serangan serangga hama pada tanaman jagung sangat bervariasi. Serangan hama jagung dapat dimulai dari pembibitan, fase vegetatif, generatif sampai pada tingkat penyimpanan. Serangga utama pada tanaman jagung adalah *Ostrinia furnacalis* (Asian corn borer = ACB), *O. nubilalis* (European corn borer = ECB), *Diabrotica* spp. (corn root worm = CRW), *Helicoverpa armigera* (corn ear worm = CEW), *Spodoptera* spp. (armyworm = AW), *Agrotis* spp. (cutworm = CW), *Busseola fusca* (African stalk borer = ASB), dan *Chilo*

partellus (spotted stem borer = SSB) (James 2003). Menurut James (2003), secara global pada tahun 2003, serangan hama jagung mencapai 53,6 juta ha atau 46% dari total area. Potensi kehilangan hasil tanpa pengendalian dapat mencapai 14-18%, sedangkan kehilangan hasil nyata dengan pengendalian mencapai 6-17%. Produksi jagung dunia pada tahun 2003 mencapai 600 juta ton dengan nilai 65 juta dolar AS. Kehilangan hasil nyata jagung akibat serangan hama mencapai nilai 2,6 miliar dolar AS di Amerika, 1,6 miliar dolar AS di Asia, 0,8 miliar dolar AS di Afrika, dan 0,6 miliar dolar AS di Eropa (Oerke 2002).

Salah satu cara pengendalian hama jagung adalah menggunakan varietas jagung tahan hama. Perbaikan sifat tanaman jagung dapat dilakukan melalui modifikasi genetik, baik dengan pemuliaan tanaman secara konvensional maupun dengan bioteknologi, khususnya melalui rekayasa genetik. Kadangkala, dalam perakitan varietas jagung tahan serangga hama, pemulia konvensional menghadapi kendala yang sulit dipecahkan, yaitu langkanya atau tidak adanya sumber gen ketahanan di dalam koleksi plasma nutfah jagung. Contoh sumber gen ketahanan yang langka adalah gen ketahanan terhadap serangga hama dari kelompok Lepidoptera, khususnya ACB dan ECB (Herman *et al.* 2004). Akhir-akhir ini kesulitan pemulia konvensional dapat diatasi dengan teknologi rekayasa genetik melalui tanaman transgenik.

Rekayasa genetik sudah menghasilkan jagung transgenik tahan serangga hama dari kelompok Lepidoptera. Gen yang ditransfer ke dalam genom tanaman jagung untuk membentuk jagung transgenik dapat berasal dari spesies lain seperti bakteri, virus, atau tanaman (Herman *et al.* 2004). Salah satu contoh gen ketahanan terhadap serangga hama adalah gen Bt. Jagung Bt ditanam pertama kali secara global pada tahun 1996. Mulai tahun 2000, jagung Bt *stack gene* (gabungan sifat) dengan toleransi terhadap herbisida (TH) mulai ditanam (James 2003). Dalam makalah ini dijelaskan tentang jagung transgenik yang mengandung gen Bt, penanaman jagung Bt secara global, serta prospek, peluang dan tantangan penanaman jagung Bt di Indonesia.

JAGUNG TRANSGENIK YANG MENGANDUNG GEN Bt

Gen Bt

Gen Bt adalah gen yang diisolasi dari bakteri tanah *Bacillus thuringiensis* (Bt). *B. thuringiensis* telah digunakan oleh petani di negara maju sebagai pestisida hayati yang aman sejak puluhan tahun yang lalu. Istilah populer *cry* adalah singkatan dari *crystal* merupakan representasi gen dari strain Bt yang memproduksi kristal protein yang bekerja seperti insektisida (*insecticidal crystal protein*) dan dapat mematikan serangga hama. Sampai saat ini, sejumlah gen Bt telah diisolasi dan dimasukkan ke dalam delapan kelompok atau kelas gen *cry* berdasarkan virulensinya yang spesifik terhadap kelompok serangga sasaran (Crickmore *et al.* 1998). Sebagai contoh, gen *cryI*, *cryIX*, dan *cryX* dapat mematikan serangga dari golongan Lepidoptera, sedangkan *cryV* dapat mematikan serangga dari golongan Lepidoptera dan Coleoptera.

Semua gen yang menyandi 130-140 kDa *protoxin* dan aktif terhadap larva Lepidoptera digolongkan ke dalam kelas *cryI* yang selanjutnya dibagi menjadi subkelas A sampai G. Berdasarkan identitas asam aminonya (>80%), subkelas gen *cryIA* dibagi menjadi IA(a), IA(b), dan IA(c). Kelas *cryII* memproduksi 66 kDa *protoxin* aktif dibagi menjadi subkelas A dan B. Gen *cryIIA* aktif terhadap larva Lepidoptera dan Diptera, sedangkan *cryIIB* aktif hanya pada Lepidoptera. Gen *cryIII* menghasilkan 73 kDa protein yang aktif terhadap larva Coleoptera. Gen *cryIV* telah diisolasi hanya dari Bt subsp. *israelensis* dan menghasilkan 135, 128, 74, dan 72 kDa protein aktif terhadap larva Diptera. Gen *cry* baru telah diisolasi dari *B. thuringiensis* subsp. *thompsoni* dan diberi nama *cryV*. Gen tersebut menghasilkan toksin 80 kDa dan aktif terhadap Lepidoptera dan Coleoptera. Gen *cry* yang aktif terhadap nematoda dimasukkan ke dalam kelas *cryVI* (Crickmore *et al.* 1998).

Pada umumnya gen yang ditransformasikan ke dalam tanaman transgenik tahan serangga hama dari kelompok Coleoptera atau Lepidoptera adalah gen *cryBt* (Herman *et al.* 2004). Kristal δ -endotoksin Bt adalah protein yang dapat berfungsi sebagai insektisida. Protein (protoksin) tersebut akan diaktifkan oleh protease dalam usus tengah (*midgut*) larva serangga. Toksin yang sudah aktif berinteraksi dan menempel pada *receptor* di sel-sel *epithelial* usus tengah serangga yang menyebabkan terganggunya integritas membran dan membuat lubang, sehingga terjadi kebocoran (Gill *et al.* 1992).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa gen *cryBt* tipe liar (*wild type*) yang ditransformasi ke tanaman

ternyata mengekspresikan ketahanan yang rendah terhadap serangga (Perlak *et al.* 1991). Hal tersebut dihipotesakan bahwa penggunaan *codon* dari gen *cry* Bt (yang diisolasi dari bakteri) dikelabui oleh keharusan untuk mengekspresi dalam sel bakteri, sehingga diekspresikan tidak optimum dalam sel tanaman. Kendala ini dipecahkan dengan mensintesis urutan (*sequence*) gen secara kimiawi untuk menghilangkan banyaknya motif urutan *adenine thymine* (AT)-*rich*. Banyaknya urutan (AT) menyebabkan tidak stabilnya mRNA dari tanaman transgenik. Hasil percobaan tanaman transgenik dengan gen Bt sintetis menunjukkan peningkatan ekspresi keefektifan ketahanan terhadap serangga antara 10-100 kali (Perlak *et al.* 1991).

Jagung Bt yang Disetujui untuk Dilepas dan Dikomersialkan

Menurut James (2003) tiga gen *cry* telah ditransformasikan ke tanaman jagung, yaitu *cry* IA(b), *cry* 3B(b1), dan *cry* 1F(a2). Gen *cry* IA(b) diisolasi dari *B. thuringiensis* var. *Kurstaki*, gen *cry* 3B(b1) diisolasi dari *B. thuringiensis* var. *kumamotoensis*, dan gen *cry* 1F(a2) diisolasi dari *B. thuringiensis* var. *aizawi*. Ketiga gen tersebut disetujui untuk digunakan di jagung Bt untuk tujuan komersial (James 2003).

Jagung Bt pertama yang disetujui untuk dilepas dan dikomersialkan pada tahun 1995 adalah jagung Bt *event* 176 dengan nama dagang ND (*knock-out*) yang mengandung gen *cryIA(b)* (James 2003). Tiga *event* jagung Bt yang mengandung gen *cryIA(b)*, yaitu MON810 dengan ND *Yield Gard* (R) *corn borer* 176, dan Bt 11 dengan ND *Yield Gard* (R) yang dikomersialkan secara global. Pada tahun 2002 dari ketiga *event* tersebut, *event* MON810 mendominasi pertanaman jagung Bt, sampai 80% (James 2003). Jagung Bt lain yang disetujui untuk dikomersialkan adalah *event* MON863 dengan ND *Yield Gard* (R) *rootworm* yang mengandung gen *cry* 3B(b1) dan *event* TC1507 dengan ND *Herculex* (R) 1 yang mengandung gen *cry* 1F(a2).

Event jagung Bt yang dikenal dengan nama Starlink telah menimbulkan kehebohan di Amerika Serikat (AS). *Event* jagung Bt ini adalah CBH 351 yang mengandung gen *cry* 9C untuk mengendalikan ECB. Jagung Bt tersebut hanya disetujui ditanam di AS untuk pakan. Pada September 2000, organisasi konsumen AS melaporkan bahwa jagung Starlink dideteksi pada produk makanan, yaitu Kraft Taco Bell Tortilla. Jagung Starlink tidak disetujui untuk digunakan sebagai bahan pangan, karena dikhawatirkan akan menimbulkan alergi pada manusia yang memakannya. Dampak dari kasus tercampurnya jagung Starlink dengan produk makanan, adalah ditariknnya jagung tersebut

oleh produsennya dari peredaran (James 2003). Sehubungan dengan kekhawatiran bahwa jagung Starlink yang mengandung gen *cry* 9C dapat menimbulkan alergi apabila dikonsumsi manusia, maka pada bulan Juli 2001 *Scientific Advisory Panel* dari Badan Proteksi Lingkungan AS telah melakukan pertemuan untuk mengevaluasi informasi dan data yang tersedia mengenai jagung Starlink (James 2003). Panel menyimpulkan dan merekomendasikan bahwa kemungkinannya kecil jagung Starlink menimbulkan alergi pada manusia apabila dikonsumsi.

Jagung Bt Generasi Lanjut

Jagung Bt generasi lanjut dikembangkan dengan menggabungkan dua gen Bt (*stacked genes*) atau dengan memodifikasi gen Bt. Pada tahun 2004-2006, lima jagung Bt generasi lanjut telah siap dilepas. Salah satu di antaranya adalah dengan nama dagang *Yield Gard* (R) Plus. Jagung Bt yang dikembangkan oleh Monsanto ini mengandung gen *cry1A(b)* dan *cry3B(b1)* dan diharapkan dapat mengendalikan serangga hama penggerek batang jagung (*corn borer*) dan penggerek akar jagung (*corn root borer*). Jagung Bt lain adalah jagung *event* DAS-59122-7 yang mengandung gen *cry34A(b1)* dan *cry35A(b1)*, Jagung Bt ini ditujukan untuk mengendalikan penggerek akar jagung (*corn root borer*) dan toleran herbisida *glufosinate*. Jagung Bt ini dikembangkan oleh Dow AgroSciences dan bersama-sama dengan Pioneer Hi-Bred International/Dupont melepaskannya pada tahun 2005 dengan ND *Herculex* RW. Jagung tersebut digunakan sebagai alternatif pengendalian penggerek akar jagung, selain jagung Bt MON863 yang sudah beredar.

Dua jagung Bt generasi lanjut yang lain dikembangkan oleh Syngenta (James 2003) dan dilepas pada tahun 2005-2006 (James 2006, 2007). Jagung Bt yang pertama mengandung gen *cry1A(b)* *full length* ditujukan untuk mengendalikan ECB yang dikenal dengan *event* Bt10. Jagung Bt kedua mengandung gen baru, yaitu *cry3A(a)* *full length* yang telah dimodifikasi. Jagung Bt dengan *event* MIR604 ini ditujukan untuk mengendalikan penggerek akar jagung.

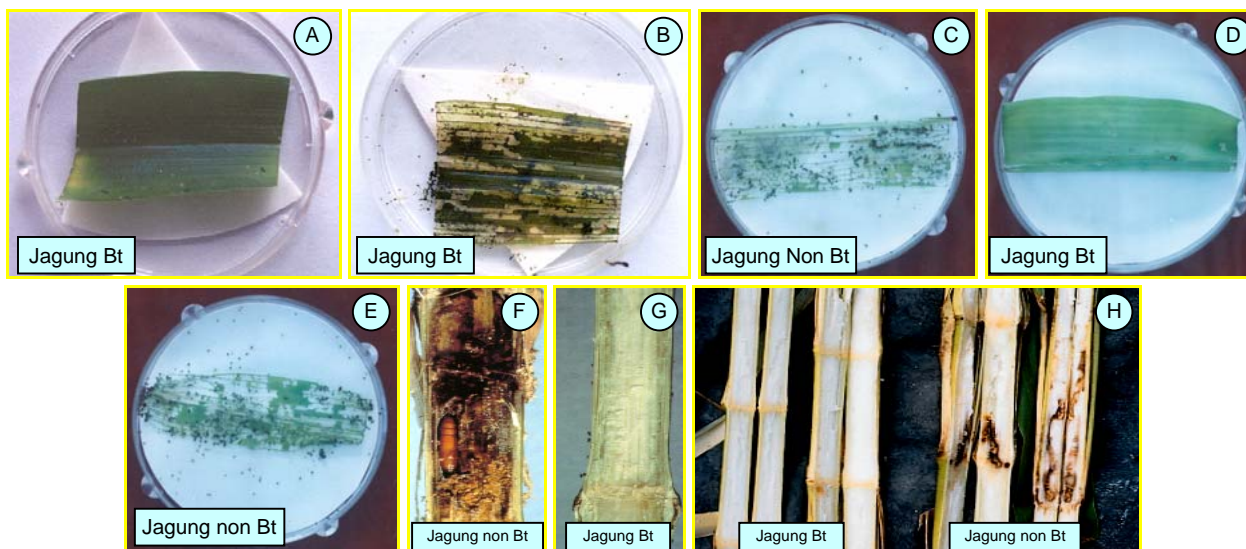
PENANAMAN JAGUNG Bt SECARA GLOBAL

Pada tahun 1996, jagung Bt mulai ditanam secara global dengan luas areal tiga juta ha. Luasan tersebut meningkat terus sampai tahun 1999 menjadi 7,5 juta ha (James 2003). Pada tahun 2000 dan 2001, luas areal pertanaman mengalami penurunan, masing-masing 6,8 juta ha dan 5,9 ha. Penurunan luas areal ini terjadi di AS, disebabkan oleh terjadinya penurunan ekspor jagung ke Eropa akibat persepsi publik terhadap isu keamanan hayati dan keamanan pangan dari GMO (*genetically modified organisms*) di Eropa (James 2003). Mulai tahun 2002, luas areal jagung Bt meningkat kembali (Tabel 1). Penggabungan dua sifat (gen) ke dalam satu tanaman transgenik (*stack gene*) mulai dilakukan oleh berbagai perusahaan bioteknologi. Pada tahun 2000, jagung Bt yang diberi gen toleran herbisida (TH) mulai dipasarkan secara global dengan luas 1,4 juta ha (James 2003). Ternyata penerimaan petani jagung dunia terhadap jagung transgenik dengan *stack gene* cukup bagus. Hal ini dibuktikan dengan terjadinya peningkatan luas areal pertanaman jagung Bt/TH dari tahun 2000 sampai tahun 2006 yang mencapai 9,0 juta ha (Tabel 1). Penerimaan jagung Bt oleh para petani jagung secara global telah didukung oleh kebijakan peraturan keamanan hayati dan keamanan pangan di masing-masing negara (Herman 1999). Dalam penanaman jagung Bt, para petani telah memperhitungkan antara risiko dampak terhadap lingkungan dan kesehatan serta manfaat dari jagung Bt yang akan mereka peroleh (Herman *et al.* 2004). Manfaat jagung Bt bagi petani tidak hanya tanaman tahan terhadap serangga hama target (Gambar 1) dan menurunkan pemakaian insektisida, tetapi juga dapat menurunkan tingkat kontaminasi mikotoksin akibat serangan cendawan *Fusarium* (Munkvold dan Desjardins 1997). Hasil dari Sobek dan Munkvold (1999) menunjukkan bahwa kandungan mikotoksin dalam hal ini fumonisin lebih rendah pada jagung Bt dibandingkan pada jagung non transgenik. Hal tersebut disebabkan tingkat serangan *Fusarium moniliformae* pada jagung Bt jauh lebih rendah dibandingkan pada jagung non Bt (Sobek dan Munkvold 1999). Dari total luas lahan tanaman jagung dunia sebesar 148 juta ha, 17% atau 25,2 juta ha ditanami jagung transgenik (jagung Bt, jagung Bt/TH, dan

Tabel 1. Luas areal pertanaman jagung Bt (Bt dan Bt/TH) secara global dari 1996-2006.

| Sifat | Luas (juta ha) | | | | | | | | | | |
|-------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
| Bt | 0,3 | 3,0 | 6,7 | 7,5 | 6,8 | 5,9 | 7,7 | 9,1 | 11,2 | 11,3 | 11,1 |
| Bt/TH | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,4 | 1,8 | 2,2 | 3,2 | 3,8 | 6,5 | 9,0 |
| Total | 0,3 | 3,0 | 6,7 | 7,5 | 8,2 | 7,7 | 9,9 | 12,3 | 15,0 | 15,0 | 20,1 |

Sumber: James = 2003, 2004, 2005, 2006, 2007; Bt = *Bacillus thuringiensis*; TH = toleran herbisida.



Gambar 1. Bioasai *Helicoverpa armigera* (A dan B) dan *Ostrinia furnacalis* (C, D, dan E) pada daun jagung 5 hari setelah infestasi di Fasilitas Uji Terbatas BB-Biogen.

Sumber: Herman *et al.* (2004), Adiwilaga (1998).

jagung TH) (James 2006). Secara global, distribusi penanaman jagung Bt tersebar di beberapa negara dari Afrika, Amerika, Asia, Australia, dan Eropa. Peredaran jagung Bt di berbagai negara pada tahap yang berbeda, yaitu tahap komersialisasi, seperti AS, Kanada, Argentina, Honduras, Uruguay, Filipina, Jerman, Perancis, Spanyol, Portugal, dan Afrika Selatan, dan tahap pengujian di lapangan terbatas untuk prakomersialisasi, seperti di Indonesia dan Australia.

Afrika

Pada tahun 1997, jagung Bt MON810 mulai ditanam di Afrika, yaitu di Afrika Selatan. Menurut Kristen dan Gouse (2003) jagung Bt dapat menekan serangan *C. partellus* sampai 75% dan 68% pada *B. fusca*. Pada tahun 2001, petani di Afrika Selatan menanam jagung Bt dan jagung Bt/TH seluas 166 ha. Luas areal tanaman tersebut terus meningkat dari 2002, 2003, 2004, 2005, sampai 2006, dari 236, 341, 410, 456, dan menjadi 1.232 ha (James 2006).

Amerika Latin

Di Amerika Latin, negara yang menanam jagung Bt adalah Argentina, Honduras, dan Uruguay. Jagung Bt MON810 pertama kali ditanam di Argentina pada tahun 1998 (James 2003). Pada tahun 2005, luas areal jagung hibrida di Argentina adalah 2,8 juta. Dari luas tersebut, 1,7 juta ha ditanami dengan jagung Bt (James 2006). Selain jagung Bt, mereka juga menanam jagung Bt/TH. Jagung Bt MON810 ditanam pertama kali di Honduras pada tahun 2002 dengan luas 500 ha. Setiap

tahun terjadi peningkatan luas tanam jagung Bt hingga mencapai 1000 ha pada tahun 2006 (James 2006). Pertama kali jagung Bt MON810 disetujui oleh pemerintah Uruguay untuk ditanam di pada tahun 2003. Sejak ditanam tahun 2003, luas pertanaman jagung Bt meningkat terus mencapai 30.000 ha pada tahun 2005 (James 2005) dan 35.000 ha pada tahun ha (James 2006). Jagung Bt yang beredar berasal dari *event* MON810, Bt11, dan TC1507 (James 2006).

Amerika Utara

Di AS, jagung Bt *event* 176 dengan gen *cryIA(b)* mulai memperoleh izin untuk ditanam (James 2003) pada tahun 1995. Pada tahun 1996, jagung Bt ditanam seluas 0,3 juta ha dengan keuntungan yang diperoleh petani mencapai 12 juta dolar AS (James 2003). Pada tahun 1997, luas areal jagung Bt menjadi 3 juta ha dengan keuntungan petani sebesar 89 juta dolar AS (Carpenter dan Gianessi 2001). Pada tahun 2006, dari luas areal tanaman transgenik 54,6 juta ha, 17,9 juta ha ditanami jagung Bt dan TH. Jagung Bt yang ditanam dan pernah beredar di AS adalah *event* 176, Bt10, Bt11, CBH351, DAS-59122-7, DAS-06275-8, DBT418, MIR604, MON802, MON809, MON810, MON863, MON80100, MON88017, dan TC1507 (James 2006).

Di Kanada, pada tahun 1996 jagung Bt *event* 176 memperoleh izin untuk ditanam pertama kali (James 2003). Jagung transgenik yang ditanam petani adalah jagung Bt, BT/TH, dan TH (James 2006). Petani di negara bagian Ontario dan Quebec, menanam jagung transgenik sekitar 70.000-850.000 ha. Pada tahun 2006,

penanaman jagung Bt/TH mencapai 200.000 ha. Jagung Bt yang beredar adalah *event* 176, Bt11, DAS-59122-7, MON810, MON863, dan TC1507 (James 2006).

Asia dan Australia

Di Filipina, petani pertama kali menanam jagung Bt MON810 secara komersial pada tahun 2003 dengan luas 10.769 ha (Acosta 2007, James 2003). Pada musim penghujan dan musim kemarau tahun 2004, petani Filipina menanam jagung Bt seluas 59.850 ha (Acosta 2007). Pada tahun 2005, penanaman jagung Bt meningkat hingga 70.000 ha, dan pada tahun 2006 diharapkan akan ditingkatkan menjadi 200.000 ha (James 2006). Jagung Bt dapat menghasilkan 6 t/ha, produktivitas meningkat sampai 90% daripada jagung non Bt. Pendapatan petani dapat mencapai 300-600 dolar AS/ha (Acosta 2007). Keuntungan petani Filipina dari hasil penanaman jagung transgenik, khususnya jagung Bt, dari tahun 2003-2005 adalah 8 juta dolar AS (James 2006). Jagung Bt yang telah disetujui untuk dikomersialkan di Filipina, adalah MON810, Bt11, dan MON810xNK 603 (James 2006).

Pada tahun 1998, Indonesia mulai melakukan pengkajian keamanan hayati terhadap jagung Bt MON810. Jagung Bt tersebut dinyatakan aman hayati oleh Komisi Keamanan Hayati atau KKH (Herman 1999). Jagung Bt belum dilepas untuk dikomersialkan, meskipun telah memperoleh ketetapan aman hayati oleh KKH. Hal tersebut disebabkan belum memperoleh ketetapan aman pangan. Karena setiap tanaman pangan transgenik yang akan dilepas secara komersial harus memperoleh ketetapan aman hayati dan aman pangan.

Di Australia, sampai dengan tahun 2006 jagung Bt belum ditanam secara komersial. Meskipun demikian, pengujian lapang terbatas jagung Bt dengan *event* 176, MON810, MON863, MON88017, MIR604, Bt11, dan DBT418 untuk prakomersialisasi telah dilakukan (James 2006).

Eropa

Negara yang menanam jagung Bt di Eropa adalah Jerman, Perancis, Portugal, Republik Czechnia, Slovakia dan Spanyol. Perancis adalah negara Eropa yang menanam pertama kali jagung Bt MON810 pada tahun 1998 seluas 1.500 ha (Gianessi *et al.* 2003). Pada tahun 2000, petani Jerman mulai menanam jagung Bt MON810 seluas 300 ha. Luas pertanaman jagung Bt secara komersial pada tahun 2006 adalah 950 ha, terjadi peningkatan dibandingkan dengan tahun 2005 yang hanya 345 ha (James 2006).

Pada tahun 1999, petani di Perancis hanya menanam jagung Bt seluas 150 ha, kemudian menurun menjadi 100 ha pada tahun 2000 (James 2005). Dari tahun 2001-2004 mereka tidak menanam jagung Bt. Terjadinya penurunan luas areal pertanaman sampai tidak adanya penanaman jagung Bt, kemungkinan disebabkan adanya isu keamanan hayati dan keamanan pangan yang sangat kuat di Eropa. Pada tahun 2005, jagung Bt kembali ditanam di Perancis seluas 500 ha. Penanaman jagung Bt tersebut ditujukan untuk monitoring lingkungan seluas 200 ha, penelitian 100 ha, dan komersialisasi 200 ha (James 2005). Pada tahun 2006, luas areal tanam jagung Bt meningkat menjadi 5000 ha. Hasil panen jagung Bt akan diekspor ke Spanyol untuk pakan ternak. Jagung Bt yang beredar adalah MON810 (James 2007).

Portugal menanam jagung Bt MON810 pertama kali pada tahun 1999, seluas 1000 ha (James 2005). Setelah absen hampir enam tahun, petani Portugal menanam kembali jagung Bt pada tahun 2005 dengan luas pertanaman 750 ha (James 2005). Pada tahun 2006 terjadi peningkatan luas areal jagung Bt menjadi 1.246 ha (James 2006).

Petani di Republik Czechnia menanam jagung Bt MON810 mulai tahun 2005 dengan areal 150 ha (James 2006). Pada tahun 2006, penanaman jagung Bt meningkat menjadi 1.290 ha (James 2007). Pada tahun 2006, Slovakia baru pertama kali menanam jagung Bt MON810 secara komersial seluas 30 ha (James 2007).

Di Spanyol, petani menanam jagung Bt MON810 sejak tahun 1998. Pada tahun 2006 luas pertanaman jagung Bt mencapai 22.000 ha (Gianessi *et al.* 2003). Pada tahun 2002, petani jagung memperoleh keuntungan 11-15 juta Euro dari penanaman jagung Bt, dan mengurangi tingkat penyemprotan insektisida (Brookes 2002). Secara konsisten, luas areal jagung Bt meningkat dan mencapai puncaknya pada tahun 2004, yaitu seluas 58.000 ha (James 2005). Pada tahun 2005 terjadi kekeringan sangat hebat, sehingga dari 70.000-80.000 ha pertanaman jagung Bt, hanya 48.000 ha yang dapat dipanen (James 2006). Pada tahun 2006, dari luas 370.000 ha pertanaman jagung diperkirakan 60.000 ha adalah jagung Bt (James 2007).

PROSPEK, PELUANG, DAN TANTANGAN JAGUNG Bt DI INDONESIA

Di Indonesia, serangan hama jagung khususnya penggerek tongkol (*H. armigera*) atau CEW dan penggerek batang (*O. furnacalis*) atau ACB masih merupakan salah satu kendala dalam produksi tanaman jagung (Suprpto dan Marzuki 2002). Menurut hasil evaluasi Direktorat Perlindungan Tanaman Pangan pada

tahun 2002-2006 di 29 provinsi, kerusakan tanaman jagung akibat serangan organisme pengganggu tumbuhan hanya terjadi di tiga provinsi yang tidak teresang CEW dan ACB. Antara tahun 2002-2006, serangan CEW tertinggi di Indonesia terjadi pada tahun 2003, yaitu seluas 5224 ha. Dari 29 provinsi, serangan CEW tertinggi terjadi di Provinsi Lampung, yaitu 3462 ha. Pada tahun 2005, serangan CEW hanya 3149 ha, dengan serangan tertinggi masih di Provinsi Lampung, yaitu 704 ha. Pada tahun 2006, serangan CEW menurun menjadi 2141 ha, dengan serangan tertinggi tetap di Provinsi Lampung, yaitu 450 ha. Serangan ACB tertinggi juga dijumpai pada tahun 2003, yaitu 3714 ha, dengan luas serangan tertinggi pada pertanaman jagung di Provinsi Gorontalo, yaitu 1085 ha dan puso 10 ha. Pada tahun 2005, luas serangan ACB adalah 2953 ha dengan puso 10 ha. Serangan ACB tertinggi dijumpai di Provinsi Gorontalo, yaitu seluas 551 ha. Pada tahun 2006, luas serangan ACB menurun menjadi 2506 ha, dengan serangan tertinggi di Provinsi Sulawesi Utara seluas 568 ha (Direktorat Perlindungan Tanaman Pangan 2007).

Tanaman transgenik, khususnya jagung Bt mempunyai prospek dan peluang untuk dimanfaatkan di Indonesia. Hal ini mengingat pengalaman di berbagai negara lain yang telah menanam jagung Bt dapat mendatangkan manfaat dan keuntungan bagi petani. Manfaat jagung Bt bagi petani tidak hanya berupa ketahanan terhadap serangga hama target dan menurunkan pemakaian insektisida, tetapi juga dapat menurunkan tingkat kontaminasi mikotoksin akibat serangan cendawan *Fusarium* (Munkvold dan Desjardins 1997).

Indonesia pernah memanfaatkan produk teknologi rekayasa genetik, yaitu kapas Bt. Pada tahun 2001-2002, Indonesia menanam kapas Bt secara komersial dalam skala terbatas di Sulawesi Selatan. Izin komersial terbatas tersebut diperoleh setelah dilakukan pengkajian risiko keamanan hayati oleh Tim Teknis Keamanan Hayati, dan ditetapkan aman oleh Komisi Keamanan Hayati (Herman 2003). Hasil penelitian Lokollo *et al.* (2001) menyimpulkan bahwa keuntungan bersih petani kapas Bt berkisar antara Rp 3,1-5,6 juta/ha dibandingkan hanya Rp 600.000/ha pada kapas non Bt. Selain itu, petani kapas yang tergabung dalam Asosiasi Petani Kapas Indonesia minta agar penanaman kapas Bt tetap dilanjutkan pada musim tanam 2002. Hasil studi sosial ekonomi tahun 2002 (Siregar dan Kolopaking 2002) menunjukkan bahwa 95,79% petani di lokasi kajian kapas Bt berkeinginan menanam kembali kapas Bt pada musim tanam berikutnya (2003) karena rata-rata keuntungan petani kapas Bt Rp 1.386.706/ha dibandingkan hanya Rp 756.299/ha pada kapas non Bt. Tetapi pada tahun 2003, walaupun

telah mendapat izin pelepasan, perusahaan pemilik kapas Bt memutuskan hanya menanam seluas 70 ha (Bermawie *et al.* 2003) bahkan selanjutnya menghentikan penanaman kapas Bt di Indonesia.

Bercermin pada pengalaman petani kapas Bt di Sulawesi Selatan dan pengalaman petani jagung Bt di luar negeri, seandainya suatu ketika Indonesia akan menanam jagung transgenik, maka harus dilakukan studi pengkajian risiko keamanan hayati dan sosial ekonomi lebih dahulu, sebelum dikomersialkan. Pemanfaatan tanaman transgenik mengundang kekhawatiran bahwa tanaman ini mungkin dapat menimbulkan risiko terhadap lingkungan dan kesehatan manusia, di mana hal ini belum terbukti setelah jagung Bt ditanam selama sebelas tahun di berbagai negara di dunia.

Hal ini merupakan tantangan bagi Indonesia dalam pemanfaatan tanaman transgenik khususnya jagung Bt. Kemungkinan timbulnya risiko tersebut perlu diminimalkan melalui pendekatan kehati-hatian (*precautionary approach*). Sehubungan dengan itu diperlukan suatu sistem yang terstruktur untuk melakukan pengkajian risiko keamanan hayati di Indonesia.

Saat ini, jagung Bt belum ditanam di Indonesia. Pengalaman pertama penanaman komoditas pertanian yang mengandung gen Bt transgenik di Indonesia adalah penanaman kapas Bt oleh petani di Sulawesi Selatan pada musim tanam 2001-2002.

Dalam mengimplementasikan kebutuhan pengkajian risiko tanaman transgenik tersebut, telah dikeluarkan Surat 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. Surat Keputusan Bersama tersebut telah diangkat menjadi Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 21 Tahun 2005 tentang Keamanan Hayati Produk Rekayasa Genetik. Dalam pelaksanaannya, PP tersebut dilandasi dengan pendekatan kehati-hatian dalam mewujudkan keamanan hayati dengan mempertimbangkan kaidah agama, etika, sosial budaya, dan estetika serta pelestarian. Pendekatan kehati-hatian ini sesuai dengan Protokol Cartagena mengenai Keamanan Hayati yang telah diratifikasi Indonesia dengan Undang-Undang Nomor 21 Tahun 2004 tentang Pengesahan *Cartagena Protocol on Biosafety*.

DAFTAR PUSTAKA

- Acosta, I.B. 2007.** Farmer's experience in growing biotech crops: Philippines perspective. Simposium Komersialisasi Produk Agrobioteknologi: Status, Peluang dan Tantangan. Jakarta, 7 Februari 2007.
- Adiwilaga, K. 1998.** Permohonan pengkajian keamanan hayati tanaman transgenik produk PT. Monagro Indonesia (jagung Bt, jagung RR, kapas Bt, kapas RR, dan kedelai). Presentasi dalam sidang Tim Teknis Keamanan Hayati.
- Bermawie, N., Bahagiawati, K. Mulya, D. Santoso, Budihardjo, E. Julianti, 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.
- Brookes, G. 2002.** The farm level impacts of using Bt maize in Spain. <http://www.europabio.org>.
- Carpenter, J.E. and L.P. Gianessi. 2001.** Agricultural Biotechnology: Updated Benefit Estimates. National Center for Food and Agricultural Policy, Washington DC, USA.
- Crickmore, N., D.R. Zeigler, J. Feitelson, E. Schnepf, J. van Rie, D. Lereclus, J. Baum, and D. Dean. 1998.** Revision of the nomenclature for the *Bacillus thuringiensis* pesticidal crystal proteins. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 62:807-813.
- Direktorat Perlindungan Tanaman Pangan. 2007.** Evaluasi kerusakan tanaman jagung akibat serangan organisme pengganggu tumbuhan tahun 2002-2006. Direktorat Perlindungan Tanaman Pangan. Direktorat Jenderal Bina Produksi Tanaman Pangan. Jakarta.
- Gianessi, L.P., C.S. Silvers, S. Sankula, and N. Reigner. 2003.** Plant biotechnology: Potential impact for improving pest management in European agriculture-maize case study. National Center for Food and Agriculture Policy (NCFAP), Washington DC, USA.
- Gill, S.S., E.A. Cowles, and P.V. Pietrantonio. 1992.** The mode of action of *Bacillus thuringiensis* endotoxins. *Annu. Rev. Entomol.* 37:615-636.
- Herman, M., K. Kusumanegara, dan D. Damayanti. 2004.** Perakitan dan bioasai tanaman transgenik tahan serangga hama. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian. Badan Litbang Pertanian. 40 hlm.
- Herman, M. 2003.** Status perkembangan kapas Bt. *Buletin Agrobio* 6(1):8-25.
- Herman, M. 1999.** Tanaman hasil rekayasa genetik dan pengaturan keamanannya di Indonesia. *Buletin Agrobio* 3(1):8-26.
- James, C. 2007.** Global commercialization of biotech crops: 1996 to 2006. Simposium Komersialisasi Produk Agrobioteknologi: Status, Peluang dan Tantangan. Jakarta, 7 Februari 2007.
- James, C. 2006.** Global review of commercialized Biotech/GM crops: 2006. ISAAA Brief No.35. ISAAA, Ithaca, NY.
- James, C. 2005.** Global review of commercialized Biotech/GM crops: 2005. ISAAA Brief No.34. ISAAA, Ithaca, NY.
- James, C. 2004.** Global review of commercialized transgenic crops: 2004. ISAAA Brief No.32. ISAAA, Ithaca, NY.
- James, C. 2003.** Global review of commercialized transgenic crops: 2002. Feature: Bt Corn. ISAAA Brief No.29. ISAAA, Ithaca, NY.
- Kristen, J. and M. Gouse. 2003.** The adoption of and impact of agricultural biotechnology in South Africa. *In* Kalaitzandonkes, N. (Ed.). *The Economic and Environment Impact of Agbiotech: A Global Perspective.* Kluwer Acad. Press, Plenum Publisher. New York, USA.
- Lokollo, E.M., A. Syam, and 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.
- Munkvold, G.P. and A.E. Desjardins. 1997.** Comparison of fumonisin concentration in kernel of transgenic Bt maize hybrids and non transgenic hybrids. *Plant Dis.* 83:130-138.
- Oerke, E.C. 2002.** Crop losses due to pests in major crops. CAB International. *Crop Protection Compendium 2002. Economic Impact.* CAB International, Wallingford. UK.
- Perlak, F.J., R.L. Fuschs, D.A. Deans, S.L. McPherson, and D.A. Fischhoff. 1991.** Modification of the coding sequence enhances plant expression of insect control protein genes. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 88:3324-3328.
- Siregar, H. dan L.M. Kolopaking. 2002.** Telaah sosial ekonomi usaha tani kapas Bt: temuan awal dari Sulawesi Selatan. Laporan Kajian Kapas Bt subbidang Sosial Ekonomi. Makalah dipresentasikan dalam Diskusi Ilmiah tentang Evaluasi Pelepasan Terbatas Kapas Bt di Sulawesi Selatan. Bogor, 14 November 2002.
- Sobek, E.A. and G.P. Munkvold. 1999.** European corn borer (Lepidoptera: Pynelidae) larvae as vectors of *Fusarium moniliformae*, causing kernel rot and symptom less infection of maize kernels. *J. Econ. Entomol.* 92:503-509.
- Suprpto, H.S. dan H.A.R. Marzuki. 2002.** Bertanam Jagung. Cetakan ke-22 (edisi revisi). Penebar Swadaya. Jakarta viii + 48 hlm.