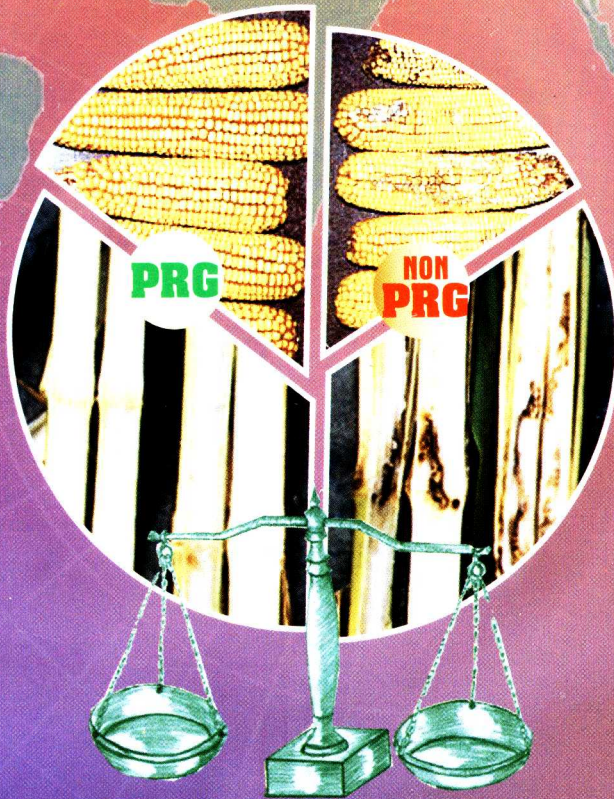


ISBN: 978-979-3919-13-3

# TANAMAN PRODUK REKAYASA GENETIK DAN KEBIJAKAN PENGEMBANGANNYA

Status Global Tanaman Produk Rekayasa Genetik dan Regulasinya

VOLUME 2



Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumber Daya Genetik Pertanian  
Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian  
Departemen Pertanian





# **Tanaman Produk Rekayasa Genetik dan Kebijakan Pengembangannya**

**Volume 2**

## **Status Global Tanaman Produk Rekayasa Genetik dan Regulasinya**

Oleh:

**M. Herman**

Penyunting:

**Bambang Purwantara  
Machmud Thohari**



Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumber Daya Genetik Pertanian  
Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian  
Departemen Pertanian

Hak cipta © 2009 BB-Biogen

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumber Daya Genetik Pertanian

Jl. Tentara Pelajar 3A, Bogor 16111

Telp. (0251) 8337975, 8339793

Faks. (0251) 8338820

E-mail: borif@indo.net.id

**ISBN 978-979-3919-12-6**

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iii
<b>RINGKASAN EKSEKUTIF</b> .....	v
<b>I. STATUS GLOBAL KOMERSIALISASI TANAMAN PRG</b> .....	1
DISTRIBUSI TANAMAN PRG BERDASARKAN JENIS DAN SIFATNYA .....	1
DISTRIBUSI TANAMAN PRG DI BERBAGAI BENUA .....	3
DAFTAR PUSTAKA .....	23
<b>II. MANFAAT REKAYASA GENETIK</b> .....	27
TEKNOLOGI REKAYASA GENETIK .....	27
TANAMAN PRG .....	30
DAFTAR PUSTAKA .....	41
<b>III. PERSEPSI PUBLIK, ISU, DAN FAKTA SEPUTAR TANAMAN PRG</b> .....	45
PERSEPSI PUBLIK .....	45
ISU KEAMANAN LINGKUNGAN .....	48
ISU KEAMANAN PANGAN .....	61
DAFTAR PUSTAKA .....	72
<b>IV. PENGATURAN KEAMANAN HAYATI DAN KEAMANAN PANGAN TANAMAN PRG DI LUAR NEGERI</b> .....	81
NEGARA MAJU .....	81
NEGARA BERKEMBANG .....	91
DAFTAR PUSTAKA .....	102
<b>V. PENGATURAN KEAMANAN TANAMAN PRG DI INDONESIA</b> .....	105
PERATURAN PERUNDANG-UNDANGAN .....	105
KELEMBAGAAN .....	112
PENGKAJIAN KEAMANAN HAYATI TANAMAN PRG .....	117
PENGALAMAN EVALUASI DAN PENGUJIAN KEAMANAN HAYATI TANAMAN PRG .....	130
KENDALA IMPLEMENTASI REGULASI TANAMAN PRG DI INDONESIA .....	135
DAFTAR PUSTAKA .....	138
<b>VI. PELEPASAN, PEMANFAATAN, PENGAWASAN, DAN PENGENDALIAN TANAMAN PRG</b> .....	141
PELEPASAN DAN PEMANFAATAN TANAMAN PRG .....	141
PENGAWASAN DAN PENGENDALIAN TANAMAN PRG .....	148
DAFTAR PUSTAKA .....	151

## Ringkasan Eksekutif

---

Buku Tanaman Produk Rekayasa Genetik dan Kebijakan Pengembangannya terdiri atas Volume 1, yaitu Teknologi Rekayasa Genetik dan Status Penelitian di Indonesia dan Volume 2, yaitu Status Global Tanaman Produk Rekayasa Genetik dan Regulasinya. Buku Volume 1 terdiri atas tiga bab, yaitu teknologi rekayasa genetik; rekayasa genetik untuk perbaikan tanaman; dan status penelitian tanaman produk rekayasa genetik di Indonesia. Sedangkan Buku Volume 2 terdiri atas enam bab, yaitu status global komersialisasi tanaman produk rekayasa genetik (PRG); manfaat rekayasa genetik; persepsi publik, isu, dan fakta seputar tanaman PRG; pengaturan keamanan hayati dan keamanan pangan tanaman PRG di luar negeri; pengaturan keamanan tanaman PRG di Indonesia; dan pelepasan, pemanfaatan, pengawasan, serta pengendalian tanaman PRG.

Melalui rekayasa genetik sudah dihasilkan tanaman PRG yang memiliki sifat baru seperti ketahanan terhadap hama, penyakit, atau toleran herbisida, atau peningkatan kualitas hasil. Tanaman PRG tersebut sudah banyak ditanam dan dipasarkan di berbagai negara. Menurut James (1997), pertama kali tanaman PRG yang ditanam secara komersial adalah tembakau tahan virus patogen (TVP). Tembakau TVP tersebut ditanam di Cina pada tahun 1993. Kemudian pada tahun 1994 tanaman PRG yang ditanam secara komersial adalah tomat TVP di Cina dan tomat *Flavr Svr* (dengan sifat *delay ripening* atau penundaan kemasakan) di Amerika Serikat. Secara global tanaman PRG yang dikomersialkan terdiri atas empat kategori sifat, yaitu toleran herbisida (TH), tahan serangga hama (TSH), gabungan sifat TH dan TSH (*stacked genes*), dan TVP. Pada tahun 1996, secara global luas areal tanaman PRG TSH adalah 1,1 juta hektar sedangkan luas tanaman PRG TH 0,6 juta hektar. Pada tahun 1997, luas areal tanaman PRG TH mulai melampaui luas tanaman PRG TSH. Luas areal tanaman PRG TH meningkat terus bahkan mencapai 72,2 juta hektar pada tahun 2007. Sedangkan peningkatan luas areal tanaman PRG TSH tidak selaju tanaman PRG TH yang hanya mencapai 20,3 juta hektar pada tahun 2006. Di samping itu terjadi peningkatan yang sangat cepat luas areal tanaman PRG dengan *stacked genes* (Bt/TH) dari <0,1 juta hektar pada tahun 1997 menjadi 6,8 juta hektar pada tahun 2004, bahkan pada tahun 2007 luasnya meningkat menjadi 21,8 juta hektar, kemudian menjadi 26,9 juta hektar pada tahun 2008.

Pada tahun 1996, luas areal tanaman PRG hanya 1,7 juta hektar yang ditanam oleh petani di enam negara. Selama kurun 13 tahun (1996-2008) telah terjadi peningkatan luas areal tanaman PRG yang cukup nyata. Pada tahun 2007 ada 23 negara yang menanam tanaman PRG dengan luas 114,3 juta hektar. Luas areal tanaman PRG tersebut terdistribusi di negara maju dengan luas 65,2 juta hektar dan negara berkembang dengan luas 49,1 juta hektar. Dari 23 negara penanam tanaman PRG, hanya ada delapan negara yang menanam tanaman PRG dengan luas di atas 1 juta hektar, yaitu Amerika Serikat (57,7 juta hektar), Argentina (19,1 juta hektar), Brazil (15,0 juta hektar), Kanada (7,0 juta hektar), India (6,2 juta hektar), Cina (3,8 juta hektar), Paraguay (2,6 juta hektar),

dan Afrika Selatan (1,8 juta hektar). Sejak tahun 1998-2007, terjadi peningkatan persentase luas areal tanaman PRG di negara berkembang dari 16% ke 43% dari luas total area, atau 49,4 juta hektar. Sebaliknya pada negara maju terjadi penurunan persentase luas areal penanaman tanaman PRG, yaitu dari 84% menjadi 57%. Pada tahun 2008, jumlah negara penanam tanaman PRG meningkat menjadi 25 dengan total luas 125 juta hektar. Ada 15 negara berkembang dan 10 negara maju yang menanam tanaman PRG secara global pada tahun 2008.

Rekayasa genetik, baik yang berupa teknologi maupun PRG telah dimanfaatkan oleh banyak orang dan memberikan keuntungan kepada mereka. Dalam Buku Volume 2, hanya dibahas manfaat teknologi rekayasa genetik dan produknya, yaitu tanaman PRG. Pembahasan khusus mengenai teknologi rekayasa genetik dan tanaman PRG serta status penelitian dan pengembangannya telah diuraikan dalam Buku Volume 1. Teknologi rekayasa genetik mempunyai potensi yang sangat besar sebagai teknologi pelengkap dan pendukung pemuliaan konvensional seandainya sumber gen interes yang ingin disilangkan tidak ada atau belum dijumpai di dalam koleksi plasma nutfah. Kehadiran teknologi rekayasa genetik memberikan wahana baru bagi pemulia tanaman untuk memperoleh kelompok gen baru yang lebih luas. Gen yang ditransfer ke dalam genom suatu tanaman untuk membentuk tanaman PRG bisa berasal dari spesies lain seperti bakteri, virus, atau tanaman, sehingga membuka kemungkinan introduksi sifat baru ke varietas yang sudah ada.

Peningkatan luas areal penanaman tanaman PRG secara global yang mencolok dari 1,7 juta hektar pada tahun 1996 menjadi 125,0 juta hektar pada tahun 2008, merupakan indikasi kuat bahwa para petani di 25 negara baik negara maju maupun negara berkembang, diuntungkan dengan menanam tanaman PRG. Dalam penanaman tanaman PRG, para petani telah memperhitungkan antara risiko dampak terhadap lingkungan dan kesehatan, serta manfaat dari tanaman PRG yang akan mereka peroleh. Dengan menanam tanaman PRG tahan serangga hama (TSH) mengakibatkan terjadinya pengurangan aplikasi insektisida dalam pengendalian serangga hama. Maka dengan berkurangnya aplikasi insektisida, ada dampak positif ke petani dan lingkungan. Dampak tersebut berupa pengurangan biaya produksi dan waktu dalam usaha pengendalian serangga hama sehingga petani dapat meluangkan waktu untuk pekerjaan lain yang mendatangkan penghasilan tambahan, serta pengurangan kemungkinan kontak dengan pestisida.

Persepsi publik terhadap tanaman PRG terbagi dua antara pro dan kontra. Dukungan mendukung antara yang pro dan kontra bertambah intens dan meluas dengan ikut berperannya media masa. Selain manfaat dan keuntungan yang dapat diharapkan dari tanaman PRG, akhir-akhir ini telah beredar isu kekhawatiran bahwa tanaman tersebut akan mengganggu, merugikan, dan membahayakan lingkungan dan kesehatan manusia. Pandangan dan persepsi publik terhadap tanaman PRG bervariasi dan ber-

beda. Pada tahun 2006, masyarakat di beberapa negara dari berbagai benua seperti Amerika Utara, Amerika Latin, Afrika, Asia, Australia, Afrika secara umum lebih terbuka dan menerima tanaman PRG sebagai suatu produk yang aman dan secara substansial sepadan dengan tanaman non PRG. Negara-negara tersebut adalah Amerika Serikat, Afrika Selatan, Argentina, Australia, Brazil, Cina, Filipina, Honduras, India, Iran, Kanada, Kolumbia, Meksiko, Paraguay, dan Uruguay. Lima belas negara tersebut telah menanam tanaman PRG secara komersial (James 2006). Indonesia pada tahun 2001-2003 juga telah menanam kapas Bt, biarpun dalam skala terbatas. Negara Eropa yang terdiri dari berbagai negara, dari tahun ke tahun mempunyai pandangan cenderung berubah-ubah, bisa negatif ke positif dan kembali ke negatif. Hal tersebut bisa disebabkan oleh isu etika, atau perdagangan, atau isu keamanan lingkungan atau keamanan pangan. Meskipun negara-negara Eropa termasuk blok yang kontra terhadap tanaman PRG, tetapi pada tahun 2000 impor bahan makanan kedelai negara Eropa dari Amerika Serikat meningkat, padahal Amerika Serikat diketahui sebagai produsen kedelai PRG terbesar di dunia. Selain itu, sejak tahun 1998 sampai 2008 ada enam sampai sembilan negara Eropa yang telah menanam tanaman PRG, yaitu Bulgaria, Jerman, Perancis, Portugal, Republik Czech, Rumania, Slovakia, Spanyol, dan Ukraina.

Penggunaan tanaman PRG, oleh sebagian masyarakat dikhawatirkan akan menyebabkan gangguan terhadap lingkungan hidup. Kekhawatiran tersebut bisa berupa timbulnya gulma super akibat perpindahan gen dari tanaman PRG ke kerabat liarnya, tanaman PRG menjadi suatu tanaman monster yang sulit dikendalikan seperti spesies asing eceng gondok (*alien species*), timbulnya hama super akibat patahnya ketahanan tanaman PRG, pengaruh negatif terhadap organisme bukan sasaran dan hewan ternak, serta ikan. Isu lain adalah keamanan pangan dari tanaman PRG. Keamanan pangan merupakan salah satu kondisi yang penting dan dibutuhkan oleh manusia. Pangan yang aman, bermutu, bergizi, beragam, dan tersedia secara cukup merupakan prasyarat utama yang harus dipenuhi dalam upaya terselenggaranya suatu sistem pangan yang memberikan perlindungan bagi kepentingan kesehatan serta makin berperan dalam meningkatkan kemakmuran dan kesejahteraan rakyat. Ada kekhawatiran terganggunya kesehatan apabila manusia mengonsumsi tanaman PRG baik secara mentah maupun dimasak. Kekhawatiran tersebut berupa dugaan alergi, atau mengalami keracunan apabila mengonsumsi tanaman PRG yang mengandung gen Bt, atau bakteri di dalam perut menjadi tahan terhadap antibiotik akibat penggunaan marka tahan antibiotik dalam organisme PRG. Hasil studi *Joint Research Centre* dari *European Commission* menunjukkan bahwa produk makanan yang terbuat dari tanaman PRG tidak berpengaruh terhadap kesehatan manusia.

Secara global, litbang, pemanfaatan dan peredaran produk rekayasa genetik (PRG) diatur oleh peraturan perundang-undangan atau pedoman yang baru atau yang sudah ada dan berlaku dalam suatu negara. Demikian pula dengan lembaga otoritas, ada negara yang menggunakan lembaga otoritas yang sudah ada, atau membentuk badan

otoritas baru seperti suatu Komisi. Lembaga otoritas tersebut ada yang terkait dengan Departemen Kesehatan atau Departemen Pertanian atau Kementerian Lingkungan yang ada di masing-masing negara. Tidak ada satupun negara yang tidak melaksanakan pendekatan kehati-hatian. Dalam Buku Volume 2 diuraikan pengaturan keamanan hayati dan keamanan pangan tanaman PRG di berbagai negara baik negara maju seperti Amerika Serikat, Australia, Kanada, Jepang, Eropa, maupun negara berkembang seperti Afrika, Amerika Selatan, negara ASEAN, Cina, dan India, serta beberapa contoh tanaman PRG yang telah mendapatkan status aman di berbagai negara.

Untuk mengantisipasi masuknya PRG ke Indonesia, maka pada tahun 1996 Indonesia mengeluarkan peraturan perundang-undangan yang pertama kali terkait dengan PRG, yaitu Undang-Undang (UU) No. 7 Tahun 1996 tentang Pangan. Dalam salah satu pasal UU Pangan tersebut terdapat ketentuan mengenai keamanan pangan PRG. Pada tahun 1997 Menteri Pertanian mengeluarkan Keputusan Menteri Pertanian (Kepmentan) No. 856/Kpts/HK.330/9/1997 tentang Ketentuan Keamanan Hayati Produk Bioteknologi Pertanian Hasil Rekayasa Genetik (PBPHRG). Keamanan yang dimaksud dalam bab tersebut adalah keamanan hayati. Keamanan hayati yang dimaksud dalam Kepmentan No. 856/Kpts/HK.330/9/1997, adalah keadaan yang dihasilkan melalui upaya pencegahan terhadap PBPHRG yang dapat mengganggu, merugikan dan/atau membahayakan bagi manusia, hayati lainnya, dan lingkungan. Kepmentan tersebut diadopsi menjadi Keputusan Bersama Empat Menteri 1999 tentang Keamanan Hayati dan Keamanan Pangan Produk Pertanian Hasil Rekayasa Genetik (PPHRG). Sedangkan keamanan hayati yang dimaksud dalam Keputusan Bersama tersebut, adalah kondisi dan upaya yang diperlukan untuk mencegah PPHRG dari kemungkinan timbulnya sesuatu yang dapat mengganggu, merugikan dan membahayakan bagi keanekaragaman hayati (termasuk, hewan, ikan dan tumbuhan) dan lingkungan. Keputusan Bersama itu telah diangkat menjadi PP No. 21 Tahun 2005 tentang Keamanan Hayati PRG. Dalam PP No. 21 Tahun 2005, yang dimaksud keamanan hayati PRG adalah keamanan lingkungan, keamanan pangan dan/atau keamanan pakan PRG. Keamanan lingkungan PRG adalah kondisi dan upaya yang diperlukan untuk mencegah kemungkinan timbulnya risiko yang merugikan keanekaragaman hayati sebagai akibat pemanfaatan PRG. Keamanan pangan PRG adalah kondisi dan upaya yang diperlukan untuk mencegah kemungkinan timbulnya risiko yang merugikan dan membahayakan kesehatan manusia, akibat proses produksi, penyiapan, penyimpanan, peredaran, dan pemanfaatan pangan PRG. Sedangkan keamanan pakan PRG adalah kondisi dan upaya yang diperlukan untuk mencegah kemungkinan timbulnya dampak yang merugikan dan membahayakan kesehatan hewan dan ikan, akibat proses produksi, penyiapan, penyimpanan, peredaran, dan pemanfaatan pakan PRG.

Kelembagaan yang dibentuk pada awalnya adalah Komisi Keamanan Hayati (KKH) melalui Kepmentan No. 856/Kpts/HK.330/9/1997. Dengan dikeluarkannya Kepber Empat



Menteri Tahun 1999 tentang Keamanan Hayati dan Keamanan Pangan PPHRG, KKH diganti menjadi Komisi Keamanan Hayati dan Keamanan Pangan (KKHKP) pada tahun 1999. KKHKP dibentuk untuk membantu Menteri Pertanian, Menteri Kehutanan dan Perkebunan, Menteri Kesehatan, dan Menteri Negara Pangan dan Hortikultura melalui Direktur Jenderal terkait dalam memberikan rekomendasi teknis keamanan hayati dan keamanan pangan dari pemanfaatan PPHRG. Dalam melaksanakan tugasnya Komisi dibantu suatu Tim Teknis. Pada tahun 1997, Tim Teknis Keamanan Hayati (TTKH) telah dibentuk melalui SK No. HK.330.102.1997 oleh Kepala Badan Litbang Pertanian selaku Ketua KKH. Dengan dikeluarkannya Kepber Empat Menteri Tahun 1999 tentang Keamanan Hayati dan Keamanan Pangan PPHRG, maka TTKH diganti menjadi Tim Teknis Keamanan Hayati dan Keamanan Pangan (TTKHKP).

Indonesia telah melaksanakan regulasi keamanan hayati, yaitu dengan melakukan pengujian keamanan hayati pada beberapa tanaman PRG milik suatu perusahaan multi-nasional untuk tujuan komersialisasi, dan menetapkan aman hayati. Aman hayati yang dimaksud di sini adalah aman lingkungan. Tanaman PRG yang telah dievaluasi dan diuji keamanan hayatnya serta memperoleh ketetapan aman hayati adalah kapas Bt, kapas toleran herbisida (TH), jagung Bt, jagung TH, dan kedelai TH. Bahkan kapas Bt telah dilepas secara terbatas di Provinsi Sulawesi Selatan. Walaupun demikian masih ada kendala dalam implementasi regulasi secara keseluruhan. Kendala tersebut dapat berupa pemahaman regulasi yang kurang, komitmen lembaga pemerintah terkait, pemasukan tanaman PRG dari luar negeri sebagai pangan dan pakan, dan pelabelan pangan PRG.

Tanaman PRG baik yang berasal dari dalam negeri maupun dari luar negeri, dan telah memperoleh ketetapan aman lingkungan, aman pangan dan atau aman pakan dapat dilepas dan dimanfaatkan. Dalam pelepasan dan pemanfaatan tanaman PRG, Menteri Pertanian, Menteri Kehutanan, Menteri Negara Lingkungan Hidup, dan Badan POM melakukan pengawasan dan pengendalian sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku. Tanaman PRG, setelah melalui proses pengkajian risiko keamanan lingkungan baik melalui evaluasi, maupun pengujian di fasilitas uji terbatas dan lapangan uji terbatas, serta memperoleh ketetapan aman lingkungan, dapat diajukan untuk pelepasan varietas. Setelah mendapatkan izin pelepasan dari Menteri Pertanian, tanaman PRG dapat dimanfaatkan sesuai dengan kebutuhan. Tanaman PRG yang telah dinyatakan aman lingkungan dan telah dilepas oleh Menteri Pertanian, dilakukan pengawasan dan pengendalian oleh Menteri Pertanian dan Menteri Negara Lingkungan Hidup. Apabila tanaman PRG telah ditetapkan aman pangan dan aman pakan serta dimanfaatkan sebagai pangan segar atau pangan olahan, pakan hijauan atau pakan pakan konsentrat, maka akan dilakukan pengawasan dan pengendalian oleh Menteri Pertanian, Menteri Kehutanan, dan Badan POM. Pengawasan dan pengendalian yang dilakukan sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

# Bab I. Status Global Komersialisasi Tanaman PRG

Melalui rekayasa genetik sudah dihasilkan tanaman produk rekayasa genetik (PRG) yang memiliki sifat baru seperti ketahanan terhadap hama, penyakit, atau toleran herbisida, atau peningkatan kualitas hasil. Tanaman PRG tersebut sudah banyak ditanam dan dipasarkan di berbagai negara. Menurut James (1997), pertama kali tanaman PRG yang ditanam secara komersial adalah tembakau tahan virus patogen (TVP). Tembakau TVP tersebut ditanam di Cina pada tahun 1993. Kemudian pada tahun 1994 tanaman PRG yang ditanam secara komersial adalah tomat TVP di Cina dan tomat *Flavr Svr* (dengan sifat *delay ripening* atau penundaan kemasakan) di Amerika Serikat (James 1997).

## DISTRIBUSI TANAMAN PRG BERDASARKAN JENIS DAN SIFATNYA

Secara global tanaman PRG yang dikomersialkan terdiri atas empat kategori sifat, yaitu toleran herbisida (TH), tahan serangga hama (TSH), gabungan sifat TH dan TSH (*stacked genes*), dan TVP. Pada tahun 1996, secara global luas areal tanaman PRG TSH adalah 1,1 juta ha sedangkan luas tanaman PRG TH 0,6 juta ha. Pada tahun 1997, luas areal tanaman PRG TH mulai melampaui luas tanaman PRG TSH (Tabel 1). Luas areal tanaman PRG TH meningkat terus bahkan mencapai 72,2 juta ha pada tahun 2007. Sedangkan peningkatan luas areal tanaman PRG TSH tidak selaju tanaman PRG TH yang hanya mencapai 20,3 juta ha pada tahun 2006. Di samping itu, terjadi peningkatan yang sangat cepat luas areal tanaman PRG dengan *stacked genes* (Bt/TH) dari <0,1 juta ha pada tahun 1997 menjadi 6,8 juta ha pada tahun 2004, bahkan pada tahun 2007 luasnya meningkat menjadi 21,8 juta ha (Tabel 1).

Tanaman PRG TH terdiri atas alfalfa TH, jagung TH, kanola TH, kapas TH, dan kedelai TH, sedangkan tanaman PRG TSH ada empat jenis, yaitu jagung Bt, kapas Bt, kentang Bt, dan padi Bt. Pada tahun 2006, kedelai PRG TH mendominasi areal penanaman tanaman PRG di dunia, yaitu mencapai 58,6 juta ha atau 57% dari total area, disusul oleh jagung Bt seluas 11,1 juta ha (Tabel 2). Luas areal kedelai TH meningkat 4,2 juta ha menjadi 58,6 juta ha pada tahun 2006. Peningkatan luas areal yang cukup tinggi juga ter-

**Tabel 1.** Luas areal pertanaman PRG di seluruh dunia berdasarkan sifat tahun 1996-2008.

Sifat tanaman PRG	Luas areal tanaman PRG (juta ha)												
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
TH	0,6	6,9	19,8	28,1	32,7	40,6	44,2	49,7	58,6	63,7	69,9	72,2	79,0
TSH (Bt)	1,1	4,0	7,7	8,9	8,3	7,8	10,1	12,2	15,6	16,2	19,0	20,3	19,1
TH/TSH hama (Bt)	-	<0,1	0,3	2,9	3,2	4,2	4,4	5,8	6,8	10,1	13,1	21,8	26,9
TVP/sifat lainnya	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

PRG = produk rekayasa genetik, Bt = *Bacillus thuringiensis*, TH = toleran herbisida, TSH = tahan serangga hama, TVP = tahan virus patogen (Modifikasi James 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008).

## STATUS GLOBAL KOMERSIALISASI TANAMAN PRG

**Tabel 2.** Tanaman PRG di seluruh dunia yang mendominasi luas areal penanaman tahun 2005-2008.

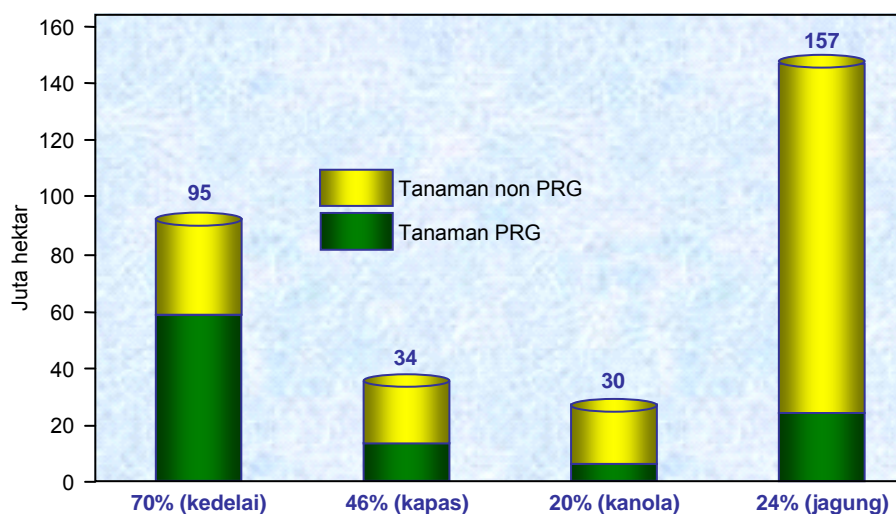
Tanaman	Sifat	2005		2006		2007		2008	
		Luas (juta ha)	Persentase (%)	Luas (juta ha)	Persentase (%)	Luas (juta ha)	Persentase (%)	Luas (juta ha)	Persentase (%)
Kedelai	TH	54,4	60	58,6	57	58,6	51	65,8	53
Jagung	TSH (Bt)	11,3	13	11,1	11	9,3	8	7,1	6
Jagung	Bt/TH	6,5	7	9,0	9	18,8	17	24,5	20
Kapas	TSH (Bt)	4,9	5	8,0	8	10,8	9	11,9	9
Jagung	TH	3,4	4	5,0	5	7,0	6	5,7	4
Kanola	TH	4,6	5	4,8	5	5,5	5	5,9	5
Kapas	Bt/TH	3,6	4	4,1	4	3,2	3	2,6	2
Kapas	TH	1,3	2	1,4	1	1,1	1	1,0	1
Bit gula	TH	-	-	-	-	-	-	0,3	<1
Alfalfa	TH	-	-	<0,1	<1	0,1	<1	0,1	<1
Padi Bt	TSH (Bt)	<0,1	<1	<0,1	<1	-	-	-	-
Pepaya	TVP	<0,1	<1	<0,1	<1	<0,1	<1	<0,1	<1
Labu	TH	<0,1	<1	<0,1	<1	<0,1	<1	<0,1	<1

TH = toleran herbisida, TSH = tahan serangga hama, Bt = *Bacillus thuringiensis*, TVP = tahan virus patogen (Modifikasi James 2005, 2006, 2007).

jadi pada kapas Bt dan jagung Bt/TH, yaitu masing-masing dari 4,9 juta ha dan 6,5 juta ha pada tahun 2005 menjadi 8,0 juta ha dan 9,0 juta ha pada tahun 2006 (Tabel 2). Tanaman PRG yang mulai ditanam pada tahun 2006 adalah alfalfa TH dengan luas kurang dari 100.000 ha (Tabel 2).

Pada tahun 2007, kedelai PRG TH seluas 58,6 juta ha ditanam oleh sembilan negara, yaitu Amerika Serikat, Argentina, Brazil, Paraguay, Kanada, Uruguay, Afrika Selatan, Rumania, dan Meksiko (James 2007). Pada tahun 2008 luas kedelai PRG TH meningkat menjadi 65,8 juta ha (James 2008). Sedangkan jagung Bt/TH yang mengokupasi luas tanaman 18,8 juta ha, ditanam oleh Amerika Serikat, Kanada, dan Filipina. Luas jagung Bt/TH meningkat menjadi 24,5 juta ha pada tahun 2008. Urutan ketiga dalam hal luas tanaman PRG adalah kapas Bt, yaitu 10,8 juta ha. Luas ini meningkat menjadi 11,9 juta ha pada tahun 2008 (James 2008). Negara penanam kapas Bt adalah India, Cina, Argentina, Brazil, Amerika Serikat, Australia, Kolumbia, Meksiko, dan Afrika Selatan (James 2007). Sedangkan urutan keempat dalam luas areal pertanaman adalah jagung Bt seluas 9,3 juta ha, yang ditanam oleh 13 negara, yaitu Amerika Serikat, Argentina, Kanada, Afrika Selatan, Filipina, Spanyol, Uruguay, Honduras, Portugal, Jerman, Perancis, Republik Czech, Polandia, dan Slovakia (James 2007). Tanaman PRG yang diadopsi secara global dan meliputi luas areal ada empat jenis, yaitu kedelai, jagung, kapas, dan kanola. Pada tahun 2008, kedelai PRG terus mendominasi sebagai tanaman PRG yang paling banyak ditanam secara global, yaitu 70% dari 95 juta ha total luas kedelai secara global, diikuti oleh kapas PRG sebesar 46% dari total luas kapas 34 juta ha. Jagung PRG menempati posisi ketiga, yaitu 24% dari 157 juta ha luas jagung, kemudian disusul kanola PRG sebesar 20% dari 30 juta ha luas penanaman kanola (James 2008). Secara global, tingkat adopsi petani terhadap empat komoditas kedelai PRG, jagung PRG, kapas PRG, dan kanola PRG pada tahun 2008 tercantum dalam Gambar 1.

## STATUS GLOBAL KOMERSIALISASI TANAMAN PRG



Gambar 1. Adopsi tanaman produk rekayasa genetik tahun 2008 secara global (James 2008).

### DISTRIBUSI TANAMAN PRG DI BERBAGAI BENUA

Pada tahun 1996, luas areal tanaman PRG hanya 1,7 juta ha yang ditanam oleh petani di enam negara (James 1997). Selama kurun 13 tahun (1996-2008) telah terjadi peningkatan luas areal tanaman PRG yang cukup signifikan. Pada tahun 2007, ada 23 negara yang menanam tanaman PRG dengan luas 114,3 juta ha (James 2007). Luas areal tanaman PRG tersebut terdistribusi di negara maju dengan luas 65,2 juta ha dan negara berkembang dengan luas 49,1 juta ha. Dari 23 negara penanam tanaman PRG, hanya ada delapan negara yang menanam tanaman PRG dengan luas di atas 1 juta ha, yaitu Amerika Serikat (57,7 juta ha), Argentina (19,1 juta ha), Brazil (15,0 juta ha), Kanada (7,0 juta ha), India (6,2 juta ha), Cina (3,8 juta ha), Paraguay (2,6 juta ha), dan Afrika Selatan (1,8 juta ha) (Tabel 3). Sejak tahun 1998-2007, terjadi peningkatan persentase luas areal tanaman PRG di negara berkembang dari 16% menjadi 43% dari luas total area atau 49,4 juta ha (James 2007). Sebaliknya pada negara maju terjadi penurunan persentase luas areal penanaman tanaman PRG, yaitu dari 84% menjadi 57% (Tabel 4). Pada tahun 2008, jumlah negara penanam tanaman PRG meningkat menjadi 25 dengan total luas 125 juta ha (James 2008). Ada 15 negara berkembang dan 10 negara maju yang menanam tanaman PRG secara global pada tahun 2008 (James 2008).

Secara global, distribusi penanaman tanaman PRG tersebar di beberapa negara yang ada di berbagai benua seperti Afrika, Amerika Utara, Amerika Selatan, Asia, Australia, dan Eropa. Status peredaran tanaman PRG di berbagai negara pada taraf yang berbeda, yaitu komersialisasi dan pengujian di lapangan terbatas untuk prakomersialisasi. Negara-negara penanam tanaman PRG dari tahun 1998-2008 tercantum dalam Tabel 3.

STATUS GLOBAL KOMERSIALISASI TANAMAN PRG

**Tabel 3.** Luas tanaman PRG di seluruh dunia pada 1998-2008.

Peringkat	Negara penanam tanaman PRG	Luas areal tanaman PRG (juta ha)										
		1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1	Amerika Serikat	20,5	28,7	30,3	35,7	39,0	42,8	47,6	49,8	54,6	57,7	62,5
2	Argentina	4,3	6,7	10,0	11,8	13,5	13,9	16,2	17,1	18,0	19,1	21,0
3	Brazil	-	-	-	-	-	3,0	5,0	9,4	11,5	15,0	15,8
4	Kanada	2,8	4,0	3,0	3,2	3,5	4,4	5,4	5,8	6,1	7,0	7,6
5	India	-	-	-	-	<0,1	0,1	0,5	1,3	3,8	6,2	7,6
6	Cina	-	0,3	0,5	1,5	2,1	2,8	3,7	3,3	3,5	3,8	3,8
7	Paraguay	-	-	-	-	-	-	1,2	1,8	2,0	2,6	2,7
8	Afrika Selatan	<0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	1,4	1,8	1,8
9	Uruguay	-	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,3	0,3	0,4	0,5	0,7
10	Filipina	-	-	-	-	-	<0,1	<0,1	0,1	0,2	0,3	0,4
11	Australia	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,3	0,2	0,1	0,2
12	Spanyol	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
13	Meksiko	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
14	Kolumbia	-	-	-	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,05
15	Chili	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,1	<0,05
16	Perancis	<0,1	<0,1	<0,1	-	-	-	-	<0,1	<0,1	<0,1	-
17	Honduras	-	-	-	-	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,05
18	Republik Czech	-	-	-	-	-	-	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,05
19	Portugal	-	<0,1	-	-	-	-	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,05
20	Jerman	-	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,05
21	Slovakia	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,1	<0,1	<0,05
22	Rumania	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	0,1	0,1	<0,1	<0,05
23	Polandia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,1	<0,05
24	Bulgaria	-	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	-	-	-	-	-
25	Indonesia	-	-	-	<0,1	<0,1	<0,1	-	-	-	-	-
26	Ukrania	-	<0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	Iran	-	-	-	-	-	-	-	<0,1	<0,1	-	-
28	Mesir	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,05
29	Burkina Faso	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,05
30	Bolivia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6
Total		27,8	39,9	44,2	52,6	58,7	67,7	81,0	90,0	102,0	114,3	125,0

Modifikasi James (1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008).

**Tabel 4.** Persentase luas areal tanaman PRG di seluruh dunia pada tahun 1998-2008.

Negara	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Negara maju	84	82	76	74	73	69	66	62	60	57	56
Negara berkembang	16	18	24	26	27	31	34	38	40	43	44

Modifikasi James (1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008).

Ada enam negara yang mengawali menanam tanaman PRG secara global (James 1997). Negara-negara tersebut adalah Amerika Serikat, Argentina, Afrika Selatan, Australia, Kanada, dan Meksiko (James 1997). Dari puluhan negara yang menanam tanaman PRG, hanya beberapa negara yang mendominasi luas areal tanaman PRG (Tabel 3). Dalam hal luas areal tanaman PRG, negara maju yang selalu memimpin pada peringkat ke-1 sejak tahun 1996-2008, adalah Amerika Serikat. Menurut James (1997),



pada tahun 1996 areal tanaman PRG di Amerika Serikat seluas 1,5 juta ha dan meningkat menjadi 8,1 juta ha. Tahun 1998, luas areal tersebut menjadi 20,5 juta ha dan meningkat terus mencapai 62,5 juta ha pada tahun 2008 (Tabel 3). Pada tahun 2008, peringkat ke-2 dan ke-3 luas areal tanaman PRG diduduki oleh negara berkembang, yaitu Argentina dan Brazil dengan luas masing-masing 21,0 juta ha dan 15,8 juta ha (Tabel 3). Masih pada tahun 2008, India dan Kanada menanam tanaman PRG dengan luas areal 7,6 juta ha (Tabel 3).

### Amerika Utara

Negara yang menanam tanaman PRG di Amerika Utara adalah Amerika Serikat dan Kanada. Amerika Serikat adalah salah satu negara dari enam negara yang menanam tanaman PRG untuk komersialisasi secara global pada tahun 1996. Kanada juga merupakan salah satu negara yang mengawali menanam tanaman PRG (James 1997).

#### 1. Amerika Serikat

Dalam hal luas areal tanaman PRG, Amerika Serikat selalu menduduki peringkat teratas, yaitu 62,5 juta ha atau 50% dari total luas areal pada tahun 2008, meningkat 4,8 juta ha dari tahun 2007 (Tabel 3). Pada tahun 2008, tanaman PRG yang ditanam secara komersial di Amerika Serikat ada berbagai jenis dan sifat, yaitu kedelai TH, jagung Bt, jagung TH, jagung Bt/TH, kapas Bt, kapas TH, kapas Bt/TH, kanola TH, bit gula (*sugar beet*) TH, alfalfa TH, kentang Bt, pepaya TVP, labu TVP (James 2007). Pada tahun 2008, luas tanaman PRG di Amerika Serikat meningkat menjadi sekitar 60 juta ha (GMOC 2008a). Dalam bagian ini, akan diuraikan beberapa tanaman PRG seperti kedelai TH, jagung Bt, kapas PRG, kentang Bt, tanaman PRG TVP, dan alfalfa TH.

##### a. Kedelai TH

Pada tahun 2006, luas areal kedelai TH (*glyphosate* dan *glufosinate*) di Amerika Serikat adalah 28,0 juta ha dari 30,3 juta ha total luas tanaman kedelai (James 2006). Luas pertanaman kedelai TH tersebut meningkat 1,5 juta ha dari luas tahun 2005, tetapi pada tahun 2007 terjadi penurunan 3,8 juta ha luas pertanaman kedelai TH, menjadi 24,2 juta ha (James 2007). Hal tersebut disebabkan sebagian petani kedelai beralih menanam jagung, karena adanya program produksi *biofuel* dari pemerintah Amerika Serikat, khususnya etanol dari tanaman jagung. Pada tahun 2008, kedelai TH ditanam seluas 28,6 juta ha (James 2008). *Event* kedelai TH yang dikomersialkan di Amerika Serikat adalah GTS 40-3-2, W 62, W 98, GU 262, A 5547-127, A 2704-12, A 2704-21, dan A 5547-35 (James 2007).

##### b. Jagung PRG

Jagung PRG yang ditanam di Amerika Serikat adalah jagung Bt, jagung Bt/TH, dan jagung TH. Amerika Serikat adalah salah satu dari tiga negara utama produsen jagung dunia. Pada tahun 2006, luas pertanaman jagung di Amerika Serikat adalah

32,2 juta ha (James 2006). Serangga hama penting pada pertanaman jagung adalah *Ostrinia nubilalis* (*European Corn Borer*) dan *Diabrotica* spp. atau (*Corn Rootworm*). Kedua hama tersebut dapat menyerang 40% pertanaman jagung (James 2003). Pengendalian hama jagung yang dilakukan oleh petani Amerika Serikat adalah penyemprotan insektisida. Jagung Bt mulai ditanam di Amerika Serikat pada tahun 1995 (James 1998). Pada tahun 1996, jagung Bt ditanam seluas 0,3 juta ha (James 2003). Enam tahun kemudian, yaitu pada tahun 2002, luas areal jagung Bt meningkat tajam menjadi 8,4 juta ha (James 2003). Empat tahun setelah itu, pada tahun 2006, dari luas total areal tanaman PRG 54,6 juta ha, yang 17,9 juta ha ditanami jagung Bt dan dengan kombinasi sifat TH (James 2006), kemudian luas pertanaman jagung PRG tersebut meningkat 8 juta ha pada tahun 2007, menjadi 25,9 dan 29,9 juta ha pada tahun 2008 (James 2007, 2008). Menurut James (2008) jagung Bt yang ditanam dan pernah beredar adalah *event-event* 176 (jagung Bt), Bt 10 (jagung Bt), Bt 11 (jagung Bt/TH), CBH 351 (jagung Bt/TH), DAS-06275-8 (jagung Bt), DAS-59122-7 (jagung Bt/TH), DBT 418 (jagung Bt/TH), MIR604 (jagung Bt/TH), MON 802 (jagung Bt/TH), MON 809 (jagung Bt/TH), MON 810 (jagung Bt), MON 863 (jagung Bt), MON 80100 (jagung Bt), MON 88017 (jagung Bt/TH), dan TC 1507 (jagung Bt/TH).

#### c. Kapas PRG

Petani Amerika Serikat menanam kapas PRG yang terdiri atas kapas Bt, kapas TH, dan kapas Bt/TH. Di Amerika Serikat, penanaman kapas Bt dimulai tahun 1996 (James 2002). Pada tahun tersebut luasan pertanaman kapas Bt mencapai 12% dari total area pertanaman kapas di Amerika Serikat. Sejak tahun 1996 sampai 2000 terjadi peningkatan persentase areal pertanaman kapas Bt dan kapas Bt/RR yang stabil, yaitu 18% tahun 1997 menjadi 23% pada tahun 1998, 32% pada tahun 1999, dan meningkat menjadi 39% dari total pertanaman kapas pada tahun 2000. Pada tahun 2006 luas kapas PRG 5,3 juta ha. Luas tersebut menurun 1,3 juta ha, menjadi 4,0 juta ha pada tahun 2007, dan menurun lagi pada tahun 2008 menjadi 3,2 juta ha (James 2008). Kapas Bt dapat menurunkan serangan tiga serangga hama utama pada kapas, yaitu CBW, TBW, dan PBW (James 2002).

Kapas PRG yang memperoleh izin komersialisasi adalah *event-event* MON 531/757/1076 (kapas Bt), COT 102 (kapas Bt), DAS-21023-5 x DAS-24236-5 (kapas Bt), 15985 (kapas Bt), 31807/31808 (kapas Bt/TH), 281-24-236 (kapas Bt), 3006-210-23 (kapas Bt), MON 88913 (kapas TH), LlCotton25 (kapas TH), MON 1445/1698 (kapas TH), BXN (kapas TH), dan 19-51A (kapas TH) (James 2006). Dalam rangka pengelolaan ketahanan serangga hama (*Insect Resistance Managemen* atau IRM), penggabungan dua gen *cry* yang mempunyai cara bekerja (*mode action*) telah dilakukan. Hal tersebut ditujukan untuk mencegah terjadinya kepatahan ketahanan kapas Bt (James 2002). Bollgard generasi kedua atau diberi nama Bollgard II telah dirakit dengan menggabungkan gen *cry1A(c)* dan *cry2A(b)* (James 2002).

Bollgard II *event* 15985 dirakit dengan menembakkan gen *cry2A(b)* dengan sistem transformasi *particle bombardment* ke kapas DP50B yang telah mengandung gen *cry1A(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).

d. Kentang Bt

Kentang Bt yang mengandung *cry3A(a)* dan tahan *Colorado Potato Beetle* (*Leptinotarsa decemlineata*) (Perlak *et al.* 1993) dikomersialkan hanya di Amerika Serikat dan Kanada. Kentang Bt tersebut memperoleh izin dari *Environmental Protection Agency* (EPA) untuk komersialisasi di Amerika Serikat pada tahun 1995 (EPA 1995a, 1995b). Pada tahun 1998, kentang Bt yang mengandung gen *cry3A(a)* ditanam di Amerika Serikat dengan luas 25.000 ha. Luas areal tersebut adalah 3,5% dari total luas areal pertanian kentang di Amerika Serikat. Kentang Bt ini dikenal dengan nama dagang (ND) kentang NewLeaf TM yang dikembangkan oleh NatueMark, unit dari Monsanto Co. Perusahaan multinasional Monsanto juga merakit kentang PRG dengan *stacked genes cry3A(a)* dan gen *replicase PLRVrep*. Kentang PRG tersebut sangat tahan terhadap *Colorado Potato Beetle* dan virus *Potato Leafroll Virus* (PLRV) (Lawson *et al.* 2001, Thomas *et al.* 2000).

e. Tanaman PRG TVP

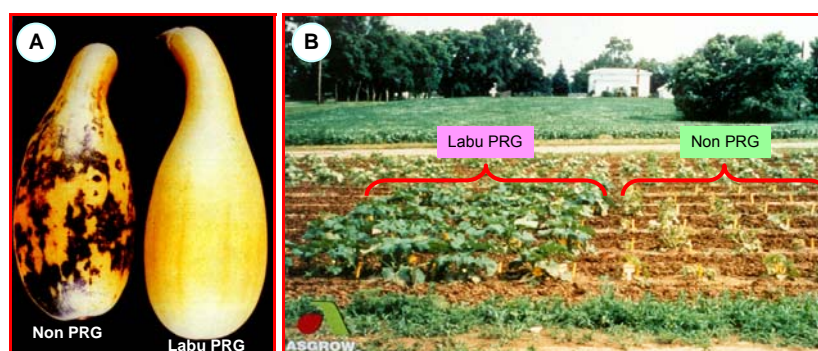
1) Pepaya TVP

Tanaman PRG TVP yang sudah dikomersialkan di Amerika Serikat adalah pepaya tahan PRSV (Lius *et al.* 1997, Chen *et al.* 2001, Davis dan Ying 2004). Pepaya (*Carica papaya*) telah tumbuh dan berkembang di Hawaii, Amerika Serikat lebih dari satu abad yang lalu (Gonsalves 2004). Hawaii adalah pusat industri pepaya di Amerika Serikat. Produksi pepaya di Hawaii pada tahun 1992 sebesar 25.300 ton. Kendala utama produksi pepaya di dunia termasuk Hawaii adalah serangan *Papaya Ring Spot Virus* (PRSV), *potyvirus* yang secara cepat disebarkan oleh spesies *Aphis* secara *nonpersistent* (Gonsalves 2004). Pada tahun 1992, PRSV mulai menyerang pertanian pepaya di Hawaii. Serangan PRSV tersebut menimbulkan kerusakan yang sangat parah dan mengakibatkan kerugian bagi industri pepaya di Hawaii. Akibat serangan PRSV, produksi pepaya mulai menurun pada tahun 1995 menjadi 19.005 ton, dan menurun lagi pada tahun 1997 menjadi 16.193 ton (Gonsalves 2004). Pepaya PRG tahan PRSV *event* 55-1 memperoleh izin peredaran untuk komersialisasi dari berbagai lembaga berwenang di Amerika Serikat. Izin peredaran tersebut berasal

dari *Animal and Plant Health Inspection Service* (APHIS), *US Department of Agriculture* (USDA) pada September 1996, dari *Environmental Protection Agency* (EPA) pada Agustus 1997, dan dari *Food and Drug Administration* (FDA) pada September 1997 (Manshardt *et al.* 2003, Gonsalves 2004). Pepaya PRG TVP mulai ditanam oleh petani di Hawaii pada tahun 1998 (Gonsalves 2004). Dengan adanya penanaman pepaya PRG tahan PRSV, produksi pepaya di Hawaii meningkat kembali menjadi 22,793 ton pada tahun 2000. Kemudian pada tahun 2001 produksinya kembali meningkat menjadi 24.000 ton (Gonsalves 2004). Penanaman pepaya TVP seluas 2.000 ha masih dilanjutkan di tahun 2007 (James 2007).

## 2) Labu TVP

Selain pepaya PRG tahan PRSV, ada labu PRG yang tahan berbagai virus patogen seperti *cucumber mosaic virus* (CMV), *watermelon mosaic virus2* (WMV2), dan *zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV) telah ditanam oleh petani labu di Amerika Serikat (EPA 1994, Tricoll *et al.* 1995, Quemada 1998). Kendala utama produksi tanaman *cucurbit* adalah serangan berbagai virus patogen seperti CMV, WMV2, PRSV, dan ZYMV. Serangan virus pada pertanaman labu tidak hanya dapat menurunkan hasil, juga mengurangi kualitas buah labu yang menyebabkan terjadinya bercak-bercak berwarna hitam (Gambar 2), sehingga dapat mengurangi nilai jualnya. Serangan virus tersebut dapat menurunkan hasil sampai 80% (Quemada 1998). Perusahaan benih Asgrow merakit labu PRG *event* ZW-20 tahan virus WMV2 dan ZYMV (HC 1999a), serta *event* CZW-3 tahan virus CMV, WMV2 dan ZYMV (HC 1999b). Labu PRG *event* ZW-20 dan CZW-3 telah memperoleh izin peredaran dari lembaga berwenang AS. Labu PRG TVP mulai ditanam di Amerika Serikat pada tahun 1999 dengan luas hampir 100.000 ha (James 2000). Labu TVP tersebut masih ditanam secara komersial dengan luas 2.000 ha pada tahun 2007 (James 2007).



**Gambar 2.** Serangan WMV2 (A) pada buah labu PRG dan non PRG dan ZYMV di Lapangan Uji Terbatas (B), WMV2 = *watermelon mosaic virus 2*, ZYMV = *zucchini yellow mosaic virus* (Quemada 1998).

f. Kanola TH

Kanola TH *glufosinate* dengan *event* HCN 10 pertama kali ditanam di Amerika Serikat pada tahun 1995 (James 1996). Kemudian tahun 1999, Amerika Serikat menanam kanola TH *glyphosate* dengan *event* GT 73, RT 73. Pada tahun 2007, luas pertanaman kanola TH meningkat menjadi 395.000 ha dari 334.000 ha (James 2007). Luas kanola TH menjadi 360.000 ha pada tahun 2008 (James 2008). *Event-event* lain dari kanola TH yang telah diizinkan untuk komersialisasi di Amerika Serikat adalah T 45 (HCN 28), HCN 92, GT 200 (James 2007).

g. Bit gula TH

Untuk pertama kalinya bit gula PRG TH ditanam di Amerika Serikat pada tahun 2008. Dari 437.246 ha bit gula yang ditanam di Amerika Serikat, 59%-nya ditanami bit gula TH dengan luas 257.975 ha (James 2008). Bit gula dengan *event-event* GTSB 77, H 7-1, dan T 120-7 telah memperoleh izin komersialisasi di Amerika Serikat.

g. Alfalfa TH

Alfalfa TH merupakan tanaman PRG yang baru dikomersialkan. Alfalfa TH *event* J 101 dan J 163 memperoleh izin untuk komersialisasi di Amerika Serikat pada tahun 2005 (James 2006). Penanaman prekomersialisasi seluas 20.000 ha pada tahun 2005. Pada tahun 2006, luas areal alfalfa TH di Amerika Serikat adalah 60.000-80.000 ha. Luas alfalfa TH pada tahun 2007 sama dengan luas tahun 2008, yaitu 100.000 ha (James 2008).

2. Kanada

Tanaman PRG yang ditanam oleh petani Kanada adalah jagung PRG dan tanaman PRG TH (AgBios 2008, James 2007). Pada tahun 2006, luas pertanaman PRG di Kanada 6,1 juta ha, dan meningkat menjadi 7,0 juta ha dan 7,6 juta masing-masing pada tahun 2007 dan 2008 (James 2006, 2007, 2008). *Event-event* tanaman PRG yang memperoleh izin untuk ditanam secara komersial diuraikan sebagai berikut:

a. Tanaman PRG TSH

Tanaman PRG TSH yang ditanam di Kanada terdiri atas jagung Bt dan jagung Bt/TH. Luas jagung PRG TSH ditambah jagung TH adalah 850.000 ha pada tahun 2006 dan 1.174.000 ha pada tahun 2007 (James 2007). Kanada adalah satu dari tiga negara yang menanam jagung Bt/TH selain Amerika Serikat dan Filipina. Pada tahun 2006, jagung Bt/TH ditanam dengan luasan 200.000 ha (James 2006). Luas tersebut meningkat menjadi 290.000 pada tahun 2007 dan 380.000 pada tahun 2008 (James 2008). Jagung Bt/TH yang ditanam di Kanada, mempunyai 3 gen gabungan (dua gen ketahanan terhadap penggerek batang dan penggerek akar, serta gen toleran herbisida). Jagung PRG tersebut ditanam di daerah Ontario



dan Quebec (James 2006). Jagung Bt yang dikomersialkan di Kanada adalah *event* MON 810, MON 863, DAS-06275-8, dan MIR604, jagung Bt/TH *event* 176, BT11 (X4334CBR, X4734CBR), DAS-59122-7, DBT 418, MON 88017, TC 1507, MON 802, dan MON 809 (AgBios 2008).

b. Tanaman PRG TH

Ada beberapa jenis tanaman PRG TH yang ditanam oleh petani Kanada antara lain kanola TH, kedelai TH, jagung TH, bit gula TH dan alfalfa TH. Jagung TH yang diizinkan untuk komersialisasi adalah jagung TH *glyphosate event* 37511R dan EXP 1910IT, dan jagung TH *glufosinate event* MS 3, B 16 (DLL 25), T 14, dan T 25 (AgBios 2008). Alfalfa TH yang diizinkan untuk ditanam di Kanada adalah TH *glyphosate event* J 101 dan J 163. Alfalfa TH mulai ditanam di Kanada pada tahun 2005 (AgBios 2008).

Kanola TH yang ditanam di Kanada ada dua jenis, yaitu kanola Argentina (*B. napus*) dan kanola Polandia (*B. rapa*) dengan sifat TH *glufosinate* atau TH *glyphosate*. Kanola Argentina TH *glufosinate event* HCN 10, HCN 92, dan T 45 (HCN 28), dan kanola Argentina TH *glyphosate event* GT 200, GT 73, RT 73, NS 738, NS 1471, NS 1473, MS 8 x RF 3. Sedangkan kanola Polandia TH *glufosinate event* HCR-1 dan kanola Polandia TH *glyphosate event* ZSR 500/502 (AgBios 2008). Dibandingkan dengan tanaman PRG yang lain, kanola TH merupakan tanaman PRG yang paling luas ditanam di Kanada. Kanola TH ditanam seluas 4,2 juta pada tahun 2005 atau 82% tingkat adopsi oleh petani, kemudian meningkat menjadi 4,5 juta ha pada tahun 2006 atau tingkat adopsi 84% (James 2006) dan menjadi 5,1 juta ha pada tahun 2007 dengan tingkat adopsi 90% (James 2007). Pada tahun 2008 luas areal kanola TH meningkat menjadi 5,5 juta ha (James 2008).

Kedelai TH, merupakan tanaman PRG lain yang ditanam di Kanada. Luas areal kedelai TH 750.000 ha pada tahun 2006 dan menurun ke 688.000 ha pada tahun 2007, dan meningkat lagi pada tahun 2008 menjadi 880.000 ha (James 2008). *Event* yang ditanam di Kanada adalah kedelai TH *glufosinate* A 2704-12, A 2704-21, dan A 5547-35, kedelai TH *glyphosate* GTS 40-3-2 dan MON 89788 (AgBios 2008).

Pada tahun 2008, bit gula TH pertama kali ditanam di Kanada dengan luas 1.750 ha. *Event* yang diizinkan untuk komersialisasi adalah H7-1 dan T 120-7 (James 2008).

### Amerika Selatan

Ada delapan negara yang menanam tanaman PRG di Amerika Selatan, yaitu Argentina, Bolivia, Brazil, Chili, Honduras, Kolumbia, Meksiko, Paraguay, dan Uruguay. Pada tahun 2008, negara yang menanam tanaman PRG terluas di Amerika Selatan adalah Argentina sebesar 21,0 juta ha, disusul Brazil dengan luas 15,8 juta ha dan Paraguay seluas 2,7 juta ha (James 2008).

## 1. Argentina

Argentina juga merupakan salah satu negara yang mengawali menanam tanaman PRG secara global pada tahun 1996 (James 1996). Luas areal tanaman PRG di Argentina pada tahun 1998 sebesar 4,3 juta ha dan meningkat lebih dari empat kali lipat pada tahun 2006 dan 2007 menjadi 18,0 juta ha dan 19,1 juta ha. Luas tersebut meningkat ke 21,0 juta ha pada tahun 2008. Tanaman PRG yang ditanam di Argentina adalah kedelai TH (*event* GTS 40-3-2), jagung Bt (MON 810), jagung Bt/TH (TC 1507, Bt 11, dan 176), jagung TH (NK 603, GA 21, T 14 dan T 25), kapas Bt (MON 531), dan kapas TH (MON 1445).

### a. Kapas PRG

Kapas PRG yang ditanam di Argentina adalah kapas Bt dan kapas TH. Kapas Bt ditanam pertama kali di Argentina pada tahun 1998 seluas 5000 ha dari 750.000 ha total area pertanaman kapas (James 2002). Pada tahun 2000 area pertanaman kapas Bt menjadi 30.000-40.000 ha (James 2002). Pada tahun 2004 luas areal kapas Bt sebesar 25.000 ha, meningkat menjadi 75.000 ha pada tahun 2005. Luas tersebut meningkat tajam pada tahun 2006 menjadi 270.000 ha. Pada tahun 2006, petani Argentina juga menanam kapas TH seluas 90.000 ha (James 2006). Pada tahun 2007, terjadi peningkatan luas areal kapas Bt dan kapas TH masing-masing menjadi 195.000 ha dan 185.000 ha (James 2007).

### b. Jagung PRG

Jagung PRG yang ditanam di Argentina adalah jagung Bt (MON 810), jagung TH (GA 21, NK 603, T 14, T 25), dan jagung BT/TH (176, Bt 11, TC 1507) (James 2006, AgBios 2008). Jagung Bt mulai ditanam di Argentina pada tahun 1998. Pada tahun 2002 luas areal pertanaman jagung Bt adalah 792.000 ha meningkat menjadi 1,6 juta ha pada tahun 2004. Luas areal tersebut menurun menjadi 1,4 juta ha pada tahun 2005. Hal tersebut disebabkan oleh tingginya biaya produksi jagung dibandingkan dengan komoditas lain seperti kedelai (James 2005). Pada tahun 2006 total luas tanaman jagung di Argentina adalah 3,1 juta ha. Dari luas tersebut, 2,8 juta ha ditanami jagung hibrida. Dari areal 2,8 juta ha pertanaman jagung hibrida, 1,7 juta ha ditanami jagung Bt (James 2006). Pada tahun 2008, luas jagung Bt 2,0 juta ha (James 2008). Selain jagung Bt, ditanam jagung TH seluas 200.000 ha dan jagung Bt/TH 300.000 ha.

### c. Kedelai TH

Kedelai TH adalah tanaman PRG yang ditanam secara komersial di Argentina pada tahun 1996 (James 1997). Luas kedelai TH pada tahun 2004 adalah 14,5 juta ha, meningkat menjadi 15,4 juta ha pada 2005 dan 15,8 juta ha pada 2006, kemudian menjadi 16 juta ha dan 18,1 juta ha pada tahun 2007 dan 2008 (James 2005, 2006, 2007, 2008). Kedelai TH yang memperoleh izin di Argentina adalah *event* GTS 40-3-2 (James 2006).

## 2. Brazil

Brazil mulai menanam tanaman PRG pada tahun 2003, dengan luas 3,0 juta ha. Luas areal tersebut meningkat menjadi 5,0 juta ha pada tahun 2004, dan 9,4 juta ha pada tahun 2005 (James 2006). Pada tahun 2006, 2007 dan 2008, secara global Brazil menempati urutan ke-3 setelah Amerika Serikat dan Argentina dalam penanaman tanaman PRG, yaitu dengan luas areal masing-masing 11,5 juta ha, 15,0 juta ha, dan 15,8 juta ha (Tabel 3). Tanaman PRG yang ditanam di Brazil adalah kedelai TH, kapas Bt, dan jagung Bt (James 2008).

Kedelai PRG TH mulai ditanam sejak tahun 2003 dengan luas 3,0 juta ha, meningkat menjadi 5,0 juta ha pada tahun 2004, dan 8,3 juta ha pada tahun 2005 (James 2006). Terjadi peningkatan luas 2 juta ha menjadi 10,3 juta pada tahun 2006 (James 2006), dan meningkat lagi menjadi 14,2 juta ha pada tahun 2008 (James 2008). Kedelai TH yang memperoleh izin komersialisasi di Brazil adalah *event* GTS 40-3-2 (James 2006).

Kapas Bt *event* BCE 531 dan MON 531/757/1076 memperoleh izin untuk dikomersialkan mulai tahun 2005 (James 2006). Pada tahun 2005, luas areal kapas Bt diperkirakan 110.000 ha. Luas tersebut meningkat menjadi 120.000 ha, 500.000 ha, dan 250.000 ha pada tahun 2006, 2007, dan 2008 (James 2008).

Jagung PRG ditanam seluas 1,3 juta ha untuk pertama kali pada tahun 2008. Jagung PRG yang ditanam adalah jagung Bt (*event* MON 810), jagung TH (GA 21, NK 603, T 14, T 25), dan jagung Bt/TH (PAT/*cry1Fa2*, Bt 11, *cry1Ac/cry1Ab*, *cry9c*, mEPSPS, PAT, BAR).

## 3. Bolivia

Tanaman PRG yang pertama kali ditanam di Bolivia pada tahun 2008 adalah kedelai TH. Luas pertanaman kedelai TH adalah 600.000 ha. *Event* yang diizinkan untuk komersialisasi adalah GTS 40-3-2 (James 2008).

## 4. Chili

Petani Chili menanam tanaman PRG secara komersial mulai tahun 2007 (James 2007). Tanaman PRG yang ditanam adalah kedelai TH *event* GTS 40-3-2 dengan luas 2.500 ha, kanola TH *event* GT 20 seluas 500 ha, dan jagung PRG (Bt/TH) *event* Bt810 seluas 2.500 ha (James 2007). Terjadi peningkatan luas tanaman PRG pada tahun 2008, yaitu 36.000 ha yang terbagi menjadi 30.000 ha untuk jagung PRG, 4.200 ha untuk kedelai TH, dan 1.800 ha kanola TH (James 2008). Tanaman PRG tersebut untuk diekspor sebagai benih.

## 5. Honduras

Luas pertanaman jagung di Honduras adalah 350.000 ha. Tanaman PRG yang ditanam di Honduras adalah jagung Bt. Jagung Bt ditanam pertama kali di Honduras pada tahun 2002 dengan luas 500 ha. MON 810 adalah *event* jagung Bt yang digunakan. Setiap tahun terjadi peningkatan luas tanam hingga mencapai 1.000 ha pada

tahun 2006 (James 2006). Pada tahun 2007, luas jagung Bt (MON 810) dan jagung TH (NK 603) masing-masing 2.000 ha dan 5.000 ha (James 2007). Luas jagung TH 2.000 ha dan jagung Bt/TH 7.000 ha pada tahun 2008.

#### 6. Kolombia

Tanaman PRG yang ditanam pertama kali di Kolombia adalah kapas Bt, yaitu pada tahun 2002 dengan luas 2.000 ha. Secara konsisten terjadi peningkatan luas penanaman kapas Bt dari tahun 2003, 2004, 2005, 2006, dan mencapai 22.000 ha pada tahun 2007. Luas tersebut terbagi menjadi 18.000 ha untuk jagung Bt, 2.000 ha jagung TH, dan untuk jagung Bt/TH seluas 2.000 ha (James 2007). Kapas Bt yang dikomersialkan adalah *event* MON 531. Beberapa tanaman PRG lain seperti kapas TH (MON 1445), jagung Bt (MON 810 dan TC 1507), dan jagung TH (NK 603) telah memperoleh ketetapan aman lingkungan, aman pangan, dan aman pakan, meskipun belum ditanam secara komersial (James 2006). Kapas Bt/TH, kapas Bt dan kapas TH ditanam masing-masing dengan luas 24.000 ha, 4.000 ha, dan kurang dari 1.000 ha (James 2008). Luas tanaman jagung Bt dan bunga *carnation* PRG pada tahun 2008 masing-masing adalah 15.000 ha dan 4 ha.

#### 7. Meksiko

Pada tahun 1996, Meksiko juga merupakan salah satu negara yang menanam tanaman PRG di dunia (James 1997). Tanaman PRG yang ditanam pertama kali adalah kapas Bt. Sebelum penanaman kapas Bt, serangan serangga hama seperti PBW, TBW, dan *fall army worm* (FAW), selalu mencapai tingkat kritis. 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 US\$ 335,45 per ha pada tahun 1997-1998 (ISAAA 2002a). Pada tahun 2004, luas areal kapas PRG adalah 65.000 ha. Dua tahun berturut-turut terjadi peningkatan dan penurunan luas, yaitu 120.000 ha pada tahun 2005 dan pada tahun 2006 menurun menjadi 55.000 ha. Luas tersebut terdiri atas 25.000 ha untuk kapas Bt, 30.000 ha kapas Bt/TH, dan 1.000 ha kapas TH (James 2006). Penurunan luas areal tersebut disebabkan oleh tertundanya izin impor benih kapas PRG (James 2006). Pada tahun 2007, luas kapas Bt/TH adalah 45.000 ha, 15.000 ha untuk kapas Bt, dan kapas TH seluas 5.000 ha (James 2007). Sedangkan luas kapas PRG meningkat pada tahun 2008 menjadi 85.000 ha dengan komposisi sebagai berikut: luas kapas Bt/TH adalah 70.000 ha dan 15.000 ha untuk kapas TH (James 2008).

Selain kapas PRG, petani Meksiko juga menanam kedelai TH seluas 4.000 ha pada tahun 2007 dan menjadi 10.000 ha pada tahun 2008. Beberapa tanaman PRG yang sedang diuji di lapangan terbatas adalah alfalfa TH, kapas Bt Bolgard II/TH, dan kapas RR Flex (TH) (James 2006). Tanaman PRG yang sudah memperoleh izin komersiali-

sasi di Meksiko adalah kapas Bt (MON 531/757/1076), kapas TH (MON 1445/1698), kapas Bt/TH (1445 x 531), dan kedelai TH (GTS 40-3-2) (James 2006).

Sampai tahun 2006, jagung PRG belum ditanam di Meksiko. Permohonan pengujian lapang jagung Bt *event* MON 810, MON 863, dan MON 88017 di Meksiko bagian utara di mana tidak dijumpai kerabat liarnya (teosinte), telah diajukan pada tahun 2006, tetapi belum disetujui oleh pihak lembaga pengatur (James 2006).

#### 8. Paraguay

Tanaman PRG yang sudah dikomersialkan di Paraguay sejak tahun 2004 adalah kedelai PRG TH *event* GTS 40-3-2 dengan luas 1,2 juta ha. Pada tahun 2006, luas areal kedelai TH adalah 2,0 juta ha dan meningkat menjadi 2,6 juta ha pada tahun 2007, serta 2,66 juta ha pada tahun 2008 (Tabel 3).

#### 9. Uruguay

Tanaman PRG yang ditanam pertama kali di Uruguay adalah kedelai TH (GTS 40-3-2), dengan areal pertanaman seluas 330.000 ha pada tahun 2005, setelah itu meningkat menjadi 370.000 ha pada tahun 2006, dan 470.000 ha pada tahun 2007 (James 2006). Pada tahun 2008, luas kedelai TH menjadi 575.000 ha. Selain itu, petani Uruguay juga menanam jagung Bt. Jagung Bt (MON 810) disetujui oleh pemerintah Uruguay untuk ditanam pada tahun 2003. Sejak ditanam tahun 2003, luas pertanaman jagung Bt meningkat terus hingga 30.000 ha pada tahun 2005 (James 2005), 50.000 ha pada tahun 2006, dan 75.000 ha pada tahun 2007, serta 150.000 ha pada tahun 2008 (James 2007, 2008). Jagung Bt yang beredar adalah dari *event* MON 810, Bt 11, dan TC 1507. Luas pertanaman jagung secara nasional pada tahun 2006 adalah 80.000 ha (James 2006).

### Afrika

#### 1. Afrika Selatan

Afrika Selatan juga merupakan salah satu negara yang mengawali menanam tanaman PRG, yaitu pada tahun 1996 (James 1997). Luas tanaman PRG dari tahun 2001 sampai 2006 meningkat terus, yaitu dari 197.000 ha pada tahun 2001, meningkat setiap tahun menjadi 273.000 ha, 404.000 ha, 573.000 ha, 610.000 ha, dan 1,412.000 ha pada tahun 2006 (James 2006). Total areal tanaman PRG di Afrika Selatan seluas 1,4 juta ha menempati peringkat ke-8 pada tahun 2006 dan tahun 2007 (James 2006, 2007). Tanaman PRG yang dikomersialkan adalah jagung Bt, jagung Bt/TH, kapas Bt, kapas TH, kapas Bt/TH, dan kedelai TH.

##### a. Jagung PRG

Jagung PRG yang ditanam di Afrika Selatan adalah jagung Bt dan jagung Bt/TH. Serangga hama penting pada pertanaman jagung di Afrika Selatan adalah *African Stalk Borer* (ASB) atau *Busseola fusca* dan *Spotted Stem Borer* (SSB) atau *Chilo*



*partellus*. Pada tahun 1997, jagung Bt MON 810 mulai ditanam di Afrika Selatan. Menurut Kristen dan Gouse (2003) jagung Bt dapat menekan serangan *C. partellus* sampai 75% dan 68% pada *B. fusca*. Petani di Afrika Selatan menanam jagung Bt dan jagung Bt/TH pada tahun 2001 dengan luas 166 ha. Luas areal jagung Bt dan jagung Bt/TH meningkat terus dari 2002, 2003, 2004, 2005, 2006 sampai 2007, yaitu berturut-turut 236.000 ha, 341.000 ha, 410.000 ha, 456.000 ha, 1.232.000 ha, dan 1,6 juta ha (James 2007). Tingkat adopsi jagung PRG 44% pada tahun 2006 dan meningkat menjadi 57% pada tahun 2007. Luas areal jagung tersebut terbagi menjadi 1,15 juta ha untuk jagung Bt, 373.000 ha jagung TH, dan 80.000 ha untuk jagung Bt/TH (James 2007). Luas jagung PRG pada tahun 2008 adalah 1,617 juta ha (James 2008). Jagung Bt yang ditanam adalah *event* MON 810 sedangkan untuk jagung Bt/TH adalah *event* Bt 11, TC 1507, MON 810 x NK 603, MON 810 x GA 21, dan 176 (James 2006).

b. Kapas PRG

Kapas merupakan tanaman utama sebagai sumber penghasilan petani kecil di Makhatini Flats, Afrika Selatan (ISAAA 2002b). Kapas PRG yang telah dikomersialkan adalah kapas Bt, kapas TH, dan kapas Bt/TH. Sejak tahun 1997 kapas Bt disetujui untuk ditanam petani kecil di Afrika Selatan, setelah lulus peraturan perundang-undangan Afrika Selatan, yaitu *South African Genetic Modification Organisms Act* (ISAAA 2002b). Pada tahun 2006, luas areal kapas PRG adalah 13.000 ha untuk kapas Bt/TH, 5.000 ha kapas Bt, dan 2.000 ha kapas TH (James 2006). Tingkat adopsi kapas PRG di Afrika Selatan cukup tinggi yang mencapai 92% dari luas total pertanaman kapas (James 2006). Pada tahun 2007, luas kapas PRG menurun menjadi 9.000 ha, yaitu 8.000 ha untuk kapas Bt/TH, 500 ha kapas Bt, dan 500 ha kapas TH. Kapas PRG yang beredar adalah *event* MON 1445/1698 (kapas TH), MON 863 (kapas Bt), dan MON 15985 (kapas Bt) (James 2006). Pada tahun 2008, luas kapas PRG adalah 12.000 ha.

c. Kedelai TH

Pada tahun 2006, luas areal pertanaman kedelai TH adalah 160.000 ha. Luas ini ekuivalen dengan 75% luas areal pertanaman kedelai di Afrika Selatan (James 2006). Pada tahun 2006, adopsi kedelai TH di Afrika Selatan meningkat 15% dibandingkan dengan tahun 2005, yang hanya 60%. Luas areal tanaman kedelai di Afrika Selatan secara nasional menurun dari 214.000 ha pada tahun 2006 menjadi 180.000 ha pada tahun 2007. Demikian pula luas areal kedelai TH menurun menjadi 144.000 ha pada tahun 2007, tetapi tingkat adopsinya meningkat menjadi 80% (James 2007). Luas kedelai TH tersebut meningkat pada tahun 2008 menjadi 184.000. Menurut James (2006), kedelai PRG yang beredar adalah kedelai TH (GTS 40-3-2 dan A 2704-12).

## 2. Mesir

Di Mesir, tanaman PRG belum ada yang ditanam secara komersial. Meskipun demikian AGERI (*Agricultural Genetic Engineering Research Institute*) memperoleh kentang Bt dari hasil kerja sama penelitian dengan MSU, Amerika Serikat melalui ABSP (*Agricultural Biotechnology for Support Project*) dengan dana USAID. Kentang Bt mengandung gen *cry5* dan dirakit di MSU, Amerika Serikat (Douches *et al.* 2002, Brenner 2004). Kentang Bt tersebut telah diuji ketahanannya terhadap PTM di Lapangan Uji Terbatas di Mesir untuk prekomersialisasi (Brenner 2004). Menurut GAIN (2008) Kementerian Pertanian Mesir telah menyetujui keputusan *National Biosafety Committee* dan *Seed Registration Committee* untuk penanaman jagung Bt secara komersial di Mesir. Keputusan penanaman jagung Bt tersebut merupakan awal penanaman tanaman PRG di Mesir. Jagung Bt telah ditanam untuk komersial seluas 700 ha (James 2008).

## 3. Burkina Faso

Menurut James (2008), kapas Bt telah ditanam dengan luas 8.500 ha di Burkina Faso suatu negara di benua Afrika bagian barat, pada tahun 2008. Penanaman tersebut ditujukan untuk memperbanyak benih dan komersialisasi.

### Asia

Ada lima negara Asia yang sedang dan pernah menanam tanaman PRG secara komersial. Negara-negara tersebut adalah Filipina, Cina, India, Indonesia, dan Iran. Indonesia pernah menanam kapas Bt pada tahun 2001-2003, selanjutnya menghentikan penanaman tersebut (Herman 2003). Demikian pula dengan Iran, mulai menanam padi Bt pada tahun 2004, tetapi tahun 2007 tidak ada data perkembangan penanaman padi Bt mereka (James 2007).

#### 1. Cina

Tanaman PRG yang ditanam secara komersial akhir-akhir ini adalah kapas Bt. Meskipun demikian, Cina telah menanam tembakau PRG tahan *Cucumber Mosaic Virus* dan *Tobacco Mosaic Virus* sejak tahun 1992 (James 1997). Sejak 1996, Cina telah menanam kapas Bt secara komersial (James 1997). Bahkan secara global pada tahun 2006 dan 2007 mereka menempati urutan ke-6 dalam luas areal penanaman tanaman PRG, yaitu masing-masing 3,5 juta ha dan 3,8 juta ha (Tabel 3).

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). Tiga varietas kapas Bt yang dikomersialkan di Cina, yaitu kapas Bollgard yang mengandung gen *cry1A(c)* dari Monsanto dan dua varietas kapas PRG yang dirakit oleh *Chinese Academy of Agricultural Sciences* (CAAS) di Beijing. Dua varietas yang dirakit oleh CAAS mengandung gabungan gen *cry1A(b)* dengan *cry1A(c)*, dan gen *cry1A(c)* dengan gen CpTi (*Cowpea Trypsin Inhibitor*) (James 2002). Kapas Bt yang ditanam di Cina adalah *event* MON 531/757/1076, Fusion *cry1Ab/cry1Ac*(GK12), dan pTi/Bt(SGK321). Pada tahun 2008, 7,1 juta petani kecil di Cina telah menanam kapas Bt dengan luas 3,8 juta ha (James 2008).

Selain kapas Bt, tanaman PRG yang dikomersialkan di Cina adalah pepaya TVP (khusus untuk *Papaya Ring Spot Virus*) seluas 3.550 ha pada tahun 2007 dan meningkat ke 4.500 ha pada tahun 2008. Poplar (*Populus nigra*) PRG yang mengandung gen Bt memperoleh izin komersialisasi pada tahun 2003 dan ditanam dengan luas 400 ha. Menurut James (2008) ada tiga tanaman PRG lain yang ditanam di Cina, yaitu tomat TVP, cabai TVP, dan petunia PRG, tetapi tidak ada informasi berapa luas arealnya.

Jagung Bt belum dikomersialkan di Cina. Meskipun demikian beberapa jagung Bt *event* MON 810, MON 863, dan jagung Bt/TH *event* Bt 11, 176, dan TC 1507 telah dilakukan pengujian di lapangan terbatas. Sampai tahun 2008 belum ada izin penanaman jagung Bt secara komersial (James 2008).

## 2. Filipina

Jagung adalah tanaman pangan nomor dua paling penting di Filipina (Acosta 2007). Pada tahun 2005, produksi jagung Filipina adalah 5,25 juta ton dari luas areal panen 2,15 juta ha (Acosta 2007). Serangga hama penting pada jagung adalah penggerek jagung ACB. Petani mengendalikan serangga hama tersebut dengan penyemprotan insektisida. Jagung Bt disetujui untuk ditanam secara komersial pada bulan Desember 2002, dan ditanam pertama kali secara komersial pada tahun 2003 seluas 10.769 ha (Acosta 2007, James 2003). Pada musim hujan dan musim kemarau tahun 2004, petani di Filipina telah 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 meningkat menjadi 200.000 ha (James 2006). Pada tahun 2007, luas jagung PRG di Filipina mencapai 248.000 ha, dengan perincian sebagai berikut: 110.000 ha jagung TH, 65.000 ha jagung Bt, dan 63.000 ha jagung BT/TH (James 2007). Menurut James (2005) tiga *event* jagung Bt yang telah disetujui untuk dikomersialkan di Filipina, yaitu MON 810, Bt 11, dan MON 810 x NK 603 (jagung Bt *stack gene* dengan TH). Luas jagung PRG meningkat menjadi 350.000 pada tahun 2008. Luas jagung Bt 80.000 ha, jagung TH 70.000 ha, dan jagung Bt/TH 200.000 ha.

## 3. India

Produksi kapas India pada tingkat 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*) Andhara 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 sebagai akibat terjadinya ketahanan 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 1998/1999 dan 2000/2001. Uji multilokasi dilakukan pada area 85 ha, di berbagai negara bagian India (ISAAA 2002d). Pada tahun 2002, kapas Bt mulai ditanam di India seluas kurang dari 100.000 ha. Luas areal kapas Bt tersebut meningkat terus hingga mencapai 3,8 juta ha pada tahun 2006. Pada tahun 2007, terjadi peningkatan luas areal secara tajam hingga mencapai 6,2 juta ha, kemudian meningkat lagi ke 7,6 juta ha pada tahun 2008. Hal ini menempatkan India pada peringkat ke-4 (Tabel 3). *Event* kapas Bt yang ditanam di India adalah MON 531, MON 15985, GFM, dan *Event-1* (James 2006). Seperti halnya di Cina, kapas Bt dengan luas 7,6 juta ha ditanam oleh petani kecil yang berjumlah 5 juta. Keuntungan yang diperoleh dari kapas Bt sejak 2002-2007 adalah US\$ 3,2 miliar (James 2008).

#### 4. Indonesia

Di Indonesia, ada lima tanaman PRG yang ditetapkan aman lingkungan oleh Komisi Keamanan Hayati, yaitu kapas Bt (*event* 531/757/1076), kapas TH *glyphosate* (MON 1445/1698), jagung Bt (MON 810), jagung TH *glyphosate* (GA 21), dan kedelai TH *glyphosate* (GTS 40-3-2) (KKH 1999a, 1999b, Herman 1999). Dari lima tanaman PRG tersebut hanya kapas Bt yang telah dikomersialkan dan dilepas secara terbatas di Propinsi Sulawesi Selatan (ISAAA 2002e, Herman 2003).

Pelepasan terbatas kapas Bt dilakukan selama tiga tahun dari 2001-2003. Tahun 2001, melalui Keputusan Menteri Pertanian No. 107/Kpts/KB.430/2/2001 ditanam di Kabupaten Takalar, Gowa, Bantaeng, Bulukumba, Bone, Soppeng, dan Wajo, seluas 4.364,20 ha. Tahun 2002 melalui Keputusan Menteri Pertanian No. 03/Kpts/KB.430/I/2002 ditanam di tujuh kabupaten seperti tahun 2001, seluas 5.393 ha. Sedangkan tahun 2003 melalui Keputusan Menteri Pertanian No. 102/Kpts/KB.430/2/2003 ditanam di sembilan kabupaten, yaitu Takalar, Gowa, Bantaeng, Bulukumba, Bone, Soppeng, Wajo, Jeneponto, dan Sinjai, seluas 70 ha. Sejak tahun 2003 sampai sekarang perusahaan pemilik kapas Bt menghentikan penanaman kapas Bt dan tidak menjual lagi bibit kapas Bt tersebut.

#### 5. Iran

Tanaman PRG yang dikomersialkan di Iran adalah padi Bt *event* Tarom molaii + *cry1Ab*. Padi Bt dirakit oleh peneliti *Agricultural Biotechnology Research Institute* di

Karaj, Iran. Padi PRG tersebut pertama kali ditanam di Iran seluas 2000 ha pada tahun 2004. Pada tahun 2005, terjadi peningkatan luas areal penanaman menjadi 4000 ha. Luas areal padi Bt meningkat lagi menjadi 10.000 sampai 20.000 ha pada tahun 2006 (James 2006). Pada tahun 2007, tidak ada laporan atau data resmi berapa luas padi Bt di tanaman di Iran, sehingga James (2007) tidak mencantumkan daftar negara penanam tanaman PRG secara global.

### Australia dan Selandia Baru

#### 1. Australia

Tanaman PRG yang sudah diizinkan untuk ditanam secara komersial di Australia adalah bunga *carnation* dengan sifat penundaan dan perubahan warna bunga, kanola Argentina (*B. napus*) TH *glufosinate*, kanola Argentina TH *glyphosate*, kapas Bt dan kapas Bt/TH (James 2006). *Event-event* tanaman PRG tersebut adalah: kanola Argentina TH *glufosinate* HCN 92 dan T 45 (HCN 28), bunga *carnation* dengan sifat perubahan warna bunga *event-event* 4, 11, 15, 16, dan 66, kanola Argentina TH *glyphosate* GT 73, RT 73, dan MS 8 x RF 3, kapas TH *glufosinate* LLCotton25, kapas TH *glyphosate* MON 1445/1698 dan MON 88913, kapas Bt *event-event* 15985 dan MON 531/757/1076, dan Kapas Bt/TH *event-event* MON-15985-7 x MON-Ø1445-2, MON-ØØ531-6 x MON-Ø1445-2, dan MON 15985 x MON 88913 (AgBios 2008).

Sampai tahun 2007, jagung PRG belum ada yang ditanam di Australia secara komersial. Meskipun demikian, pengujian lapangan terbatas jagung Bt prekomersialisasi dengan *event* MON 810, MON 863, MON 88017, MIR 604, Bt 11, 176, DBT 418 telah dilakukan (James 2007).

Seperti halnya di negara lain, di Australia serangga hama merupakan kendala utama produksi kapas. Serangga hama utama adalah *Helicoverpa punctigera* (*Australian Budworm* = ABW) dan CBW (James 2002). Petani biasanya menggunakan insektisida dalam pengendalian CBW. Pada awal tahun 1990 telah berkembang ketahanan ABW dan CBW terhadap insektisida yang digunakan dalam pengendalian serangga hama tersebut. Pada tahun 1996/1997 petani kapas Australia mulai menanam kapas Bt seluas 30.000 ha (James 2002). 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 2002). Terjadi penurunan luas areal kapas PRG dari 200.000 ha pada tahun 2006, menjadi 50.000 ha pada tahun 2007.

Untuk mengantisipasi terjadinya ketahanan CBW terhadap kapas Bt, maka dirakit kapas Bt generasi kedua yang tahan CBW. Kapas Bt INGARD (r) (tahan CBW), Bolgard II(r) (tahan CBW), dan kapas Bt Bolgard II(r)/*Roundup Ready* (tahan CBW dan TH) 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). Persetujuan pelepasan terbatas dilakukan oleh Kantor Teknologi Gen Australia (*Australian Office of Gene Technology* atau OGTR). Permohonan lisensi lain pada tiga kapas PRG 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 PRG tersebut tidak boleh digunakan sebagai bahan pangan (GKCCB 2002).

Pada tahun 2008, 160.000 ha tanaman PRG ditanam di Australia. Luas tersebut meningkat lebih dari 3 kali dibandingkan dengan tahun 2007 yang hanya seluas 48.000 ha. Persentase kapas yang ditanam adalah 6% kapas non PRG, 81% kapas Bt/TH, 4% kapas Bt generasi II, dan 9% kapas TH (James 2008). Kanola TH ditanam untuk pertama kali di Australia, dengan luas 9.500 ha.

## 2. Selandia Baru

Di Selandia Baru, belum ada tanaman PRG yang dikomersialkan. Walaupun pengujian jagung Bt/TH di lapangan terbatas telah dilakukan di Selandia baru pada tahun 1994 (James 1996). Tetapi, setelah itu belum ada tindak lanjut untuk komersialisasi. Bahkan menurut James (2006), sampai tahun 2006 jagung Bt yang memperoleh izin untuk diuji di lapangan terbatas adalah dari *event* MON 810, 176, MON 863, dan MIR 604, serta *event* TC 1507, DBT 418, Bt 11, DAS 59122-7, dan MON 88017 untuk jagung Bt/TH.

## Eropa

Sejak tahun 1998-2006 ada sembilan negara Eropa yang menanam tanaman PRG, yaitu Bulgaria, Jerman, Perancis, Portugal, Republik Czech, Rumania, Slovakia, Spanyol, dan Ukraina. Hanya negara Spanyol yang terus menerus menanam tanaman PRG sejak 1998 sampai 2007 (Tabel 3). Rumania dan Jerman mirip Spanyol, masing-masing mulai menanam tanaman PRG pada tahun 1999 dan 2000 sampai tahun 2007. Negara-negara Eropa yang lain bervariasi, seperti Ukraina hanya menanam tahun 1999, kemudian tidak lagi menanam tanaman PRG sampai tahun 2007. Perancis mulai menanam pada tahun 1998-2000, setelah itu berhenti menanam, kemudian menanam lagi tanaman PRG sejak 2005-2007, dan tidak menanam pada tahun 2008. Portugal mirip Perancis, mulai menanam tahun 1999 kemudian berhenti, dan dilanjutkan menanam lagi pada tahun 2005 dan 2007. Sedangkan Slovakia mulai menanam tanaman PRG pada tahun 2006 (Tabel 3). Sedangkan Polandia pada tahun 2007 mengikuti delapan negara Eropa lain yang telah menanam tanaman PRG, yaitu dengan menanam jagung Bt (James 2007). Pada tahun 2008, *European Association for Bioindustries* (EuropaBio) melaporkan terjadinya peningkatan penanaman tanaman PRG di beberapa Negara Eropa seperti Jerman,

Polandia, Portugal, Republik Czech, Rumania, Slovakia, dan Spanyol (GMOC 2008b). Peningkatan luas areal tanaman PRG yang signifikan terjadi di Republik Czech, Rumania, Polandia dan Slovakia.

1. Bulgaria

Bulgaria mulai menanam tanaman PRG pada tahun 2000. Tanaman PRG yang ditanam adalah jagung PRG TH *glyphosate* dengan luas kurang dari 10.000 ha pada tahun 2003 (James 2003). Setelah itu Bulgaria tidak menanam lagi tanaman PRG. *Event* yang dikomersialkan adalah jagung PRG TH GA 21.

2. Jerman

ECB (*O. nubilalis*) merupakan hama penting pada tanaman jagung di Jerman. Pada tahun 2000, petani Jerman mulai menanam jagung Bt seluas 300 ha. Jagung Bt yang ditanam dari tahun 2000 sampai 2003 adalah *event* 176, sedangkan dari 2004 sampai 2006 ditanam jagung Bt *event* MON 810 (James 2005). Luas pertanaman jagung Bt secara komersial pada tahun 2006 adalah 950 ha, terjadi peningkatan dibandingkan dengan tahun 2005 yang hanya 345 ha (James 2006). Kemudian meningkat lagi menjadi 2.685 ha pada tahun 2007 dan 3.173 ha pada tahun 2008 (James 2007, GMOC 2008b).

3. Perancis

Seperti halnya serangga hama di Jerman, ECB merupakan hama penting pada jagung di Perancis (James 2003). Serangga hama ini dapat menurunkan hasil 6% dan penurunan hasil lebih besar apabila suhu meningkat (Gianessi *et al.* 2003). Pengendalian ECB yang dilakukan oleh petani adalah penyemprotan insektisida, karena tidak tersedianya varie

tas jagung tahan terhadap ECB. Jagung Bt ditanam pertama kali di Perancis pada tahun 1998 seluas 1.500 ha (Gianessi *et al.* 2003). Pada tahun 1999, petani Perancis hanya menanam jagung Bt seluas 150 ha, kemudian menurun menjadi 100 ha pada tahun 2000 (James 2005). Dari tahun 2001-2004 mereka tidak lagi 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 keperluan monitoring lingkungan seluas 200 ha, penelitian 100 ha, dan komersialisasi 200 ha (James 2005). Pada tahun 2006 dan tahun 2007, terjadi peningkatan luas areal jagung Bt menjadi masing-masing 5.028 ha dan 22.135 ha (James 2007). Hasil panen jagung Bt akan diekspor ke Spanyol untuk pakan ternak. Jagung Bt yang beredar di Perancis adalah MON 810 (James 2007). Pada tahun 2008, Pemerintah Perancis melarang penanaman tanaman PRG (GMOC 2008b).

4. Polandia

Pada tahun 2006, Polandia menanam jagung Bt pra komersial seluas 100 ha. Kemudian pada tahun 2007, untuk pertama kalinya jagung Bt ditanam secara komersial dengan luas 327 ha (James 2007). Pada tahun 2008, terjadi peningkatan luas tanaman PRG lebih dari 8 kali menjadi 3.000 ha (GMOC 2008b, James 2008).

5. Portugal

Luas pertanaman jagung di Portugal secara nasional adalah 135.000 ha (James 2006). Negara ini menanam jagung Bt pertama kali pada tahun 1999 seluas 1.000 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, kemudian 4.263 ha pada tahun 2007 dan 4.851 ha pada tahun 2008 (James 2008, GMOC 2008b). Jagung Bt yang ditanam adalah *event* MON 810 (James 2006). Peraturan Pemerintah Portugal mengharuskan penanaman jagung Bt berjarak minimum 200 m dari jagung non Bt (non bioteknologi atau hasil persilangan konvensional), dan 300 m dari jagung organik (James 2006).

6. Republik *Czech*

Masalah serangga hama ECB (*O. nubilalis*) juga terjadi di Republik *Czech*. Sehubungan dengan gangguan serangga hama ECB, petani di negara ini menanam jagung Bt mulai tahun 2005 seluas 150 ha (James 2006). Pada tahun 2006, penanaman jagung Bt meningkat menjadi 1.290 ha, kemudian 5.000 ha pada tahun 2007 (James 2007), dan 8.380 ha pada tahun 2008 (James 2008, GMOC 2008b).

7. Rumania

Tanaman PRG yang ditanam oleh petani Rumania adalah kedelai PRG TH *glyphosate*. Kedelai PRG yang diizinkan untuk ditanam secara komersial adalah *event* GTS 40-3-2 (AgBios 2008). Pada tahun 2001, Rumania menanam kedelai PRG TH seluas 14.250 ha atau 15% dari total luas pertanaman kedelai secara nasional. Pada tahun 2006, total luas pertanaman kedelai di Rumania adalah 145.000 ha, 115.000 ha di antaranya ditanami kedelai PRG TH, atau 79% tingkat adopsi (James 2006). Pada tahun 2007, Rumania mulai menanam jagung Bt seluas 350 ha (James 2007). Pada tahun 2008, penanaman jagung Bt meningkat lebih dari 20 kali menjadi 7.146 ha (James 2008, GMOC 2008b).

8. Slovakia

Luas pertanaman jagung di Slovakia secara nasional adalah 240.000 ha. Pada tahun 2006, negara ini baru pertama kali menanam jagung Bt secara komersial seluas 30 ha (James 2007). Jagung Bt yang ditanam adalah *event* MON 810. Luas pertanaman jagung Bt tersebut meningkat 30 kali pada tahun 2007, menjadi 900 ha (James 2007) dan meningkat lagi ke 1.900 ha pada tahun 2008 (GMOC 2008b, James 2008).



## 9. Spanyol

Spanyol mempunyai pertanaman jagung seluas 500.000 ha. Kendala utama tanaman jagung di Spanyol adalah gangguan serangga hama ECB. Petani jagung di Spanyol menggunakan insektisida untuk mengendalikan hama tersebut karena tidak adanya varietas jagung tahan ECB. Sehubungan dengan itu, mereka menanam jagung Bt sejak tahun 1998. Pada tahun ini luas pertanaman jagung Bt mencapai 22.000 ha (Gianessi *et al.* 2003). Pada tahun 2002, petani jagung di Spanyol 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 telah terjadi kekeringan yang 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 53.667 ha adalah jagung Bt. Luas jagung Bt tersebut pada tahun 2007 meningkat menjadi 75.148 ha dan 79.269 pada tahun 2008 (James 2007, GMOC 2008b). Dua *event* jagung Bt yang ditanam di Spanyol adalah Bt176 dan MON 810 (James 2007).

## 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.
- AgBios. 2008.** Global status of approved genetically modified plants. AgBios GM Database. Last modified in February, 2008. Available at <http://www.agbios.com/dbase.php?action=Synopsis>.
- Brenner, C. 2004.** Telling transgenic technology tales: Lessonss from the Agricultural Biotechnology Support Project (ABSP) experience. ISAAA Brief No. 31. ISAAA, Ithaca, New York.
- Brookes, G. 2002.** The farm level impacts of using Bt maize in Spain. <http://www.europabio.org>.
- Catchot, A.L. 2001.** Bollgard II cotton efficacy summary-Midsouth. Proceeding of the Beltwide Cotton Conference 2:835.
- Chen, G., C.M. Ye, J.C. Huang, M. Yu, and B.J. Li, 2001.** Cloning of the papaya ring spot virus (PRSV) replicase gene and generation of PRSV-resistant papayas through the introduction of the PRSV-replicase gene. *Plant Cell Rep.* 272-277.
- Davis, M.J. and Z. Ying. 2004.** Development of papaya breeding lines with transgenic resistance to papaya ring spot virus. *Plant Disease* 88(4):352-358.
- Douches, D.S., W. Li, K. Zarka, J. Coombs, W. Pett, E. Grafius, and T. El-Nasr. 2002.** Development of *Bt-cry5* insect resistant potato lines Spunta-G2 and Spunta-G3. *Hortiscience* 37(7):1103-1107.
- Environmental Protection Agency (EPA). 1994.** Watermelon mosaic virus-2 coat protein, zucchini yellow mosaic virus coat protein, and the genetic material necessary for production of these proteins in transgenic squash plants. 59 Fed. Reg. 38149.

- Environmental Protection Agency (EPA). 1995a.** Pesiticide Fact Sheet: Plant pesticide *Bacillus thuringiensis* subsp. *tenebrionis*  $\delta$ -endotoxin and its controlling sequences in potato. Issued May 5, 1995.
- Environmental Protection Agency (EPA). 1995b.** Pesiticide fact sheet: Plant pesticide *Bacillus thuringiensis* cryIIIA  $\delta$ -endotoxin and the genetic material necessary for its production, tolerance exemption. 60 Fed. Reg. 21725.
- 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.
- Global Agriculture Information Network (GAIN). 2008.** Egypt biotechnology corn variety approval 2008. GAIN Report Number: EG8008. Date: 4/16/2008. USDA Foreign Agricultural Service. Available at <http://www.fas.usda.gov/gainfiles/200804/146294295.pdf>.
- Global Knowledge Center on Crop Biotechnology (GKCCB). 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 (GKCCB). 2003.** Monsanto receives clearance for GM cotton. Crop Biotech Update: January 10, 2003. ISAAA SEAsia-Center and CAB International.
- GMO Compass (GMOC). 2008a.** USA 2008: GM cultivation almost at 60 million hectares. GMO Compass. July 1, 2008. Available at <http://www.gmo-compass.org/eng/news/368.docu.html>.
- GMO Compass (GMOC). 2008b.** Cultivation of GMOs rises in many European countries. GMO Compass. September 30, 2008. Available at <http://www.gmo-compass.org/eng/news/379.docu.html>.
- Gonsalves, D. 2004.** Transgenic papaya in Hawaii and beyond. AgBioForum 7(1 & 2):36-40.
- Health Canada (HC). 1999a.** Virus resistant squash line ZW-20. HC. Food and Nutrition. Novel Food Information-Food Biotechnology. FD/OFB-098-106-B. October 1999. Available at [http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/gmf-agm/appro/ofb-098-106-b\\_e.html](http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/gmf-agm/appro/ofb-098-106-b_e.html).
- Health Canada (HC). 1999b.** Virus resistant squash line CZW-3. HC. Food and Nutrition. Novel Food Information-Food Biotechnology. FD/OFB-098-106-A. October 1999. Available at [http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/gmf-agm/appro/ofb-098-106-a\\_e.html](http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/gmf-agm/appro/ofb-098-106-a_e.html).
- 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.
- International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications (ISAAA). 2002a.** Bt cotton in Mexico. ISAAA AmeriCenter. Ithaca, New York, USA.
- International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications (ISAAA). 2002b.** Bt cotton in South Africa. ISAAA AfriCenter. Nairobi, Kenya.
- International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications (ISAAA). 2002c.** Bt cotton in China. ISAAA SEAsiaCenter. Metro Manila, Philippines.
- International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications (ISAAA). 2002d.** Bt cotton in India. ISAAA SEAsiaCenter. Metro Manila, Philippines.

- International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications (ISAAA). 2002e.** Bt cotton in Indonesia. ISAAA *SEAsiaCenter*. Metro Manila, Philippines.
- James, C. 1996.** Global review of the field testing and commercialized transgenic plants: 1986 to 1995. The first decade of crop biotechnology. ISAAA Brief No. 1. ISAAA, Ithaca, New York.
- James, C. 1997.** Global status of transgenic crops in 1997. ISAAA Brief No. 5. ISAAA, Ithaca, New York.
- James, C. 1998.** Global review of commercialized transgenic crops: 1998. ISAAA Brief No. 8. ISAAA, Ithaca, New York.
- James, C. 1999.** Global review of commercialized transgenic crops: 1999. ISAAA Brief No. 12. ISAAA, Ithaca, New York.
- James, C. 2000.** Global review of commercialized transgenic crops: 2000. ISAAA Brief No. 16. ISAAA, Ithaca, New York.
- James, C. 2001.** Global review of commercialized transgenic crops: 2001. ISAAA Brief No. 24. ISAAA, Ithaca, New York.
- James, C. 2002.** Global review of commercialized transgenic crops: 2001. Feature: Bt Cotton. ISAAA Brief No. 26. ISAAA, Ithaca, New York.
- James, C. 2003.** Global review of commercialized transgenic crops: 2002. Feature: Bt Corn. ISAAA Brief No. 29. ISAAA, Ithaca, New York.
- James, C. 2004.** Global review of commercialized transgenic crops: 2004. ISAAA Brief No. 32. ISAAA, Ithaca, NY.
- James, C. 2005.** Global review of commercialized Biotech/GM crops: 2005. ISAAA Brief No. 34. ISAAA, Ithaca, New York.
- James, C. 2006.** Global review of commercialized Biotech/GM crops: 2006. ISAAA Brief No. 35. ISAAA, Ithaca, New York.
- James, C. 2007.** Global review of commercialized Biotech/GM crops: 2007. ISAAA Brief No. 37. ISAAA, Ithaca, New York.
- James, C. 2008.** Global review of commercialized Biotech/GM crops: 2008. ISAAA Brief No. 39. ISAAA, Ithaca, New York.
- Komisi Keamanan Hayati (KKH). 1999a.** Surat penetapan Komisi Keamanan Hayati No. LB.150.905.155 tentang aman lingkungan tanaman kedelai transgenik *Roundup Ready*, tanaman jagung transgenik *Roundup Ready*, dan tanaman jagung transgenik Bt. 17 Mei 1999. Jakarta.
- Komisi Keamanan Hayati (KKH). 1999b.** Surat penetapan Komisi Keamanan Hayati No. LB.150.905.156 tentang aman lingkungan tanaman kapas transgenik *Roundup Ready* dan tanaman kapas transgenik Bt. 17 Mei 1999. Jakarta.
- 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.
- Lawson, E.C., J.D. Weiss, P.E. Thomas, and W.K. Kaniewski. 2001.** NewLeaf Plus Russet Burbank potatoes: Replicase-mediated resistance to potato leafroll virus. *Mol. Breed.* 7(1):1-12.

- Lius, S., R.M. Manshardt, M.M.M. Fitch, J.C. Slightom, and D. Gonsalves. 1997.** Pathogen-derived resistance provides papaya with effective protection against papaya ring spot virus. *Mol. Breed.* 3:161-168.
- 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.
- Manshardt, R.S. Ferreira, K.P. Gonsalves, P. Tennant, M. Fitch, and D. Gonsalves. 2003.** Development, commercial use and status of GM papaya in Hawaii. Technical and Coordination Meeting for the Papaya Biotechnology Network of Southeast Asia. Bangkok, 15-16 December 2003. ISAAA.
- Norman, J.W. Jr. and A.N. Sparks Jr. 2001.** Performance of Bollgard II cotton against Lepidopteran pests in the Lower Rio Grande Valley of Texas. Proceeding of the Beltwide Cotton Conference. Memphis, TN. USA. National Cotton Council 2:833-835
- 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.
- Perlak, F.J., T.B. Stone, Y.M. Muskopf, L.J. Petersen, G.B. Parker, S.A. McPherson, J. Wyman, S. Love, and G. Reed. 1993.** Genetically improved potatoes: Protection from damage by Colorado potato beetles. *Plant Mol. Biol.* 22:313-321.
- Quemada, H. 1998.** The use of coat protein technology to develop virus resistant cucurbits. In Ives, C.L. and B. Bedford (*Eds.*). *Agricultural Biotechnology in International Development*. CABI Publishing. New York. USA. p 147-160.
- 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.
- Thomas, P.E., E.C. Lawson, J.C. Zalewski, G.L. Reed, and W.K. Kaniewski. 2000.** Extreme field resistance in potato leafroll virus in potato cv. Russet Burbank mediated by the viral replicase gene. *Virus Research* 71(1-2):49-62.
- Tricoll, D.M., K.J. Carney, P.F. Russell, J.R. McMaster<sup>1</sup>, D.W. Groff, K.C. Hadden, P.T. Himmel, J.P. Hubbard, M.L. Boeshore, and H.D. Quemada. 1995.** Field evaluation of transgenic squash containing single or multiple virus coat protein gene constructs for resistance to cucumber mosaic virus, watermelon mosaic virus 2, and zucchini yellow mosaic virus. *Bio/Technol.* 13:1458-1465.

## Bab II. Manfaat Rekayasa Genetik

---

Rekayasa genetik, baik yang berupa teknologi maupun produk rekayasa genetik (PRG) telah dimanfaatkan oleh banyak orang dan memberikan keuntungan kepada mereka. Dalam Bab ini, hanya akan dibahas manfaat teknologi rekayasa genetik dan produknya, yaitu tanaman PRG. Pembahasan khusus mengenai teknologi rekayasa genetik dan tanaman PRG serta status penelitian dan pengembangannya telah diuraikan dalam Buku Volume 1. Sedangkan status global komersialisasinya dijelaskan dalam bab sebelumnya.

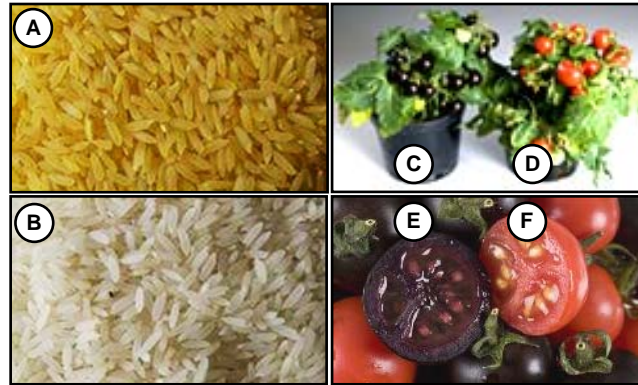
### TEKNOLOGI REKAYASA GENETIK

Teknologi rekayasa genetik mempunyai potensi yang sangat besar sebagai teknologi pelengkap dan pendukung pemuliaan konvensional seandainya sumber gen interes yang ingin disilangkan tidak ada atau belum dijumpai di dalam koleksi plasma nutfah (Herman 1996). Kehadiran teknologi rekayasa genetik memberikan wahana baru bagi pemulia tanaman untuk memperoleh kelompok gen baru yang lebih luas. Gen yang ditransfer ke dalam genom suatu tanaman untuk membentuk tanaman PRG bisa berasal dari spesies lain seperti bakteri, virus, atau tanaman, sehingga membuka kemungkinan introduksi sifat baru ke varietas yang sudah ada.

Teknologi padi PRG yang mengandung vitamin A telah dihasilkan di *Institute for Plant Sciences, Swiss Federal Institute Technology* (Ye *et al.* 2000) akan sangat berguna dan bermanfaat bagi penduduk di negara berkembang yang masih kekurangan vitamin A. Lebih dari 250 juta manusia di seluruh dunia yang sebagian besar berada di negara berkembang, menderita kekurangan vitamin A. Penelitian padi emas telah mencapai taraf generasi II yang mengandung  $\beta$ -carotene 32 kali lebih tinggi kalau dibandingkan dengan kandungan  $\beta$ -carotene dari padi emas generasi I (Paine *et al.* 2005). Menurut Schaub *et al.* (2005) akibat akumulasi dari  $\beta$ -carotene (provitamin A) dan *xanthophyll*, endosperma padi emas berwarna kuning (Gambar 1A). Teknologi rekayasa genetik untuk peningkatan kandungan  $\beta$ -carotene juga dilakukan oleh Aluru *et al.* (2008) pada tanaman jagung. Jagung PRG yang dihasilkan menunjukkan kandungan  $\beta$ -carotene 34 kali lebih tinggi dibandingkan dengan jagung non PRG.

Pemanfaatan teknologi rekayasa genetik dalam peningkatan kandungan nutrisi suatu tanaman, juga dilakukan oleh Butelli *et al.* (2008) yang merakit tomat ungu yang mengandung antioksidan *anthocyanin* tinggi. Buah tomat PRG dengan kandungan *anthocyanin* tinggi menunjukkan warna ungu (Gambar 1C), demikian pula dengan daging buah tomat PRG berwarna ungu (Gambar 1D). Secara alami, buah seperti *blackberry*, *cranberry*, dan *chokeberry* kaya dengan pigmen antioksidan berupa *anthocyanin*, tetapi tidak pada tomat. Antioksidan *anthocyanin* diketahui sebagai bahan penghambat pertumbuhan sel-sel kanker. Butelli *et al.* (2008) melakukan pengujian pemberian pakan buatan ke mencit *Trp53<sup>-/-</sup>* yang dikenal sebagai mencit tipe peka atau

## MANFAAT REKAYASA GENETIK



**Gambar 1.** Padi emas, PRG (A) dan non PRG (B); tomat ungu, PRG (C dan E) dan non PRG (D dan F) (Wikipedia 2007), Butelli *et al.* 2008).

rentan kanker. Pakan yang diberikan terbuat dari tomat PRG warna yang mengandung *anthocyanin* tinggi dan tomat non PRG. Hasil pengujian menunjukkan bahwa mencit *Trp53<sup>-/-</sup>* yang diberi pakan tomat ungu secara signifikan berumur lebih panjang dibandingkan dengan pakan dari tomat non PRG.

*Osteoporosis* adalah salah satu penyakit penting yang diderita oleh kebanyakan manusia karena kekurangan konsumsi kalsium dalam diet manusia. Perbaikan kandungan nutrisi dengan teknologi rekayasa genetik juga dilakukan pada tanaman wortel agar mengandung kalsium tinggi. Wortel PRG yang mengandung *plant calcium transporter* (*sCAX1*) telah dirakit oleh Morris *et al.* (2008). Wortel PRG tersebut mengandung kalsium dua kali lipat lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol (non PRG). Wortel PRG dengan kandungan kalsium tinggi tersebut diuji cobakan untuk dikonsumsi dalam bentuk pakan dan pangan pada mencit dan manusia. Hasil pengujian menunjukkan terjadinya peningkatan absorpsi kalsium pada mencit dan manusia yang telah mengonsumsi pakan dan pangan yang terbuat dari wortel PRG dengan kandungan kalsium tinggi, dibandingkan dengan pakan dan pangan yang mengandung wortel non PRG (Morris *et al.* 2008).

Teknologi rekayasa genetik juga dapat dimanfaatkan untuk menambah keanekaragaman hayati sumber daya genetik tanaman, khususnya tanaman hias. Peneliti *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization* yang bekerjasama dengan peneliti dari perusahaan *Japanese Suntory* telah melakukan penelitian untuk merubah pigmen warna bunga mawar agar berwarna biru. Mereka berhasil merakit bunga mawar yang berwarna ungu muda, meskipun belum benar-benar berwarna biru (CSIRO 2005, SQ 2005). Di samping itu ada penelitian lain yang berhasil merakit bunga *carnation* (*Dianthus caryophyllus*) yang berwarna unik, yaitu ungu gelap pada *carnation* PRG, sedangkan bunga *carnation* non PRG berwarna putih. Bunga *carnation* PRG tersebut telah memperoleh izin untuk komersial (AgBios 2001). Sedangkan bunga mawar biru masih

dalam taraf penelitian dan pengembangan. Teknologi padi emas, tomat ungu, dan mawar biru dengan jelas diuraikan dalam Buku Volume 1.

Di samping perbaikan nutrisi, teknologi rekayasa genetik dapat diaplikasikan untuk industri seperti pembuatan plastik *biodegradable* dan tanaman dengan kandungan amilosa rendah untuk keperluan industri tekstil. Plastik *biodegradable poly-β-hydroxybutyrate* (PHB) dapat diproduksi dalam tanaman PRG (Scheller dan Conrad 2005). Pertama kali, plastik *biodegradable* diproduksi dalam tanaman *Arabidopsis thaliana* PRG oleh Poirier *et al.* (1992). Setelah itu, plastik *biodegradable* juga dapat diproduksi dalam biji kanola (*Brassica napus* L.) PRG (Slater *et al.* 1999), dalam daun alfalfa PRG (Saruul *et al.* 2002), kloroplas tembakau PRG (Guda *et al.* 2000), dan kelapa sawit PRG (Masani *et al.* 2008). Dengan diperolehnya plastik *biodegradable*, maka plastik yang dibuang atau terbuang di alam akan mudah terdegradasi dengan sendirinya sehingga tidak akan mencemari lingkungan. Tanaman PRG seperti gandum, kentang, ubi jalar, dan ubi kayu dengan kandungan amilosa juga telah diperoleh melalui teknologi rekayasa genetik (Baga *et al.* 1999, Fulton *et al.* 2002, Kimura *et al.* 2004, Vetten 2004).

Selain dimanfaatkan untuk industri, teknologi rekayasa genetik dapat diaplikasikan untuk farmasi, khususnya produksi vaksin penyakit tertentu (McGregor 2005, Langridge 2000). Peneliti di *Boyce Thompson Institute for Plant Research Inc.* (BTI), yang berafiliasi dengan *Cornell University*, Amerika Serikat melakukan penelitian kentang PRG yang mengandung vaksin untuk penyakit kolera. Selain itu dilakukan pula penelitian pisang PRG yang mengandung vaksin hepatitis B (Washam 1997). Sedangkan konsorsium Pharma-Planta melakukan penelitian tanaman PRG untuk keperluan vaksin HIV/Aids dan rabies (BM 2005). Tanaman yang digunakan adalah tembakau, jagung, tomat, dan kentang. Aziz *et al.* (2005) merakit tomat PRG untuk vaksin anthrax. Selain tanaman-tanaman tersebut masih ada tanaman yang digunakan untuk memproduksi vaksin antara lain alfalfa, *barley*, bunga matahari, *flax*, gandum, jagung, kanola, kedelai, padi, dan wortel. Vaksin yang diproduksi dalam tanaman PRG antara lain diabetes, kolera, *E. coli*, virus Norwalk, malaria, influenza, hepatitis B, HIV.

Gen yang diperoleh dengan jalan sintesis secara kimia juga berhasil ditransformasikan ke tanaman. Pada dasarnya gen yang ditransfer tersebut haruslah gen yang bermanfaat yang belum ada atau belum dipunyai oleh tanaman. Hal ini menggambarkan kekuatan dari rekayasa genetik dalam memperlebar lingkup atau kisaran transfer gen di luar jangkauan pemuliaan konvensional. Teknik rekayasa genetik dapat digunakan sebagai mitra dan pelengkap teknik pemuliaan tanaman yang sudah mapan dan telah digunakan dengan sukses selama bertahun-tahun.

Melalui teknologi rekayasa genetik terhadap suatu agen penyakit tanaman (patogen) yang difungsikan sebagai organisme antagonis, dapat digunakan untuk mengendalikan suatu penyakit tanaman yang sangat berbahaya bagi pohon *chestnut*, *Castanea*

*dentata* (Chen dan Nuss 1999). Patogen tersebut adalah cendawan *Cryphonectria parasitica* yang menyerang pohon *chestnut* dengan dahsyat sehingga berada diambang kepunahan. Cendawan *C. parasitica* direkayasa secara genetik dengan memasukkan gen *mycovirus* sehingga virulensinya menjadi sangat berkurang (*hypovulents*). *C. parasitica* PRG tersebut digunakan sebagai organisme antagonis terhadap *C. parasitica* tipe liar, sehingga penyakit tersebut dapat dikendalikan.

### TANAMAN PRG

Menurut James (2008) dari tahun 1996-2007 secara global, telah terjadi peningkatan luas areal penanaman tanaman PRG, yaitu dari 1,7 juta ha pada tahun 1996 menjadi 125,0 juta ha pada tahun 2008. Peningkatan areal penanaman tanaman PRG yang mencolok tersebut, merupakan indikasi kuat bahwa para petani di 25 negara baik negara maju maupun negara berkembang, diuntungkan dengan menanam tanaman PRG. Jumlah negara yang menanam tanaman PRG juga bertambah, dari enam negara pada tahun 1996 menjadi 25 negara pada tahun 2008. Dalam penanaman tanaman PRG, para petani telah memperhitungkan antara risiko dampak terhadap lingkungan dan kesehatan, serta manfaat dari tanaman PRG yang akan mereka peroleh. Dengan menanam tanaman PRG tahan serangga hama (TSH) mengakibatkan terjadinya pengurangan aplikasi insektisida dalam pengendalian serangga hama. Maka dengan berkurangnya aplikasi insektisida, ada dampak positif ke petani dan lingkungan. Dampak tersebut berupa pengurangan biaya produksi dan waktu dalam usaha pengendalian serangga hama sehingga petani dapat meluangkan waktu untuk pekerjaan lain yang mendatangkan penghasilan tambahan, serta pengurangan kemungkinan kontak dengan pestisida. Dengan melihat berbagai dampak positif tersebut, maka dalam sub bab tanaman PRG, akan dibahas hal-hal yang menyangkut manfaat dari segi sosial ekonomi dan kesehatan manusia, serta lingkungan.

### Sosial Ekonomi

Menurut Teng (2001) melalui nara sumber Traxler dan Falck-Zepada, pada tahun 1996 dengan menanam jagung tahan serangga hama (TSH) yang mengandung gen Bt, petani Amerika Serikat mendapat keuntungan US\$ 141 juta (59%) dari total keuntungan sebesar US\$ 240 juta, sedangkan Perusahaan Benih memperoleh US\$ 13 juta (5%) dan US\$ 50 juta atau 21% untuk Penemu Teknologi. Menurut nara sumber Falck-Zepada, Traxler dan Nelson dari *Economic Research Service*, pada tahun 1997 petani kedelai toleran herbisida (TH) diuntungkan US\$ 796 juta dari total keuntungan US\$ 1,061 miliar, dibandingkan dengan Perusahaan Benih yang hanya memperoleh US\$ 42 juta (3%) dan Penemu Teknologi US\$ 74 juta atau 7% (Teng 2001). James (1998) memperkirakan tambahan keuntungan petani di Amerika Serikat dan Kanada dari penanaman tanaman PRG mencapai US\$ 164 juta pada tahun 1996 dan US\$ 419 juta tahun 1997. Dari



jumlah tersebut sebagian besar keuntungan berasal dari penanaman kapas tahan serangga hama (TSH), yaitu US\$ 128 juta di tahun 1996 dan US\$ 133 juta tahun 1997.

Menurut James (2008) penghasilan petani di berbagai negara sebagai hasil menanam tanaman PRG sangat bervariasi tergantung dari apa dan berapa jenis tanaman PRG yang ditanam, serta berapa lama petani menanamnya. Berikut, akan disampaikan beberapa contoh petani di berbagai negara seperti di Afrika Selatan, petani tanaman PRG pada kurun waktu 1998-2007 telah memperoleh keuntungan US\$ 383 juta dari hasil menanam kapas TSH, kapas TH, jagung TSH, jagung TH, dan kedelai TH (James 2008). Di Argentina, petani memperoleh penghasilan nasional sebesar US\$ 6,6 miliar dengan menanam tanaman PRG (kedelai TH, kapas TSH, dan jagung TSH) dari tahun 1996-2006. Dari kedelai TH, keuntungan yang diperoleh petani dari tahun 1996-2005 adalah US\$ 15,3 miliar, US\$ 2,6 miliar untuk pemerintah Argentina, dan US\$ 1,8 miliar untuk pengembang teknologi (James 2008). Amerika Serikat yang mulai menanam tanaman PRG sejak tahun 1996 sampai tahun 2007 telah memperoleh US\$ 20 miliar dengan menanam 10 jenis tanaman PRG seperti kedelai TH, jagung TSH, jagung TH, kapas TSH, kapas TH, kanola TH, Alfalfa TH, kentang TSH, pepaya tahan virus patogen (TVP), dan labu TVP (James 2008). Sedangkan di Australia, dari tahun 1996-2007, petani memperoleh penghasilan sebesar US\$ 196 juta dari kapas TSH, kapas TH, kanola TH, dan bunga *Carnation*. Petani Brazil dengan menanam kedelai TH dan kapas TSH dari tahun 2003-2007 memperoleh penghasilan US\$ 2,9 miliar. Petani Cina memperoleh penghasilan US\$ 6,7 miliar dari tahun 1999-2007 dengan menanam kapas TSH, *poplar* TSH mengandung gen Bt, *sweet pepper* TVP, bunga petunia, dan pepaya TVP (James 2008). Petani Filipina mulai menanam jagung TSH sejak tahun 2003, sampai tahun 2007 telah memperoleh penghasilan US\$ 66 juta dari jagung TSH dan jagung TSH/TH. Penghasilan yang diperoleh petani India dengan menanam kapas TSH dari tahun 2002-2007, sebesar US\$ 3,2 miliar. Petani Jerman yang menanam jagung TSH memperoleh penghasilan US\$ 8,25 juta/tahun. Seperti halnya AS dan Argentina, petani Kanada yang sudah menanam tanaman PRG sejak tahun 1996, telah memperoleh penghasilan sampai tahun 2007 sebesar US\$ 2,0 miliar dari tanaman PRG seperti kanola TH, kedelai TH, jagung TSH dan jagung TH (James 2008). Petani Kolumbia memperoleh US\$ 11 juta sejak tahun 2002-2007 dari kapas TSH. Sedangkan petani Meksiko dengan menanam kapas TSH dan kedelai TH dari 1996-2007 memperoleh US\$ 88 juta. Di Paraguay, petani memperoleh penghasilan sebesar US\$ 459 juta dari kedelai TH sejak tahun 2004 sampai 2007 (James 2008). Petani jagung TSH di Perancis memperoleh US\$ 15-20 juta/tahun. Sedangkan petani di Portugal memperoleh US\$ 2,25 juta/tahun dari menanam jagung TSH. Republik Czech memperoleh US\$ 3 juta/tahun dari jagung TSH. Dalam kurun waktu 2001-2006 petani Rumania memperoleh US\$ 93 juta untuk kedelai TH. Slovakia memperoleh US\$ 4,5-10 juta/tahun dari jagung TSH. Petani jagung TSH di Spanyol memperoleh US\$ 60 juta dari 1998-2007. Petani Uruguay dari tahun 2000-2007 memperoleh penghasilan US\$ 445 juta dari kedelai TH dan jagung TSH (James 2008). Keuntungan petani hasil dari menanam

## MANFAAT REKAYASA GENETIK

tanaman PRG di berbagai negara pada tahun 2007 diuraikan dengan lengkap dalam Tabel 1.

Dengan melihat informasi tersebut di atas, petani tanaman PRG telah memperoleh keuntungan yang begitu besar sejak mereka mulai menanam tanaman PRG. Sebagai konsekuensi logis, telah terjadi peningkatan luas areal penanaman tanaman PRG berdasarkan jenis dan sifat tanaman PRG. Sebagai contoh, areal tanaman PRG TH seperti kedelai TH, jagung TH, kapas TH, kanola TH, dan alfalfa TH meningkat terus sejak tahun mulai penanaman sampai tahun 2008 (Tabel 2). Peningkatan areal tanaman TH yang paling menonjol terjadi pada kedelai TH. Pada tahun 1996 luas kedelai TH secara global hanya 0,5 juta ha kemudian meningkat menjadi 65,8 juta ha pada tahun 2008 (Tabel 2). Demikian pula dengan tanaman PRG TSH seperti jagung TSH dan kapas TSH, serta *stacked genes* dengan TH, areal penanamannya juga meningkat terus sampai tahun 2008 (Tabel 3). Kapas TSH yang pada tahun 1996 luasnya hanya 0,8 juta ha, menjadi 11,9 juta ha pada tahun 2008 (Tabel 3). Tanaman PRG dengan *stacked genes* TSH dan TH pa-

**Tabel 1.** Keuntungan petani di berbagai negara dengan menanam tanaman PRG pada tahun 2007.

Negara	Jenis tanaman PRG	Luas areal tanaman PRG tahun 2007 (juta ha)	Keuntungan tahun 2007 (US\$)
<b>Afrika</b>			
• Afrika Selatan	Kapas Bt, kapas Bt/TH, kapas TH, kedelai TH, jagung Bt, jagung Bt/TH, jagung TH	1,8	227 juta
<b>Amerika Utara</b>			
• Amerika Serikat	Kedelai TH, jagung Bt, jagung Bt/TH, jagung TH, kapas Bt, kapas Bt/TH, kapas TH, bit gulaTH, alfalfa TH, kanola TH, labu TVP, pepaya TVP, kentang Bt/TH.	57,7	3,8 miliar
• Kanada	Kanola TH, kedelai TH, jagung Bt, jagung Bt/TH, jagung TH, bit gulaTH	7,0	0,5 miliar
<b>Amerika Selatan/Latin</b>			
• Argentina	Kedelai TH, Kapas Bt/TH, jagung Bt, jagung Bt/TH, jagung TH	19,1	1,7 miliar
• Brazil	Kedelai TH, kapas Bt, jagung Bt	15,0	0,8 miliar
• Kolumbia	Jagung Bt, jagung Bt/TH, jagung TH	<0,1	3 juta
• Meksiko	Kapas Bt, kedelai TH	0,1	18 juta
• Paraguay	Kedelai TH	2,6	102 juta
• Uruguay	Kedelai TH, jagung Bt	0,5	148 juta
<b>Australia dan Asia</b>			
• Australia	Kapas Bt, kapas Bt/TH, kapas TH, kanola TH	0,1	12 juta
• Cina	Kapas Bt, poplar Bt, tomat PK, tomat TVP, cabai TVP, pepaya TVP	3,8	0,9 miliar
• Filipina	Jagung Bt, jagung Bt/TH, jagung TH	0,3	45 juta
• India	Kapas Bt	6,2	2,0 miliar
<b>Eropa</b>			
• Spanyol	Jagung Bt	0,1	21 juta

Modifikasi James (2008).

## MANFAAT REKAYASA GENETIK

da jagung mulai ditanam pada tahun 2000 dengan luas 1,4 juta ha. Luas tersebut meningkat terus hingga mencapai 24,5 juta ha pada tahun 2008 (Tabel 3).

Hasil studi dari Brookes dan Barfoot (2008) menginformasikan bahwa secara global keuntungan petani dengan menanam tanaman PRG dari tahun 1996-2006 adalah US\$ 17.455 juta untuk kedelai TH, US\$ 1.110 juta untuk jagung TH, US\$ 814 juta untuk kapas TH, US\$ 1.096 juta untuk kanola TH, US\$ 3.634 juta untuk jagung TSH, dan US\$ 9.567 juta untuk kapas TSH. Keuntungan petani secara nasional yang diperoleh dari menanam tanaman PRG di berbagai negara dari tahun 1996-2006, secara rinci ditampilkan dalam Tabel 4. Pepaya PRG tahan PRSV (*Papaya Ring Spot Virus*) ditanam di Hawaii, Amerika Serikat sejak tahun 1999. Keuntungan bersih yang diperoleh petani US\$ 3.032-11.412 per ha (Brookes dan Barfoot 2006). Keuntungan akumulatif sejak 1999-2006 adalah US\$ 23,1 juta (Brookes dan Barfoot 2008). Selain pepaya TVP, petani Amerika Serikat juga menanam labu TVP sejak tahun 1998. Hasil studi Brookes dan Barfoot (2008), menunjukkan bahwa pada tahun 2006 labu TVP ditanam seluas 2.840 ha dengan keuntungan US\$ 25 juta. Keuntungan akumulatif yang diperoleh petani labu sejak 2003-2006 adalah US\$ 70 juta (Brookes dan Barfoot 2008).

Selain studi yang dilakukan oleh Brookes dan Barfoot (2006), ada studi-studi lain yang dilakukan oleh beberapa peneliti tentang manfaat tanaman PRG dari segi sosial ekonomi di berbagai negara. Keuntungan ekonomi nasional Amerika Serikat bagi petani kapas adalah US\$ 142 juta pada tahun 1996 (Falck-Zepeda *et al.* 2000a), US\$ 80 juta

**Tabel 2.** Luas areal pertanaman PRG toleran herbisida secara global dari 1996-2008.

Sifat tanaman PRG	Luas areal tanaman TH (juta ha) per tahun												
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Kedelai TH	0,5	5,1	14,5	21,6	25,8	33,3	36,5	41,4	48,4	54,4	58,6	58,6	65,8
Kanola TH	0,1	1,2	2,4	3,5	2,8	2,7	3,0	3,6	4,3	4,6	4,8	5,5	5,9
Kapas TH	<0,1	0,4	-	1,6	2,1	2,5	2,2	1,5	1,5	1,3	1,4	1,1	1,0
Jagung TH	-	0,2	1,7	1,5	2,1	2,1	2,5	3,2	4,3	3,4	5,0	7,0	5,7
Alfalfa TH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,1	<0,1	<0,1	0,1
Bit Gula TH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3

TH = toleran herbisida (Modifikasi James 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008).

**Tabel 3.** Luas areal tanaman PRG tahan serangga hama dan *stacked genes* secara global dari 1996-2008.

Sifat tanaman PRG	Luas areal tanaman TH (juta ha) per tahun												
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Jagung TSH	0,3	3,0	6,7	7,5	6,8	5,9	7,7	9,1	11,2	11,3	11,1	9,3	7,1
Jagung TSH/TH	0	0	0	0	1,4	1,8	2,2	3,2	3,8	6,5	9,0	18,8	24,5
Kapas TSH	0,8	1,1	1,4	1,3	1,5	1,9	2,4	3,1	4,3	4,9	8,0	10,8	11,9
Kapas TSH/TH	0,0	<0,1	0,1	0,8	1,7	2,4	2,2	2,6	3,0	3,6	4,1	3,2	2,6

TSH = tahan serangga hama mengandung gen Bt, Bt = *Bacillus thuringiensis*, TSH/TH = *stacked genes* dengan toleran herbisida (Modifikasi James 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008).

## MANFAAT REKAYASA GENETIK

**Tabel 4.** Keuntungan petani secara nasional di berbagai negara dari penanaman tanaman PRG dari tahun 1996-2006.

Tanaman PRG/negara	Tahun tanam	Luas areal tanaman PRG tahun 2006 (ha)	Keuntungan petani tahun 2006 (juta US\$)	Keuntungan akumulatif petani sejak mulai tanam (juta US\$)
<b>Kedelai TH</b>				
Afrika Selatan	2001	160.000	0,78	3
Argentina	1996	15,8 juta	492	6.250
Amerika Serikat	1996	28 juta	1.216,2	8.730
Brazil	2003	11,5 juta	544,1	1.912
Kanada	1997	750.000	17,99	87
Paraguay	2004	2 juta	49,7	349
Rumania	1999	130.000	28,62	92,7
Uruguay	2000	420.000	8,79	27,27
Meksiko	2004	7.000	1,21	5
<b>Kanola TH</b>				
Amerika Serikat	1999	422.000	22,5	128
Kanada	1996	4,50 juta	204,11	968
<b>Kapas TH</b>				
Amerika Serikat	1997	1,06 juta	12	779
<b>Jagung TH</b>				
Afrika Selatan	2003	269.000	1,67	2,48
Argentina	2004	217.000	18,4	22,1
Amerika Serikat	1997	2,87 juta	268	1.050
Filipina	2006	50.000	1,5	1,5
Kanada	1999	200.000	6,7	32,4
<b>Kapas TSH</b>				
Afrika Selatan	1998	9.600	3,7	17,7
Argentina	1998	90.000	32,5	107
Amerika Serikat	1996	4,24 juta	412	2.060
Australia	1996	150.000	22,5	179
Cina	1999	5,6 juta	816,6	5.820
India	2002	3,8 juta	840	1.290
Kolumbia	2002	13.380	0,9	5,2
Meksiko	1996	54.554	6,9	60
<b>Jagung TSH</b>				
Afrika Selatan	2000	943.000	64	132
Argentina	1998	1,7 juta	59	193
Amerika Serikat	1996	12,9 juta	707,23	2.760
Filipina	2003	125.000	10,3	16,4
Kanada	1996	650.000	31,6	143,6
Spanyol	1998	54.000	11	39,4

Modifikasi James (2006), Brookes dan Barfoot (2008).

pada tahun 1997 (Falck-Zepeda *et al.* 2000b), dan pada tahun 1998 dan 1999 masing-masing adalah US\$ 92 juta dan US\$ 99 juta (Carpenter dan Gianessi 2001).

Peningkatan hasil kapas di Afrika Selatan mencapai 27-48% dengan keuntungan rata-rata yang diperoleh petani US\$ 50 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

an aplikasi pestisida, dan keuntungan rata-rata mencapai US\$ 50 per ha (Ismael *et al.* 2002b).

Keuntungan yang diperoleh petani kapas Bt di Argentina adalah US\$ 65,05 per ha (Elena 2001). Peningkatan area pertanaman kapas terjadi pada tahun 1999, menjadi 10.000 ha dengan keuntungan ekonomi nasional sebesar US\$ 1 juta (Elena 2001).

Di India, penggunaan kapas Bt telah menurunkan penggunaan insektisida sampai 80%. Dibandingkan dengan kapas non Bt, petani kapas Bt dapat memperoleh keuntungan US\$ 93,4 per are pada tahun 1998/99 dan US\$ 41 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 cekaman lingkungan yang tinggi (Naik 2001).

Keuntungan yang paling besar dari penanaman kapas Bt di Cina adalah pengurangan biaya pembelian insektisida. Dalam tahun 1996, petani kapas di Provinsi Hebei dan Shandong dapat mengurangi biaya pembelian insektisida masing-masing 69% dan 27% (Pray *et al.* 2001). Pengurangan terjadi pada frekuensi aplikasi insektisida dari 12-30 kali menjadi 3-4 kali (Pray *et al.* 2001). Hal tersebut menghemat biaya sampai US\$ 144 per ha (Pray *et al.* 2001).

Menurut James (2007), pada tahun 2006 peningkatan hasil yang diperoleh petani kapas Bt di India dan Cina masing-masing mencapai 50% dan 10%, serta menurunkan aplikasi insektisida sampai 50% (James 2007). Di India, petani memperoleh penghasilan per ha sampai US\$ 250 atau lebih. Secara nasional, petani India dapat menghasilkan US\$ 840 juta sampai US\$ 1,7 miliar pada tahun 2006 (James 2007). Petani Cina juga memperoleh penghasilan yang mirip dengan petani India. Petani kapas memperoleh penghasilan rata-rata US\$ 220 per ha, atau secara nasional memperoleh lebih dari US\$ 800 juta (James 2007).

Selain petani di negara-negara tersebut, petani kapas Indonesia juga menanam kapas Bt. Kapas Bt telah diberi izin oleh Menteri Pertanian untuk dilepas secara terbatas di Sulawesi Selatan pada tahun 2001-2003 (lihat Bab V tentang Pengaturan Keamanan Hayati di Indonesia). Petani kapas Sulawesi Selatan telah memperoleh manfaat dan keuntungan dari menanam kapas Bt. Penanaman kapas Bt dapat mengurangi frekuensi penyemprotan insektisida dari 8 kali menjadi 1-3 kali selama musim tanam (Adiwilaga 2001). Di samping itu, kapas TSH menghasilkan kapas rata-rata 1,12-3,1 ton per ha dibandingkan 0,53-1,67 ton kapas per ha pada kapas galur isogeniknya (non PRG) (Adiwilaga 2001). Pengkajian sosial ekonomi terhadap kapas TSH yang ditanam di Sulawesi Selatan dilakukan pada tahun 2001-2002 (Lokollo *et al.* 2001, Siregar dan Kolopaking 2002). Keuntungan bersih petani kapas TSH berkisar antara Rp 3,1-5,6 juta per ha dibandingkan hanya Rp 600.000 per ha pada kapas non PRG (Lokollo *et al.* 2001). Selain itu petani kapas yang tergabung dalam Asosiasi Petani Kapas Indonesia meminta agar penanaman kapas TSH tetap dilanjutkan dalam musim tanam 2002. Hasil studi

tahun 2002 menunjukkan bahwa 95,79% petani di lokasi kajian berkeinginan menanam kembali kapas TSH pada musim tanam berikutnya karena rata-rata keuntungan petani kapas TSH Rp 1.386.706 per ha dibandingkan hanya Rp 756.299 per ha pada kapas non PRG (Siregar dan Kolopaking 2002).

Selain studi sosial ekonomi terhadap kapas Bt, juga telah dilakukan studi terhadap jagung Bt. Di Filipina, jagung Bt dapat menghasilkan 6 ton per ha, produktivitas meningkat sampai 90%. Dengan hasil sebesar itu, pendapatan petani dapat mencapai US\$ 300-600 per ha (Acosta 2007). Keuntungan petani Filipina dari hasil menanam jagung PRG, khususnya jagung Bt, dari tahun 2003-2005 adalah US\$ 8 juta (James 2006). Sedangkan di AS, keuntungan yang diperoleh petani AS dengan menanam jagung Bt pada tahun 1996 adalah US\$ 12 juta (James 2000). Pada tahun 1997, luas areal jagung Bt menjadi 3 juta ha dengan keuntungan petani sebesar US\$ 89 juta (Carpenter dan Gianessi 2001).

Adiyoga (2006) melakukan studi *ex ante* di Indonesia pada tanaman kentang PRG tahan *P. infestans*. Kentang PRG tersebut dirakit di Amerika Serikat dan di Indonesia (dijelaskan dengan lengkap dalam Bab III Buku Volume 1). Hasil studi menginformasikan bahwa dalam mengendalikan *P. infestans* petani menyemprot fungisida antara 20-30 kali per musim tanam. Informasi lain yang diperoleh apabila petani menggunakan kentang varietas tahan terhadap *P. infestans*, maka petani menyemprot fungisida hanya 6-12 kali sehingga dapat menghemat biaya penyemprotan antara Rp 4.097.625 (50%) sampai Rp 6.556.200 (80%).

Studi *ex ante* lain di Indonesia dilakukan oleh Saragih (2008) pada jagung PRG. Hasil studi Saragih (2008) menunjukkan bahwa dengan menggunakan jagung PRG, petani diperkirakan akan memperoleh hasil Rp 5.600.000 sampai Rp 9.400.000 per ha dibandingkan dengan hanya Rp 4.600.000 sampai Rp 6.400.000 untuk jagung hibrida non PRG. Studi tersebut juga menunjukkan bahwa petani lebih berminat menggunakan jagung TH dibandingkan dengan jagung TSH dan jagung dengan *stacked genes* TH/TSH, yaitu dengan persentase 94, 87, dan 86%. Masih menurut studi Saragih (2008), tiga komoditas tersebut (jagung TH, jagung TSH, dan jagung TH/TSH) masih mempunyai peluang komersialisasi di Indonesia lebih besar dibandingkan dengan padi Bt (TSH), kentang PRG tahan *P. infestans*, tomat TVP, dan kedelai TH.

### **Kesehatan Manusia dan Lingkungan**

Selain dari segi sosial ekonomi, manfaat tanaman PRG dapat dilihat dari segi kesehatan manusia dan lingkungan. Dengan menggunakan tanaman PRG tahan serangga hama (misalnya mengandung gen Bt) atau tahan penyakit virus (mengandung gen *coat protein*), menyebabkan terjadinya pengurangan aplikasi pestisida untuk mengendalikan serangga hama dan vektor. Pengurangan aplikasi pestisida menimbulkan dampak positif baik ke kesehatan manusia maupun ke lingkungan.

**1. Kesehatan manusia**

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mempelajari dampak langsung atau tidak langsung dari tanaman PRG terhadap kesehatan manusia. Dalam subbab ini dijelaskan manfaat tanaman PRG TSH khususnya jagung Bt dan kapas Bt terhadap kesehatan manusia.

a. Jagung Bt

Manfaat jagung Bt bagi petani tidak hanya tanaman tahan terhadap serangga hama target dan menurunkan pemakaian insektisida, tetapi juga dapat menurunkan tingkat kontaminasi *mycotoxins* akibat serangan cendawan *Fusarium* (Munkvold dan Desjardins 1997). *Mycotoxins* beracun dan *carcinogenic* terhadap hewan dan manusia (Wu 2006). Dua *mycotoxin* yang terpenting pada jagung adalah *fumonisin* dan *aflatoxin*. *Fumonisin* diproduksi oleh cendawan patogen *Fusarium verticillioides*, *F. moniliforme*, dan *F. proliferatum* (Munkvold *et al.* 1997, Wu 2006). Spesies *Fusarium* yang menyerang tongkol jagung di negara bagian Iowa, Amerika Serikat adalah *F. graminearum* Schwabe, *F. moniliforme* J. Sheld, *F. proliferatum* (T. Matsushima) Nirenberg, dan *F. subglutinans* (Wollenweb and Reinking) P.E. Nelson, T.A. Toussoun, and Marasas (Munkvold dan Stahr 1994).

Kerusakan tongkol jagung akibat serangan serangga hama adalah salah satu faktor yang mengawali terjadinya kontaminasi *mycotoxin*, sebab serangan serangga hama menggerek dan membuat lubang pada tongkol jagung yang mendorong kolonisasi *mycelia* cendawan. Serangga sendiri bertindak sebagai vektor dari spora cendawan (Munkvold dan Hellmich 1999). Hasil dari Sobek dan Munkvold (1999) menunjukkan bahwa kandungan *mycotoxins* dalam hal ini *fumonisin* lebih rendah pada jagung Bt dibandingkan dengan jagung non Bt. Hal tersebut disebabkan karena tingkat infestasi serangan *F. moniliformae* pada jagung Bt jauh lebih rendah dibandingkan dengan jagung non Bt (Sobek dan Munkvold 1999).

Berbagai *event* jagung Bt (Tabel 5) digunakan dalam penelitian Munkvold dan Hellmich (2000) untuk mempelajari dampak jagung Bt terhadap pengurangan infestasi *Fusarium* dan penurunan kandungan *fumonisin* dalam biji jagung akibat serangan penggerek jagung Eropa (*O. nubilalis*) pada tahun 1997 dan 1998. Tongkol jagung non Bt

**Tabel 5.** Berbagai *event* jagung Bt yang digunakan dalam percobaan penggunaan infestasi *Fusarium* dan kandungan *fumonisin* pada tahun 1997-1998.

<i>Event</i>	Nama dagang	Protein <i>cry</i>	Promoter	Ekspresi
176	<i>KnockOut, NatureGard</i>	<i>cry1A(b)</i>	PEPC + pollen	Jaringan warna hijau + serbuk sari
BT11	<i>Yieldgard</i>	<i>cry1A(b)</i>	CaMV 35S	Semua jaringan
CBH351	<i>StarLink</i>	<i>cry9C</i>	CaMV 35S	Semua jaringan
DBT418	<i>BTXtra</i>	<i>cry1A(c)</i>	CaMV 35S	Semua jaringan
MON810	<i>Yieldgard</i>	<i>cry1A(b)</i>	CaMV 35S	Semua jaringan

Diadopsi dari Munkvold dan Hellmich (2000).

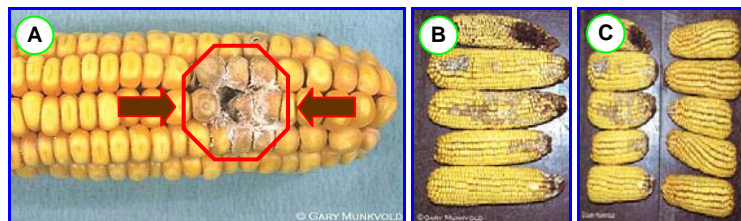
yang terserang *O. nubilalis* menyebabkan terjadinya lubang gerekan pada tongkol dan pada lubang tersebut diserang oleh penyakit busuk tongkol (*Fusarium* sp.) (Gambar 2A). Perbandingan tingkat serangan *O. nubilalis* dan *Fusarium* sp. pada jagung Bt dan jagung non Bt jelas sekali perbedaannya. Jagung non Bt terserang hebat, sedangkan serangan ringan dan hampir tidak terlihat dijumpai pada jagung Bt (Gambar 2B dan 2C).

Hasil penelitian tahun 1997 mengenai serangan *Fusarium* sp. dengan menggunakan infestasi *O. nubilalis* secara alamiah, menunjukkan bahwa terjadi perbedaan yang nyata antara infeksi *Fusarium* sp. pada jagung Bt (*event* CBH531, BT11, dan MON810) dengan non Bt (Gambar 3A). Sedangkan pada perlakuan dengan infestasi *O. nubilalis* secara buatan, menunjukkan adanya beda nyata antara infeksi *Fusarium* sp. pada jagung Bt (*event* CBH531, 176, BT11, dan MON810) (Gambar 3B). Hasil penelitian penurunan kandungan *fumonisin* pada perlakuan infestasi alamiah, menunjukkan bahwa kandungan *fumonisin* dalam tongkol jagung Bt (*event* BT11 dan MON810) jauh lebih rendah dan berbeda nyata dengan jagung non Bt (Gambar 3C). Sedangkan pada perlakuan dengan infestasi *O. nubilalis* secara buatan, menunjukkan bahwa kandungan *fumonisin* dalam tongkol jagung Bt (*event* CBH531, BT11, dan MON810) jauh lebih rendah dan berbeda nyata dengan jagung non Bt (Gambar 3D).

Percobaan tahun 1998 menunjukkan hasil serupa dan mirip dengan hasil pada tahun 1997 bahwa terjadi pengurangan infeksi penyakit busuk tongkol dan penurunan kandungan *fumonisin* dalam tongkol jagung Bt dibandingkan dengan jagung non Bt. *Event* jagung Bt yang berdampak positif pada penurunan kandungan *fumonisin* adalah BT11 dan MON810 baik pada perlakuan infestasi secara alamiah maupun buatan (Gambar 4A, 4B, 4C, dan 4D). Dari hasil beberapa penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa jagung Bt dapat dimanfaatkan untuk mengurangi kontaminasi *fumonisin* pada jagung sehingga akan berdampak positif bagi kesehatan manusia dan hewan.

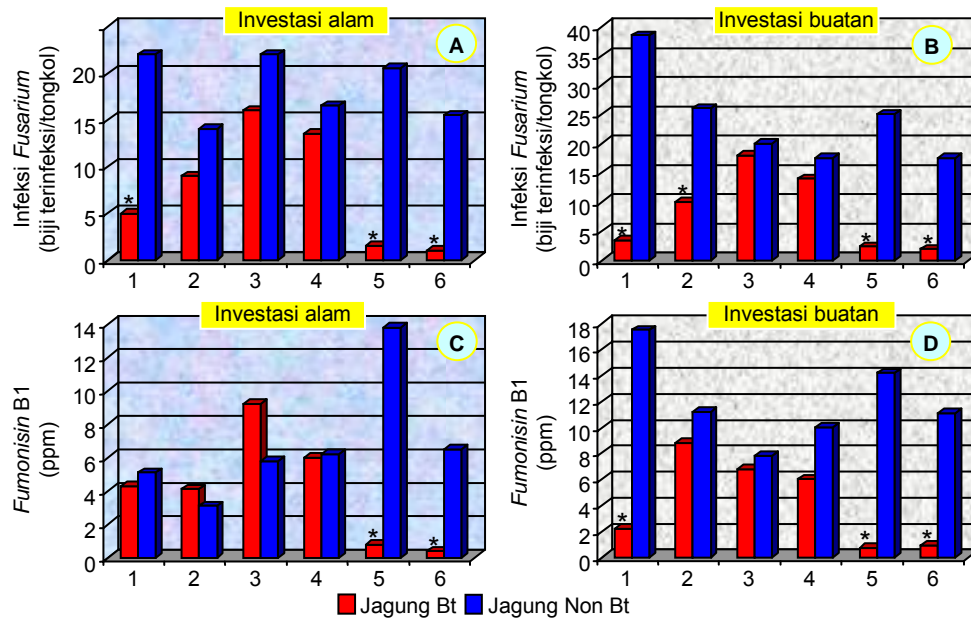
#### b. Kapas Bt

Manfaat utama dari penanaman kapas Bt adalah terjadinya pengurangan aplikasi insektisida sampai 50%, sehingga residu insektisida di lingkungan berkurang drastis. Dengan berkurangnya penggunaan insektisida oleh petani, mengakibatkan pengurangan



**Gambar 2.** Serangan penyakit busuk tongkol (*Fusarium* sp.) pada lubang gerekan (panah coklat) hama penggerek jagung (*Ostrinia nubilalis*) pada jagung non Bt (A dan B) dan sedikit serangan pada jagung Bt (C) (Diadopsi dari Munkvold dan Hellmich 2000).





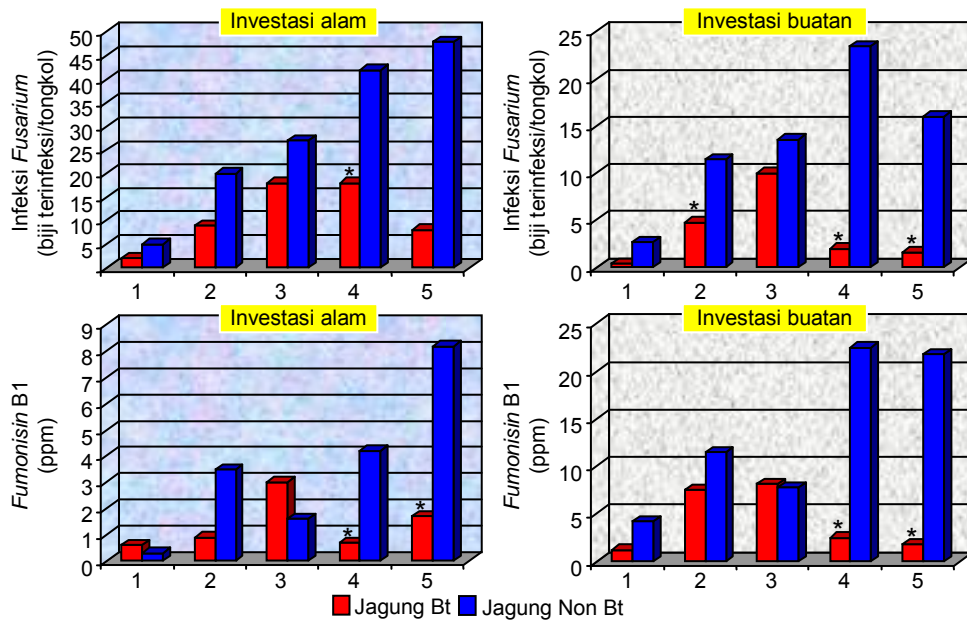
**Gambar 3.** Beda nyata (\*) pengurangan infeksi *Fusarium* sp. (A dan C) dan kandungan *fumonisin* (B dan D) pada jagung Bt (1 = CBH531, 2 = 176, 3 = DBT418, 4 = 176, 5 = BT11, 6 = MON810) dibandingkan dengan jagung non Bt dengan infestasi alam dan buatan tahun 1997 (Diadopsi dari Munkvold dan Hellmich 2000).

kasus keracunan insektisida pada petani kapas, khususnya di Cina dan Afrika Selatan (James 2002). Dengan menanam kapas Bt, petani Afrika Selatan telah mengurangi penggunaan insektisida. Dengan menurunnya penggunaan insektisida kelompok *organophosphates*, menurun pula tingkat kasus keracunan insektisida pada petani sampai 15% (Ismael *et al.* 2002a).

Di Cina, pengurangan insektisida jenis *organophosphate* dan *organochlorine* mencapai 80% pada pertanaman kapas Bt. Data tentang petani kapas yang keracunan insektisida dilaporkan sebagai berikut: 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).

## 2. Lingkungan

Penanaman tanaman PRG baik tanaman TH maupun TSH mengakibatkan terjadinya pengurangan aplikasi pestisida baik di negara maju maupun negara berkembang. Dampak pengurangan aplikasi pestisida akibat pemanfaatan tanaman PRG ke lingkungan adalah berkurangnya pengaruh yang mengakibatkan serangga hama menjadi tahan terhadap insektisida dan terjadinya resurgensi. Selain itu, berkurang pula pengaruh mematikan terhadap serangga berguna seperti predator dan parasit sehingga populasi mu-



**Gambar 4.** Beda nyata (\*) pengurangan infeksi *Fusarium* sp. (A dan C) dan kandungan fumonisin (B dan D) pada jagung Bt (1 = CBH531, 2 = 176, 3 = DBT418, 4 = BT11, 5 = MON810) dibandingkan dengan jagung non Bt dengan infestasi alam dan buatan tahun 1998 (Diadopsi dari Munkvold dan Hellmich 2000).

suh alami tersebut tetap terpelihara. Dengan terpeliharanya musuh alami akan meningkatkan pengendalian hayati secara alami. Brown (1999) melaporkan bahwa telah terjadi peningkatan populasi burung-burung langka sampai 25% di daerah peladangan tanaman PRG. Hal ini diduga diakibatkan oleh pengurangan aplikasi pestisida yang cukup besar.

Sebelum ada kapas Bt, petani kapas Amerika Serikat menggunakan insektisida untuk mengendalikan tiga serangga hama utama tersebut, sehingga terjadi ketahanan 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). 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). Di samping itu ada manfaat lain, yaitu telah terjadi peningkatan jumlah katak sampai 23% di daerah pertanaman kapas Bt di Afrika Selatan.

Di Amerika Serikat, dengan adanya penanaman kedelai TH sejak tahun 1996, telah terjadi penurunan aplikasi herbisida secara nasional. Penurunan tersebut diekspresikan dalam bentuk penurunan penggunaan bahan aktif atau *active ingredient* (ai) herbisida. Menurut Brookes dan Barfoot (2006), pada areal pertanaman kedelai TH terjadi penu-

runan besarnya ai dari tahun 1997-2005. Penurunan ai herbisida tersebut berturut-turut adalah 535.500, 1.428.000, 2.100.000, 2.279.189, 2.855.048, 3.101.700, 3.368.652, 3.602.725, dan 3.762.040 kg (Brookes dan Barfoot 2006). Demikian pula, terjadi penurunan jumlah ai herbisida di Kanada akibat penanaman kedelai TH, tahun 1999-2005 adalah sebagai berikut: 3.244, 3.428, 5.181, 7.030, 8.436, 10.705, dan 11.400 kg (Brookes dan Barfoot 2006). Masih menurut Brookes dan Barfoot (2006) penurunan aplikasi herbisida juga terjadi di Brazil setelah petani menanam kedelai TH sejak tahun 2003. Penurunan besarnya ai tersebut dari tahun 2003-2005 adalah 670.000, 1.116.667, dan 2.010.000 kg. Makin luas areal pertanaman kedelai TH, makin menurun pula jumlah ai herbisida yang digunakan oleh petani di tiga negara tersebut.

#### 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. 2001.** Pengembangan dan pemanfaatan tanaman pertanian transgenik dalam membantu efisiensi pengendalian gulma. Seminar Nasional Kontribusi Bioteknologi dalam Pengelolaan Gulma. Himpunan Ilmu Gulma Indonesia. Bogor, 4 April 2001.
- Adiyoga, W. 2006.** An *ex-ante* assessment of potential benefits for adopting transgenic late blight resistant potatoes in Indonesia. In Adiyoga, W., M. Ameriana, S.R. Francisco, C.B.C. Mamaril, J.M. Yorobe Jr., and G.W. Norton (Eds.). Projected Impacts of Biotechnology Products in Indonesia and Philippines. Cornell University, ABSPII-USAID, ISAAA. September 2006. p. 18-47.
- AgBios. 2001.** *Dianthus caryophyllus* (Carnation) (4, 11, 15, 16). AgBios GM Database. Last modified on Monday, September 03, 2001. Available at <http://www.agbios.com/dbase.php?action>ShowProd&data=4%2C+11%2C+15%2C+16>.
- Aluru, M., Y. Xu, R. Guo, Z. Wang, S. Li, W White, K. Wang, and S. Rodermel. 2008.** Generation of transgenic maize with enhanced provitamin A content. *J. Exp. Bot.*:1-12.
- Aziz, M.A., D. Sikriwal, S. Singh, S. Jarugula, P. A. Kumar, and R. Bhatnagar. 2005.** Transformation of an edible crop with the pagA gene of *Bacillus anthracis*. *FASEB J.* 19:1501-1503.
- Baga, M., A. Repellin, T. Demeke, K. Caswell, N. Leung, R.N. Chibbar, El-Sayed Abdel-Aal, and P. Hucl. 1999.** Wheat starch modification through biotechnology. *Starch* 51(4):111-116.
- Bio-Medicine (BM). 2005.** Producing vaccines from genetically modified crops. 29 June 2005. Available at <http://www.bio-medicine.org/medicine-news/Producing-Vaccines-from-genetically-modified-crops--3793-1/>.
- Brookes, G. and P. Barfoot. 2006.** GM crops: The first ten years-global socio economic and environment impacts. PG Economics Ltd. UK. October, 2006.
- Brookes, G. and P. Barfoot. 2008.** GM crops: Global socio economic and environment impacts. 1996-2006. PG Economics Ltd. UK. June 2008.
- Brown, D. 1999.** GM crops sustain rare birds. *Asia Biotech Bulletin.* June 1999. 10 p.

- Butelli, E., L. Titta, M. Giorgio, H.P. Mock, A. Matros, S. Peterek, E.G.W.M. Schijlen, R.D. Hall, A.G. Bovy, J. Luo, and C. Martin. 2008.** Enrichment of tomato fruit with health-promoting anthocyanins by expression of select transcription factors. *Nature Biotechnology*, Published online: 26 October 2008. doi:10.1038/nbt.1506.
- Carpenter, J.E. and L.P. Gianessi. 2001.** Agricultural biotechnology: Updated benefit estimates. January 2001. National Center for Food and Agricultural Policy. Washington DC.
- Chen, B. and D.L. Nuss. 1999.** Infectious cDNA clone of hypovirulence CHV-Euro7: A comparative virology approach to investigate virus-mediated hypovirulence of the chesnut blight fungus *Cryphonectria parasitica*. *J. Virology* 73:985-992.
- Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO). 2005.** World's first blue rose. CSIRO Plant Industry Commercialisation Group Publication. Available at <http://www.csiro.au/files/files/p29z.pdf>.
- Elena, M.G. 2001.** Economic advantage of transgenic cotton in Argentina. Proceeding of the 2001 Beltwide Cotton Conference. Anaheim, California.
- 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. *Amer. J. Agric. Econ.* 16(1):21-32.
- Fulton, D.C., A. Edwards, E. Pilling, H.L. Robinson, B. Fahy, R. Seale, L. Kato, A.M. Donald, P. Geigenberger, C. Martin, and A.M. Smith. 2002.** Role of granule-bound starch synthase in determination of amylopectin structure and starch granule morphology in potato. *J. Biol. Chem.* 277(13):10834-10841.
- Guda, C., S.B. Lee, and H. Daniell. 2000.** Stable expression of a biodegradable protein-based polymer in tobacco chloroplasts. *Plant Cell Rep.* 19:257-262.
- Herman, M. 1996.** Rekayasa genetik untuk perbaikan tanaman. *Buletin AgroBio* 1(1): 24-34.
- Ismael, Y., R. Bennett, S. Morse, and T.J. Buthelezi. 2002a.** Bt cotton and pesticides. A case study of smallholder farmers in Makhathini Fltas South Africa. Paper Presented at the 6th International Conference 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 6<sup>th</sup> International Conference on Agricultural Biotechnology: New Avenue for Production, Consumption and Technology Transfer. Ravello, Italy. 2002.
- James, C. 1997.** Global status of transgenic crops in 1997. ISAAA Brief No. 5. ISAAA, Ithaca, New York.
- James, C. 1998.** Global review of commercialized transgenic crops: 1998. ISAAA Brief No. 8. ISAAA, Ithaca, New York.
- James, C. 1999.** Global review of commercialized transgenic crops: 1999. ISAAA Brief No. 12. ISAAA, Ithaca, New York.
- James, C. 2000.** Global review of commercialized transgenic crops: 2000. ISAAA Brief No. 16. ISAAA, Ithaca, New York.
- James, C. 2001.** Global review of commercialized transgenic crops: 2001. ISAAA Brief No. 24. ISAAA, Ithaca, New York.

- James, C. 2002.** Global review of commercialized transgenic crops: 2001. Feature: Bt Cotton. ISAAA Brief No. 26. ISAAA, Ithaca, New York.
- James, C. 2003.** Global review of commercialized transgenic crops: 2002. Feature: Bt Corn. ISAAA Brief No. 29. ISAAA, Ithaca, New York.
- James, C. 2004.** Global review of commercialized transgenic crops: 2004. ISAAA Brief No. 32. ISAAA, Ithaca, New York.
- James, C. 2005.** Global review of commercialized Biotech/GM crops: 2005. ISAAA Brief No. 34. ISAAA, Ithaca, New York.
- James, C. 2006.** Global review of commercialized Biotech/GM crops: 2006. ISAAA Brief No. 35. ISAAA, Ithaca, New York.
- James, C. 2007.** Global review of commercialized Biotech/GM crops: 2007. ISAAA Brief No. 37. ISAAA, Ithaca, New York.
- James, C. 2008.** Global review of commercialized Biotech/GM crops: 2008. ISAAA Brief No. 39. ISAAA, Ithaca, New York.
- Kimura, T.M. Otani, T. Noda, O. Ideta, T. Shimada, and A. Saito. 2004.** Absence of amylose in sweet potato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] following the introduction of granule-bound starch synthase I cDNA. *Plant Cell Rep.* 20(7):663-666.
- Lokollo, E.M., A. Syam, and A.K. Zakaria. 2001.** Kajian sosial ekonomi pengembangan kapas PRG di Sulawesi Selatan. Laporan Kajian Kapas Bt Subbidang Sosial Ekonomi. Makalah dipresentasikan dalam Diskusi Ilmiah tentang Evaluasi Pelepasan Terbatas Kapas Bt di Sulawesi Selatan. Hotel Salak, Bogor, 21 November 2001.
- Langridge, W.H.R. 2000.** Edible vaccines. *Scientific American* Ed. Sept. p. 48-53.
- Masani, A.M.Y., Parveez, G. K. Ahmad, and C.L. Cho. 2008.** Transgenic Plants Producing Polyhydroxyalkanoates. *Asia Pacific J. Mol. Biol. Biotech.* 16(1):1-10.
- McGregor, E. 2005.** Plant-made pharmaceutical (pmpps) and plant-made industrial products (pmips). Outreach in Biotechnology Program. Oregon State University.
- Morris, J., K.M. Hawthorne, T. Hotze, S.A. Abrams, and K.D. Hirschi. 2008.** Nutritional impact of elevated calcium transport activity in carrots. *PNAS* 105(5):1431-1435.
- Munkvold, G.P. and H.M. Stahr. 1994.** Ear rots and mycotoxins in Iowa corn. (Abstr.) *Phytopathology* 84:1064.
- Munkvold, G.P. and A.E. Desjardins. 1997.** Comparison of fumonisin concentration in kernel of transgenic Bt maize hybrids and non transgenic hybrids. *Plant Disease* 83:130-138.
- Munkvold, G.P. and R.L. Hellmich. 1999.** Comparison of fumonisin concentrations in kernels of transgenic Bt maize hybrids and nontransgenic hybrids. *Plant Disease* 83(2):130-138.
- Munkvold, G.P. and R.L. Hellmich. 2000.** Genetically modified, insect resistant maize: Implications for management of ear and stalk diseases. *Plant Health Progress*. 12 September 2000. Available at <http://www.apsnet.org/Education/feature/maize/top.htm>.
- Munkvold, G.P., R.L. Hellmich, and W.B. Showers. 1997.** Reduced *Fusarium* ear rot and symptomless infection in kernels of maize genetically engineered for European corn borer resistance. *Phytopathology* 87:1071-1077.
- 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.

- Paine, J.A., C.A. Shipton, S. Chaggar, R.M. Howells, M.J. Kennedy, G. Vernon, S.Y. Wright, E. Hinchliffe, J.L. Adams, A.L. Silverstone, and R. Drake. 2005.** A new version of golden rice with increased pro-vitamin A content. *Nat. Biotech.* 23:482-487.
- Poirier, Y., C. Nawrath, and C. Somerville. 1992.** Polyhydroxybutyrate, a biodegradable thermoplastic, produced in transgenic plants. *Science*:256:520-523.
- Pray, C.E., D. Ma, J. Huang, and F. Qiao. 2001.** Impact of Bt cotton in China. *World Development* 29(5):815-825.
- Saragih, E.S. 2008.** Valuasi *ex ante* kelayakan ekonomi dan keberlanjutan usahatani jagung transgenik serta analisis faktor-faktor penentu adopsi benih transgenik di Indonesia. Disertasi Doktor. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Saruul, P., F. Srienc, D.A. Somers, and D.A. Samac. 2002.** Production of a biodegradable plastic polymer, poly-hydroxybutyrate, in transgenic alfalfa. *Crop Sci.* 42:919-927.
- Schaub, P., S. Al-Babili, R. Drake, and P.R. Beyer. 2005.** Why is golden rice golden (yellow) instead of red?. *Plant Physiol.* 138:441-450.
- Scheller, J. and U. Conrad. 2005.** Plant-based material, protein and biodegradable plastic. *Current Opinion in Plant Biotechnology* 8:188-196.
- Seed Quest (SQ). 2005.** Australian and Japanese researchers apply RNAi technology for gene replacement in plants, develop world's only blue rose. *Seed Quest News Section* March 29, 2005. Available at <http://www.seedquest.com/News/releases/2005/march/11830.htm>.
- 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. Hotel Salak, Bogor, 14 November 2002.
- Slater, S., T.A. Mitsky, K.L. Houmiel, M. Hao, S.E. Reiser, N.B. Taylor, M. Tran, H.E. Valentin, D.J. Rodriguez, D.A. Stone, S.R. Padgett, G. Kishore, and K.J. Gruys. 1999.** Metabolic engineering of *Arabidopsis* and *Brassica* for poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate) copolymer production. *Nat. Biotech.* 17:1011-1016.
- 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.
- Teng, P. 2001.** Who are the beneficiaries of biotechnology aside from multinational companies? *Biotechnology Awareness and Risk Communication Workshop*. Bogor, February 14-15, 2001. ISAB and ISAAA.
- Vetten, Nick de. 2004.** Permohonan pengujian ubi kayu transgenik amilosa rendah dan toleran herbisida produk AVEBE Cooperative Co. Belanda. Presentasi dalam sidang Tim Teknis Keamanan Hayati dan Keamanan Pangan Kelompok Tanaman Desember 2004.
- Washam, C. 1997.** Biotechnology creating edible vaccines. *Annals of Internal Medicine*. Current. 117 September 1997. 27(6):499. Available at <http://www.annals.org/cgi/content/full/127/6/499>.
- Wikipedia. 2007.** Golden rice. Available at [http://en.wikipedia.org/wiki/Golden\\_rice](http://en.wikipedia.org/wiki/Golden_rice).
- Wu, F. 2006.** Mycotoxin reduction in Bt corn: Potential economic, health, and regulatory impacts. *ISB News Report*. September 2006.
- Ye, X., S. Al-Babili, A. Klöti, J. Zhang, P. Lucca, P. Beyer, and I. Potrykus. 2000.** Engineering the provitamin A (beta-carotene) biosynthetic pathway into (carotenoid-free) rice endosperm. *Science* 287:303-305.

## Bab III. Persepsi Publik, Isu, dan Fakta Seputar Tanaman PRG

---

Persepsi publik terhadap tanaman produk rekayasa genetik (PRG) terbagi dua antara pro dan kontra. Dukung mendukung antara yang pro dan kontra bertambah intens dan meluas dengan ikut berperannya media masa (Herman 2000). Selain manfaat dan keuntungan yang dapat diharapkan dari tanaman PRG, akhir-akhir ini telah beredar isu kekhawatiran bahwa tanaman tersebut akan mengganggu, merugikan, dan membahayakan lingkungan dan kesehatan manusia (Herman 2000).

### PERSEPSI PUBLIK

Pandangan dan persepsi publik terhadap tanaman PRG bervariasi dan berbeda (Herman 2000). Pada tahun 2006, masyarakat di beberapa negara dari berbagai benua seperti Amerika Utara, Amerika Latin, Afrika, Asia, Australia, Afrika secara umum lebih terbuka dan menerima tanaman PRG sebagai suatu produk yang aman dan secara substansial sepadan dengan tanaman non PRG (James 2006). Negara-negara tersebut adalah Amerika Serikat, Afrika Selatan, Argentina, Australia, Brazil, Cina, Filipina, Honduras, India, Iran, Kanada, Kolumbia, Meksiko, Paraguay, dan Uruguay. Lima belas negara tersebut telah menanam tanaman PRG secara komersial (James 2006). Indonesia pada tahun 2001-2003 juga telah menanam kapas Bt, biarpun dalam skala terbatas (Herman 2003). Negara Eropa yang terdiri dari berbagai negara, dari tahun ke tahun mempunyai pandangan cenderung berubah-ubah, bisa negatif ke positif dan kembali ke negatif. Hal tersebut bisa disebabkan oleh isu etika, atau perdagangan, atau isu keamanan lingkungan atau keamanan pangan. Meskipun negara-negara Eropa termasuk blok yang kontra terhadap tanaman PRG, tetapi pada tahun 2000 impor bahan makanan kedelai negara Eropa dari Amerika Serikat meningkat (GKCCB 2001a), padahal Amerika Serikat diketahui sebagai produsen kedelai PRG terbesar di dunia (James 2000). Selain itu, sejak tahun 1998 sampai 2008 ada enam sampai sembilan negara Eropa yang telah menanam tanaman PRG, yaitu Bulgaria, Jerman, Perancis, Portugal, Republik Czech, Rumania, Slovakia, Spanyol, dan Ukraina (James 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008).

Hasil survei *Asian Food Information Centre* (AFIC) pada tahun 1999 menunjukkan bahwa kekhawatiran masyarakat Jepang dan Amerika Serikat terhadap makanan yang berbahaya, telah menempatkan makanan yang terkontaminasi bakteri pada peringkat ke-1, sedangkan produk bioteknologi berupa tanaman PRG pada urutan ke-6. Seperti halnya Jepang dan Amerika Serikat, masyarakat Eropa menempatkan kekhawatiran makanan terkontaminasi bakteri pada peringkat ke-1, dan makanan hasil bioteknologi (tanaman PRG) pada peringkat ke-8. Sedangkan pandangan masyarakat ASEAN, khususnya Indonesia dan Filipina secara umum positif terhadap tanaman PRG (AFIC 1999).

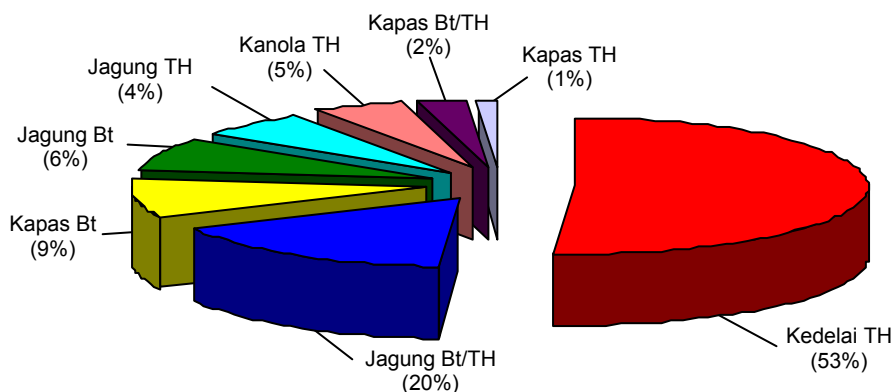
Tanaman PRG sebagai bahan makanan dipandang tidak merupakan masalah yang diperhitungkan. AFIC pada tahun 2008 melakukan survei lagi tentang persepsi konsumen terhadap pangan yang berasal dari tanaman PRG, di lima negara Asia, yaitu Cina, Filipina, India, Jepang, dan Korea Selatan (AFIC 2008). Hasil survei menunjukkan bahwa konsumen di lima negara tersebut menerima pangan PRG.

C.S. Prakash, profesor dan direktur *Center for Plant Biotechnology Research* di Universitas Tuskegee, Alabama, Amerika Serikat menyatakan bahwa lebih dari 2.800 ilmuwan termasuk 4 penerima hadiah nobel (James Watson, Norman Borlaug, John Boyer, dan Peter Doherty) telah menandatangani Petisi dan Deklarasi *Agbioworld* untuk mendukung bioteknologi pertanian termasuk tanaman PRG. Kemudian, Profesor Paul Berg, yang dikenal sebagai Bapak Rekayasa Genetik dan penerima hadiah Nobel tahun 1980 ikut bergabung dengan deklarasi tersebut (GKCCB 2001b). Bahkan, menurut Borlaug (2001) tanaman PRG merupakan produk dari suatu bentuk revolusi pertanian baru yang dapat dijadikan pelengkap teknologi konvensional. Panelis pakar dari *World Health Organization* (WHO), *Food and Agriculture Organization* (FAO) dari Perserikatan Bangsa Bangsa, dan *Organization for Economic Cooperation and Development* (OECD) telah membuat pernyataan sikap untuk mendukung keamanan dari tanaman PRG (GKCCB 2001b). Akhir-akhir ini 6 Akademi Ilmu Pengetahuan Nasional beberapa negara (Amerika Serikat, Inggris, Brazil, Cina, India, dan Meksiko) dan Akademi Ilmu Pengetahuan Dunia Ketiga mengeluarkan pernyataan bersama tidak hanya mendukung bioteknologi pertanian, tetapi juga mendorong dan menyarankan kepada perusahaan multinasional, pemerintah, untuk membantu negara berkembang dalam hal bioteknologi (GKCCB 2001b).

Menurut Suwanto (2000), suatu persepsi yang kontra terhadap tanaman PRG di suatu negara, apalagi negara maju seperti Eropa tidaklah selalu relevan dengan keadaan di negara lain seperti negara berkembang, karena kondisi dan permasalahan, serta kebutuhan penduduk di negara berkembang sangat berbeda dengan di negara maju. Kebutuhan negara berkembang seperti Cina, India, dan Indonesia yang berpenduduk ratusan juta sampai lebih dari 1 miliar orang, terhadap ketersediaan dan keberlanjutan pangan sangat berbeda dengan negara maju seperti Eropa. Sebagai contoh, produktivitas tanaman yang tinggi sangat dibutuhkan oleh negara berkembang yang berpenduduk banyak dengan laju pertumbuhan penduduknya tinggi, untuk memenuhi kebutuhan pangan. Tuntutan yang berbeda bisa terjadi di negara maju yang tingkat pertumbuhan penduduknya sangat rendah dengan tingkat penghasilan yang tinggi. Demikian pula dengan keberadaan suatu tanaman PRG yang mengandung vitamin A atau Fe sangat diperlukan oleh mayoritas penduduk negara berkembang, karena ketidakmampuan mereka untuk membeli buah-buahan atau sayuran sebagai sumber vitamin A dan Fe. Sedangkan penduduk negara Eropa akan dengan mudah memperoleh vitamin A atau Fe dari sumber lain atau makanan suplemen.



Sebelum tahun 1990, Indonesia mengimpor kedelai hanya di bawah 500.000 ton. Setelah itu, impor kedelai meningkat tajam dari tahun ke tahun pada tahun 2000 mencapai 1,3 juta ton. Kemudian, dari tahun 2001-2004 impor kedelai rata-rata 1,1 juta ton per tahun (Ditjentan 2008). Pada tahun 2005, impor kedelai 1,2 juta ton dan meningkat menjadi 1,3 juta ton pada tahun 2007 (Badan Litbangtan 2008). Indonesia mengimpor kedelai dari beberapa negara produsen kedelai dunia termasuk negara penanam kedelai PRG, seperti Amerika Serikat dan Argentina. Menurut James (2008) dari total luas areal tanaman PRG di dunia, yaitu 125 juta ha, 53% ditanami kedelai PRG yang toleran herbisida, 20% jagung Bt/TH, 9% kapas Bt, 6% jagung Bt, 5% kanola TH (Gambar 1). Pada tahun 2006, negara penanam kedelai PRG adalah Amerika Serikat, Argentina, Brazil, Kanada, Meksiko, Afrika Selatan, Uruguay, Paraguay, dan Rumania (James 2006). Dalam kaitan dengan impor kedelai ke Indonesia yang kemungkinan mengandung kedelai PRG, telah dilakukan survei (Bermawie *et al.* 2003), dengan tujuan untuk mengetahui persepsi publik terhadap kedelai PRG. Jawaban dari 967 responden (terdiri atas 353 mahasiswa, 257 ilmuwan, 212 ibu rumah tangga, 61 pedagang, 59 aparat pemerintah, dan 25 pengusaha pengolah kedelai) menunjukkan bahwa 64% responden mengetahui bahwa kebutuhan kedelai nasional sebagian diimpor. Dari jumlah orang yang mengetahui 82% berasal dari ilmuwan hayati dan 80% dari pengolah kedelai. Responden yang mengetahui bahwa Amerika Serikat merupakan negara pengekspor kedelai terbesar ke Indonesia hanya 25%. Menurut Bermawie *et al.* (2003) hanya 2,62% responden yang memilih produk pangan dengan pertimbangan berasal dari tanaman PRG atau tidak. Pertimbangan utama sebagian besar publik (62%) dalam membeli produk pangan adalah harga. Persepsi publik terhadap keamanan dalam mengonsumsi pangan yang berasal dari tanaman PRG bervariasi. Responden yang mengatakan sangat aman 2%, yang mengatakan relatif aman 25%, 20% mengatakan tidak aman atau tidak berbahaya, sedangkan 3% mengatakan sangat berbahaya dan 12% agak berbahaya, 2% menjawab lainnya



**Gambar 1.** Distribusi tanaman produk rekayasa genetik berdasarkan sifatnya pada tahun 2008 secara global (James 2008).

dan 37% tidak menjawab. Sikap publik terhadap pangan yang mengandung tanaman PRG juga bervariasi, yaitu 10% akan tetap mengonsumsi, 28% tidak keberatan mengonsumsi, 14% keberatan mengonsumsi, 4% tidak mengonsumsi, 18% tidak tahu, dan 26% tidak menjawab.

### ISU KEAMANAN LINGKUNGAN

Penggunaan tanaman PRG, oleh sebagian masyarakat dikhawatirkan akan menyebabkan gangguan terhadap lingkungan hidup. Kekhawatiran tersebut bisa berupa timbulnya gulma super akibat perpindahan gen dari tanaman PRG ke kerabat liarnya, tanaman PRG menjadi suatu tanaman monster yang sulit dikendalikan seperti spesies asing eceng gondok (*alien species*), timbulnya hama super akibat patahnya ketahanan tanaman PRG, pengaruh negatif terhadap organisme bukan sasaran dan hewan ternak, serta ikan.

**Isu:** “timbulnya gulma super akibat perpindahan gen”

### Fakta

Pelepasan dan pengedaran kapas Bt di Sulawesi Selatan dari tahun 2001-2003 memunculkan kekhawatiran bahwa kapas Bt akan menyebabkan timbulnya “gulma super”. Kekhawatiran tersebut timbul dari kemungkinan pindahnya gen toleran herbisida (Bahagiawati dan Herman 2008), misal herbisida X dari suatu kapas Bt ke kerabat liarnya (*wild relative*) “bukan ke rumput” yang ada di pertanaman kapas Bt. Kekhawatiran bahwa kapas Bt akan memindahkan gen ke kerabat liar sehingga menjadi “gulma super” adalah kekhawatiran yang tidak berdasar. Hal tersebut disebabkan karena kapas Bt *tidak mengandung* gen tahan herbisida melainkan mengandung gen *cry1A(c)*, sehingga sendainya gen *cry1A(c)* tersebut dapat berpindah ke kerabat liar, tidak akan menyebabkan terjadinya gulma super. Dengan demikian, sendainya ada kapas PRG yang toleran herbisida X maka yang harus dikaji adalah:

1. Kerabat liar kapas jarang dijumpai di Indonesia, menurut Harlann (1991) tanaman yang asalnya dari Indonesia dan mempunyai kerabat liar adalah pisang dan kelapa. Indonesia bukan merupakan *center of origin* dari beberapa komoditas seperti kapas, kedelai, jagung, kacang tanah. Tanaman dari genus *Gossypium* L. yang lebih dikenal dengan nama tanaman kapas, terdiri atas kurang lebih 32 spesies. Menurut Irawati *et al.* (2002) kerabat dekat *Gossypium 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 penyerbukannya seperti yang telah diuraikan di atas. Kalau suatu tanaman menyerbuk silang seperti jagung maka dimungkinkan akan terjadi perpindahan gen dari jagung PRG ke jagung lain yang non PRG, atau sebaliknya dari jagung non PRG ke jagung PRG. Walaupun suatu tanaman dapat menyerbuk silang, tetapi ada beberapa kendala yang menghalangi keberhasilan berpindahnya gen dari tanaman budi daya ke tanaman liar 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 (pasca fertilisasi). Prafertilisasi dapat mengakibatkan kegagalan serbuk sari berkecambah dan lambatnya pertumbuhan tabung serbuk sari (*pollen tube*), sedangkan yang terjadi pada pasca fertilisasi 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 F<sub>1</sub>. Dengan adanya beberapa kendala seperti tersebut di atas, terjadinya persilangan antara tanaman yang dibudidayakan dengan kerabat liarnya secara alami sangat kecil kemungkinannya.
3. “Seandainya” ada kerabat liar kapas di Indonesia dan seandainya ada kapas PRG toleran herbisida (misalnya herbisida X) ditanam di Indonesia. Seandainya gen toleran terhadap herbisida X yang dikandung kapas PRG yang toleran herbisida X tersebut dapat dipindahkan ke kerabat liarnya. Seandainya hasil persilangan alami antara kapas PRG toleran herbisida X dan kerabat liarnya dapat menghasilkan turunan yang fertil, maka kerabat liar tersebut akan toleran juga terhadap herbisida X. Telah diketahui bahwa terdapat banyak jenis herbisida seperti halnya insektisida. Oleh karena itu kerabat liar yang menjadi toleran terhadap herbisida X tersebut akan 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?

Selain melalui teknologi rekayasa genetik, tanaman yang mempunyai sifat toleran terhadap herbisida tertentu juga telah diperoleh melalui persilangan konvensional (CFIA 2000a, 2000b, Conner 1997). Seandainya gen tersebut dapat pindah, artinya tidak hanya dari tanaman PRG tetapi juga dari tanaman non PRG hasil persilangan konvensional. Di masa mendatang penggunaan promoter spesifik *non pollen* akan lebih diprioritaskan

karena gen interes tidak diekspresikan di tepung sari, sehingga seandainya terjadi penyerbukan silangpun tidak akan berpengaruh.

**Isu:** “Terjadi perpindahan gen (*gene flow*) dari tanaman PRG ke tanaman non PRG”

#### Fakta

“Perpindahan gen” atau dalam bahasa pemuliaan diistilahkan sebagai penyerbukan silang atau hibridisasi silang adalah suatu peristiwa alami yang terjadi secara rutin (Bahagiawati dan Herman 2008). Perpindahan gen dari suatu tanaman ke tanaman lain sangat dipengaruhi oleh cara penyerbukannya dan kompatibilitas seksual antara tanaman yang memindahkan gen dan tanaman yang menerima. Isu ini terjadi di Indonesia bahwa kapas Bt menyerbuki kapas lokal yang non Bt. Kapas (*G. hirsutum*) 98% menyerbuk sendiri, hanya 2% melalui penyerbukan silang. Penyerbukan silang dilakukan 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, *Apis meli* 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 *cry1A(c)* dari kapas Bt ke kapas non Bt dapat dideteksi menggunakan teknik antibodi dan PCR. Frekuensi transfer atau persilangan ialah 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 varietas 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 “tidak stabil” atau “stabil”. Apabila gen yang terturunkan 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. Sebenarnya dari sisi pandangan pemuliaan tanaman, perpindahan gen *cry1A(c)* (gen ketahanan terhadap hama *cotton boll worm*) ke kapas non Bt secara alami adalah 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 lewat transformasi, jadi akan menambah variasi genetik tanaman tersebut (Herman 2003). Apabila kita tidak menginginkan gen tersebut, maka cukup dihilangkan dengan teknik persilangan balik (*back cross*) dan menyeleksi individu tanaman yang tidak diinginkan. Seleksi individu tanaman yang tidak diinginkan dan mengandung gen pindahan tersebut akan mudah dilakukan dengan bantuan marka molekuler. Dengan demikian istilah telah terjadi “pencemaran” adalah tidak tepat karena tidak ada dampak yang merugikan.

Demikian pula istilah erosi genetik adalah tidak tepat, karena erosi selalu berarti ada sesuatu yang berkurang dari aslinya, padahal perpindahan gen menghasilkan sesuatu yang bertambah pada yang asli sehingga menambah variasi genetik. Kekhawatiran bahwa kapas lokal menjadi tidak asli karena adanya perpindahan gen tersebut dapat diatasi dengan teknik yang telah diuraikan di atas (*back cross*).

**Isu:** “Tanaman PRG akan bersifat *weedy* dan *invasive*”

#### Fakta

Ada anggapan bahwa dengan dimasukkannya gen *exogenous* (bukan dari tanaman, tetapi dari bakteri atau virus atau jamur) ke dalam suatu tanaman yang kemudian menjadi tanaman PRG, 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 tanaman PRG akan menjadi “gulma super” 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 PRG akan berubah menjadi “tanaman raksasa” atau “monster”. Hal tersebut merupakan suatu kekhawatiran emosional yang berlebihan (Suwanto 2000), bahkan menurut Russo dan Cove (1995) adanya suatu fantasi itu tidak menutup kemungkinan akan menjadi realita, tetapi dari sudut pandang dan kajian ilmiah kekhawatiran tersebut tidak akan terjadi. 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 dari tanaman PRG perlu diketahui untuk melihat apakah memang tanaman tersebut mempunyai daya kompetisi yang tinggi dan karakter yang bersifat me-

rusak serta mendominasi habitat alam, ataukah tanaman tersebut mempunyai karakter yang sama dengan tanaman non PRG.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mempelajari apakah suatu tanaman PRG mempunyai risiko menjadi tanaman yang bersifat *weedy* dan *invasive*. Di Kanada, kanola (*Brassica napus*) PRG toleran herbisida *glufosinate* dibandingkan dengan kanola non PRG 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 PRG dan non PRG (CFIA 2000a). Percobaan lain dilaporkan oleh Sanders *et al.* (1995) yang mempelajari jagung PRG Bt. Percobaan tersebut dilakukan di Amerika Serikat dari tahun 1993-1994 dengan menggunakan jagung Bt yang dibandingkan dengan jagung non PRG dalam hal *weediness* yang meliputi daya perkecambahan (germinasi), pertumbuhan vegetatif, adaptasi terhadap cekaman abiotik (kekeringan, panas, dan kebekuan). Ternyata jagung Bt tidak mempunyai karakteristik yang berbeda dengan non Bt dan tidak mempunyai sifat *weedy* atau *invasive* (Sanders *et al.* 1995). Suatu percobaan jangka panjang (1990-2000) untuk mempelajari penampilan tanaman PRG apakah lebih *invasive* atau lebih *persistent* di habitat *natural*, telah dilakukan di 12 lokasi di Inggris. Empat jenis tanaman PRG, yaitu kanola (*B. napus* subsp. *oleifera*), jagung (*Zea mays*), gula bit (*Beta vulgaris*), dan kentang (*Solanum tuberosum*) telah ditanam dan dimonitor dalam kurun waktu 10 tahun. Kentang Bt dan *pea lectin* tahan serangga hama, jagung dan kanola toleran terhadap herbisida *glufosinate*, gula bit toleran herbisida *glyphosate*. Dari data yang dikumpulkan selama 10 tahun menunjukkan bahwa semua jenis tanaman PRG yang diuji tidak berbeda dalam hal *invasive* atau *persistent* pada habitat alami (*natural*) dengan tanaman non PRG (Crawley *et al.* 2001). Begitu pula pengamatan di Indonesia yang dilakukan oleh Tim Teknis Keamanan Hayati di Fasilitas Uji Terbatas (FUT) dan Lapangan Uji Terbatas (LUT) serta percobaan uji multilokasi, menunjukkan tidak ada perbedaan fenotipik karakter antara tanaman PRG dan non PRG (TTKH 1999a, 1999b, 1999c, 1999d, 1999e, 1999f, 1999g, 1999h, 1999i, 1999j, Herman 2000, 2002). Melalui teknologi rekayasa genetik, tanaman PRG merupakan suatu tanaman hasil dari pemindahan satu gen donor ke varietas tanaman yang sudah dibudidayakan yang secara substansial adalah sepadan dengan tanaman aslinya, jadi tidak mempunyai sifat yang akan merusak habitat alam seperti eceng gondok. Prinsip kesepadanan substansial telah disetujui oleh FAO/WHO (FAO/WHO 1996). Kesepadanan substansial terkait dengan karakter fenotipik antara lain meliputi morfologi, pertumbuhan, hasil, warna, aroma, rasa, tekstur. Prinsip kesepadanan substansial akan dijelaskan lebih rinci pada uraian toksisitas.

**Isu:** “Timbulnya hama super”

### Fakta

Ada kekhawatiran bahwa dengan penanaman varietas tanaman PRG yang mengandung gen ketahanan (misalnya gen Bt atau *coat protein*) terhadap serangga hama atau penyakit tertentu akan menimbulkan biotipe serangga hama atau ras/strain penyakit baru yang lebih ganas atau yang lebih dikenal dengan istilah “hama super” (Bahagiawati dan Herman 2008), sehingga ketahanan tanaman PRG menjadi patah (*break down*). Pemikiran tersebut didasari oleh tekanan searah terus menerus dari tanaman PRG terhadap target serangga hama atau patogen penyebab penyakit akan menyebabkan perubahan genetik dalam tubuh serangga atau patogen, sehingga serangga hama atau patogen tersebut akan menjadi tahan terhadap gen Bt atau *coat protein*, atau dalam istilah lain terjadi kepatahan ketahanan tanaman.

Kasus patahnya ketahanan 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 ketahanan tanaman (Bahagiawati *et al.* 1988a, Bahagiawati dan Oka 1986, 1987, Oka dan Bahagiawati 1984, Amir dan Edwina 1988, Amir dan Anggiani 1994, Hifni dan Miharja 1981, 1994). Hama wereng coklat dikenal mempunyai 4 biotipe (Bahagiawati *et al.* 1988b), 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 ketahanan dapat dicegah. Untuk mencegah kekhawatiran tersebut terjadi pada tanaman PRG, menurut Whalon dan Norris (1999), EPA (1999), dan Shelton *et al.* (2000) perlu dilakukan beberapa strategi. Strategi tersebut meliputi: (1) menggunakan dosis tinggi (*high dose*), (2) menjaga populasi hama atau penyakit target tetap rentan dengan melakukan penanaman *refugia* (tanaman non PRG) 20-50% dari total area sebagai suaka (*refugia*), atau melakukan pergiliran tanaman dengan varietas non PRG, atau mencampur benih PRG dan non PRG, (3) diversifikasi sumber gen ketahanan, yaitu menggunakan dua gen yang berbeda *mode of action*-nya (*pyramiding genes*) misalnya gen *cry1* dan *cryX*, atau *cry1* 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 Bolgard II (Herman 2003) dan *Yield Gard R Plus* (James 2003). Kapas Bolgard II mengandung gen *cry1A(c)* dan *cry2A(b)*, sedangkan jagung *Yield Gard R Plus* mengandung gen *cry1A(b)* dan *cry3B(b1)*.

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 (*Helicoverpa armigera*) yang dikumpulkan dari beberapa daerah di Sulawesi Selatan masih peka terhadap *cry1(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* demikian pula perilaku serangga hama tersebut pada tanaman jagung perlu dipelajari lebih lanjut (Trisyono *et al.* 2001, 2002).

**Isu:** “Tanaman PRG akan berdampak negatif terhadap organisme bukan sasaran (*non target organisms*), hewan ternak dan ikan, serta hewan lain.

### Fakta

#### 1. Dampak terhadap organisme bukan sasaran termasuk hewan lain

Kekhawatiran lain dari akibat pemanfaatan tanaman PRG adalah dampak negatif terhadap organisme bukan sasaran seperti serangga berguna atau organisme tanah atau air atau hewan ternak yang memakan tanaman PRG yang mengandung gen interes seperti *Bt-endotoxin* akan mati karena keracunan. Kekhawatiran tersebut didasari oleh sifat beracun dari gen Bt terhadap serangga, karena serangga yang memakan tanaman PRG tersebut akan mati akibat racun gen Bt (MacIntosh *et al.* 1990). Dalam hal ini diperlukan adanya informasi tentang asal usul gen donor dan sejarah penggunaan yang aman dari donor organisme (McLean dan MacKenzie 2001a, 2001b).

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 (Shaddock 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 8 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 *cry1*, *cry9*, dan *cry10* mematikan serangga golongan Lepidoptera, *cry5* bisa mematikan golongan Lepidoptera dan Coleoptera.

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 *cry1* hanya bisa aktif dan beracun pada serangga golongan Lepidoptera (Van Rie *et al.* 1990). Oleh karena itu secara teori tanaman PRG yang mengandung gen *cry1* tidak akan beracun terhadap serangga berguna atau hewan



lainnya, kecuali terhadap serangga Lepidoptera. Walaupun demikian untuk memastikan kebenaran teori tersebut diperlukan beberapa percobaan di laboratorium dan di lapang. Percobaan tersebut meliputi *feeding study* dari tanaman PRG terhadap organisme bukan sasaran seperti serangga berguna, organisme tanah atau air, dan hewan ternak, atau pengamatan populasi organisme bukan sasaran di lapang.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa gen Bt aman terhadap organisme yang diuji. Sanders *et al* (1995), CFIA (2000c), dan McLean dan MacKenzie (2001b) melaporkan bahwa gen *cry1A(b)* aman terhadap serangga berguna dan organisme tanah atau air, seperti lebah madu, *Apis mellifera* L. dewasa dan larva; *lady bird*, *Hippodamia convergent*, dan *green lacewing*, *Chrysopa cornea* (sebagai predator serangga hama); *Brachymeria intermedia* (sebagai parasit lalat rumah, *Musca domestica*); *collembola*, *Folsomia catiti* (invertebrata tanah); cacing tanah, *Eisenia fetida*; dan *daphnia*, *Daphnia magna* (invertebrata *aquatic*). Selain penelitian laboratorium, observasi lapang selama tiga musim tanam 1993-1995 telah dilakukan pada studi lapang tentang pengaruh penanaman jagung Bt terhadap serangga berguna di Nebraska dan Iowa, Amerika Serikat. Studi lapang yang sama juga dilakukan di Perancis pada tahun 1995. Data hasil penelitian menunjukkan bahwa jagung Bt tidak berpengaruh terhadap serangga berguna seperti laba-laba, *coccinellid*, *chrysopid*, dan *nabid*.

Studi pengaruh pemberian pakan yang berupa serbuk sari (*pollen*) jagung Bt terhadap serangga bukan sasaran *lacewing* hijau (*green lacewings*) dilakukan oleh peneliti *Swiss Federal Research Station for Agroecology and Agriculture* (FAL) pada tahun 2004 (GMOC 2004) dan peneliti *Swiss research institute Agroscope Reckenholz-Tänikon* (ART) pada tahun 2008 (GMOC 2008). Hasil kedua studi tersebut menunjukkan bahwa serbuk sari jagung Bt tidak mematikan atau tidak berpengaruh negatif terhadap *lacewing* hijau. Studi lain tentang pengaruh penyemprotan insektisida dan tanaman PRG yang mengandung gen Bt terhadap organisme bukan sasaran telah dilakukan dengan kerja sama penelitian oleh berbagai lembaga di Amerika Serikat. Penelitian kerja sama tersebut melibatkan para peneliti dari *Agricultural Research Service* USDA, *University of Nebraska*, *Iowa State University*, dan *US Environment Protection Agency* (EPA). Insektisida yang digunakan dari kelompok *pyrethroids*, *organosphates*, *carbamates*, dan *neonicotinoids*. Sedangkan tanaman PRG yang digunakan adalah jagung Bt mengandung *cry1A(b)* dan *cry3B(b)*, kentang Bt mengandung *cry3A*, dan kapas Bt dengan gen *cry1A(c)* dan *cry1A(b)* (McGinnis 2008). Secara keseluruhan hasil penelitian menunjukkan bahwa penyemprotan insektisida menyebabkan dampak negatif terhadap organisme bukan sasaran dibandingkan dengan tanaman PRG.

Di Indonesia juga telah dilakukan pengamatan populasi serangga berguna pada tanaman PRG dan non PRG baik di FUT maupun LUT (TTKH 1999a, 1999b, 1999c,

1999d, 1999e, 1999f, 1999g, 1999h, 1999i, 1999j, TTKHKP 2000). Hasil pengamatan di FUT menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh tanaman PRG (jagung Bt) terhadap lebah madu tanaman PRG (TTKHKP 2000). Demikian pula pengamatan di LUT (TTKH 1999f, 1999g, 1999h, 1999i, 1999j), menunjukkan bahwa tanaman PRG 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), tentang pengaruh kapas Bt terhadap organisme bukan sasaran juga menghasilkan tidak adanya pengaruh kapas Bt terhadap berbagai famili predator (*Araenidae*, *Salticidae*, *Oxyopidae*, dan *Coccinellidae*), parasitoid (*Braconidae*), dan serangga penyerbuk (*Apidae*).

Meskipun demikian, akhir-akhir ini ada dua hasil penelitian laboratorium yang cukup menghebohkan, yaitu dampak negatif tanaman PRG terhadap organisme bukan sasaran termasuk hewan percobaan. Dua penelitian tersebut dilakukan di Amerika Serikat dan Eropa yang merupakan *feeding study* terhadap kupu-kupu Monarch dan tikus.

a. Kupu-kupu Raja (*Monarch butterfly*)

Isu jagung Bt berdampak negatif terhadap kupu-kupu *Monarch* berasal dari penelitian yang dilakukan oleh Losey *et al.* (1999) di *Cornell University*, Amerika Serikat. Losey dan kawan-kawan melakukan *feeding study* dengan menggunakan pakan buatan yang terdiri dari campuran daun *milkweed* dan serbuk sari (*pollen*) jagung Bt pada ulat kupu-kupu *Monarch*. Hasil penelitian Losey menunjukkan bahwa 44% ulat kupu-kupu *Monarch* yang diberi pakan buatan yang dicampur dengan serbuk sari jagung Bt mati (Losey *et al.* 1999). Losey mengatakan bahwa *tidak ada bukti langsung* yang bisa ditunjukkan atau dijadikan bukti langsung bahwa racun Bt dari serbuk sari jagung Bt adalah penyebab kematian ulat *Monarch*. Losey juga mengatakan bahwa *“penelitian kami dilakukan di dalam laboratorium dan menimbulkan isu penting, tetapi akan kurang tepat kalau diambil suatu keputusan mengenai populasi kupu-kupu Monarch di lapangan hanya berdasarkan pada hasil penelitian awal studi kami”*. Pernyataan tersebut memang dikaitkan dengan kehidupan yang sebenarnya dari kupu-kupu *Monarch* di alam.

Ada kelemahan dari penelitian awal Losey dan kawan-kawan tersebut, karena pengujian dilakukan di laboratorium terhadap larva atau ulat kupu-kupu *Monarch* yang diberi pakan buatan yang dipaksakan, yaitu serbuk sari dalam jumlah sangat banyak. Dalam penelitian itu ulat kupu-kupu *Monarch* tidak diberi alternatif memilih pakan lain (Loedin 2000). Shelton dan Roush (1999) menyatakan bahwa hasil penelitian Losey di laboratorium tersebut tidak dapat digunakan sebagai ke-

simpulan terhadap keadaan kupu-kupu Monarch di alam. Pakan utama ulat *Monarch* adalah *milkweed* (*Asclepias syriaca*, sebangsa gulma) yang tumbuh di daerah-daerah padang rumput, tepi hutan, tepi sungai, tepi jalan, dan secara umum tidak dijumpai di daerah peladangan jagung. Menurut Suwanto (2000) penelitian Hansen (1999) lebih realistis dan relevan karena dilaksanakan di lapang dengan mengambil langsung contoh daun *milkweed*. Di lokasi kupu-kupu *Monarch* ditemukan, tidak banyak tepung sari jagung yang dijumpai dan menempel di daun *milkweed* (Hansen 1999), serta jumlahnya jauh lebih sedikit dibandingkan dengan jumlah yang digunakan dalam penelitian Losey *et al.* (1999).

Hasil penelitian di *Iowa State University* melaporkan bahwa kepadatan penyebaran tepung sari jagung terkonsentrasi di dalam areal tanaman jagung, kepadatan tepung sari berkurang 70% pada tepi ladang dan 90% pada jarak 3 m dari tepi ladang jagung (Hansen dan Obrycki 1999). Ditemukan pula hasil yang menunjukkan bahwa waktu paling aktif ulat Monarch makan adalah pada saat sebelum waktu optimum penyebaran tepung sari tanaman jagung. Menurut Kendall (1999), diperlukan 500 butir tepung sari jagung Bt per cm persegi untuk memberikan dampak terhadap larva kupu-kupu Monarch sakit, tetapi di lapang ternyata hanya ditemukan rata-rata 78 butir tepung sari jagung pada tanaman *milkweed* yang tumbuh dekat dengan ladang jagung. *North American Butterfly Association* melaporkan terjadinya peningkatan populasi kupu Monarch dalam jumlah sampai ribuan (3.000-25.000) di daerah Iowa, Amerika Serikat (Branom 1999). Di Jepang juga telah dilakukan penelitian tentang pengaruh jagung Bt terhadap kupu-kupu *Monarch*. Hasil penelitian yang diumumkan oleh Departemen Pertanian, Perikanan dan Kehutanan menyebutkan jagung Bt tidak membahayakan kupu-kupu Monarch (Loedin 2000). Kajian suatu risiko teknologi baru seperti tanaman PRG harus disampaikan secara seimbang. Pemaparan informasi yang disampaikan oleh Losey *et al.* (1999) dibandingkan dengan Hansen (1999), Hansen dan Obrycki (1999), Kendall (1999), Branom (1999), serta penelitian lain di Jepang tidak jelas mana yang paling dapat dipercaya secara ilmiah. Komentar Sears (2000) tentang pengaruh tepung sari jagung Bt yang menempel pada daun *milkweed* terhadap ulat kupu-kupu *Monarch* tidak mewakili potensi dampak yang mungkin timbul terhadap berkurangnya populasi kupu-kupu Monarch di benua Amerika Utara. Kenyataannya perusakan habitat *overwintering* dari kupu-kupu *Monarch* di Meksiko, pemberantasan gulma dengan herbisida dan mesin pembabat rumput telah mengeliminasi *wilkweed* di sekitar ladang jagung. Akan lebih bijaksana lagi kalau dapat dibandingkan antara risiko dan manfaat tanaman PRG seperti jagung Bt dengan penggunaan pestisida kimia. Penggunaan pestisida kimia mengandung suatu risiko yang cukup besar terhadap organisme bukan sasaran seperti predator dan parasit, maupun terhadap pencemaran lingkungan. Telah

banyak dilaporkan tentang terjadinya ketahanan serangga hama *target* terhadap insektisida, resurgensi, dan matinya predator dan parasit yang bertindak sebagai musuh alami serangga *target*.

Kekhawatiran bahwa jagung Bt akan berdampak negatif terhadap kupu *Monarch* merupakan alasan yang bertolak belakang dibandingkan dengan kemungkinan timbulnya serangga hama biotipe baru sebagai akibat konsumsi terus menerus serangga tersebut terhadap tanaman PRG yang mengandung gen Bt. Apabila kita mengikuti hipotesis terakhir, berarti akan terjadi kemungkinan adanya ulat kupu *Monarch* yang tidak mati setelah makan jagung Bt, karena ulat tersebut tahan dan kebal terhadap gen Bt, akibat modifikasi genetik dalam tubuhnya. Sebagai saran, untuk strategi masa mendatang, dalam perakitan tanaman PRG sebaiknya digunakan promoter yang spesifik *non pollen* sehingga gen Bt tidak diekspresikan pada tepung sari.

b. Tikus

Hasil penelitian lain yang kontroversial adalah *feeding study* secara *in vitro* oleh Ewen dan Pusztai (1999) dari *Rowett Research Institute* di Eropa. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa pakan buatan yang dicampur dengan kentang PRG yang mengekspresikan *lectin* (gen ketahanan terhadap serangga) *Galanthus nivalis* agglutinin (GNA), mempengaruhi kesehatan dan pertumbuhan tikus. Data hasil penelitian tersebut kemudian dievaluasi dan dikaji oleh *Royal Society* (1999) dan Kuiper *et al.* (1999). Hasil sebagai berikut: rancangan percobaan lemah, perbedaan komposisi kimia dalam kentang PRG dan non PRG tidak menentu, penggunaan jumlah sampel terlalu sedikit, analisis statistik dalam percobaan tidak tepat, dan tidak adanya konsistensi hasil antara percobaan.

2. Dampak terhadap hewan ternak dan ikan

*Feeding study* dilakukan untuk melihat kesepadanan (*equivalence*) dalam hal *feed performance*, kenaikan berat badan, produksi susu, dan komposisi susu antara hewan ternak dan ikan yang diberi pakan dari tanaman PRG dibandingkan dengan non PRG. Folmer *et al.* (2000a) meneliti pengaruh pemberian pakan dari jagung Bt dan non Bt pada sapi perah. Hasilnya tidak ada perbedaan dalam hal *feed performance*, kenaikan bobot badan, produksi susu, dan komposisi susu. *Feeding study* lain dilakukan oleh Folmer *et al.* (2000b), Russell *et al.* (2000), Russell dan Peterson (1999) terhadap sapi potong. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan dalam hal *feed performance* dan kenaikan bobot badan sapi potong yang diberi pakan jagung Bt dan non Bt (Folmer *et al.* 2000b, Russell *et al.* 2000, Russell dan Peterson 1999). Penelitian lain yang hasilnya mirip diperoleh pada ternak lain, yaitu tidak adanya perbedaan dalam hal *feed performance* dan kenaikan bobot badan ayam potong yang diberi pakan kedelai PRG atau jagung PRG, yaitu menunjukkan

tidak ada perbedaan penampilan pada ayam potong baik yang diberi pakan kedelai PRG (Hammond *et al.* 1996) ataupun jagung PRG toleran herbisida *glyphosate* (Sidhu *et al.* 2000) dibandingkan dengan non PRG. Hasil penelitian Hammond *et al.* (1996) menunjukkan bahwa ikan lele yang diberi pakan kedelai PRG tidak berbeda dalam peningkatan bobot badan dibandingkan dengan yang diberi kedelai non PRG. Sanders *et al.* (1995), CFIA (2000c), serta McLean dan MacKenzie (2001b) melaporkan bahwa gen *cry1A(b)* aman terhadap burung puyuh *Northern Bobwhite*. Jimmy Clark, seorang profesor di Universitas Illinois di Urbana-Champaign, Amerika Serikat telah mengkaji 23 penelitian tentang *feeding study* jagung dan kedelai PRG terhadap ternak seperti ayam, kambing, sapi potong dan sapi perah yang dilakukan di berbagai universitas di Amerika Serikat, Jerman, dan Perancis selama empat tahun terakhir ini (GKCCB 2001c). Hasil penelitian-penelitian *feeding study* tersebut menunjukkan bahwa jagung dan kedelai PRG tidak berpengaruh terhadap hewan ternak yang diuji dalam hal *feed performance*, kenaikan bobot badan, produksi susu, dan komposisi susu.

**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 ternak yang mengonsumsi tanaman PRG yang mengandung gen Bt akan mati karena keracunan. Kekhawatiran tersebut didasari oleh sifat beracun dari gen Bt terhadap serangga, karena serangga yang memakan tanaman PRG tersebut akan mati akibat racun gen Bt (MacIntosh *et al.* 1990). Di Indonesia, kekhawatiran bahwa kapas Bt akan meracuni organisme bukan sasaran, khususnya ternak atau hewan lainnya kemungkinan terjadinya sangat kecil dan terlalu dibesar-besarkan, karena di Indonesia kapas hanya digunakan untuk keperluan industri tekstil atau hanya dipanen kapasnya, bukan untuk pakan ternak. Meskipun demikian, informasi tentang asal usul gen donor dan sejarah penggunaan yang aman dari donor organisme penting dan perlu diperoleh (McLean dan MacKenzie 2001a).

Gen Bt yang ditransformasikan ke tanaman kapas adalah *cry1A(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 *cry1* hanya bisa aktif dan beracun pada serangga golongan Lepidoptera (Van Rie *et al.* 1990). Oleh karena itu secara teori tanaman PRG yang mengandung gen *cry1* 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), Ameri-

ka Serikat untuk digunakan dalam tanaman PRG. Sebagai contoh, *cry1A(c)* yang digunakan dalam kapas Bt (EPA 1995a), *cry1A(b)* (EPA 1997, 1998a) dan *cry1A(c)* (EPA 1998b) dalam jagung Bt, dan *cry3A* dalam kentang Bt (EPA 1995b).

Di Indonesia juga telah dilakukan pengamatan populasi serangga berguna pada tanaman PRG dan non PRG yang mengandung gen Bt baik di FUT maupun LUT (TTKH 1999c, 1999e, 1999h, 1999j, TTKHKP 2000). Hasil pengamatan di FUT menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh tanaman PRG terhadap lebah madu (TTKHKP 2000). Demikian pula pengamatan di LUT (TTKH 1999f, 1999g, 1999h, 1999i, 1999j), menunjukkan bahwa tanaman PRG yang diuji, yaitu jagung Bt, jagung 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 menunjukkan 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 *cry1* di dalam tanah”.

#### Fakta

Penelitian tentang kekhawatiran tersebut telah dilakukan selama dua tahun oleh Suwanto *et al.* (2001, 2002), dan 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 *cry1* pada pertanaman kapas PRG (Hidayat dan Prijono 2002).

Dari hasil analisis mikrobiologi, fisiologi, dan genetik terhadap 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 dibandingkan kapas non Bt (Suwanto *et al.* 2001, 2002). Hasil bioasai residu protein *cry1* pada tanah terhadap *H. armigera* menunjukkan bahwa residu *cry1* pada tanah tidak menyebabkan kematian serangga hama tersebut atau angka mortalitas 0% (Hidayat dan Prijono 2002). Konsentrasi *cry1* 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:** “Gen Bt tidak stabil”

### Fakta

Pengalaman Tim Teknis Keamanan Hayati dan Keamanan Pangan Kelompok Tanaman, dalam pengujian efikasi kapas Bt (untuk membuktikan bahwa ekspresi gen Bt tetap stabil sebagaimana di “claim” sebagai sifat utama) baik di FUT maupun LUT menunjukkan bahwa gen *cry1A(c)* tetap efektif mematikan serangga sasaran, yaitu penggerek buah kapas (*H. armigera*). Seperti diketahui bahwa gen *cry1A(c)* hanya akan efektif mematikan serangga sasaran golongan Lepidoptera yang ususnya mempunyai *receptor*. Oleh karena itu hama *Sundapteryx bigutulla* yang termasuk golongan Hemiptera tidak akan dimatikan oleh *cry1A(c)*, karena bukan golongan Lepidoptera. Sedangkan hama *Spodoptera* biarpun termasuk golongan Lepidoptera, tetapi di dalam ususnya tidak mempunyai *receptor*, dan bukan merupakan hama sasaran pada tanaman kapas.

### ISU KEAMANAN PANGAN

Keamanan pangan merupakan salah satu kondisi yang penting dan dibutuhkan oleh manusia. Pangan yang aman, bermutu, bergizi, beragam, dan tersedia secara cukup merupakan prasyarat utama yang harus dipenuhi dalam upaya terselenggaranya suatu sistem pangan yang memberikan perlindungan bagi kepentingan kesehatan serta makin berperan dalam meningkatkan kemakmuran dan kesejahteraan rakyat. Di negara maju seperti Amerika Serikat setiap tahunnya terjadi 6 juta kasus orang sakit akibat mengonsumsi makanan tidak aman atau tidak sehat. Kasus tersebut menyebabkan kerugian US\$ 5-22 miliar dan 500-9.000 kematian (Booren 1999). Ada tiga jenis penyebab makanan menjadi tidak aman atau tidak sehat, yaitu (1) bahan racun yang terkandung dalam tanaman seperti celerin dalam seledri atau glycoalkaloid dalam kentang atau trypsin inhibitor dalam kedelai, atau kontaminasi makanan oleh bahan kimia seperti pestisida; (2) kontaminasi oleh jasad renik seperti virus, bakteri, dan cendawan; dan (3) tercampur oleh bahan metal atau gelas (Bourquin 1999). Ada kekhawatiran terganggunya kesehatan apabila manusia mengonsumsi tanaman PRG baik secara mentah maupun dimasak. Kekhawatiran tersebut berupa dugaan alergi, atau mengalami keracunan apabila mengonsumsi tanaman PRG yang mengandung gen Bt, atau bakteri di dalam perut menjadi tahan terhadap antibiotik akibat penggunaan marka tahan antibiotik dalam organisme PRG. Hasil studi Joint Research Centre dari European Commission menunjukkan bahwa produk makanan yang terbuat dari tanaman PRG tidak berpengaruh terhadap kesehatan manusia (JRC 2008).

Supaya para pembaca mengerti mengenai gen Bt, maka dalam bab ini akan diuraikan tentang gen tersebut secara ilmiah. Gen Bt adalah hasil isolasi bakteri tanah *B. thuringiensis*. *B. thuringiensis* telah digunakan oleh petani di negara maju sebagai pestisida hayati yang aman sejak puluhan tahun yang lalu (Shaddock 1983, McClintock *et al.*

**Tabel 1.** Klasifikasi kristal protein (*cry*) *Bacillus thuringiensis* berdasarkan spesifikasi virulensinya terhadap serangga dan nematoda.

Kelas <i>cry</i>	Subklas	Contoh	Golongan serangga atau nematoda sasaran
1	A-G	<i>cry1A(a)</i> , <i>cry1A(b)</i> , <i>cry1A(c)</i> , <i>cry1C(b)</i>	Lepidoptera
2	A	<i>cry2A</i>	Lepidoptera dan Diptera
	B	<i>cry2B</i>	Lepidoptera
	C	<i>cry2C</i>	Lepidoptera
3	A	<i>cry3A</i>	Coleoptera
	B	<i>cry3B</i>	Coleoptera
	C	<i>cry3C</i>	Coleoptera
4	A-D	<i>cry4B</i> , <i>cry4C</i>	Diptera
5	-	<i>cry5</i>	Lepidoptera dan Coleoptera
6	-	<i>cry6</i>	Nematoda
9	-	<i>cry9</i>	Lepidoptera
10	-	<i>cry10</i>	Lepidoptera

Rajamohan dan Dean (1995).

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). Menurut Rajamohan dan Dean (1995), Krattiger (1997), Crickmore *et al.* (1998), sampai saat ini telah diisolasi gen Bt yang dimasukkan ke dalam 8 kelompok atau kelas *cry* (Tabel 1). Kelas *cry* tersebut dikelompokkan berdasarkan virulensinya yang spesifik terhadap kelompok serangga sasaran. Sebagai contoh *cry1*, *cry9*, dan *cry10* mematikan serangga golongan 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 *cry1* hanya bisa aktif dan beracun pada serangga golongan Lepidoptera (Van Rie *et al.* 1990). Oleh karena itu secara teori tanaman PRG yang mengandung gen *cry1* tidak akan beracun terhadap serangga berguna atau hewan lainnya, kecuali terhadap serangga Lepidoptera.

**Isu:** “Tanaman PRG menyebabkan alergi”

### Fakta

Alergenisitas 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 (Anderson 1996). *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 2001a). 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, Metcalfe *et al.* 1996, Astwood dan Fuchs 1996). Dengan diketahuinya bahwa sebagian orang dewasa atau anak-anak menderita alergi akibat mengonsumsi 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?.

Tanaman PRG dapat berpotensi menimbulkan alergi terhadap manusia yang mempunyai sensitivitas alergi. Kondisi tersebut sangat dipengaruhi oleh asal usul atau sumber dari gen interes yang ditransformasikan. Sehubungan dengan itu, sebelum mengisolasi gen interes dari suatu komoditas untuk digunakan dalam perakitan tanaman PRG, peneliti harus mengetahui sumber-sumber *allergen*. Penggunaan gen yang berasal dari komoditas sumber *allergen* harus benar-benar dihindarkan. Studi kasus yang relevan adalah perakitan kedelai PRG untuk memperoleh kedelai dengan kandungan *methionin* yang tinggi (Nordlee *et al.* 1996). Kedelai diketahui sebagai tanaman yang defisien *methionin*, sedangkan *Brazil nut* mengandung *methionin* yang sangat tinggi. Sehubungan dengan fakta tersebut, ada usaha untuk mentransfer gen yang mengkode produksi *methionin* dari *Brasil nut* ke kedelai. Perakitan tersebut berjalan baik dan berhasil memperoleh kedelai PRG yang mengandung *methionin* yang tinggi. Tetapi setelah dilakukan pengujian sifat alergi terhadap manusia melalui uji serologi dan *skin prick* ternyata hasilnya positif (Gambar 2), yaitu terjadi alergi pada manusia yang diuji (Nordlee *et al.* 1996). Sebagai akibat dari hasil pengujian tersebut pengembangan proyek kedelai PRG dengan kandungan *methionin* tinggi dihentikan dan produk tersebut tidak sampai



**Gambar 2.** Uji *skin prick* ekstrak *Brazil nut* (A) dan kedelai PRG yang mengandung gen dari *Brazil nut* (B) pada orang yang alergi dan tidak (McLean dan MacKenzie 2001a).

dikomersialkan (Neumann 1999a). Sangat disayangkan bahwa informasi tentang kedelai PRG yang menimbulkan alergi bagi manusia yang sensitif tersebut telah dihentikan dan belum sampai dikomersialkan, beritanya tidak pernah disebarluaskan ke publik oleh media.

Semua *allergen* adalah protein, tetapi tidak semua protein adalah *allergen*. Makanan atau bahan pangan mengandung puluhan ribu protein, tetapi sedikit sekali yang bersifat *allergen* (Neumann 1999b). *Allergen* dijumpai dalam jumlah yang tinggi di dalam makanan atau bahan pangan, sebaliknya kandungan protein gen interes berjumlah sangat sedikit. Telah diketahui bahwa semua *allergen* terdapat dalam konsentrasi tinggi dalam makanan, tetapi masih stabil dan aktif pada suhu  $>65^{\circ}\text{C}$  dan  $\text{pH} < 5$ . Menurut Astwood dan Fuchs (1996), Engel (1999), Neumann (1999b) semua protein *allergen* bersifat stabil dan memerlukan waktu yang lama untuk dicerna di dalam sistem pencernaan (Tabel 2). Sifat tersebut sangat berbeda dengan protein tanaman dan protein gen donor yang hanya dalam waktu beberapa detik sudah bisa dicerna. Selain itu, dari hasil penelitian diketahui bahwa gen donor sebagai bahan gen PRG tidak stabil dan tidak aktif pada suhu  $>65^{\circ}\text{C}$  dan  $\text{pH} < 5$ , sehingga praktis tidak berfungsi setelah dilakukan pemanasan dalam proses memasak makanan.

Dalam pengkajian risiko apakah pangan berasal dari tanaman PRG dapat menimbulkan alergi atau tidak, dilakukan dengan cara mengkaji status gen donor (*exogenous*) apakah berasal dari sumber yang bersifat alergen atau tidak. Bila bukan dari sumber alergen, diperlukan informasi tentang gen donor yang meliputi: tidak homologi dengan

**Tabel 2.** Kandungan berbagai jenis protein dalam bahan makanan dan lamanya protein tersebut tercerna di dalam sistem pencernaan secara *in vitro*.

Jenis protein	Persentase dari protein total (%)	Lamanya protein tercerna
<b>Protein Tanaman</b>		
Acid phosphatase (kentang)	<1	<15 detik
B-amylase (gandum)	<1	<15 detik
Lipoxygenase (kedelai)	<1	<15 detik
PEP carboxylase (jagung)	<1	<15 detik
Sucrose synthase (terigu)	<1	<15 detik
<b>Protein gen interes</b>		
CP4EPSPS	<0.1	<10 detik
<i>Cry1A(b)</i>	<0.01	<30 detik
<i>Cry1A(c)</i>	<0.01	<30 detik
<i>Cry3a</i>	<0.01	<30 detik
GUS	0.01	<15 detik
NPT II	<0.01	<10 detik
<b>Allergen</b>		
Casein (susu)	80	>60 menit
Mustard Sin a I	20	>60 menit
Ovalbumin (telur)	54	>60 menit
SoyB-Conglycinin (kedelai)	18.5	>60 menit
Soy Glycinin (kedelai)	51	>60 menit

Dimodifikasi dari Astwood dan Fuchs (1996), Engel (1999), Neumann (1999b).

alergen; tidak stabil dalam pencernaan dan suhu  $>65^{\circ}\text{C}$ , dan homologi dengan protein yang aman. Tetapi apabila gen donor tersebut berasal dari spesies yang diketahui sebagai sumber alergen, maka diperlukan tahapan pengujian laboratorium seperti uji *in vitro* (ELISA), uji *in vivo* (*skin prick test*), ujiantang pangan (*challenge test*).

Dalam uraian tentang alergenitas ini dijelaskan berbagai contoh dari gen-gen *cry* yang telah mendapatkan izin dari EPA, Amerika Serikat. Sebagai contoh, *cry1A(b)* (EPA 1997, 1998a) dan *cry1A(c)* (EPA 1998b) yang digunakan dalam jagung Bt, *cry1A(c)* dalam kapas Bt (EPA 1995a), dan *cry3A* dalam kentang (EPA 1995b) telah diteliti dan dizinkan oleh EPA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa di dalam tanaman, ketiga *cry* tersebut terkandung dalam konsentrasi rendah. Selain itu, ketiga *cry* tersebut labil dan tidak tahan didegradasi dengan pemanasan (suhu  $>65^{\circ}\text{C}$ ), perlakuan asam (pH  $<5$ ) dan proteases.

Data mengenai ketiga *cry* tersebut berbeda dengan *cry9C* di dalam jagung Starlink. Ternyata *cry9C* di dalam cairan lambung tidak terdegradasi dengan cepat dan relatif lebih tahan dalam pemanasan (EPA 1998c). Hasil tersebut menimbulkan kekhawatiran terjadinya alergi kalau jagung PRG yang mengandung *cry9C* tersebut dikonsumsi oleh manusia, oleh karena itu EPA hanya mengizinkan untuk bahan pakan tidak untuk pangan. Aventis (produsen jagung Starlink) mengajukan hasil penelitian terakhir tentang *cry9C* ke EPA sebagai informasi tambahan untuk pengkajian risiko alergenitas yang berpotensi pada produk pangan olahan yang berasal dari jagung Starlink (GKCCB 2001d). Hasilnya menunjukkan bahwa tingkat kandungan protein *cry9C* di dalam produk cair seperti minyak goreng, sirup, alkohol, dan tajin jagung berada di bawah batas ambang untuk bisa dideteksi melalui metode analitik (GKCCB 2001d). Sedangkan di dalam produk kering seperti tepung jagung halus dan kasar, protein *cry9C* mengalami *denature* tetapi tidak sampai tereliminasi dengan tuntas (GKCCB 2001d).

Dalam kaitannya dengan kekhawatiran bahwa tanaman PRG akan menimbulkan alergi terjadi juga di Indonesia (Herman 2003). Isu tersebut terjadi sewaktu kapas Bt yang mengandung gen *cry1A(c)* dilepas di Sulawesi Selatan, yaitu kapas Bt akan membentuk senyawa yang menimbulkan alergi atau keracunan bagi manusia. 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 dikonsumsi 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 PRG menimbulkan alergi atau keracunan bagi manusia. Pengalaman kami sewaktu menguji kapas Bt baik di FUT dan LUT selama dua musim tanam tidak pernah mengalami alergi ataupun keracunan dari *pollen* (tepung sari) kapas Bt.

Hasil penelitian protein *cry1A(c)* menunjukkan bahwa protein *cry* tersebut di dalam tanaman terkandung dalam konsentrasi rendah, dan tidak mempunyai sekuen homo-

logi dengan protein-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 hasil penelitian lain menunjukkan bahwa gen *cry1* labil dan tidak tahan didegradasi dengan pemanasan (suhu  $>65^{\circ}\text{C}$ ), perlakuan asam (pH  $<5$ ) dan proteases. Berarti manusia tidak akan keracunan akibat mengonsumsi bahan pangan yang mengandung kapas Bt apalagi setelah direbus, dimasak atau diproses.

Oleh karena itu, secara ilmiah tanaman PRG yang mengandung gen *cry1* 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:** “Tanaman PRG akan menimbulkan keracunan apabila dikonsumsi”

#### Fakta

Ada kekhawatiran apabila manusia mengonsumsi organisme PRG khususnya tanaman PRG yang mengandung gen Bt-endotoxin akan mati karena keracunan. Seperti halnya kekhawatiran yang telah diuraikan di atas, yaitu didasari oleh sifat beracun dari gen Bt terhadap serangga, karena serangga yang memakan tanaman PRG tersebut akan mati akibat racun gen Bt (MacIntosh *et al.* 1990). Gen Bt hanya akan bekerja secara aktif dan bersifat racun apabila bertemu sinyal penerima (*receptor*) di dalam usus serangga dari golongan yang sesuai dengan kelas virulensinya (Van Rie *et al.* 1990). Usus serangga mempunyai pH basa, sedangkan usus manusia mempunyai pH asam dan tidak mempunyai *receptor* Bt. Menurut hasil penelitian gen Bt tidak stabil dan tidak aktif lagi pada pH  $>5$  dan suhu di atas  $65^{\circ}\text{C}$ . Selain itu, sejak puluhan tahun yang lalu Bt telah digunakan oleh petani di negara maju sebagai pestisida hayati yang aman baik terhadap hewan, serangga berguna ataupun terhadap manusia (Siegel dan Shaddock 1989). Berarti manusia tidak akan keracunan akibat mengonsumsi bahan pangan yang mengandung tanaman PRG Bt apalagi setelah direbus, dimasak atau diproses. Oleh karena itu, secara ilmiah tanaman PRG yang mengandung gen *cry1* tidak akan beracun bagi manusia, kecuali terhadap serangga Lepidoptera (Sanders *et al.* 1995). Pepaya PRG tahan penyakit virus bercak cincin (*Papaya Ringspot Virus*) setelah dilakukan analisis kimia tidak menunjukkan perbedaan kandungan *benzyl isothiocyanate* yang bisa menimbulkan keracunan dibandingkan dengan pepaya non PRG (UHM 1997).

Prinsip kesepadanan substansial yang digunakan dalam menilai keamanan pangan dari tanaman PRG pertama kali diajukan oleh OECD pada tahun 1993 (McLean dan MacKenzie 2001a). Prinsip tersebut kemudian disetujui oleh FAO/WHO *joint expert consultation in* 1996 (FAO/WHO 1996). Prinsip kesepadanan substansial dilakukan dengan membandingkan antara tanaman PRG dengan non PRG yang mempunyai sejarah penggunaan yang aman sebagai bahan pangan. Kesepadanan substansial ditujukan terhadap kandungan yang meliputi antara lain: nutrisi, racun, antigizi, dan alergen. Kandungan nutrisi meliputi protein, karbohidrat, lemak, serat, abu, asam amino, dan asam lemak. Kalau kita mau jujur dalam melakukan kajian risiko keamanan pangan, seharusnya makanan atau bahan pangan yang berasal dari tanaman budi daya hasil persilangan konvensional juga diperlakukan dengan kajian yang sama. Seperti diketahui bahwa tanaman budi daya hasil persilangan konvensional secara alamiah ada yang mengandung racun yang membuat manusia sakit bahkan mematikan kalau mengonsumsinya dalam keadaan mentah tanpa direbus atau dimasak lebih dahulu, seperti ubi kayu karena mengandung HCN. Beberapa contoh tanaman lain yang mengandung bahan beracun atau antigizi adalah: kedelai yang mengandung *trypsin inhibitor*, *lectin*, dan *urease* (McLean dan MacKenzie 2001a), kentang mengandung *glycoalkaloid solanins* (Friedman dan McDonald 1997), tomat mengandung *alpha tomatins* (McLean dan MacKenzie 2001a). Ada kasus keracunan dari tanaman hasil pemuliaan secara konvensional. Diawara dan Trumble (1997) berhasil mendapatkan varietas yang tahan penyakit *Fusarium* karena mengandung *furanocoumarins* dari persilangan konvensional. Varietas tersebut menyebabkan penyakit *dermatitis* yang serius bagi petani yang kulitnya bersentuhan dengan tanaman tersebut, karena kandungan *furanocoumarins* yang sangat tinggi. Pemulia tanaman yang lain berhasil memperoleh seledri tahan serangga. Tanaman tersebut mengandung *celerin* 10 kali lipat dibandingkan dengan kandungan *celerin* normal. Tetapi seledri yang mengandung *celerin* tinggi ternyata menimbulkan alergi pada kulit manusia yang mengonsumsinya (Hollingworth 1999). Tanaman kentang varietas Lenape (Sturckow dan Low 1961, Zitnak dan Johnston 1970) dan Magnum Bonum (Hellenas *et al.* 1995) yang merupakan tanaman hasil persilangan biasa, telah dilarang beredar di Amerika Serikat, Kanada, dan Swedia karena menimbulkan keracunan pada manusia walaupun kentang tersebut telah direbus (Conner 1997). Ternyata tanaman kentang tersebut mengandung *glycoalkaloid* yang tinggi.

**Isu:** “Apabila tanaman PRG dikonsumsi manusia akan menyebabkan bakteri dalam tubuh manusia tahan antibiotik”

### Fakta

Ada kekhawatiran lain bahwa penggunaan marka tahan antibiotik seperti *Kanamycin resistant* (Kan-R) dalam tanaman PRG menyebabkan bakteri di dalam

tubuh manusia menjadi tahan terhadap antibiotik. Kemungkinan bakteri di dalam tubuh menjadi tahan karena transfer horizontal gen Kan-R dari tanaman PRG yang dikonsumsi ke bakteri di dalam usus adalah sangat kecil (WHO 1993, FDA 1998, EFSA 2007). Gen Kan-R yang ditransfer ke tanaman melalui rekayasa genetik akan terinkorporasi ke dalam genom tanaman. Tanaman tidak mempunyai suatu mekanisme untuk mentransfer gen yang sudah terinkorporasi tersebut ke bakteri. Terjadinya transformasi pada bakteri memerlukan suatu kesamaan homologi yang tinggi antara utas (*strand*) DNA donor dan DNA penerima (WHO 1993). Selain itu, gen yang ada pada tanaman berada dibawah komando promotor tanaman yang tidak akan bekerja pada bakteri. Menurut penelitian, manusia diperkirakan telah mengonsumsi 1.000.000 jasad renik tahan *kanamycin* melalui bahan pangan seperti sayur-sayuran mentah. Di samping itu, secara alami 1.000.000.000.000 bakteri tahan *kanamycin* sudah ada dan menghuni usus manusia (Flavel *et al.* 1992). Cara yang lebih cepat untuk menjadikan bakteri dalam tubuh manusia menjadi tahan terhadap antibiotik adalah dengan mengonsumsi antibiotik yang berlebihan sewaktu manusia sedang sakit. *European Food Safety Authority* (2007) mengelompokkan gen *nptII* (*kanamycin resistance*) dan gen *hph* (*hygromycin resistance*) ke dalam kelompok 1 gen marka seleksi yang diizinkan untuk digunakan dalam perakitan tanaman PRG.

### Isu Perdagangan

**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, maka tidak akan berpengaruh terhadap minyak yang berasal dari biji kapas lokal tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa minyak yang berasal dari biji tanaman PRG tidak mengandung DNA ataupun protein dari gen tanaman PRG tersebut. Korea dan Jepang telah menerima dan mengonsumsi minyak yang dibuat dari biji kapas PRG. Hal tersebut disebabkan mereka telah menyatakan bahwa minyak yang berasal dari tanaman PRG aman untuk dikonsumsi.

**Isu:** “Apakah benar Indonesia akan dijadikan tempat buangan (*dumping site*) tanaman PRG yang ditolak di luar negeri”

### Fakta

Hal ini merupakan kekhawatiran yang mengada-ada, karena setiap tanaman PRG yang akan dimanfaatkan di Indonesia apalagi dari luar negeri “harus memenuhi persyaratan keamanan lingkungan, keamanan pangan, dan keamanan pakan serta mempertimbangkan kaidah agama, etika, sosial budaya, dan estetika”, sumber gen interes harus berasal dari hewan yang tidak dilarang oleh suatu agama tertentu. Pemohon diwajibkan menyertakan sertifikat aman lingkungan, aman pangan, dan aman pakan, serta izin komersialisasi di luar negeri sebagai bukti bahwa tanaman PRG tersebut sudah dikomersialisasikan di luar negeri. Di samping itu, tanaman PRG 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 interes yang dimasukkan ke tanaman PRG terbukti masih ada di dalam genom tanaman PRG tersebut. TTKHKP bertanggung jawab dalam menilai, mengevaluasi, dan mengkaji data-data tersebut.

**Isu:** “Penghentian (*moratorium*) penanaman tanaman PRG”

### Fakta

Penghentian penanaman tanaman PRG memang terkait dengan kehendak dan usaha dari kalangan LSM yang kontra PRG. Dalam setiap kesempatan mereka selalu meminta *moratorium* atau penghentian pemanfaatan tanaman PRG 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 PRG.

Dari segi peraturan: Seperti yang telah diuraikan di atas, sejak tahun 1993, Departemen Pertanian telah mencurahkan waktu membuat peraturan mengenai pemanfaatan produk bioteknologi pertanian PRG yang di dalamnya termasuk tanaman PRG. 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 tahun 1997 dikeluarkan Keputusan Menteri Pertanian No. 856/Kpts/HK.330/9/1997 tentang Ketentuan Keamanan Hayati Produk Bioteknologi Pertanian Hasil Rekayasa Genetik. Untuk mengimplementasikan Keputusan tersebut maka dibentuklah Komisi Keamanan Hayati (KKH) melalui Keputusan Menteri Pertanian tahun 1997. Kemudian pada tahun 1999, karena adanya kekurangan pengaturan aspek keamanan pangan, maka Keputusan Menteri Pertanian tahun 1997 tersebut diadopsi menjadi 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/NmenegPHOR/09/1999 tentang Keamanan Hayati dan Keamanan Pangan Produk Pertanian Hasil Rekayasa Genetik (PPHRG). Pada tahun 1999, KKH kemudian diganti menjadi Komisi Keamanan Hayati dan Keamanan Pangan (KKHKP) melalui Keputusan bersama 4 Menteri tersebut. Agar independen, KKHKP beranggotakan para penentu kebijakan yang berasal dari berbagai institusi yang terkait dengan tanaman PRG. Di dalam menjalankan tugasnya KKHKP dibantu oleh suatu Tim Teknis. Tim Teknis tersebut beranggotakan pakar-pakar lintas disiplin ilmu dan lintas institusi. Tim Teknis tersebut dikenal dengan nama Tim Teknis Keamanan Hayati dan Keamanan Pangan (TTKHKP). TTKHKP dibagi dalam lima kelompok: Tanaman, Hewan, Ikan, Jasad Renik, dan Pangan.

Dari segi risiko: Tugas TTKHKP menilai, mengevaluasi, dan mengkaji risiko keamanan hayati dan keamanan pangan tanaman PRG. Pemanfaatan tanaman PRG baik produk yang berasal dari dalam maupun luar negeri “harus memenuhi persyaratan keamanan lingkungan, keamanan pangan, dan keamanan pakan serta mempertimbangkan kaidah agama, etika, sosial budaya dan estetika”. TTKHKP mengkaji data hasil penelitian ilmiah yang diserahkan oleh Pemohon pemanfaatan tanaman PRG. Data ilmiah itu berasal dari hasil penelitian di luar negeri maupun di dalam negeri, dan apabila memang diperlukan dilakukan pengkajian ulang. Dengan adanya ketentuan inilah tanaman PRG tidak dapat beredar semauanya di Indonesia. Hal ini mencerminkan sikap kehati-hatian Menteri Pertanian terhadap pelepasan tanaman PRG. TTKHKP dalam melakukan pekerjaannya memegang prinsip profesional dan independen berdasarkan kajian ilmiah, tanpa profokasi atau tekanan dari pihak manapun. 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 di-lobi”.

Keputusan Bersama itu telah diangkat menjadi Peraturan Pemerintah (PP) No. 21 Tahun 2005 tentang Keamanan Hayati Produk Rekayasa Genetik. Dalam pelaksanaannya, PP No. 21 tersebut dilandasi dengan pendekatan kehati-hatian dalam rangka mewujudkan keamanan lingkungan, keamanan pangan dan atau pakan 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 No. 21 Tahun 2004 tentang Pengesahan *Cartagena Protocol on Biosafety*.

Menurut James (2007) bahwa secara global, area penanaman tanaman PRG pada tahun 2007 masih didominasi negara maju seluas 64,9 juta ha (57%) dan negara berkembang seluas 49,4 juta ha (43%). Dari total 114,3 juta ha, delapan negara yang menduduki peringkat atas adalah Amerika Serikat 57,7 juta ha (50,5%), Argentina 19,1 juta ha (16,7%), Brazil 15,0 juta ha (13,1%), Kanada 7,0 juta ha (6,1%), India 6,2 juta ha (5,4%),



Cina 3,8 juta ha (3,3%), Paraguay 2,6 juta ha (2,3%), dan Afrika Selatan 1,8 juta ha (1,6%). Luas area penanaman tanaman PRG di delapan negara tersebut adalah 99% dari total area secara global. Luas area yang hanya 1% sisanya berada di 15 negara. Apakah mungkin Indonesia dalam waktu dekat dapat menanam tanaman PRG seluas di India dan Cina?

Tuntutan *moratorium* tersebut lebih bersifat kajian emosional dari pada kajian ilmiah, dan ada sesuatu yang janggal, karena didasarkan pada suatu risiko yang tidak dapat diprediksi atau belum diketahui. Mengapa janggal, 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 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 di atas (McLean dan MacKenzie 2001a). Ada pula teknologi yang risikonya terhadap kesehatan manusia belum diprediksi dan tidak diketahui seperti *handphone* dan komputer. Dengan fakta tersebut apakah kita akan meminta penghentian penggunaan pangan atau teknologi tersebut, ada apa dibalik semua itu? Marilah kita renungkan bersama, dari sisi kajian ilmiah berapa besar risiko kemungkinan terjadinya dampak negatif dari pemanfaatan tanaman PRG terhadap lingkungan dan kesehatan manusia jika dibandingkan dengan penggunaan teknologi lain misalnya automotif, penebangan dan penjarahan hutan, limbah dari pabrik-pabrik bahan kimia, dan banyak lagi.

Hasil evaluasi kapas PRG 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 Provinsi Sulawesi Selatan seperti pada tahun 2001, yaitu Takalar, Gowa, Bantaeng, Bulukumba, Bone, Soppeng, dan Wajo.

Hasil studi tahun 2002 Bidang Produksi dan Pengembangan, Bidang Pengkajian terbagi menjadi 3 subbidang, yaitu Subbidang Daya Hasil, Subbidang Analisis Risiko Lingkungan, Subbidang Sosial Ekonomi, dan Bidang Pemantauan dan Pengawasan. Laporan tersebut dipresentasikan dalam Diskusi Ilmiah tentang Evaluasi Pelepasan Terbatas Kapas Bt di Sulawesi Selatan di Hotel Salak, Bogor pada 14 November 2002. 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 Bt pada musim tanam berikutnya karena rata-rata keuntungan petani kapas Bt adalah Rp 1.386.706 per ha dibandingkan hanya Rp 756.299 per ha pada kapas non Bt.

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 Provinsi Sulawesi Selatan, yaitu Takalar, Gowa, Bantaeng, Bulukumba, Bone, Soppeng, Wajo, Jeneponto, dan Sinjai. Dua kabupaten yang terakhir adalah baru dibandingkan pelepasan tahun 2001 dan 2002.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Amir, M. dan N. Anggiani. 1994.** Monitoring of *M. grisea* races. Laporan Penelitian ARBN, CRIFC.
- Amir, M. dan R. Edwina. 1988.** Regionalisasi varietas padi untuk penendalian penyakit blas (*Pyricularia oryzae*, Cav.) di Indonesia. Seminar Hasil Penelitian Tanaman Pangan. Balittan, Bogor.
- Anderson, J.A. 1996.** Allergic reaction to foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 36:S19-S38.
- Asian Food Information Center (AFIC). 1999.** AFIC research on food biotechnology: Asian consumer and food biotechnology, what do they really think? *Food Facts Asia* 2<sup>nd</sup> quarter.
- Asian Food Information Centre (AFIC). 2008.** Food Biotechnology: Consumer perceptions of food biotechnology in Asia. 02-October-2008 Asian Food Information Centre (AFIC) Press Release.
- Astwood, J.D. and R.L. Fuchs. 1996.** Allergenicity of foods derived from transgenic plants. *Monogr. Allergy* 32:105-120.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (Badan Litbangtan). 2008.** Mutu kedelai nasional lebih baik dari kedelai impor. Siaran Pers 12 Februari 2008. <http://www.litbang.deptan.go.id/press/one/12/pdf/Mutu%20Kedelai%20Nasional%20Lebih%20Baik%20dari%20Kedelai%20impor.pdf>.
- Bahagiawati dan M. Herman. 2008.** Isu dan fakta tentang tanaman produk bioteknologi. Booklet Kerja Sama Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Sumber Daya Genetik Pertanian dengan Michigan State University dan Program Biosafety System. 17 hlm.
- Bahagiawati, A.H., I.N. Oka, and A.A.N.B. Kamadalu. 1988a.** Monitoring biotipe wereng coklat. Edisi Khusus Balittan Bogor 2:27-32.

- Bahagiawati, A.H., 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. *Environ. Entomol.* 18(3):489-493.
- Bahagiawati, A.H. 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, A.H. dan I.N. Oka. 1987.** Perkembangan biotipe wereng coklat, *N. lugens* Stal. di Indonesia. Edisi Khusus Balittan Bogor 1:17-31.
- Baker, H.G. 1965.** Characteristics and modes of origin of weeds. In Baker, H.G. and Stebbins, G.L. (Eds.). *The Genetics of Colonizing Species*. Academic Press, New York. p. 147-168.
- Bermawie, N., Bahagiawati, A.H., K. Mulya, D. Santoso, Budihardjo, E. Yuliantini, Syahyuti, Erizal, Hasnam, M. Herman, dan Y.A. Trisyono. 2003.** Perkembangan dan dampak pelepasan produk rekayasa genetik (PRG) dan produk komersialnya (kasus kapas Bollgard dan kedelai impor). Proyek *National Biosafety Framework* GEF-UNEP. Kementerian Negara Lingkungan Hidup.
- Booren, A.M. 1999.** Hazard analysis critical points, the impact of food safety on production agriculture. International food safety short course, 11-17 July 1999. Michigan, USA.
- Borlaug, N.E. 2001.** Feeding the world in the 21<sup>st</sup> century: the role of agricultural science and technology. Tuskegee University. April 2001.
- Bourquin, L.D. 1999.** Nature of food hazards biological, chemicals, and physical. International food safety short course, 11-17 July 1999. Michigan, USA.
- Branom M. 1999.** Monarch butterfly population on the rise. *Asia Biotech Bulletin*. September 1999. 4 p.
- 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 Cult.* 4:221-263.
- Canadian Food Inspection Agency (CFIA). 2000a.** 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.
- Canadian Food Inspection Agency (CFIA). 2000b.** Case study glufosinate tolerant canola HCN 28. Environmental assessment: Potential for gene flow to wild relatives. Plant Biosafety Office. p. 25-26.
- Canadian Food Inspection Agency (CFIA). 2000c.** Case study glufosinate tolerant canola HCN 28. Environmental assessment: Potential impact on non-target organisms. Plant Biosafety Office. p. 27-28.
- Conner, A.J. 1997.** Genetically engineered crops (Environmental and Food Safety Issues). The Royal Society of New Zealand, Wellington, New Zealand.
- 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. 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.
- Diawara, M.M. and J.T. Trumble. 1997.** Linear furanocoumarins. In D'Mello, J.P. (Ed.). *Handbook of Plant and Fungal Toxicant*. Boca Raton, Florida. CRC Press. p. 175-188.

- Direktorat Jenderal Tanaman Pangan Departemen Pertanian RI (Ditjentan). 2008.** Press release Menteri Pertanian pada panen kedelai. Senin, 4 Februari 2008.
- Environmental Protection Agency (EPA). 1995a.** Pesiticide fact sheet: *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki*  $\delta$ -endotoxin and its controlling sequences as expressed in cotton. Issued October 31, 1995.
- Environmental Protection Agency (EPA). 1995b.** Pesiticide 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 (EPA). 1997.** Pesiticide 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 (EPA). 1998a.** Pesiticide fact sheet: *Bacillus thuringiensis cryIA(b)*  $\delta$ -endotoxin and the genetic material necessary for its production in corn. Update to include popocorn use. Issued April 1998.
- Environmental Protection Agency (EPA). 1998b.** Pesiticide 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 (EPA). 1998c.** Pesiticide fact sheet: *Bacillus thuringiensis* subspecies *tolworthi cry9c* protein and the genetic material necessary for its production in corn. Issued May 1998.
- Environmental Protection Agency (EPA). 1999.** EPA and USDA position paper on insect resistance management in Bt crops. Washington D.C. ([http://www.epa.gov/opbppd/biopesticides/otherdocs/Bt\\_position\\_paper\\_618.htm](http://www.epa.gov/opbppd/biopesticides/otherdocs/Bt_position_paper_618.htm)).
- European Food Safety Authority (EFSA). 2007.** EFSA report on antibiotic-resistance markers. April 20, 2007. Available at [http://www.gmo-safety.eu/en/gene\\_transfer/43.docu.html](http://www.gmo-safety.eu/en/gene_transfer/43.docu.html).
- Engel, K.H. 1999.** Assessment of proteins. Regional Symposium on Ggenetically Modified Foods: Benefits and Awareness. Bangkok, March 17-18, 1999.
- Ewen, S.W.B. and A. Pusztai. 1999.** Effects of diets containing genetically modified potatoes expressing *Galanthus nivalis* lectin on rat small intestine. *Lancet* 354(9187):1353-1354.
- Fatchurochim, M., A.D. Ambarwati, and I. Hanarida. 1994.** Wide hybridization between rice cultivars and wild *Oryza* species. *Indonesian J. Tropic. Agric.* 2:32-36.
- Flavel, R.B., E. Dart, R.L. Fuchs, and R.T. Fraley. 1992.** Selectable marker genes; safe for plants? *Bio/Technol.* 10:141-144.
- Folmer, J.D., G.E. Erickson, C.T. Milton, T.J. Klopfenstein, and J.F. Beck. 2000a.** Utilization of Bt corn residue and corn silage for growing beef steers. Abstract 271 presented at the Midwestern Section ASAS and Midwest Branch ADSA 2000 Meeting, Des Moines, IA.
- Folmer, J.D., R.J. Grant, C.T. Milton, and J.F. Beck. 2000b.** Effect of Bt corn silage on shortterm lactational performance and ruminal fermentation in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 83(5):1182.
- 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.

- Food and Drug Administration (FDA). 1998.** Guidance for industry: use of antibiotic resistance marker genes in transgenic plants. Center for Food Safety and Applied Nutrition. Office of Premarket Approval.
- Friedman, M. and G. M. McDonald. 1997.** Potato glycoalkaloids: chemistry, analysis, safety and plant physiology. *Crit. Rev. Plant Sci.* 16:55-132.
- Global Knowledge Center on Crop Biotechnology (GKCCB). 2001a.** EU soymeal imports are up. *Crop Biotech Update*: May 2001. ISAAA SEAsiaCenter and CAB International.
- Global Knowledge Center on Crop Biotechnology (GKCCB). 2001b.** Science Communities Issue Strong Support for Biotechnology. *Crop Biotech Update*: January 2001. ISAAA SEAsiaCenter and CAB International.
- Global Knowledge Center on Crop Biotechnology (GKCCB). 2001c.** No difference found in animals fed GM corn and soybeans. *Crop Biotech Update*: May 2001. ISAAA SEAsiaCenter and CAB International.
- Global Knowledge Center on Crop Biotechnology (GKCCB). 2001d.** New Starlink corn data submitted by Aventis Cropssiences. *Crop Biotech Update*: May 2001. ISAAA SEAsiaCenter and CAB International.
- GMO Compass (GMOC). 2004.** Effect of Bt toxin on non-target organisms: Lacewings not in danger after all. *GMO Compass*. April 16, 2004. Available at <http://www.gmo-safety.eu/en/archive/2004/283.docu.html>.
- GMO Compass (GMOC). 2008.** Bt maize and non-target organisms: Bt maize pollen poses no risk to green lacewings. *GMO Compass*. August 15, 2008. Available at <http://www.gmo-safety.eu/en/news/653.docu.html>.
- Hammond, B., J. Vicini, G. Hartnell, M.W. Naylor, C.D. Knight, E. Robinson, R. L. Fuchs, and S.R. Padgett et al. 1996.** The feeding value of soybeans fed to rats, chickens, catfish and dairy cattle is not altered by genetic incorporation of glyphosate tolerance. *J. Nutr.* 126:717-727.
- Hansen, L. 1999.** Non target effects of Bt corn pollen on the Monarch Butterfly (Lepidoptera: Danaidae). <http://www.ent.iastate.edu/entsoc/ncb99/prog/abs/D881.html>.
- Hansen, L. and J. Obrycki. 1999.** Scientist urge caution on monarch data. *Asia Biotech. Bulletin* June 1999. 10 p.
- 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.
- Hellenas, K.E., C. Branzell, H. Johnson, and P. Salina. 1995.** High levels of glycoalkaloids in the established Swedish potato variety Magnum Bonum. *J. Sci. Food Agric.* 23:520-523.
- Herman, M. 2000.** Kekhawatiran terhadap tanaman PRG: Antara isu dan fakta. *Bio Tan* 2(1):1-4.
- Herman, M. 2002.** Analisis manfaat dan risiko tanaman hasil rekayasa genetik. *Dalam* Oekan, S. Abdullah, C. Asdak, B. Gunawan, dan Tb. B.A. Kurnani (Eds.). *Rekayasa Genetik: Tantangan dan Harapan*. UNPAD Press, Bandung.
- Herman, M. 2003.** Status Perkembangan Kapas Bt. *Buletin AgroBio* 6(1):8-25.

- Hidayat, P. dan D. Prijono. 2002.** Analisis risiko lingkungan kapas PRG di Sulawesi Selatan: Kajian aktivitas residu protein *cry1* pada pertanaman kapas PRG di Makasar. Laporan Kajian Kapas Bt Subbidang Analisis Risiko Lingkungan. Makalah dipresentasikan dalam Diskusi Ilmiah tentang Evaluasi Pelepasan Terbatas Kapas Bt di Sulawesi Selatan. Hotel Salak, 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.
- Hollingworth, R. 1999.** Risk assessment and risk management. International Food Safety Short Course, 11-17 July 1999. Michigan, USA.
- 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.
- James, C. 1998.** Global review of commercialized transgenic crops: 1998. ISAAA Brief No. 8. ISAAA, Ithaca, New York.
- James, C. 1999.** Global review of commercialized transgenic crops: 1999. ISAAA Brief No. 12. ISAAA, Ithaca, New York.
- James, C. 2000.** Global review of commercialized transgenic crops: 2000. ISAAA Brief No. 16. ISAAA, Ithaca, New York
- James, C. 2001.** Global review of commercialized transgenic crops: 2001. ISAAA Brief No. 24. ISAAA, Ithaca, New York.
- James, C. 2002.** Global review of commercialized transgenic crops: 2001. Feature: Bt Cotton. ISAAA Brief No. 26. ISAAA, Ithaca, New York.
- James, C. 2003.** Global review of commercialized transgenic crops: 2002. Feature: Bt Corn. ISAAA Brief No. 29. ISAAA, Ithaca, New York.
- James, C. 2004.** Global review of commercialized transgenic crops: 2004. ISAAA Brief No. 32. ISAAA, Ithaca, New York.
- James, C. 2005.** Global review of commercialized Biotech/GM crops: 2005. ISAAA Brief No. 34. ISAAA, Ithaca, NY.
- James, C. 2006.** Global review of commercialized Biotech/GM crops: 2006. ISAAA Brief No. 35. ISAAA, Ithaca, New York.
- James, C. 2007.** Global review of commercialized Biotech/GM crops: 2007. ISAAA Brief No. 37. ISAAA, Ithaca, New York.
- James, C. 2008.** Global review of commercialized Biotech/GM crops: 2008. ISAAA Brief No. 39. ISAAA, Ithaca, New York.
- Joint Research Centre (JRC). 2008.** Scientific and technical Contribution to the development of an overall health strategy in the area of GMOs. Executive Summary of Joint Research Centre (JRC) of the European Commission Available at [http://ec.europa.eu/dgs/jrc/downloads/jrc\\_20080910\\_gmo\\_study\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/dgs/jrc/downloads/jrc_20080910_gmo_study_en.pdf).

- Kendall, P. 1999.** Monarch butterfly so far not imperiled-gene-altered corn gets an early OK in studies. *Chicago Tribune*, November 2, page 4.
- Krattiger, A.F. 1997.** Insect resistance in crops: A case study of *Bacillus thuringiensis* (Bt) and its transfer to developing countries. ISAAA Brief No. 2. ISAAA, Ithaca, New York.
- Kuiper, H.A., H.P. Noteborn, and A.C.M. Peinenburg. 1999.** Adequacy of methods for testing the safety of genetically modified foods. *Lancet* 354(9187):1315-1316.
- Lokollo, E.M., A. Syam, and A.K. Zakaria. 2001.** Kajian sosial ekonomi pengembangan kapas PRG di Sulawesi Selatan. Laporan Kajian Kapas Bt Subbidang Sosial Ekonomi. Makalah dipresentasikan dalam Diskusi Ilmiah tentang Evaluasi Pelepasan Terbatas Kapas Bt di Sulawesi Selatan. Hotel Salak, Bogor, 21 November 2001.
- Loedin, I.S. 2000.** Transfer gen pada tanaman dan aplikasinya. Seminar Bioteknologi: Kesiapan Indonesia Memasuki Globalisasi Produk Transgenik. BBPT. 5 September 2000.
- Losey, J.E., L.S. Raynor, and M.E. Carter. 1999.** Transgenic pollen harms Monarch larvae. *Nature* 399:214.
- 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.
- McGinnis, L. 2008.** Non-target insects probably affected more by insecticides than by Bt crops. United States Department of Agriculture Agricultural Research Service (USDA ARS). News and Events, November 24, 2008. Available at <http://www.ars.usda.gov/is/pr/2008/081124.htm>.
- McLean, M.A. and D.J. MacKenzie. 2001a.** Principles and practice of novel food safety assessment. Materials presented for Food Safety and Environmental Assessment Workshop. Bogor, April 10-12, 2001.
- McLean, M.A. and D.J. MacKenzie. 2001b.** Principles and practice of environmental safety assessment of transgenic plants. Materials presented for Food Safety and Environmental Assessment Workshop. Bogor, April 10-12, 2001
- 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.
- 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.
- Metcalfe, D.D. 1985.** Food allergens. *Clin. Rev. Allergy* 3:331-349.
- Neumann, D.A. 1999a.** Assess of the allergenic potential of foods. Regional Symposium on Genetically Modified Foods: Benefits and Awareness. Bangkok, March 17-18, 1999.
- Neumann, D.A. 1999b.** Genetically modified foods: Safety assessment in North America. Regional Symposium on Genetically Modified Foods: Benefits and Awareness. Bangkok, March 17-18, 1999.
- Nordlee, J.A., S.L. Taylor, J.A. Townsend, L.A. Thomas, and R.K. Bush. 1996.** Identification of a Brazil-nut allergen in transgenic soybeans. *N. Engl. J. Med.* 334:668-694.
- Oka, I.N. and Bahagiawati A.H. 1984.** Development and management of a new brown plant-hopper (*N. lugens* Stal) biotype in North Sumatra, Indonesia. *Puslitbangtan Contribution* 71.

- Purwito, A., H. Aswidinnoor, dan N. Amin. 2001.** Gene flow kapas PRG di Sulawesi Selatan: Jarak dan frekuensi persilangan luar pada kapas PRG. Laporan Kajian Kapas Bt Subbidang Analisis Risiko Lingkungan. Makalah dipresentasikan dalam Diskusi Ilmiah tentang Evaluasi Pelepasan Terbatas Kapas Bt di Sulawesi Selatan. Hotel Salak, 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.
- Royal Society. 1999.** Review of data on possible toxicity of GM potatoes. [Online]. Available: [http://www.royalsoc.ac.uk/st\\_pol54.htm](http://www.royalsoc.ac.uk/st_pol54.htm) [1999, December 2].
- Russell, J. and T. Peterson. 1999.** Bt corn and non-Bt corn crop residues equal in grazing value. Extension News, June 30, 1999. Iowa State University Extension, Ames.
- Russell, J.R., M.J. Hersom, A. Pugh, K. Barrett, and D. Farnham. 2000.** Effects of grazing crop residues from bt-corn hybrids on the performance of gestating beef cows. Abstract 244 presented at the Midwestern Section ASAS and Midwest Branch ADSA 2000 Meeting, Des Moines, IA.
- Russo, E. and D. Cove. 1995.** Genetic engineering: dreams and nightmares. W.H. Freeman. New York.
- Sanders, P.R., E.N. Elswick, M.E. Groth, and B.E. Ledesma. 1995.** Evaluation of insect protected corn lines in 1994 U.S. field test locations. Study number 94-01-39-01, MSL-14179, an unpublished study conducted by Monsanto Co. EPA MRID No. 43665502.
- Sears, M.K. 2000.** Comment on recent reports dealing with Bt corn and the Monarch butterfly. Crop Pest Ontario Vol. 5 Issue 15.
- Shadduck, J.A. 1983.** Some observations on the safety evaluation of nonviral microbial pesticides. Bull. WHO 61:117-128.
- Shelton, A.M. and R. Roush. 1999.** False reports and the ears of men. Nat. Biotech. 17:832.
- 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. Nat. Biotech. 18:339-342.
- Sidhu, R.S., B.G. Hammond, R.L. Fuchs, J.N. Mutz, L.R. Holden, B. George, and T. Olson. 2000.** Glyphosate-Tolerant Corn: The Composition and Feeding Value of Grain from Glyphosate-Tolerant Corn is Equivalent to That of Conventional Corn (*Zea Mays L.*). J. Agric. Food Chem. 48:2305-2312.
- Siegel, J.P. and J.A. Shadduck. 1989.** Safety of microbial insecticides to vertebrates humans. In Laird, M., L.A. Lacey, and E.W. Davidson (Eds.). Safety of Microbial Insecticides. Boca Racon, Florida: CRC Press. p. 102-113.
- Sturckow, B. and I. Low. 1961.** The effects of some Solanum glycoalkaloids on the potato beetle. Entomol. Exp. Appl. 4:133-142.
- Suwanto, A. 2000.** Tanaman PRG: Bagaimana kita menyikapinya? Hayati 7(1):26-30.
- Suwanto, A., Y. Hala, dan N. Amin. 2001.** Analisis risiko lingkungan kapas PRG 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. Hotel Salak, Bogor, 21 November 2001.



- Suwanto, A., Y. Hala, dan N. Amin. 2002.** Analisis risiko lingkungan kapas PRG 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. Hotel Salak, Bogor, 14 November 2002.
- Tanda, A.S. and N.P. Goyal. 1979.** Insect, mainly *Apis mellifera* and *Apis cerana indica*, pollination in Asiatic cotton (*Gossypium arboreum*) in Punjab, India. J. Apiculture Res. 18:64-72.
- Tim Teknis Keamanan Hayati (TTKH). 1999a.** Laporan pengujian keamanan hayati kedelai *Roundup Ready* (toleran herbisida *glyphosate*) di Fasilitas Uji Terbatas.
- Tim Teknis Keamanan Hayati (TTKH). 1999b.** Laporan pengujian keamanan hayati jagung *Roundup Ready* (toleran herbisida *glyphosate*) di Fasilitas Uji Terbatas.
- Tim Teknis Keamanan Hayati (TTKH). 1999c.** Laporan pengujian keamanan hayati jagung Bt di Fasilitas Uji Terbatas.
- Tim Teknis Keamanan Hayati (TTKH). 1999d.** Laporan pengujian keamanan hayati kapas *Roundup Ready* (toleran herbisida *glyphosate*) di Fasilitas Uji Terbatas.
- Tim Teknis Keamanan Hayati (TTKH). 1999e.** Laporan pengujian keamanan hayati kapas Bt di Fasilitas Uji Terbatas.
- Tim Teknis Keamanan Hayati (TTKH). 1999f.** Laporan pengujian keamanan hayati kedelai *Roundup Ready* (toleran herbisida *glyphosate*) di Lapangan Uji Terbatas di Jawa Timur.
- Tim Teknis Keamanan Hayati (TTKH). 1999g.** Laporan pengujian keamanan hayati jagung *Roundup Ready* (toleran herbisida *glyphosate*) di Lapangan Uji Terbatas di Sulawesi Selatan.
- Tim Teknis Keamanan Hayati (TTKH). 1999h.** Laporan pengujian keamanan hayati jagung Bt di Lapangan Uji Terbatas di Sulawesi Selatan.
- Tim Teknis Keamanan Hayati (TTKH). 1999i.** Laporan pengujian keamanan hayati kapas *Roundup Ready* (toleran herbisida *glyphosate*) di Lapangan Uji Terbatas di Sulawesi Selatan.
- Tim Teknis Keamanan Hayati (TTKH). 1999j.** Laporan pengujian keamanan hayati kapas Bt di Lapangan Uji Terbatas di Sulawesi Selatan.
- Tim Teknis Keamanan Hayati dan Keamanan Pangan (TTKHKP). 2000.** Laporan pengujian keamanan hayati jagung Bt di Fasilitas Uji Terbatas.
- Trisyono, Y.A., S. Sudjono, dan 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. Triman, dan Suputa. 2001.** Kelimpahan jenis dan populasi arthropoda buka sasaran pada kapas PRG Bollgard. Laporan Kajian Kapas Bt Subbidang Analisis Risiko Lingkungan. Makalah dipresentasikan dalam Diskusi Ilmiah tentang Evaluasi Pelepasan Terbatas Kapas Bt di Sulawesi Selatan. Hotel Salak, Bogor, 21 November 2001.
- Trisyono, Y.A., S. Sudjono, E. Mahrub, B. Triman, dan Suputa. 2002.** Efek kapas PRG 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. Hotel Salak, Bogor, 14 November 2002.

- University of Hawai at Manoa (UHM). 1997.** Safety assessment of ringspot virus resistant papaya lines 55-1 and 63-1. FDA Biotechnology Notification File 000042 submitted for FDA consultation. January 1997.
- 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.
- World Health Organization (WHO). 1993.** Health aspects of marker genes in genetically modified plants. Report of a WHO Workshop. World Health Organization.
- Zitnak, A. and G.R. Johnston. 1970.** Glycoalkaloid content of B5141-6 potatoes. *Amer. Potato J.* 47:256-260.

## Bab IV. Pengaturan Keamanan Hayati dan Keamanan Pangan Tanaman PRG di Luar Negeri

---

Secara global, litbang, pemanfaatan dan peredaran produk rekayasa genetik (PRG) diatur oleh peraturan perundang-undangan atau pedoman yang baru atau yang sudah ada dan berlaku dalam suatu negara. Demikian pula dengan lembaga otoritas, ada negara yang menggunakan lembaga otoritas yang sudah ada, atau membentuk badan otoritas baru seperti suatu Komisi. Lembaga otoritas tersebut ada yang terkait dengan Departemen Kesehatan atau Departemen Pertanian atau Kementerian Lingkungan yang ada di masing-masing negara. Tidak ada satupun negara yang tidak melaksanakan pendekatan kehati-hatian. Dalam bab ini diuraikan pengaturan keamanan hayati dan keamanan pangan tanaman PRG di berbagai negara baik negara maju seperti Amerika Serikat, Australia, Kanada, Jepang, negara Eropa, maupun negara berkembang seperti negara Afrika, negara Amerika Selatan, negara ASEAN, Cina, dan India, serta beberapa contoh tanaman PRG yang telah mendapatkan status aman di berbagai negara.

### NEGARA MAJU

#### Negara-negara Amerika Utara

##### 1. Amerika Serikat

Pada tahun 1983, *National Institutes of Health* (NIH) memberikan persetujuan pengujian lapangan pertama kali organisme hasil modifikasi genetik (*genetically modified organism*) atau GMO bakteri yang disebut "*ice-minus*". *Ice-minus* ditujukan untuk melindungi tanaman stroberi (*strawberries*) dari kerusakan suhu rendah (*frost damage*). Bakteri tersebut adalah strain dari *Pseudomonas syringae* dan *Erwinia herbicola* yang mengalami mutasi pada gen yang mengkode protein *ice-nucleation* yang secara normal terekspresi pada permukaan sel bakteri, tetapi tidak pada strain *ice-minus*. Izin pelepasan bakteri hasil modifikasi genetik tersebut memicu kontroversi yang panas sampai ke pengadilan. Sehubungan dengan kasus itu, pada tahun 1984, Komisi Gedung Putih (*White House Committee*) dibentuk di bawah kendali *Office of Science and Technology Policy* (OSTP) untuk membuat suatu rencana pengaturan bioteknologi. Rencana ini dipublikasi oleh OSTP pada tahun 1986 sebagai *Coordinated Framework for the Regulation of Biotechnology*. Kerangka kerja ini sampai sekarang masih digunakan. Kerangka kerja tersebut digunakan sebagai dasar kebijakan dari badan federal, serta memuat ide-ide antara lain: bahwa peraturan perundangan yang ada dan berlaku sudah cukup untuk mengatur produk bioteknologi, yaitu produk bukan proses, organisme PRG secara fundamental tidak berbeda dengan non PRG.

a. Kelembagaan

1) Penelitian dan pengembangan

Untuk keperluan penelitian dan pengembangan (litbang), *Department of Health* dan *Human Service's National Institutes of Health* (HSNIH) membentuk suatu komisi yang disebut dengan *Recombinant DNA Advisory Committee* (RAC) pada bulan Oktober 1974. Pembentukan komisi tersebut untuk merespon kekhawatiran publik terhadap keamanan dari teknik manipulasi DNA (AgBios 2003a). Untuk mengawasi pelaksanaan kegiatan penelitian GMO di laboratorium dan rumah kaca, di masing-masing institusi dibentuk *Institutional Biosafety Committee* (IBC). IBC terdiri atas minimum lima ahli termasuk dua perwakilan dari luar institusi yang berafiliasi dengan lembaga kesehatan dan lingkungan (AgBios 2003a, GEO-PIE 2001). Untuk keperluan pengujian tanaman PRG di lapangan terbatas (*confined field trials*), pemohon mengajukan permohonan ke *Animal and Plant Health Inspection Service* (APHIS).

2) Komersialisasi

Lembaga yang menangani keamanan hayati dan keamanan pangan tanaman PRG bukan bentukan baru, tapi lembaga yang sudah ada. Ada tiga lembaga otoritas yang terlibat dalam pengaturan PRG di Amerika Serikat. Lembaga tersebut adalah APHIS yang berada di bawah Departemen Pertanian (*United States Department of Agriculture* atau USDA), *Environmental Protection Agency* (EPA), dan *Food and Drug Administration* (FDA) (AgBios 2003a, GEO-PIE 2001). APHIS-USDA bertanggung jawab untuk menjamin dan memastikan bahwa pertumbuhan tanaman PRG tidak membahayakan lingkungan pertanian. EPA bertanggung jawab untuk menjamin dan memastikan bahwa tanaman PRG yang mengandung gen yang berasal dari bahan pestisida (misal gen Bt) aman bagi manusia dan lingkungan. Sedangkan FDA bertanggung jawab menjamin dan memastikan bahwa pangan yang berasal dari tanaman PRG aman bagi manusia seperti halnya tanaman non PRG (AgBios 2003a, GEO-PIE 2001).

FDA mempunyai dua institusi, yaitu *Center of Food Safety and Applied Nutrient* (CFSAN) dan *Center for Veterinary Medicare* (CVM). CFSAN mempunyai Kantor yang disebut *Office of Premarket Approval* (OPA), sedangkan CVM mempunyai kantor yang disebut *Office of Surveillance and Compliance* (OSC). Selain itu ada Tim yang disebut *Biotechnology Evaluation Team* (BET). BET minimal terdiri atas enam pakar dengan disiplin yang berbeda, yaitu *Consumer Safety Officer* (Pegawai untuk Keamanan Konsumen), pakar biologi molekuler, kimia, lingkungan, toksikologi, dan pakar gizi. Umumnya Tim diketuai oleh *Consumer Safety Officer*, kecuali apabila tanaman PRG yang diusulkan akan digunakan untuk pakan, maka ketua Tim yang ditunjuk dari *Division of Animal Feeds*. Tim bisa ditambah dengan pakar dari keahlian lain jika diperlukan.

Dalam pelaksanaan pengkajian keamanan hayati atau keamanan pangan tanaman PRG, EPA, APHIS-USDA, dan FDA tidak melakukan penelitian ulang secara komprehensif dan ilmiah terhadap PRG yang diajukan, melainkan mengevaluasi data dan informasi yang telah diteliti dan diajukan oleh pengusul (FDA 1992).

b. Peraturan perundang-undangan dan pedoman

1) Penelitian dan pengembangan

RAC menyusun suatu Pedoman (NIH *Guidelines* tentang *recombinant* DNA atau GMOs) yang diluncurkan pertama kali pada tahun 1976. NIH *Guidelines* bersifat sukarela (*voluntary*). Meskipun bersifat sukarela, NIH *Guidelines* ini banyak diikuti dan dijadikan pedoman dalam pelaksanaan kegiatan penelitian GMO, oleh para akademisi atau peneliti dari industri bioteknologi di dunia.

APHIS-USDA menetapkan ketentuan dan kriteria mengenai pengujian tanaman PRG di lapangan terbatas. Kriteria tersebut meliputi stabilitas materi genetik yang ditransformasikan ke tanaman PRG (misal integrasi *genomic* vs plasmid, *viral vectors*, atau *transposable elements*); kemungkinan dari *introduced genetic material mediating plant, animal* atau *human disease*, atau produksi dari *infectious entities*; kemungkinan adanya dampak dari tanaman PRG terhadap lingkungan termasuk spesies non target atau spesies yang hampir punah (*endangered species*); tindakan pencegahan agar tidak terjadi perpindahan tepung sari (*pollen*) tanaman, atau bagian dari tanaman dari lokasi percobaan lapang; dan tujuan dari pengujian lapang (AgBios 2003a).

2) Komersialisasi

Kebijakan Amerika Serikat dalam mengatur pengembangan tanaman PRG, memanfaatkan peraturan perundang-undangan yang sudah ada. Sebelum komersialisasi, tanaman PRG harus mengikuti standar yang telah ditentukan oleh *State and Federal Marketing Statutes* seperti *State Seed Certification Laws*, *Federal Food, Drug and Cosmetic Act* (FFDCA), *Federal Insecticide, Fungicide, and Rodenticide Act* (FIFRA), *Toxic Substances Control Act* (TSCA), dan *Federal Plant Pest Act* (FPPA). Tidak seperti di Kanada, di Amerika Serikat tidak ada persyaratan nasional untuk registrasi varietas baru.

OPA dan OSC menyusun pedoman mengenai keamanan pangan, khususnya tanaman PRG (FDA 1992, 1997). Pedoman keamanan pangan, menurut FDA, bertujuan untuk memberikan kepastian agar sebelum dikomersialkan produk baru tersebut (termasuk yang berasal dari hasil rekayasa genetik), aman untuk dikonsumsi, dengan demikian masalah keamanan pangan yang timbul dapat dikendalikan dengan baik (FDA 1992, 1994a, 1995, 1996).

c. Status tanaman PRG

Pada tahun 2008, tanaman PRG yang memperoleh status aman lingkungan untuk ditanam secara komersial adalah kapas Bt, kapas TH, kapas Bt/TH, jagung Bt, jagung TH, jagung Bt/TH, kedelai TH, kanola TH, alfalfa TH, pepaya TVP, bit gula TH, kentang Bt/TH, dan labu TVP (James 2008). Tanaman PRG yang pertama kali dinyatakan aman oleh FDA untuk diedarkan di pasaran Amerika Serikat pada tahun 1994 adalah tomat *Flavr Savr* yang kemasakan buahnya dapat ditunda (FDA 1994b, Maryanski 1995). Beberapa tanaman PRG lain yang telah dinyatakan aman oleh FDA untuk digunakan sebagai bahan makanan adalah gula bit, jagung, kanola, kapas, kedelai, kentang, pepaya, dan *squash* atau labu (FDA 1999).

2. Kanada

Tahun 1993 telah disusun kerangka kerja pengaturan produk bioteknologi melalui perjanjian antar lembaga otoritas pengatur pemerintah federal. Pada tahun 1998, *Canadian Biotechnology Strategy* diperbarui (AgBios 2003b). Pengaturan suatu produk di Kanada, didasarkan pada kebaruan (*novelty*) suatu produk (*product based*) bukan didasarkan pada suatu proses (*process based*). Oleh karena itu semua komoditas pertanian atau produk pangan, baik yang berasal dari teknologi konvensional maupun bioteknologi diatur dengan peraturan perundang-undangan yang sama. Tanaman yang diatur adalah tanaman dengan sifat baru (*plants with novel traits* atau PNT). PNT dapat berasal dari teknik rekayasa genetik maupun dari teknik konvensional seperti mutagenesis. Sebagai contoh PNT adalah kanola TH yang dapat berasal dari teknik rekayasa genetik misal toleran *glyphosate* atau *glufosinate*, tapi ada yang berasal dari teknik *accelerated mutagenesis* misal toleran *imidazolinone* (AgBios 2003b).

a. Kelembagaan

1) Penelitian dan pengembangan

Berbagai lembaga penelitian membentuk *Institutional Biosafety Committee* (IBC). IBC bertanggung jawab untuk mengatur dan mengawasi pelaksanaan kegiatan penelitian rekayasa genetik. Untuk keperluan pengujian PNT di lapangan terbatas, *Canadian Food Inspection Agency* (CFIA) bertanggung jawab dalam penerimaan permohonan, pengaturan, penentuan kriteria percobaan, dan pengawasan (AgBios 2003b, MacDonald 2009).

2) Komersialisasi

Di Kanada, pengaturan produk bioteknologi termasuk PRG dilakukan melalui koordinasi antara lima lembaga, yaitu CFIA, *Health Canada*, *Environment Canada*, *Agriculture and Agri-Food Canada* (AAFC), serta *Fisheries and Oceans* (AgBios 2003b, MacDonald 2009). CFIA bertanggung jawab dalam pengaturan impor, pelepasan tanaman PRG, registrasi varietas, dan penggunaan tanaman

PRG sebagai pakan ternak (AgBios 2003b, MacDonald 2009). *Health Canada* hanya bertanggung jawab atas pengkajian keamanan pangan bagi kesehatan manusia, dan persetujuan pangan PRG untuk komersialisasi (AgBios 2003b, MacDonald 2009). Menurut *Canadian Environmental Protection Act* (CEPA), *Environment Canada* bertanggung jawab atas pengaturan notifikasi bahan baru (*new substances*) dan melakukan pengkajian risiko lingkungan bahan beracun termasuk organisme atau mikroorganisme yang dirakit melalui bioteknologi (AgBios 2003b). *Fisheries and Oceans* mengatur dan melakukan pengkajian pelepasan ikan PRG (AgBios 2003b).

b. Peraturan perundang-undangan dan pedoman

1) Penelitian dan pengembangan

Pada tahun 1977, *Medical Research Council of Canada* mempublikasi pedoman tentang litbang PRG yang dikenal dengan nama *Guidelines for the Handling of Recombinant DNA Molecules and Animal Viruses and Cells*. Pedoman ini telah diadopsi dan diikuti oleh lembaga penelitian pemerintah dan swasta. Untuk keperluan pengujian PNT di lapangan terbatas, pada tahun 2000 telah disusun *Regulatory Directive 2000-07: Guidelines for the Environmental Release of Plants with Novel Traits within Confined Field Trials in Canada* oleh CFIA.

2) Komersialisasi

Ada beberapa peraturan perundangan berkaitan dengan pertanian dan pangan yang berlaku di Kanada, yaitu *Seeds Act*, *Feeds Act*, *Fertilizers Act*, *Food and Drugs Act*, *Health of Animals Act*, atau *Canadian Environmental Protection Act* (CEPA), dan *Fisheries Act* (AgBios 2003b). Sebagai contoh, tanaman PRG menggunakan *Seeds Act and Regulations*; untuk bahan pakan ternak menggunakan *Feeds Act and Regulations*, bahan biologik untuk veteriner dan bahan untuk penyakit hewan menggunakan *Health of Animal Act and Regulations*, obat veteriner, vaksin, hormon, dan antibodi menggunakan *Food and Drug Act and Novel Foods Regulations* (Neumann 1999), dan untuk pelepasan ikan PRG ke lingkungan menggunakan *Fisheries Act* (AgBios 2003b).

Dalam pengkajian keamanan lingkungan PNT. Pemerintah Kanada menggunakan *Regulatory Directive Dir94-08: Assessment Criteria for Determining Environmental Safety of Plants with Novel Traits* yang disusun dan dikeluarkan oleh AAFC. Dalam mengkaji keamanan pangan, *Health Canada* menyusun *Guidelines for the Safety Assessment of Novel Foods*, Volume I dan Volume II. Sedangkan untuk pengkajian keamanan pakan, pemerintah Kanada menggunakan *Dir95-03: Guidelines for the Assessment of Livestock Feeds from Plants with Novel Traits* (AgBios 2003b).

c. Status tanaman PRG

Tanaman PRG yang telah mendapatkan izin untuk komersialisasi di Kanada adalah kanola TH, jagung Bt, jagung TH, jagung Bt/TH, dan kedelai TH. Pada tahun 2007, luas areal tanaman PRG adalah 7 juta ha, kemudian pada tahun 2008 meningkat menjadi 7,6 juta ha (James 2007, 2008). Tanaman PRG yang telah mendapatkan status aman untuk bahan makanan adalah jagung Bt, jagung TH, jagung BT/TH, kanola TH, kedelai TH, bit gula TH, kentang Bt/TH, dan tomat PK.

**Negara-negara Asia dan Australia**

1. Jepang

a. Kelembagaan

Di Jepang, untuk pengaturan keamanan hayati dibentuk lembaga *Committee for Impact Assessment on Biological Diversity*. Komisi tersebut berada di bawah koordinasi tiga kementerian, yaitu *Ministry of Agriculture, Forestry, and Fisheries* (MAFF), *Ministry of Environment* (MoE), dan *Ministry of Education, Culture, Sports, Science, and Technology* (MEXT). Komisi ini mengatur pengujian tanaman PRG di lapang (Chen *et al.* 2006).

Pengkajian keamanan pangan dimulai pada tahun 1989. Pelaksananya adalah *Food Sanitation Council* (FSC) dan *Food Safety Investigation Council* (FSIC). Keduanya sebagai badan penasehat *Ministry of Health, Labor and Welfare* (MHLW). Untuk tanaman PRG, dibentuk Subkomite Bioteknologi (*Biotechnology Subcommittee* atau BS), di bawah koordinasi FSIC. Selain itu ada *Standing Committee* (SC) yang dibentuk oleh FSIC. SC beranggotakan ilmuwan dan perwakilan dari produsen dan konsumen, sedangkan BS hanya beranggotakan ilmuwan. Pada prinsipnya pengkajian keamanan pangan dilakukan oleh produsen. Subkomite hanya mengevaluasi secara rinci dan menetapkan apakah pengkajian keamanan yang dilakukan dan dilaporkan oleh produsen di dalam dokumen yang diajukan telah memenuhi pedoman atau tidak (lihat bagian b, peraturan perundang-undangan dan pedoman). Berdasarkan peraturan tersebut, perusahaan (pemohon) harus mengajukan dokumen permohonan izin kepada MHW mengenai tanaman PRG yang akan diimpor, diproduksi, dan didistribusikan di Jepang. Dengan bantuan FSIC dalam hal ini SC dan BS, dokumen tersebut dipelajari dan hasilnya dilaporkan kepada MHW, public, dan pemohon (MHWJ 1998). Pada tahun 2006, Komisi Keamanan Pangan (KKP) dibentuk dalam kabinet pemerintah Jepang. KKP bertugas melakukan analisis risiko yang meliputi pengkajian risiko, pengelolaan risiko, dan komunikasi risiko (Chen *et al.* 2006). Penetapan izin keamanan pangan PRG dilakukan oleh KKP dengan koordinasi dari MHLW dan MAFF, sedangkan untuk keamanan pakan PRG dilakukan oleh KKP dengan koordinasi oleh MAFF (Chen *et al.* 2006).



b. Peraturan perundang-undangan dan pedoman

Untuk peraturan keamanan hayati pemerintah Jepang menggunakan Undang-undang (UU) tentang *Conservation and Sustainable use of Biological Diversity through Regulating the Use of Living Modified Organisms* dan *Cartagena Protocol* (UU Nasional, *Regulation Related to the Enforcement of the Law* dan *Guidance for Implementation of an Assessment of the Adverse Effects on Biological Type 1 [uncontained] Use of LMOs*) (Chen *et al.* 2006). UU, regulasi, dan pedoman mengatur semua tingkat kegiatan dari laboratorium, rumah kaca, Lapangan Uji Terbatas (LUT) atau *confined field trial*, atau percobaan lapang biasa (Chen *et al.* 2006).

FSC dan FSIC membuat tiga pedoman, yaitu (1) Pedoman umum mengenai pengkajian keamanan pangan dan aditif pangan, (2) Pedoman proses manufaktur untuk produk pangan, dan (3) Pedoman pengkajian keamanan produk pangan. Pada tahun 1993, berdasarkan konsep *substantial equivalence* disusun pedoman pengkajian keamanan pangan untuk tanaman PRG, selanjutnya direvisi pada tahun 1996. Pada prinsipnya, pedoman yang diberlakukan di Jepang bersifat umum untuk semua produk, termasuk tanaman PRG. Untuk tanaman PRG, secara garis besar dokumen harus memberikan rincian empat hal, yaitu (1) bahan genetik, (2) riwayat produk tersebut dikonsumsi manusia secara luas, (3) komponen pangan, dan (4) perbedaan penggunaan antara varietas konvensional dengan varietas baru. Untuk tanaman PRG, pengkajian keamanan dibedakan dalam kelompok non pangan dan kelompok pangan. Untuk tanaman PRG non pangan, informasi yang harus dilaporkan adalah (1) kepastian ada/tidaknya kontaminasi oleh rekombinan, (2) keamanan cemaran yang mungkin terjadi dalam proses manufaktur, (3) metode pemurnian, dan (4) perubahan senyawa yang dapat membahayakan. Untuk tanaman PRG yang dikonsumsi, berbagai parameter menyangkut inang (*host*), vektor, gen yang disisipkan, dan rekombinan, perlu dijelaskan secara rinci. Pada prinsipnya sama dengan pedoman yang ada di Indonesia. Pedoman yang ada di Jepang meminta informasi lebih rinci mengenai: (1) kemungkinan adanya perubahan dari rekombinan, (2) kemungkinan terjadinya reaksi dengan bahan alami pada spesies konvensional, (3) informasi mengenai komposisi dan konsentrasi gizi, zat antigizi, dan bahan lain yang membahayakan, bilamana konsentrasinya berubah secara signifikan (dibandingkan dengan yang normal).

c. Status tanaman PRG

Sejak 1996 sampai tahun 2008, ada beberapa tanaman PRG yang dinyatakan aman pangan dan pakan, serta telah beredar di Jepang. Tanaman PRG tersebut adalah alfalfa (aman pangan dan pakan 2005-2006); gula bit (aman pangan dan pakan 1999-2007); jagung (aman pangan dan pakan 1996-2008); kapas (aman

pangan dan pakan 1997-2007); kedelai (aman pangan 1996-2008); kentang (aman pangan dan pakan 1996-2003); kanola PRG (aman pangan dan pakan 1996-2002), dan tomat (aman pangan 1997) (AgBios 2008). Meskipun pengujian tanaman PRG di lapang sudah banyak, tetapi belum ada tanaman PRG yang dilepas di lingkungan untuk ditanam secara komersial.

## 2. Australia

### a. Kelembagaan

Di Australia keamanan hayati (atau keamanan lingkungan) dan keamanan pangan tanaman PRG ditangani oleh suatu komite yang disebut dengan *Genetic Manipulation Advisory Committee* (GMAC). GMAC ini dibentuk pada tahun 1987 di bawah Kementerian Sains dan Teknologi (*Minister of Science and Technology*). GMAC adalah perubahan organisasi dari the *Recombinant DNA Monitoring Committee* (RDMC) di dalam *Industry Technology Commerce* sejak 1981. Di bawah GMAC ada beberapa *Institutional Biosafety Committee* (IBC) atau Komisi Keamanan Hayati Institusi. Di samping itu, ada tiga subkomisi, yaitu *Scientific Subcommittee*, *Large Scale Subcommittee*, dan *Planned Release Subcommittee* (GMAC 1999).

Pemohon mengajukan permohonan pengujian tanaman PRG ke IBC untuk dilakukan pengkajian, kemudian diajukan ke sekretaris GMAC untuk diteruskan ke *Scientific Subcommittee* dan *Planned Release Subcommittee* untuk dipertimbangkan, setelah itu baru ke GMAC untuk mendapatkan saran teknis. Untuk keperluan keamanan pangan lalu GMAC meneruskan permohonan tersebut ke Departemen Kesehatan dan *National Food Authority* untuk memutuskan persetujuan atau penolakan tanaman PRG.

### b. Peraturan perundang-undangan dan pedoman

GMAC telah menerbitkan beberapa pedoman seperti *Guidelines for Small Scale Genetic Manipulation Work*, *Guidelines for Large Scale Genetic Manipulation Work*, dan *Guidelines for Planned Release of Genetically Manipulated Organisms* (GMAC 1999). Pada tahun 2000, pemerintah Australia mengeluarkan UU yang terkait dengan pengaturan tanaman PRG, yaitu *Gene Technology Act 2000* (OGTR 2003).

### c. Status tanaman PRG

Australia telah menanam tanaman PRG sejak tahun 1996 (James 1997). Pada tahun 2008, tanaman PRG ditanam di Australia seluas 0,2 juta ha (James 2008). Tanaman PRG yang telah memperoleh izin untuk ditanam komersial adalah bunga *carnation* dengan sifat penundaan dan perubahan warna bunga, kanola Argentina TH *glufosinate*, kanola Argentina TH *glyphosate*, kapas Bt, dan kapas Bt/TH. Sejak 1996 sampai tahun 2007, Australia telah memberikan status aman

pangan dan atau pakan pada beberapa tanaman PRG seperti alfalfa (aman pangan 2006); gula bit (aman pangan dan pakan 2002-2005); jagung (aman pangan dan pakan 1998-2007); kapas (aman pangan dan pakan 1996-2006); kedelai (aman pangan 2000); kentang (aman pangan dan pakan 2001); dan kanola PRG (aman pangan dan pakan 2000-2002) (GMAC 1999, AgBios 2008).

### Uni Eropa

Pada tahun 2004, peraturan baru tentang PRG yang merupakan hasil revisi diberlakukan di 25 negara anggota Uni Eropa. Fondasi yang penting dari kebijakan baru Uni Eropa tersebut adalah standar keamanan yang ketat dan kebebasan memilih dari konsumen dan petani (GMOC 2006a). PRG harus memperoleh otorisasi sebelum dipasarkan. Peraturan ini berlaku bagi PRG yang digunakan sebagai pangan dan pakan, serta benih tanaman PRG (GMOC 2006a). Berdasarkan proses pengambilan keputusan yang komprehensif, Uni Eropa dan negara anggotanya diizinkan untuk menggunakan rekayasa genetik dibidang pertanian dan produksi pangan (GMOC 2006a).

#### a. Kelembagaan

Lembaga otoritas yang bertanggung jawab atas pengaturan tanaman PRG di Uni Eropa adalah *European Commission* (EC), *European Food Safety Authority* (EFSA), *Standing Committee for the Food Chain and Food Safety* (SCFCFS), dan *GMO Panel Experts* (GPE). EFSA menerima permohonan untuk tanaman PRG yang akan dilepas ke lingkungan, serta untuk pangan dan pakan. GPE memeriksa dan mengevaluasi permohonan secara ilmiah. Rekomendasi diberikan oleh EFSA ke EC. Pengambilan keputusan dilakukan oleh EC melalui voting di SCFCFS (GMOC 2006b).

#### b. Peraturan perundang-undangan dan pedoman

Peraturan perundang-undangan yang digunakan untuk mengatur PRG di Uni Eropa adalah *Directive on the Deliberate Release into the Environment of Genetically Modified Organisms* (2001/18) dan *Regulation on Genetically Modified Food and Feed* (1829/2003) (GMOC 2006b). Peraturan yang pertama mencakup pengaturan penggunaan tanaman PRG untuk komersial, pelepasan tanaman PRG ke lingkungan, atau impor bahan tanaman PRG (GMOC 2006b). Persyaratan yang diperlukan untuk pelepasan tanaman PRG adalah tidak membahayakan lingkungan (perlu pengkajian dampak lingkungan) dan kesehatan manusia. Peraturan kedua, mengatur pangan dan pakan yang berasal atau mengandung tanaman PRG (GMOC 2006b), dengan syarat tanaman PRG tidak berbahaya bagi kesehatan manusia dan hewan ternak, serta lingkungan. Tanaman PRG yang akan dilepas ke lingkungan Uni Eropa, mensyaratkan agar pemohon mengajukan permohonan secara bersamaan, baik untuk pelepasan sesuai dengan *Directive on the Deliberate Release into the Environment of Genetically Modified Organisms* (2001/18) maupun permohonan untuk pangan dan

pakan sesuai dengan *Regulation on Genetically Modified Food and Feed* (1829/2003) ke EFSA untuk proses otorisasi terpadu dan menghasilkan keputusan akhir yang tunggal (GMOC 2006a).

c. Status tanaman PRG

Dari 27 negara Uni Eropa, ada delapan negara yang menanam tanaman PRG secara komersial pada tahun 2007. Negara-negara tersebut adalah Jerman, Perancis, Polandia, Portugal, Polandia, Republik Czech, Rumania, Slovakia, dan Spanyol (James 2007). Tanaman PRG yang telah diizinkan ditanam secara komersial di delapan negara tersebut adalah jagung Bt (James 2007).

Di bawah ini dijelaskan pengaturan PRG di dua negara Eropa, yaitu Swedia dan Ukraina. Pengaturan PRG di dua negara tersebut masih erat terkait dengan pengaturan PRG Uni Eropa.

1. Swedia

Di Swedia, peraturan perundang-undangan yang digunakan untuk mengatur PRG adalah *Swedish Environmental Code*. Di samping itu, Pemerintah Swedia masih menggunakan peraturan perundang-undangan Uni Eropa. Pengaturan PRG khusus di Fasilitas Uji Terbatas (FUT) dan LUT menggunakan *Directive 90/219/EEC on the Contained Use of Genetically Modified Micro-Organisms* dan *Directive 2001/18/EC on the Deliberate Release into the Environment of Genetically Modified Organisms*. Peraturan lain yang juga berlaku adalah *Regulation (EC) No. 1829/2003* untuk bahan pangan dan pakan yang mengandung PRG, *the Regulation (EC) No. 1830/2003 on the Traceability and Labelling of GMOs*, dan *the Regulation on Transboundary Movements of Genetically Modified Organisms (EC) No. 1946/2003*. Melalui *the Ordinance on Supervision under the Swedish Environmental Code* (SFS 1998:900), lembaga otoritas diberi tugas untuk mengatur PRG. Lembaga otoritas akan mengatur PRG yang dimanfaatkan di FUT dan LUT.

Melalui *the Ordinance on Contained Use of Genetically Modified Organisms* (SFS 2000:271) ditetapkan lembaga kompeten otoritas yang mengatur pemanfaatan PRG di FUT. Lembaga otoritas yang mengatur jasad renik PRG adalah *the Swedish Work Environment Authority* melalui peraturan *the Swedish Work Environment Authority's Regulations on Contained Use of Genetically Modified Microorganisms* (AFS 2000:5). Sedangkan, lembaga otoritas yang mengatur PRG selain jasad renik PRG adalah *the Swedish Board of Agriculture* untuk tanaman PRG, hewan PRG, dan organisme air dengan peraturan masing-masing *the Swedish Board of Agriculture's Regulations on the Contained Use of Genetically Modified Plants* (SJVFS 2007:29); *the Board of Agriculture's Regulations on the Use of Genetically Modified Animals* (SJVFS 1995:33), dan *the National Board of Fisheries' Regulations on Genetically Modified Aquatic Organisms* (FIFS 2004:2).

Ada berbagai lembaga kompeten otoritas yang mengatur pelepasan PRG di lingkungan melalui pengujian di LUT dan erat terkait dengan jenis PRG. Lembaga tersebut adalah *the National Board of Fisheries* yang menangani permohonan pengujian organisme air PRG; *the Swedish Chemicals Agency* untuk jasad renik PRG, nematoda PRG, arachnida PRG dan serangga PRG; *the Medical Products Agency* untuk obat yang mengandung PRG; *the National Board of Forestry* untuk tanaman kehutanan PRG yang digunakan dalam produksi timber; dan *the Swedish Board of Agriculture* untuk tanaman PRG dan hewan PRG.

Seperti halnya dengan pengaturan PRG di FUT dan LUT yang sudah diuraikan, pemasaran PRG di Swedia diatur oleh berbagai lembaga kompeten otoritas. Lembaga-lembaga tersebut adalah *the National Board of Fisheries* untuk mengatur produk yang mengandung organisme air PR; *the Swedish Chemicals Agency* untuk produk yang mengandung jasad renik PRG, nematoda PRG, arachnida PRG, dan serangga PRG; *the National Food Administration* untuk pangan yang mengandung PRG; *the Medical Products Agency* untuk obat yang mengandung PRG; *the National Board of Forestry* untuk tanaman kehutanan PRG yang digunakan dalam produksi timber; dan *the Swedish Board of Agriculture* untuk pakan dan produk lain yang mengandung PRG.

## 2. Ukraina

Pemerintah Ukraina telah mengadopsi UU tentang keamanan hayati (*biosafety law*) pada tahun 2007 (BRU 2007). UU tersebut digunakan dalam regulasi perakitan, pengujian, pemindahan, dan pemanfaatan PRG. Departemen Pendidikan dan Ilmu Pengetahuan dan Departemen Lingkungan dan Sumber Daya Alam bertanggung jawab dalam menyusun Pedoman Keamanan Penelitian PRG di Laboratorium dan Lapangan. Menteri-menteri yang ada dalam kabinet bertanggung jawab bersama dalam pemberian izin untuk pengujian tanaman PRG di LUT. Keputusan Pemerintah (*Government's Decree*) No. 985 mewajibkan pelabelan pada produk yang mengandung PRG, melarang impor, memproduksi, dan menjual makanan untuk anak-anak yang mengandung PRG. UU Keamanan Hayati Ukraina mengikuti standar pengaturan keamanan hayati Uni Eropa.

## NEGARA BERKEMBANG

Subbab ini melakukan ulasan status dan perkembangan regulasi keamanan hayati dan keamanan pangan di berbagai negara berkembang seperti di Afrika, Amerika Selatan, dan Asia. Negara-negara berkembang masih memerlukan pengembangan kapasitas dalam bidang keamanan hayati (Raman 2004). Sebagian besar negara berkembang memerlukan peraturan perundang-undangan yang baru, dan membentuk suatu lembaga otoritas yang baru pula. Peraturan perundangan di negara berkembang bervariasi, ada yang membuat UU, peraturan pemerintah, dan pedoman. Peraturan ke-

amanan hayati diperlukan oleh negara berkembang agar dapat menguji keamanan tanaman PRG sesuai dengan kaidah ilmiah yang sah (Raman 2004).

### Negara-negara Afrika

Ada beberapa negara Afrika yang telah mempunyai peraturan keamanan hayati dan atau keamanan pangan, serta sedang dalam proses penyusunan. Ada 39 negara Afrika memperoleh dana dari *United Nations Environmental Programmes* (UNEP)/*Global Environment Facilities* (GEF) untuk menyiapkan dan menyusun *National Biosafety Framework* (NBF). Dari 39 negara tersebut yang sudah memiliki NBF dan mengimplementasikan baru Kenya dan Uganda (Zeweldu 2004). Sebagai contoh negara Afrika yang telah menanam tanaman PRG secara komersial adalah Afrika Selatan. Sampai tahun 2006, ada 27 negara Afrika yang telah meratifikasi *Cartagena Protocol on Biosafety* (CPB). Sembilan negara Afrika (Burkina Faso, Mesir, Kenya, Moroko, Senegal, Afrika Selatan, Tanzania, Zambia, dan Zimbabwe) dilaporkan telah melakukan pengujian tanaman PRG di lapangan terbatas (ABSF 2006). Negara lain yang sudah mempunyai UU tentang keamanan hayati (*Biosafety Law*) adalah Kenya dan Togo (KCIS 2008, 2009). Parlemen Kenya telah menyetujui dan mengesahkan *biosafety law* pada tanggal 9 Desember 2008 (KCIS 2008). Sedangkan Togo mengesahkan *biosafety law* pada tanggal 30 Desember 2008 (KCIS 2008).

#### 1. Afrika Selatan

##### a. Kelembagaan

Ada tiga lembaga yang terlibat dalam pengambilan keputusan dalam perizinan komersialisasi tanaman PRG. Tiga lembaga tersebut adalah *Biosafety Office* (Kantor Keamanan Hayati), *Executive Council* (EC), dan *Scientific Advisory Committee*. EC erat terkait dengan Departemen Kesehatan, Pertanian, Lingkungan, dan Perdagangan. EC berfungsi sebagai badan pengambil keputusan mengenai tanaman PRG secara nasional.

##### b. Peraturan perundang-undangan dan pedoman

Peraturan perundangan yang digunakan adalah GMO Act 15, 1997. Sebelum diterbitkannya GMO Act 15 pada tahun 1997, impor tanaman PRG diatur dengan *Pest Control Act*. Selain itu mereka mempunyai *Code of Conduct* untuk tanaman PRG yang diteliti dan dikembangkan di Afrika Selatan. Selain itu mereka mempunyai *Biosafety Guidelines* dan *Biotechnology Strategy and a Policy* (ABSF 2006).

##### c. Status tanaman PRG

Pada tahun 2008, luas areal tanaman PRG adalah 1,8 juta ha (James 2008). Tanaman PRG yang telah diizinkan untuk komersialisasi adalah kapas Bt, kapas TH, kapas Bt/TH, jagung Bt, jagung TH, jagung Bt/TH, dan kedelai TH.

2. Mesir

a. Kelembagaan

Pada tahun 1995 *Ministry of Agriculture and Land Reclamation* (MALR) mengeluarkan keputusan tentang pembentukan *National Biosafety Committee* atau NBC (Brenner 2004). Selain itu ada lembaga lain yang dikenal dengan nama *Seed Registration Committee* (SCR) yang mempunyai otorisasi dibidang komersialisasi benih varietas tanaman.

b. Peraturan perundang-undangan dan pedoman

Mesir adalah negara Afrika yang pertama kali menyusun Pedoman Keamanan Hayati melalui keputusan MALR (Brenner 2004). Mereka mempunyai *Food Safety Law* (ABSF 2006). Impor pangan PRG diatur dengan ketat melalui *Food Safety Law*.

c. Status tanaman PRG

Belum ada tanaman PRG yang diizinkan untuk ditanam secara komersial. Kentang Bt yang mengandung gen *cry5* dan tahan terhadap PTM telah diuji di lapangan terbatas (Brenner 2004). Pada tahun 2008, Kementerian Pertanian telah menyetujui keputusan NBC dan SRC untuk menanam jagung Bt secara komersial di Mesir (GAIN 2008).

### Negara-negara Amerika Selatan

Ada beberapa negara Amerika Selatan yang mempunyai regulasi keamanan hayati dan menanam tanaman PRG secara komersial, yaitu Argentina, Brazil, Chili, Honduras, Kolombia, Meksiko, Paraguay, dan Uruguay. Pada bagian ini dijelaskan regulasi keamanan hayati tanaman PRG di Argentina dan Brazil.

1. Argentina

a. Kelembagaan

*Department of Agriculture, Stockbreeding and Fisheries* adalah departemen yang bertanggung jawab dalam percobaan dan pelepasan tanaman PRG ke lingkungan. Keputusan untuk izin percobaan dan pelepasan tanaman PRG ke lingkungan ada di tangan Komisi yang disebut *National Advisory Commission for Agricultural Biotechnology* (CONABIA) (Burachik dan Traynor 2002). Selain itu, ada lembaga lain, yaitu *National Seed Institute* (INASE) yang melakukan proses awal permohonan percobaan dan pelepasan tanaman PRG ke lingkungan (Burachik dan Traynor 2002).

b. Peraturan perundang-undangan dan pedoman

Dalam kaitannya dengan kebijakan keamanan hayati tanaman PRG, pemerintah Argentina mempunyai pedoman yang disebut dengan *the Argentinian Guidelines*

*for Testing Genetically Modified Plants*. Sedangkan perbanyak benih untuk komersialisasi mengikuti *Seed and Plant Breeding Act* (Law No. 20247) (Burachik dan Traynor 2002).

c. Status tanaman PRG

Luas areal tanaman PRG di Argentina pada tahun 2007 adalah 19,1 juta ha dan meningkat menjadi 21 juta pada tahun 2008 (James 2007, James 2008). Tanaman PRG yang telah diizinkan untuk komersialisasi adalah: kapas Bt/TH, jagung Bt/TH, dan kedelai TH (James 2008).

2. Brazil

a. Kelembagaan

Di Brazil, lembaga yang berwenang dalam kebijakan keamanan hayati adalah *Technical Commission on Biosafety* (CTNBio) yang merupakan *National Competent Authority*. CTNBio terdiri atas 36 anggota multidisiplin berasal dari berbagai departemen federal dan perwakilan dari 40 publik (Fontes 2003). Sekretariat CTNBio berada di *Ministry of Science and Technology*. Setiap lembaga pemerintah dan swasta yang melakukan kegiatan penelitian rekayasa genetik harus membentuk *Institutional Biosafety Commission* dan mengajukan permohonan *Certificate of Quality on Biosafety* (CQB) (Fontes 2003). CTNBio mempunyai mandat yang meliputi pengembangan dan implementasi kebijakan keamanan hayati, proposisi dari *Code of Ethics* pada manipulasi genetik, determinasi tingkat risiko PRG dan studi lingkungan. Selanjutnya CTNBio juga melakukan evaluasi terhadap pengkajian risiko yang dilakukan oleh IBC dengan dasar kasus per kasus, dan mempertimbangkan isu ilmiah dan teknik yang lain mengenai keamanan hayati (Fontes 2003).

Pendaftaran varietas baru mengikuti regulasi produksi dan pemasaran benih yang diimplementasikan oleh Kementerian Pertanian. Apabila tanaman PRG akan dikonsumsi oleh manusia maka mengikuti regulasi *National Agency for Health and Surveillance* dari Kementerian Kesehatan (Fontes 2003). Penelitian tanaman PRG yang mengandung gen Bt di laboratorium dan rumah kaca, serta di lapang harus memperoleh izin dari SDA (*Plant Protection Secretariat*-Departemen Pertanian), IBAMA (*Brazilian Institute of Environment*-Kementerian Lingkungan Hidup), dan *National Agency for Health and Surveillance* (Fontes 2003).

*National and State Surveillance System* bertanggung jawab melakukan pengawasan di pelabuhan debarkasi (*ports of entry*), laboratorium penelitian, percobaan, dan pengujian tanaman PRG di lapang, serta komersialisasinya (Fontes 2003). Badan pengawas dari *Ministries of Agriculture, Environment and Health*, menurut *Biosafety Law* mempunyai fungsi: pengawasan, registrasi, izin operasi, izin impor, *application of penalties and fees*, dan izin sementara percobaan lapang (Fontes 2003).



b. Peraturan perundang-undangan dan pedoman

Pada tahun 1995 Brazil mempunyai *Biosafety Law* (law No. 32 8974/95). Untuk tanaman PRG yang mengandung gen Bt harus mengikuti regulasi yang ada di *Pesticide Law* (Fontes 2003). Regulasi lain yang terkait dengan pengembangan tanaman PRG termasuk varietas tahan serangga hama adalah *Resolution 305 of CONAMA, National Environmental Council* (Fontes 2003).

c. Status tanaman PRG

Luas areal tanaman PRG di Brazil pada tahun 2008 sekitar 15,8 juta ha (James 2008). Tanaman PRG yang telah diizinkan untuk komersialisasi adalah Kapas Bt/TH, jagung Bt/TH, jagung TH, dan kedelai TH (James 2006).

### Negara ASEAN

Ada beberapa negara ASEAN yang telah mempunyai peraturan keamanan hayati dan atau keamanan pangan dan sedang dalam proses penyusunan. Seperti halnya negara Afrika, ada beberapa negara ASEAN yang memperoleh dana dari *United Nations Environmental Programmes (UNEP)/Global Environment Facilities (GEF)* untuk menyiapkan dan menyusun *National Biosafety Framework (NBF)*. Dari negara-negara yang memperoleh dana penyusunan NBF, baru Kamboja dan Vietnam yang memperoleh dana tambahan untuk implementasi NBF. Negara-negara ASEAN yang sudah mempunyai regulasi keamanan hayati dan keamanan pangan PRG serta lembaga yang mengaturnya adalah Filipina, Indonesia (akan diuraikan dalam bab sendiri), Malaysia, Singapura, dan Thailand. Dalam bagian ini akan dijelaskan regulasi dan kelembagaan yang ada di Filipina dan Malaysia. Lembaga yang melaksanakan regulasi keamanan hayati di Thailand adalah *National Biosafety Committee* dan *Institutional Biosafety Committee*, dan di Singapura adalah *Genetic Modification Advisory Committee*. Contoh negara ASEAN yang telah menanam tanaman PRG secara komersial adalah Filipina.

1. Filipina

Pada tahun 1990 pemerintah Filipina mengeluarkan suatu keputusan EO 430 yang ditandatangani oleh Presiden Filipina tentang pembentukan suatu komisi nasional, yaitu *National Committee on Biosafety of the Philippines (NCBP)*. NCBP ini merupakan komisi yang anggotanya multidisiplin dan antar lembaga (Hautea dan Herman 2004). Anggota NCBP berasal dari ilmuwan biologi, lingkungan, fisika, sosial, perwakilan masyarakat, perwakilan dari Departemen Pertanian, Lingkungan Hidup dan Sumber Daya Alam, serta Departemen Kesehatan.

a. Kelembagaan

1) Penelitian dan pengembangan

Untuk keperluan litbang rekayasa genetik, NCBP mempunyai *Institutional Biosafety Committee (IBC)*. Anggota IBC minimum lima orang dengan dua

orang dari perwakilan masyarakat (Hautea dan Herman 2004). Proposal litbang tanaman PRG dimulai dari kegiatan di laboratorium, rumah kaca, dan rumah kaca, dan diajukan ke IBC untuk dievaluasi keamanan hayatinya. NCBP yang melakukan penolakan atau persetujuan atas proposal tersebut (DENR 2004, Halos dan Manalo 2009). Dalam proses pemberian izin keamanan hayati NCBP membentuk *Scientific and Technical Review Panel* (STRP) yang terdiri atas tiga pakar yang memiliki keahlian yang terkait atau relevan dengan tanaman PRG yang dievaluasi. Seandainya ada bahan PRG yang diimpor. Izin impor oleh NCBP diajukan ke *Bureau of Plant Industry* (BPI) yang berada di bawah Departemen Pertanian (Hautea dan Herman 2004, Halos dan Manalo 2009). Dalam proses pemberian izin keamanan hayati NCBP membentuk *Scientific and Technical Review Panel* (STRP) yang terdiri atas tiga ahli dengan keahlian yang terkait atau relevan dengan tanaman PRG yang dievaluasi.

BPI terlibat dalam proses permohonan untuk percobaan tanaman PRG di lapang (Hautea dan Herman 2004, Halos dan Manalo 2009). BPI meminta STRP untuk melakukan evaluasi dan pengkajian risiko, dalam hal ini NCBP untuk konsultasi dan IBC untuk konsultasi publik (DENR 2004). BPI menyampaikan keputusan penerimaan atau penolakan permohonan percobaan di lapangan terbatas.

## 2) Komersialisasi

Di Filipina, ada berbagai lembaga otoritas yang terlibat dalam pengaturan PRG, yaitu BPI, STRP, *Bureau of Agriculture and Fisheries Products Standards* (BAFPS), *Fertilizer and Pesticide Authority* (FPA), dan *Bureau of Animal Industry* (BAI). Permohonan perbanyakan tanaman PRG untuk komersialisasi diajukan ke BPI, selanjutnya BPI meminta STRP untuk melakukan evaluasi dan pengkajian risiko, dalam hal ini BAFPS untuk semua jenis produk, FPA untuk tanaman PRG TSH, dan BAI untuk PRG yang digunakan sebagai pakan ternak (DENR 2004, Halos dan Manalo 2009). Tahap selanjutnya BPI menyampaikan keputusan penerimaan atau penolakan permohonan perbanyakan tanaman PRG di lapang.

Proses permohonan importasi PRG untuk penggunaan langsung (*direct use*) untuk pangan atau pakan ditujukan kepada BPI. BPI kemudian meminta STRP melakukan evaluasi dan pengkajian risiko, dalam hal ini BAFPS untuk pangan dan BAI untuk pakan (DENR 2004, Halos dan Manalo 2009). Tahap selanjutnya BPI menyampaikan keputusan penerimaan atau penolakan permohonan.

## b. Peraturan perundang-undangan dan pedoman

### 1) Penelitian dan pengembangan

Pada tahun 1990 pemerintah Filipina mengeluarkan dua pedoman, yaitu NCBP Series No. 1 tentang *Biosafety Guidelines for Small Scale Laboratory Work* dan

NCBP Series No. 2 tentang *Biosafety Guidelines for Large-Scale Contained Work and Glasshouse Trials* (Hautea dan Herman 2004, DENR 2004).

2) Komersialisasi

Pada tahun 2002, pemerintah Filipina mengeluarkan *DA-Administrative Order No. 8, Series of 2002* tentang *Importation and Release into the Environment of Plants and Plant Products Derived from the Use of Modern Biotechnology* (Hautea dan Herman 2004, DENR 2004, Halos dan Manalo 2009).

c. Status tanaman PRG

Luas areal tanaman PRG di Filipina pada tahun 2007 adalah 0,3 juta ha (Acosta 2007, James 2007). Pada tahun 2008, luas tersebut menjadi 0,4 juta ha (James 2008, Halos dan Manalo 2009). Tanaman PRG yang telah diizinkan untuk komersialisasi adalah jagung Bt, jagung TH, dan jagung Bt/TH.

2. Malaysia

a. Kelembagaan

Seperti halnya di Australia, di Malaysia keamanan hayati (keamanan lingkungan) dan keamanan pangan tanaman PRG ditangani oleh suatu komisi yang dalam bahasa Malaysia disebut *Jawatankuasa Penasihat Mengenai Pengubahsuaian Genetik* atau GMAC (*Genetic Modification Advisory Committee*). GMAC dibentuk oleh Kementerian Sains, Teknologi dan Alam Sekitar Malaysia (*Ministry of Science, Technology and Environment* atau MOSTE), pada tahun 1996 (GMAC 1997). GMAC juga telah membentuk suatu komisi semacam Tim Teknis Keamanan Hayati di Indonesia. Komisi tersebut dikenal dengan nama *Penubuhan Jawatankuasa Biokeselamatan* atau IBC (*Institutional Biosafety Committee*).

b. Peraturan perundang-undangan dan pedoman

Pada tahun 1997 GMAC mengeluarkan Pedoman semacam SK Menteri Pertanian tentang Keamanan Hayati Produk Bioteknologi Pertanian Hasil Rekayasa Genetik. Pedoman tersebut disebut dengan *Garis Panduan Kebangsaan bagi Pelepasan Organisma Diubahsuaikan secara Genetik (GMO) ke Perserikatan* (GMAC 1997). Dalam melaksanakan pedoman tersebut GMAC menggunakan mekanisme hukum yang telah diberlakukan yaitu *Plant Quarantine ACT 1976*.

Berdasarkan pedoman tersebut, setiap pemohon mengajukan permohonan ke GMAC untuk keperluan impor atau pelepasan secara komersial tanaman PRG. Dalam menentukan status keamanan hayati dan keamanan pangan terhadap tanaman PRG yang diajukan, GMAC menggunakan dokumen-dokumen yang disertakan dalam permohonan, sebagai bahan kajian dan evaluasi. Dokumen tersebut berisi data tentang hasil pengujian toksikologi, alergenitas, stabilitas protein gen donor. Studi banding antara tanaman PRG dan non PRG harus menunjukkan hasil yang secara substansial sepadan (*substantially equivalent*) antara

kedua tanaman tersebut. Data studi banding meliputi kandungan nutrisi, komposisi lemak, protein, serat, abu, dan karbohidrat, komposisi asam amino dan asam lemak, kandungan bahan anti nutrisi (*phytate*, *stachyose*, dan *raffinose*), dan racun (*trypsin inhibitor* dan *lectin*) harus dalam tingkat yang aman (*safe range*).

Dalam perkembangan pengaturan keamanan hayati di Malaysia, pada tahun 1999 MOSTE menugasi GMAC untuk menyusun draft UU keamanan hayati (*Biosafety Law*) (GENET 1999). Inisiatif ini merupakan suatu ambisi yang besar dari Malaysia untuk meningkatkan kadar pengaturan keamanan hayati menjadi suatu UU (Ai 2001). Pada tahun 2003, Malaysia meratifikasi Protokol Keamanan Hayati Cartagena. Sebagai pihak penandatangan Protokol Keamanan Hayati Cartagena, Malaysia telah mengesahkan UU Keamanan Hayati (*Biosafety Act*) pada tahun 2007 (Idris 2008). UU tersebut mengatur PRG dalam hal pelepasan, impor ekspor, dan pemanfaatannya dalam kondisi terkendali.

c. Status tanaman PRG

Sampai saat ini GMAC belum pernah memberikan ketetapan aman lingkungan terhadap tanaman PRG untuk dilepas dan dikomersialkan di Malaysia. Meskipun demikian Malaysia telah memberikan status "aman" untuk mengimpor tanaman PRG, yaitu kedelai PRG toleran herbisida ke Malaysia, sebagai bahan pembuatan minyak goreng dan kecap.

### Negara-negara Asia lainnya

1. Cina

a. Kelembagaan

Menurut Peng (2004), suatu komisi (*Biosafety Committee*) dan kantor keamanan hayati (*Office of Biosafety*) dibentuk mulai Maret 1997 di Cina. Anggota *Biosafety Committee* terdiri atas para ahli dibidang biologi, produksi, prosesing, pengawasan, karantina, kesehatan, dan perlindungan lingkungan hidup. *Biosafety Committee* bertanggung jawab dalam evaluasi keamanan hayati. *Ministry of Agriculture* (MOA) adalah lembaga otoritas dalam pengaturan keamanan hayati PRG. Sedangkan *Health Department* bertanggung jawab dalam keamanan pangan (Peng 2004).

b. Peraturan perundang-undangan dan pedoman

*Ministry of Science and Technology* pada tahun 1993 mengeluarkan regulasi tentang *Safety Administration of Genetic Engineering* (Peng 2004). Sedangkan pada tahun 1996 *Ministry of Agriculture* mengeluarkan regulasi tentang *Safety Administration of Agriculture Genetically Modified Organisms* (Peng 2004). Setelah Cina meratifikasi CPB, mereka membuat peraturan baru *Regulation on Safety Administration of Agricultural GMO* yang mulai diberlakukan pada tanggal 23 Mei

2001 (Peng 2004). Peraturan baru ini memuat pengaturan tentang penelitian dan pengujian, produksi dan prosesing, supervisi dan inspeksi, serta *enforcement* (Peng 2004). Keamanan pangan diatur melalui *Law on Foods and Health*. Tahapan evaluasi keamanan hayati dimulai dari penelitian di laboratorium, pengujian di rumah kaca, rumah kaca, lapangan terbatas skala kecil, pengujian di lapang dengan skala menengah, pengujian untuk produksi dengan skala besar. Produksi/prosesing, pemasaran, impor/ekspor baru dapat dilakukan setelah sertifikat keamanan hayati diperoleh (Peng 2004).

c. Status tanaman PRG

Luas areal tanaman PRG di Cina pada tahun 2007 sama dengan 2008, yaitu sekitar 3,8 juta ha (James 2008). Menurut James (2008) tanaman PRG yang telah diizinkan untuk komersialisasi adalah kapas Bt, Poplar PRG TSH, pepaya TVP, cabai TVP, tomat TVP/PK, dan petunia PRG.

2. India

a. Kelembagaan

Di India, terdapat banyak lembaga otoritas yang berperan dalam pengaturan tanaman PRG. Lembaga-lembaga tersebut adalah *Recombinant DNA Advisory Committee* (RDAC), *Review Committee on Genetic Manipulation* (RCGM), *Institutional Biosafety Committee* (IBSC), *Genetic Engineering Approval Committee* (GEAC), *State Biotechnology Coordination Committee* (SBCC), *District Level Committee* (DLC), dan *Monitoring-cum-Evaluation Committee* (MEC) (Ramanaiah 2004).

RDAC bertugas melakukan review perkembangan bioteknologi di tingkat nasional dan internasional, serta merekomendasi pengaturan keamanan hayati yang sesuai dan tepat bagi penelitian, penggunaan, dan permohonannya. Fungsi utama RCGM adalah menyusun pedoman khusus tentang prosedur untuk proses regulasi dalam penelitian PRG, penggunaan, dan permohonannya, serta menjamin keamanan lingkungan; melakukan ulasan semua proyek rekayasa genetik dengan kategori risiko tinggi dan mengontrol percobaan lapang; lembaga ini juga mempunyai otoritas perizinan impor PRG/transgen untuk tujuan penelitian dan percobaan lapang dengan luas 10 ha dalam uji multilokasi; dan memberi izin percobaan dengan kategori risiko III atau lebih dengan fasilitas terbatas (*containment*) yang tepat.

IBSC berfungsi mencatat dan memberikan persetujuan atas pelaksanaan kegiatan rekayasa genetik; memastikan bahwa kegiatan penelitian rekayasa genetik mengikuti pedoman keamanan dari pemerintah; mempersiapkan penanggulangan keadaan darurat sesuai dengan pedoman; merekomendasi RCGM tentang penelitian dengan kategori risiko III atau lebih dan meminta persetujuannya; memberikan informasi tentang penelitian kepada DLC, SBCC, dan GEAC jika diperlu-

kan; berfungsi sebagai tempat untuk berinteraksi dengan lembaga-lembaga otoritas yang lain; dan menjamin bahwa percobaan pada lokasi yang sudah ditentukan telah sesuai dengan protokol yang disetujui.

GEAC bertugas memberikan izin produksi skala besar dan pelepasan tanaman PRG dan produk olahannya ke lingkungan, serta izin penggunaan PRG dan produk olahannya untuk komersial.

SBCC mempunyai otoritas untuk melakukan inspeksi, penyelidikan, dan memberikan sanksi seandainya terjadi pelanggaran melalui *State Pollution Control Board* atau *Directorate of Health*; melakukan ulasan secara periodik terhadap lembaga penelitian yang melakukan kegiatan rekayasa genetik pada aspek keamanan dan tindakan pengendalian; berfungsi sebagai lembaga di tingkat provinsi atau negara bagian untuk mengkaji kerusakan lingkungan akibat pelepasan PRG.

DLC mempunyai fungsi utama memonitor regulasi keamanan di tingkat instalasi; mempunyai otoritas untuk melakukan inspeksi, penyelidikan, dan melaporkan ke SBCC atau GEAC mengenai ketaatan atau ketidaktaatan institusi pelaksana kegiatan penelitian terhadap pedoman rekayasa genetik, atau terjadinya pelanggaran; dan berfungsi sebagai lembaga di tingkat kabupaten atau kota untuk mengkaji kerusakan lingkungan akibat pelepasan PRG.

MEC bertugas melakukan pemeriksaan percobaan lapang; melakukan ulasan rancangan percobaan dan mengumpulkan data percobaan lapangan terbatas; mengumpulkan informasi mengenai *comparative agronomic advantages* dari tanaman PRG; mengkaji dan memberikan saran mengenai manfaat dan risiko atas penggunaan tanaman PRG; membantu dalam koleksi, konsolidasi, dan analisis data percobaan lapang untuk mengevaluasi risiko lingkungan dari tanaman PRG; dan merekomendasikan tanaman PRG mana yang aman lingkungan dan menguntungkan secara ekonomi kepada RCGM dan GEAC sebagai bahan pertimbangan mereka dalam pengambilan keputusan untuk melepas tanaman PRG tersebut ke lingkungan (Ramanaiyah 2004).

b. Peraturan perundang-undangan dan pedoman

Organisme hasil modifikasi genetik (GMO) dan produk r-DNA diatur dengan *Environment (Protection) Act* tahun 1986 (diundangkan mulai 23 Mei 1986), dan *Rules 1989 on GMOs* (diberlakukan 01 Oktober 1993). Selain itu ada peraturan perundang-undangan lain yang mengatur tanaman PRG, yaitu *Industries (Development and Regulation) Act*, 1951; *Rules for the Manufacture, Use/Import/Export and Storage of Hazardous Microorganisms, Genetically Engineered Organisms or Cells (Rules 1989 on GMOs)*; *New Industrial Policy and Procedures*; 1991; *Seeds Act*, 1966; *Seeds Rules*, 1968; *Seeds (control) Order*, 1983; *Seeds*

*Policy*, 1988, 2002; dan *Protection of Plant Varieties and Farmers' Rights Act*, 2001 (Ramanaiah 2004).

India mempunyai pedoman tentang rekayasa genetik yang dikeluarkan pada tahun 1990, yaitu *Recombinant DNA Safety Guidelines*. Pada tahun 1994, keluar *Revised Guidelines for Safety in Biotechnology*. Kemudian pada tahun 1998 disusun *Revised Guidelines for Research in Transgenic Plants, and Guidelines for Toxicity and Allergenicity Evaluation of Transgenic Seeds, Plants and Plant Parts* (Ramanaiah 2004).

c. Status tanaman PRG

Luas areal tanaman PRG di India pada tahun 2007 meliputi 6,2 juta ha dan meningkat menjadi 7,6 juta ha pada tahun 2008 (James 2008). Tanaman PRG yang telah mendapatkan izin untuk komersialisasi adalah Kapas Bt.

3. Taiwan

a. Kelembagaan

Untuk pengaturan PRG telah dibentuk gugus tugas yang disebut dengan *Biotechnology Interagency Task Force* (BITF) (Chen *et al.* 2006). BITF ada di bawah *Cabinet Biotechnology Industry Guidance Committee of Executive Yuan*. Komisi tersebut dibentuk pada tahun 2003 yang terdiri atas enam departemen dan 12 ahli dari akademisi dan latar belakang yang berbeda (Chen *et al.* 2006). Keenam departemen tersebut adalah *Economic Affairs, Environmental Protection of the Administration, Department of Health* (DOH), *Council of Agriculture, National Science Council*, dan *Consumer Protection Council* (Chen *et al.* 2006). *Council of Agriculture* bertanggung jawab dalam pengkajian risiko keamanan lingkungan dan pengawasan terhadap pemanfaatan PRG dibidang peternakan, perikanan, dan produksi (Chen *et al.* 2006).

Pengkajian keamanan pangan dilakukan oleh suatu komisi yang disebut *Genetically Modified Food Safety Advisory Committee* (GMFSAC) (Chen *et al.* 2006). Komisi ini memberikan persetujuan keamanan pangan PRG melalui DOH.

b. Peraturan perundang-undangan dan pedoman

Pemerintah Taiwan belum mempunyai peraturan perundang-undangan untuk keamanan hayati PRG. Saat ini *draft* UU tentang pengelolaan PRG sedang dalam penyusunan (Chen *et al.* 2006).

c. Status tanaman PRG

Meskipun pengujian tanaman PRG di lapang sudah banyak dilakukan, tetapi belum ada tanaman PRG yang mendapat persetujuan untuk dilepas di lingkungan dan ditanam secara komersial. Sementara itu ada beberapa tanaman PRG yang telah dinyatakan aman pangan dan beredar di Taiwan untuk dikonsumsi, yang berasal dari kedelai TH, jagung TH, dan jagung Bt (Chen *et al.* 2006).

**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.
- African Biotechnology Stakeholders Forum (ABSF). 2006.** Biotech status in Africa and country status-regional overview. Available at [http://www.absfafrica.org/php/biotech\\_status.htm](http://www.absfafrica.org/php/biotech_status.htm).
- AgBios. 2003a.** The USA Regulatory System. AgBios GM Database. Available at <http://www.agbios.com/cstudies.php?book=REG&ev=CAN-USA>.
- AgBios. 2003b.** The Canadian Regulatory System. AgBios GM Database. Available at <http://www.agbios.com/cstudies.php?book=REG&ev=CAN-USA>.
- AgBios. 2008.** Global status of approved genetically modified plants. AgBios GM Database. Last modified in February, 2008. Available at <http://www.agbios.com/dbase.php?action=Synopsis>.
- Ai, S.Y. 2001.** Malaysia: An ambitious start towards the formulation of a biosafety law. Crop Biotech Net October 2001. Available at [http://www.biotech-info.net/ambitious\\_start.html](http://www.biotech-info.net/ambitious_start.html).
- Biosafety RU (BRU). 2007.** New biosafety law in Ukraine: effort to regulate or to legalize GMOs? Biosafety.RU.CIS Alliance for Biosafety. 18 June 2007. Available at <http://www.biosafety.ru/index.php?idp=143&idnt=60&idn=1209>.
- Brenner, C. 2004.** Telling transgenic technology tales: Lessonss from the Agricultural Biotechnology Support Project (ABSP) Experience. ISAAA Brief No. 31. ISAAA, Ithaca, New York.
- Burachik, M. and P.L. Traynor. 2002.** Analysis of a National Biosafety System: Regulatory Policies and Procedures in Argentina. ISNAR Country Report 63. International Service for National Agricultural Research (ISNAR), The Hague, The Netherlands.
- Chen, C.H., Y. Sassa, E. Suda, L.Y. Zhang, and K.N. Watanabe. 2006.** Biosafety frameworks for living modified organisms in Japan and Taiwan. Plant Biotech. 23:539-546.
- Department of Environment and Natural Resources (DENR). 2004.** National biosafety framework for the Philippines. United Nation Environment Programme-Global Environment Facility.
- Fontes, E.M.G. 2003.** Legal and regulatory concerns of transgenic plants in Brazil. J. Invertebrate Pathol.:1-4.
- Food and Drug Administration (FDA). 1992.** Statement of policy: Foods derived from new plant varieties; Notice. Center for Food Safety and Applied Nutrition.
- Food and Drug Administration (FDA). 1994a.** Biotechnology of food. Center for Food Safety and Applied Nutrition.
- Food and Drug Administration (FDA). 1994b.** First biotech tomato marketed. Center for Food Safety and Applied Nutrition.
- Food and Drug Administration (FDA). 1995.** FDA's policy for foods developed by biotechnology: Emerging technologies-biotechnology. Center for Food Safety and Applied Nutrition.
- Food and Drug Administration (FDA). 1996.** Safety assurance of foods derived by modern biotechnology in the United States. Center for Food Safety and Applied Nutrition. Office of Premarket Approval.



- Food and Drug Administration (FDA). 1997.** Guidance on consultation procedures foods derived from new plant varieties. Center for Food Safety and Applied Nutrition. Office of Premarket Approval.
- Food and Drug Administration (FDA). 1999.** Foods derived from new plant varieties derived through recombinant DNA technology: Final consultation under FDA's 1992 policy. Center for Food Safety and Applied Nutrition. Office of Premarket Approval.
- GEO-PIE (Genetically Engineered Organisms-Public Issues Education Project). 2001.** US regulation of genetic engineering. Genetically Engineered Organisms. Cornell Cooperative Extension. Department of Communication. Kennedy Hall. Cornell University, Ithaca, NY 14853. Available at <http://www.geo-pie.cornell.edu/regulation/reg.html>.
- Genetic Modification Advisory Committee (GMAC). 1997.** National Guidelines for the release of genetically modified organisms (GMOs) into the environment. Ministry of Science, Technology and the Environment, Malaysia.
- Genetic Manipulation Advisory Committee (GMAC). 1999.** Annual Report 1998-1999. Commonwealth of Australia 1999. Goanna Print.
- GMO Compass (GMOC). 2006a.** The European regulatory system. Genetic engineering, plants, and food. Updated on January 10, 2006. Available at [http://www.gmo-compass.org/eng/regulation/regulatory\\_process/156.european\\_regulatory\\_system\\_genetic\\_engineering.html](http://www.gmo-compass.org/eng/regulation/regulatory_process/156.european_regulatory_system_genetic_engineering.html).
- GMO Compass (GMOC). 2006b.** The two laws governing genetically modified plants. EU-law overview. Updated on February 15, 2006. Available at [http://www.gmo-compass.org/eng/regulation/regulatory\\_process/158.two\\_laws\\_governing\\_genetically\\_modified\\_plants.html](http://www.gmo-compass.org/eng/regulation/regulatory_process/158.two_laws_governing_genetically_modified_plants.html).
- Global Agriculture Information Network (GAIN). 2008.** Egypt biotechnology corn variety approval 2008. GAIN Report Number: EG8008. Date: 4/16/2008. USDA Foreign Agricultural Service. Available at <http://www.fas.usda.gov/gainfiles/200804/146294295.pdf>.
- GENET. 1999.** Misc: Malaysia works on biosafety law. GENET News Wednesday, 7 April 1999. Available at <http://www.gene.ch/genet/1999/Mar/msg00110.html>.
- Halos, S.C. and A.J. Manalo. 2009.** The Philippine regulatory system for GM crops. International Workshop on Biosafety of Biotech Crops. Crop Life and Biosafety and Food Safety Technical Team. Bogor, 25 March 2009.
- Hautea, D. and M. Herman. 2004.** Overview of biosafety regulatory systems in the Philippines and Indonesia. Cornell-In-India & Sathguru AgBiotech Certificate Course Goa, India. April 17-23, 2004.
- Idris, S.H. 2008.** Biosafety law: Does it really protect the environment? International Conference on Environmental Research and Technology (ICERT).
- James, C. 1997.** Global status of transgenic crops in 1997. ISAAA Brief No.5. ISAAA, Ithaca, New York.
- James, C. 2006.** Global review of commercialized Biotech/GM crops: 2006. ISAAA Brief No. 35. ISAAA, Ithaca, New York.
- James, C. 2007.** Global review of commercialized Biotech/GM crops: 2007. ISAAA Brief No. 37. ISAAA, Ithaca, New York.
- James, C. 2008.** Global review of commercialized Biotech/GM crops: 2008. ISAAA Brief No. 39. ISAAA, Ithaca, New York.

- Knowledge Center ISAAA-SEASIA (KCIS). 2008.** Kenya approves biosafety Law. CropBiotech Update News December 12, 2008.
- Knowledge Center ISAAA-SEASIA (KCIS). 2009.** Togo approves biosafety Law. CropBiotech Update News January 9, 2009.
- MacDonald, R. 2009.** Regulation of plant biotechnology products. International Workshop on Biosafety of Biotech Crops. Crop Life and Biosafety and Food Safety Technical Team. Bogor, 25 March 2009.
- Maryanski, J.H. 1995.** FDA's policy for foods developed by technology. Proceedings of American Chemical Society Symposium Series No. 605.
- Ministry of Health and Welfare of Japan (MHWJ). 1998.** Safety assessment for foods and food additives produced by recombinant DNA technique. APEC Workshop on Risk assessment of agricultural biotechnology products. Hawaii, March 4-7, 1998.
- Neumann, D.A. 1999.** Genetically modified foods: Safety assessment in North America. Regional Symposium on Genetically Modified Foods: Benefits and Awareness. Bangkok, March 17-18, 1999.
- Office of the Gene Technology Regulator (OGTR). 2003.** A user's guide to the *Gene Technology Act 2000* and related legislation. Handbook on the regulation of gene technology in Australia.
- Peng, Y. 2004.** Biosafety regulation in China. APEC Meeting in Bangkok, Thailand. Available at <http://apec.biotech.or.th/pdf/DrYufaPeng.pdf>.
- Raman, K.V. 2004.** Biosafety in developing countries. Cornell-In-India & Sathguru AgBiotech Certificate Course Goa, India. April 17-23, 2004.
- Ramanaiah, T.V. 2004.** The regulatory approval process in India on transgenic crops. Cornell-In-India & Sathguru AgBiotech Certificate Course Goa, India. April 17-23, 2004.
- Zeweldu, T. 2004.** Biosafety Legal Framework in ASARECA Countries: Current Status. Cornell-In-India & Sathguru AgBiotech Certificate Course Goa, India. April 17-23, 2004.

## **Bab V. Pengaturan Keamanan Tanaman PRG di Indonesia**

---

Pengaturan keamanan hayati dan keamanan pangan dan atau keamanan pakan tanaman produk rekayasa genetik (PRG) di dunia sudah dimulai sejak pertengahan tahun 1980-an sampai awal tahun 1990-an tergantung negara maju (Amerika Serikat, Australia, Kanada) atau negara berkembang (Afrika Selatan, Argentina, Meksiko). Dengan adanya pengaturan tersebut, maka tahun 1994 tomat PRG dapat ditanam di Amerika Serikat dan disusul dengan berbagai tanaman PRG lain di beberapa negara lain (James 1996). Untuk mengantisipasi masuknya PRG ke Indonesia, maka pada tahun 1996 Indonesia mengeluarkan peraturan perundang-undangan yang pertama kali terkait dengan PRG, yaitu Undang-Undang (UU) No. 7 Tahun 1996 tentang Pangan. Dalam salah satu pasal UU Pangan tersebut terdapat ketentuan mengenai keamanan pangan PRG. Pada tahun 1997 Menteri Pertanian mengeluarkan Keputusan Menteri Pertanian (Kepmentan) No. 856/Kpts/HK.330/9/1997 tentang Ketentuan Keamanan Hayati Produk Bioteknologi Pertanian Hasil Rekayasa Genetik (PBPHRG) (Mentan 1997, Herman 1999). Dalam bab ini dibahas peraturan perundang-undangan, kelembagaan, pengkajian keamanan hayati, pengalaman evaluasi dan pengujian keamanan hayati tanaman PRG, dan kendala implementasi regulasinya di Indonesia. Keamanan yang dimaksud dalam bab ini adalah keamanan hayati yang menurut Peraturan Pemerintah (PP) No. 21 Tahun 2005 meliputi keamanan lingkungan, keamanan pangan, dan keamanan pakan.

### **PERATURAN PERUNDANG-UNDANGAN**

Subbab ini akan menguraikan peraturan perundang-undangan yang terkait langsung atau tidak langsung dengan penelitian dan pengembangan (litbang), serta komersialisasi tanaman PRG. Peraturan perundang-undangan yang akan dibahas adalah UU No. 7 Tahun 1996 tentang Pangan pada Pasal 13, PP No. 28 Tahun 2004 tentang Keamanan, Mutu, dan Gizi Pangan pada Pasal 14, PP No. 21 Tahun 2005 tentang Keamanan Hayati PRG, dan Keputusan Bersama (Kepber) 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/99; 015A/NmenegPHOR/09/1999 tentang Keamanan Hayati dan Keamanan Pangan Produk Pertanian Hasil Rekayasa Genetik (PPHRG).

### **Penelitian dan Pengembangan Tanaman PRG**

Peraturan perundang-undangan yang terkait dengan litbang tanaman PRG adalah:

1. UU No. 7 Tahun 1996 tentang Pangan;
2. UU No. 21 Tahun 2004 tentang Pengesahan Protokol Cartagena;

3. UU No. 18 Tahun 2002 tentang Sistem Nasional Penelitian, Pengembangan, dan Penerapan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi;
4. Peraturan Pemerintah (PP) No. 21 Tahun 2005 tentang Keamanan Hayati PRG; dan
5. Peraturan Menteri Pertanian (Permentan) No. 67 Tahun 2006 tentang Pelestarian dan Pemanfaatan Sumber Daya Genetik Tanaman.

Dalam bagian ini akan dijelaskan ketentuan yang terkait dengan litbang tanaman PRG dalam UU No. 7 Tahun 1996 tentang Pangan dan PP No. 21 Tahun 2005 tentang Keamanan Hayati PRG. Menurut ketentuan Pasal 13, ayat (2) UU Pangan, pemerintah menetapkan persyaratan dan prinsip penelitian, pengembangan, dan pemanfaatan metode rekayasa genetik dalam kegiatan atau proses produksi pangan. Selain itu masih menurut ketentuan pada Pasal 13, ayat (2) UU Pangan tersebut pemerintah menetapkan persyaratan bagi pengujian pangan yang dihasilkan dari proses rekayasa genetik (UU 1996). Peraturan perundang-undangan yang mempunyai ketentuan khusus mengenai litbang PRG hanya PP No. 21 Tahun 2005, yaitu ketentuan yang ada dalam Bab III.

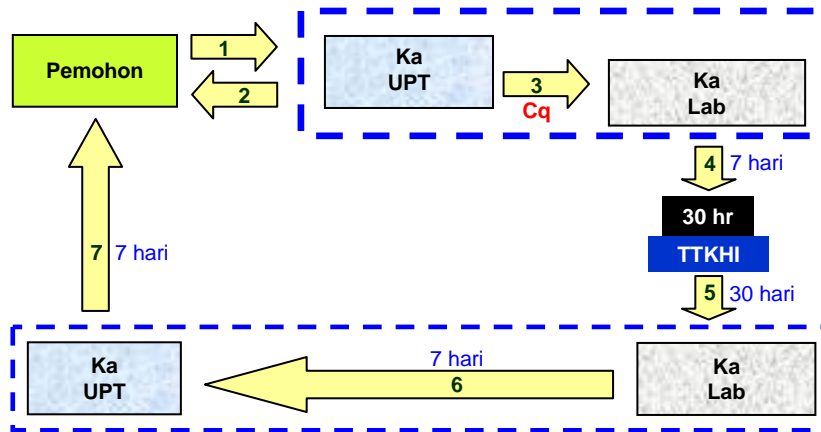
Pasal 8-Pasal 13 PP No. 21 Tahun 2005 mengatur beberapa ketentuan sebagai berikut:

1. Setiap orang yang akan memasukkan tanaman PRG yang digunakan sebagai bahan penelitian dan pengembangan, dari luar negeri untuk pertama kali, wajib mengajukan permohonan kepada Menteri Pertanian (untuk tanaman pertanian) dan kepada Menteri Kehutanan (untuk tanaman kehutanan).
2. Permohonan untuk memasukkan tanaman PRG wajib dilengkapi dengan dokumen yang menerangkan bahwa persyaratan keamanan lingkungan, keamanan pangan dan/atau keamanan pakan telah dipenuhi.
3. Selain itu, harus dilengkapi juga dengan surat keterangan yang menyatakan bahwa PRG tersebut telah diperdagangkan secara bebas (*certificate of free trade*) di negara asalnya; dan dokumentasi pengkajian dan pengelolaan risiko dari institusi yang berwenang di mana pengkajian risiko pernah dilakukan.
4. Dampak negatif kegiatan litbang tanaman PRG terhadap kesehatan manusia dan lingkungan wajib dicegah dan atau ditanggulangi oleh setiap orang yang melakukan kegiatan tersebut.
5. Pengujian tanaman PRG selama proses litbang harus dilakukan di laboratorium, Fasilitas Uji Terbatas (FUT) dan/atau Lapangan Uji Terbatas (LUT). Tanaman PRG hasil dari litbang sebelum diusulkan untuk dilepas dan/atau diedarkan harus diuji efikasi dan memenuhi persyaratan keamanan lingkungan, keamanan pangan dan atau keamanan pakan.
6. Kegiatan litbang dalam perakitan tanaman PRG dilaksanakan oleh Pemerintah, dalam hal masyarakat belum mampu berperan serta dalam pelaksanaan litbang.

7. Pelaksanaan litbang tanaman PRG, didasarkan pada peraturan perundang-undangan di bidang penelitian, pengembangan dan penerapan ilmu pengetahuan dan teknologi.
8. Tata cara pelaksanaan litbang tanaman PRG ditetapkan lebih lanjut oleh Menteri Pertanian dan Menteri Kehutanan.

Litbang tanaman PRG merupakan kegiatan bertahap, dimulai di laboratorium, sampai pengujian tanaman PRG di FUT dan LUT (PP 2000). BB-Biogen telah menginisiasi penyusunan tiga pedoman yang terkait dengan tata cara pelaksanaan litbang tanaman PRG, yaitu Pedoman Penelitian Organisme PRG di Laboratorium, Pedoman Percobaan Tanaman PRG di FUT, dan Pedoman Percobaan Tanaman PRG di LUT.

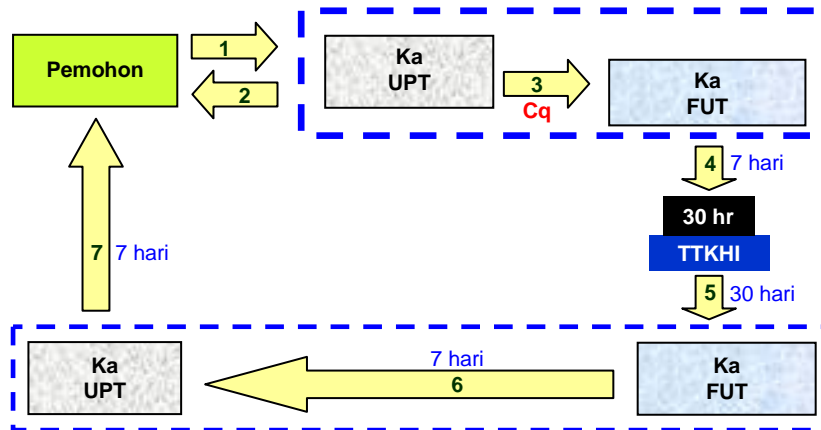
Konsep awal Pedoman Pelaksanaan Penelitian Organisme PRG di Laboratorium dan Pedoman Percobaan Tanaman PRG di FUT disusun oleh tim peneliti BB-Biogen. Pedoman Penelitian Organisme PRG (tanaman dan jasad renik PRG) di Laboratorium dimaksudkan agar pelaksanaan penelitian organisme PRG di laboratorium benar-benar menerapkan pendekatan kehati-hatian. Dengan demikian tidak terjadi lepasnya gen novel dari laboratorium melalui biji, atau bagian organisme lain; organisme PRG tidak dikonsumsi oleh manusia dan hewan; tidak terjadi lepasnya organisme PRG dari lokasi laboratorium. Penelitian organisme PRG di laboratorium bertujuan antara lain untuk merakit organisme (jasad renik dan tanaman) PRG, menentukan apakah karakter genotipe yang diuji efektif pada kondisi di laboratorium; dan untuk menyeleksi organisme PRG yang mempunyai sifat yang diinginkan. Dalam buku ini diusulkan tata cara permohonan izin penelitian organisme PRG di laboratorium seperti tercantum dalam Gambar 1.



**Gambar 1.** Tata cara permohonan izin penelitian organisme produk rekayasa genetik di laboratorium. Ka UPT = Kepala Unit Pelaksana Teknis, Ka Lab = Kepala Laboratorium, TTKHI = Tim Teknis Keamanan Hayati Institusi, hr = hari kalender, angka 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 = tahapan permohonan (Herman 2009).

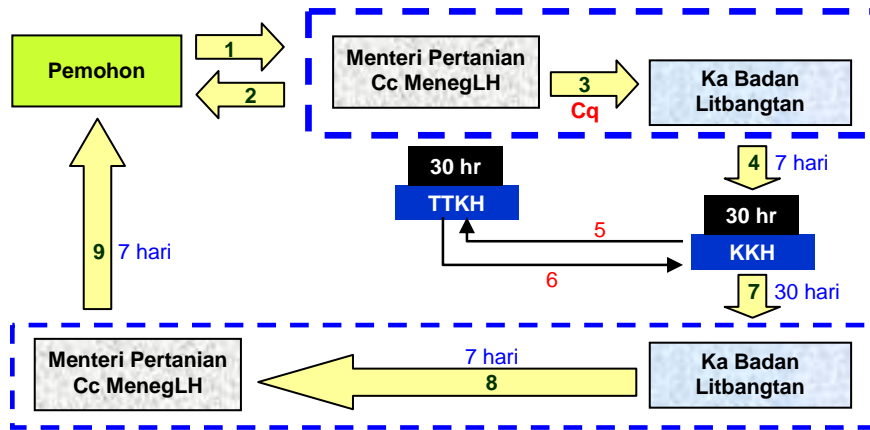
Dalam Gambar 1 ada lembaga yang disebut Tim Teknis Keamanan Hayati Institusi (TTKHI). TTKHI adalah suatu lembaga yang diusulkan untuk dibentuk. TTKHI adalah Tim yang mempunyai tugas melakukan evaluasi dan pengkajian teknis pendaftaran permohonan izin penelitian organisme PRG di laboratorium dan atau percobaan tanaman PRG di FUT serta memberikan rekomendasi kepada Kepala Unit Pelaksana Teknis untuk menerima atau menolak permohonan tersebut, dan melakukan inspeksi terhadap pelaksanaan penelitian. TTKHI ini diusulkan untuk dibentuk dalam setiap institusi yang melakukan penelitian perakitan tanaman PRG (Herman 2009). Di luar negeri seperti di Amerika Serikat TTKHI dikenal sebagai *Biosafety Officer*, tetapi di negara lain seperti Filipina dikenal sebagai *Institutional Biosafety Committee* (IBC).

Pedoman Pelaksanaan Percobaan Tanaman PRG di FUT dimaksudkan agar percobaan tanaman PRG di FUT dilakukan dengan pendekatan kehati-hatian, sehingga tidak terjadi perpindahan gen; tidak dikonsumsi oleh manusia dan hewan ternak; dan tidak terjadi perpindahan tanaman PRG dari FUT. Percobaan tanaman PRG di FUT bertujuan antara lain untuk menentukan apakah karakter genotipe yang diuji efektif pada kondisi dan lingkungan di FUT; dan untuk menyeleksi tanaman PRG yang mempunyai sifat yang diinginkan. Untuk tanaman PRG yang dirakit di dalam negeri, tata cara permohonan izin percobaannya di FUT tercantum dalam Gambar 2, sedangkan bagi tanaman yang dirakit di luar negeri tata cara permohonan izin percobaannya di FUT tercantum dalam Gambar 3. Apabila tanaman PRG yang dirakit di luar negeri akan dimasukkan ke wilayah Indonesia, maka harus melakukan permohonan izin pemasukan ke Pusat Perizinan dan Investasi (PPI). Menurut pasal 52 Permentan No. 67 Tahun 2006 tentang Pelestarian dan Pemanfaatan Sumber Daya Genetik (SDG) Tanaman, dalam

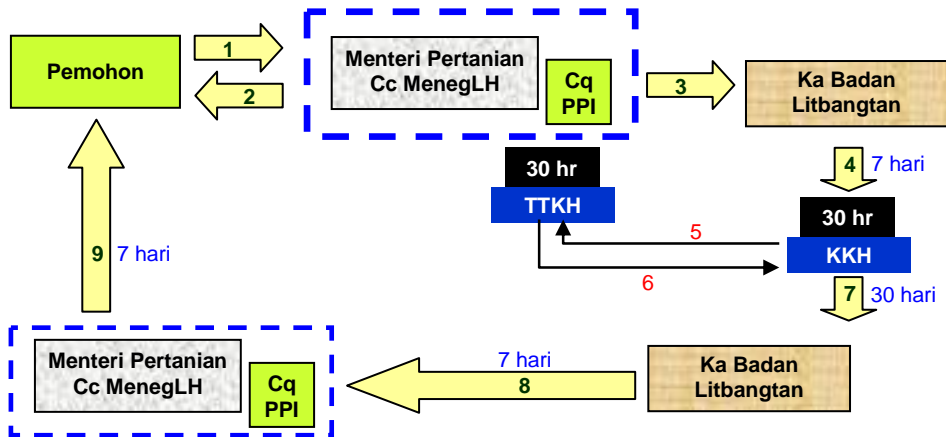


**Gambar 2.** Tata cara permohonan izin percobaan tanaman produk rekayasa genetik dari dalam negeri di Fasilitas Uji Terbatas. Ka UPT = Kepala Unit Pelaksana Teknis, Ka FUT = Kepala Fasilitas Uji Terbatas, TTKHI = Tim Teknis Keamanan Hayati Institusi, hr = hari kalender, angka 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 = tahapan permohonan (Herman 2009).

melakukan pemasukan SDG tanaman harus melalui tempat pemasukan yang telah ditetapkan oleh Menteri Pertanian (Mentan), dan mengikuti ketentuan peraturan perundang-undangan dibidang perkarantinaaan dan keamanan hayati PRG (Mentan 2006). Tata cara permohonan izin pemasukan tanaman PRG dari luar negeri tercantum dalam Gambar 4.



**Gambar 3.** Tata cara permohonan izin percobaan tanaman produk rekayasa genetik dari luar negeri di Fasilitas Uji Terbatas atau di Lapangan Uji Terbatas. Meneg LH = Menteri Negara Lingkungan Hidup, Ka Badan Litbangtan = Kepala Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, KKH = Komisi Keamanan Hayati, TTKH = Tim Teknis Keamanan Hayati, hr = hari kalender, angka 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 = tahapan permohonan (Herman 2009).



**Gambar 4.** Tata cara permohonan izin pemasukan tanaman produk rekayasa genetik dari luar negeri. PPI = Pusat Perizinan dan Investasi, Ka Badan Litbangtan = Kepala Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, KKH = Komisi Keamanan Hayati, TTKH = Tim Teknis Keamanan Hayati, hr = hari kalender, angka 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 = tahapan permohonan (Herman 2009).

Sedangkan penyusunan konsep Pedoman Pelaksanaan Percobaan Tanaman PRG di LUT dilakukan oleh suatu Tim yang terdiri dari peneliti dan ilmuwan dari berbagai perguruan tinggi (seperti Universitas Gadjah Mada, Institut Pertanian Bogor, Institut Teknologi Bandung) dan lembaga penelitian (seperti Puslit Bioteknologi LIPI dan BB-Biogen). Pedoman Percobaan Tanaman PRG di LUT dimaksudkan untuk memberikan panduan agar pelaksanaan percobaan benar-benar menerapkan pendekatan kehati-hatian, sehingga tidak terjadi perpindahan gen; tidak dikonsumsi oleh manusia dan hewan ternak; tidak terjadi perpindahan tanaman PRG dari lokasi percobaan; dan tidak terjadi *volunteer*. Percobaan tanaman PRG di LUT bertujuan antara lain untuk menentukan apakah karakter genotipe yang diuji efektif pada kondisi dan lingkungan lapang; serta untuk menyeleksi tanaman PRG yang mempunyai sifat yang diinginkan. Tata cara permohonan izin percobaan tanaman PRG di LUT tercantum dalam Gambar 3.

### **Komersialisasi Tanaman Produk Rekayasa Genetik**

Peraturan perundang-undangan yang terkait dengan komersialisasi tanaman PRG adalah:

1. UU No. 7 Tahun 1996 tentang Pangan;
2. UU No. 21 Tahun 2004 tentang Pengesahan Protokol Cartagena;
3. PP No. 28 Tahun 2004 tentang Keamanan, Mutu, dan Gizi Pangan;
4. PP No. 21 Tahun 2005 tentang Keamanan Hayati PRG;
5. Kepber 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/NmenegPHOR/09/1999 tentang Keamanan Hayati dan Keamanan Pangan PPHRG;
6. Peraturan Menteri Pertanian (Permentan) Republik Indonesia (RI) No. 37/Permentan/OT.140./8/2006 tentang Pengujian, Penilaian, Pelepasan, dan Penarikan Varietas; dan
7. Permentan RI No. 67/2006 tentang Pelestarian dan Pemanfaatan Sumber Daya Genetik (SDG) Tanaman.

Dalam bagian ini akan dijelaskan secara khusus peraturan perundangan yang terkait dengan keamanan hayati tanaman PRG. Uraian khusus mengenai pelepasan dan pemanfaatan, serta pengawasan dan pengendalian yang terkait dengan komersialisasi akan disampaikan dalam Bab Pelepasan, Pemanfaatan, Pengawasan, dan Pengendalian Tanaman PRG.

Pada tahun 1997 Departemen Pertanian mengeluarkan Kepmentan No. 856/Kpts/HK.330/9/1997 tentang Ketentuan Keamanan Hayati PBPHRG. Keamanan hayati yang dimaksud dalam Kepmentan ini, adalah keadaan yang dihasilkan melalui upaya pence-



gahan terhadap PBPHRG yang dapat mengganggu, merugikan dan/atau membahayakan bagi manusia, hayati lainnya, dan lingkungan. Kepmentan tersebut diadopsi menjadi Keputusan Bersama Empat Menteri Tahun 1999 tentang Keamanan Hayati dan Keamanan Pangan PPHRG. Sedangkan keamanan hayati yang dimaksud dalam Keputusan Bersama tersebut, adalah kondisi dan upaya yang diperlukan untuk mencegah PPHRG dari kemungkinan timbulnya sesuatu yang dapat mengganggu, merugikan dan membahayakan bagi keanekaragaman hayati (termasuk, hewan, ikan, dan tumbuhan) dan lingkungan. Keputusan Bersama itu telah diangkat menjadi PP No. 21 Tahun 2005 tentang Keamanan Hayati PRG (Herman 2008a). Dalam PP No. 21 Tahun 2005, yang dimaksud keamanan hayati PRG adalah keamanan lingkungan, keamanan pangan dan/atau keamanan pakan PRG. Keamanan lingkungan PRG adalah kondisi dan upaya yang diperlukan untuk mencegah kemungkinan timbulnya risiko yang merugikan keanekaragaman hayati sebagai akibat pemanfaatan PRG. Keamanan pangan PRG adalah kondisi dan upaya yang diperlukan untuk mencegah kemungkinan timbulnya risiko yang merugikan dan membahayakan kesehatan manusia, akibat proses produksi, penyiapan, penyimpanan, peredaran, dan pemanfaatan pangan PRG. Sedangkan keamanan pakan PRG adalah kondisi dan upaya yang diperlukan untuk mencegah kemungkinan timbulnya dampak yang merugikan dan membahayakan kesehatan hewan dan ikan, akibat proses produksi, penyiapan, penyimpanan, peredaran, dan pemanfaatan pakan PRG.

PP No. 21 terdiri atas 10 Bab, yaitu (1) Ketentuan Umum, (2) Jenis dan Persyaratan PRG, (3) Penelitian dan Pengembangan PRG, (4) Pemasukan PRG dari Luar Negeri, (5) Pengkajian, Pelepasan, dan Peredaran, serta Pemanfaatan PRG, (6) Pemantauan dan Pengendalian PRG, (7) Kelembagaan, (8) Pembiayaan, (9) Ketentuan Peralihan, dan (10) Ketentuan Penutup. Jenis PRG meliputi (1) hewan PRG, bahan asal hewan PRG, dan hasil olahannya; (2) ikan PRG, bahan asal ikan PRG, dan hasil olahannya; (3) tanaman PRG, bahan asal tanaman PRG, dan hasil olahannya; dan (4) jasad renik PRG, bahan asal jasad renik PRG, dan hasil olahannya. PP No. 21 Tahun 2005 dimaksudkan untuk mewujudkan keamanan lingkungan, keamanan pangan dan/atau keamanan pakan PRG serta pemanfaatannya dibidang pertanian, perikanan, kehutanan, industri, lingkungan, dan kesehatan non farmasi. Selain itu PP No. 21 Tahun 2005 ditujukan pula untuk meningkatkan hasil guna dan daya guna PRG bagi kesejahteraan rakyat berdasarkan prinsip kesehatan dan pengelolaan sumber daya hayati, perlindungan konsumen, kepastian hukum, dan kepastian dalam melakukan usaha.

Dalam pelaksanaannya, PP No. 21 Tahun 2005 dilandasi dengan pendekatan kehati-hatian dalam rangka mewujudkan keamanan hayati, keamanan pangan dan atau pakan 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 melalui UU No. 21 Tahun 2004 tentang Pengesahan *Cartagena Protocol on Biosafety* (Herman 2008b).

Sesuai dengan ketentuan Pasal 36 Bab Ketentuan Penutup PP No. 21 Tahun 2005, peraturan perundang-undangan yang berkaitan dengan keamanan lingkungan, keamanan pangan dan/atau keamanan pakan PRG yang telah ada tetap berlaku sepanjang tidak bertentangan dengan atau belum diatur lebih lanjut oleh PP No. 21 Tahun 2005. Dengan demikian maka Kepber 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/NmenegPHOR/09/1999 tentang Keamanan Hayati dan Keamanan Pangan PPHRG masih berlaku.

Selain UU, PP, Kepber, dan Kepmentan, Pedoman yang terkait dengan PRG telah disusun pada tahun 1998 (Herman 1999). Sebagai implementasi dari ditetapkannya Kepmentan No. 856/Kpts/HK.330/9/1997 tentang Ketentuan Keamanan Hayati PBPHRG diperlukan pengujian PBPHRG secara cermat, mengikuti prosedur dan standard protokol yang baku. Keamanan hayati PBPHRG perlu diuji secara bertahap di FUT atau *biosafety containment* mulai dari tingkat laboratorium, rumah kaca/kandang/kolam hingga lapangan terbatas. Pedoman Pengujian Keamanan Hayati PBPHRG di FUT telah disusun oleh Tim Teknis Keamanan Hayati. Pedoman tersebut ada yang bersifat umum dan khusus karena teknik pengujiannya berbeda sesuai dengan jenisnya. Pedoman ini terdiri atas lima “seri”, yaitu umum, tanaman, hewan, ikan, dan jasad renik (Herman 1999).

## KELEMBAGAAN

### Komisi

Kelembagaan yang dibentuk pada awalnya adalah Komisi Keamanan Hayati (KKH) melalui Kepmentan No. 856/Kpts/HK.330/9/1997. KKH dibentuk untuk mengimplementasikan pelaksanaan Kepmentan No. 856/Kpts/HK.330/9/1997 tentang Ketentuan Keamanan Hayati PBPHRG. Dengan dikeluarkannya Kepber Empat Menteri Tahun 1999 tentang Keamanan Hayati dan Keamanan Pangan PPHRG, KKH diganti menjadi Komisi Keamanan Hayati dan Keamanan Pangan (KKHKP) pada tahun 1999. KKHKP dibentuk untuk membantu Menteri Pertanian, Menteri Kehutanan dan Perkebunan, Menteri Kesehatan, dan Menteri Negara Pangan dan Hortikultura melalui Direktur Jenderal terkait dalam memberikan rekomendasi teknis keamanan hayati dan keamanan pangan dari pemanfaatan PPHRG. Dalam melaksanakan tugasnya Komisi dibantu suatu Tim Teknis (akan dijelaskan di bagian Tim Teknis).

Sesuai dengan Kepber Empat Menteri Tahun 1999 tentang Keamanan Hayati dan Keamanan Pangan PPHRG (Mentan, Menhutper, Menkes, Menegpanghort 1999), tugas dan kewajiban KKHKP adalah sebagai berikut:

1. Tugas:

- 1). Merumuskan kebijakan dan prosedur pengkajian keamanan hayati dan keamanan pangan serta pemantauan PPHRG;
- 2). Memberikan saran dan pertimbangan teknik keamanan hayati dan keamanan pangan atas pemanfaatan PPHRG;
- 3). Melaksanakan kajian teknis atas permohonan keamanan hayati dan keamanan pangan atas pemanfaatan PPHRG;
- 4). Memberikan rekomendasi aman atau tidaknya PPHRG sebagai salah satu dasar pertimbangan penetapan pemanfaatan PPHRG;
- 5). Memberikan saran pengendalian dan penanggulangan dalam hal terjadi kerugian akibat gangguan terhadap keamanan hayati dan keamanan pangan dalam pemanfaatan PPHRG;
- 6). Mengadakan kerja sama dan konsultasi dengan berbagai lembaga di dalam dan di luar negeri dalam keamanan hayati dan keamanan pangan PPHRG;
- 8). Menyiapkan informasi yang relevan tentang pelaksanaan keamanan hayati dan keamanan pangan pemanfaatan PPHRG; dan
- 9). Melakukan evaluasi dan kajian keamanan hayati dan keamanan pangan akibat pemanfaatan PPHRG.

2. Kewajiban:

- 1) Mengevaluasi laporan hasil kajian teknis keamanan hayati dan keamanan pangan PPHRG dari Tim Teknis Keamanan Hayati dan Keamanan Pangan;
- 2) Menjaga kerahasiaan dokumen permohonan pengkajian keamanan hayati dan keamanan pangan PPHRG yang berkaitan dengan aspek teknologi dan perdagangan;
- 3) Melaporkan pelaksanaan tugasnya kepada Menteri Pertanian, Menteri Kehutanan dan Perkebunan, Menteri Kesehatan, dan Menteri Negara Pangan dan Hortikultura sesuai dengan ruang lingkup kewenangan masing-masing sekurang-kurangnya sekali dalam 1 (satu) tahun.

Pada Pasal 29 dan Pasal 30 Bab Kelembagaan PP No. 21 Tahun 2005 ditetapkan ketentuan pembentukan Komisi Keamanan Hayati (KKH). Kedudukan, susunan keanggotaan, tugas pokok, dan fungsi serta kewenangan KKH ditetapkan lebih lanjut dengan Peraturan Presiden atas usul Menteri Negara Lingkungan Hidup yang memperhatikan saran dan pertimbangan dari Menteri Pertanian, Menteri Kehutanan, Menteri Kelautan dan Perikanan, serta Kepala Badan POM (Herman 2008a).

KKH memberikan rekomendasi keamanan lingkungan atau keamanan pangan atau keamanan pakan PRG kepada Menteri Negara Lingkungan Hidup, Menteri Pertanian, Menteri Kehutanan, Menteri Kelautan dan Perikanan, atau Kepala Badan POM dan

membantu pelaksanaan pengawasan terhadap pemasukan dan pemanfaatan PRG, serta pemeriksaan dan pembuktian atas kebenaran laporan adanya dampak negatif tanaman PRG (Herman 2008b).

Menurut ketentuan Pasal 31 PP No. 21 Tahun 2005, di dalam KKH ada suatu bagian yang ditugasi mengelola dan menyajikan informasi kepada publik. Bagian tersebut adalah Balai Kliring Keamanan Hayati (BKKH). BKKH mempunyai tugas: mengelola dan menyajikan informasi kepada publik mengenai prosedur, penerimaan permohonan, proses dan ringkasan hasil pengkajian; menerima masukan dari masyarakat dan menyampaikan hasil kajian dari masukan tersebut; menyampaikan informasi mengenai rumusan rekomendasi yang akan disampaikan kepada Menteri Negara Lingkungan Hidup, Menteri Pertanian, Menteri Kehutanan, Menteri, Kelautan dan Perikanan atau Kepala Badan POM, serta menyampaikan informasi mengenai Keputusan Menteri, Menteri yang berwenang atau Kepala LPND yang berwenang atas permohonan yang telah dikaji kepada publik (Herman 2008b).

Sebagaimana dijelaskan di bagian peraturan perundang-undangan bahwa sesuai dengan Ketentuan Penutup PP No. 21 Tahun 2005, Kepber Empat Menteri Tahun 1999 tentang Keamanan Hayati dan Keamanan Pangan PPHRG masih berlaku, termasuk kelembagaan yang terkait. Sampai saat buku ini disusun, KKHKP masih berfungsi dan menjalankan tugas serta kewajibannya, karena KKH yang diamanatkan oleh PP No. 21 Tahun 2005 belum terbentuk. Setelah melalui beberapa kali pembahasan antar departemen, konsep Peraturan Presiden tentang Pembentukan KKH disampaikan ke Kantor Sekretaris Kabinet (Herman 2008a).

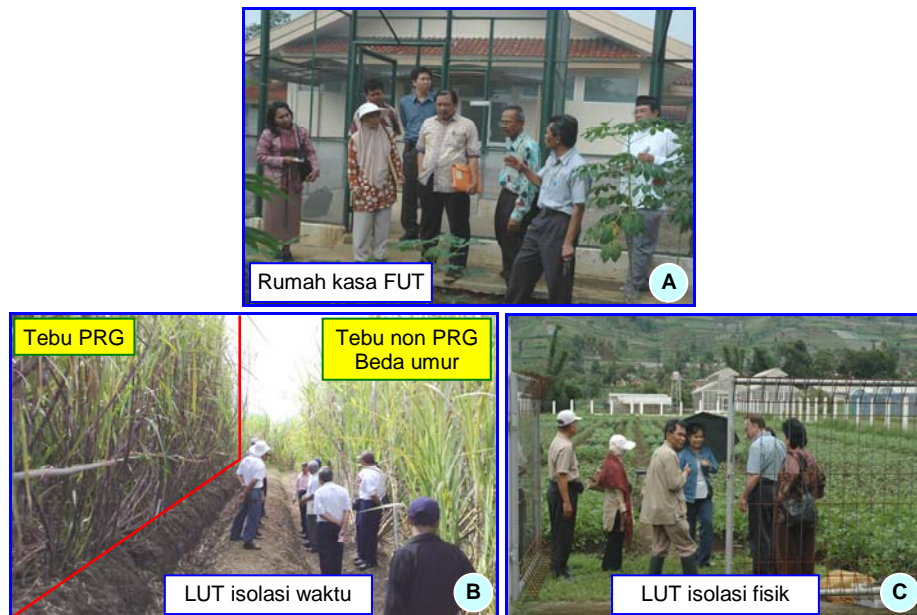
### **Tim Teknis**

Pada tahun 1997, Tim Teknis Keamanan Hayati (TTKH) telah dibentuk melalui SK No. HK.330.102.1997 oleh Kepala Badan Litbang Pertanian selaku Ketua KKH (Kabatan Litbangtan 1997). Dengan dikeluarkannya Kepber Empat Menteri Tahun 1999 tentang Keamanan Hayati dan Keamanan Pangan PPHRG, maka TTKH diganti menjadi Tim Teknis Keamanan Hayati dan Keamanan Pangan (TTKHKP). Susunan keanggotaan, tugas, dan tanggung jawab TTKHKP ditetapkan oleh Kepala Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kepala Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan dan Perkebunan, dan Direktur Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan masing-masing berturut-turut selaku ketua Komisi Keamanan Hayati dan Keamanan Pangan, melalui Kepber Kepala Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kepala Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan dan Perkebunan, dan Direktur Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan No. LB.010.59.1.2000; 77/Kpts/9/2000; KS.01.01.03380 tentang Pembentukan TTKHKP PPHRG (Kabatan Litbangtan, Kabatan Litbanghutbun, dan Dirjen POM 2000).

Anggota TTKHKP terdiri atas ilmuwan senior yang berasal dari berbagai lembaga seperti perguruan tinggi (IPB dan UI), Ristek, BPPT, LIPI, Badan POM, BULOG, Badan Litbang Pertanian. TTKHKP terbagi menjadi lima kelompok: tanaman, hewan, ikan, jasad renik, dan pangan. Sesuai dengan Kepber Kepala Badan Litbang Pertanian, Kepala Badan Litbang Kehutanan dan Perkebunan, dan Dirjen POM tentang Pembentukan TTKHKP PPHRG (Kabatan Litbangtan, Kabatan Litbanghutbun, dan Dirjen POM 2000), TTKHKP mempunyai tugas membantu KKHKP dalam melaksanakan kajian teknis permohonan pemanfaatan PPHRG sebagai berikut:

1. Memeriksa dan mengevaluasi semua permohonan pemanfaatan PPHRG yang diterima KKHKP;
2. Melakukan pengujian lebih lanjut di laboratorium, rumah kaca, dan lapangan terbatas terhadap PPHRG apabila diperlukan, dengan dibantu oleh Tim Penguji;
3. Melakukan pemantauan keamanan hayati dan keamanan pangan terhadap pemanfaatan PPHRG di lapang;
4. Ruang lingkup tugas kelompok adalah sebagai berikut:
  - a. Kelompok tanaman melaksanakan kajian teknis keamanan hayati tanaman PRG.
  - b. Kelompok hewan melaksanakan kajian teknis keamanan hayati hewan PRG.
  - c. Kelompok ikan melaksanakan kajian teknis keamanan hayati ikan PRG.
  - d. Kelompok mikroba melaksanakan kajian teknis keamanan hayati mikroba PRG.
  - e. Kelompok pangan melaksanakan kajian risiko keamanan pangan olahan dan non olahan dari keempat komoditas sebagaimana dimaksud dalam butir 1 s/d 4.
5. TTKHKP membuat laporan teknis mengenai hasil pemeriksaan, pengujian dan pemantauan keamanan hayati dan keamanan pangan terhadap PPHRG.

TTKHKP bertanggung jawab dan menyampaikan laporan pelaksanaan tugas kepada Ketua KKHKP. Dalam melakukan pengujian tanaman PRG di FUT, TTKHKP dibantu oleh suatu Tim Penguji Keamanan Hayati Tanaman Transgenik (TPKHTT) yang dibentuk oleh Kepala Balai Penelitian Bioteknologi Tanaman Pangan (sekarang BB-Biogen) selaku Sekretaris TTKHKP (Herman 1999). Selain melakukan pemantauan keamanan hayati dan keamanan pangan terhadap pemanfaatan PPHRG di lapang, TTKHKP (khususnya Kelompok Tanaman) juga melakukan pemantauan pengujian tanaman PRG di rumah kaca dan LUT dalam taraf litbang pada tahun 2006 dan 2007 (Herman 2008b). Pada bulan Juni 2006, TTKHKP kelompok Tanaman melakukan pemantauan pengujian ubi kayu PRG amilosa rendah di rumah kaca FUT BB-Biogen (Gambar 5A). Selain itu juga melakukan pemantauan pengujian kentang PRG tahan penyakit busuk daun dan umbi yang disebabkan oleh *P. infestans* di LUT kebun percobaan (KP) Balitsa Lembang (Gambar 5C) pada Februari 2007, dan pengujian tebu PRG toleran kekeringan di KP PTPN XI di Jatiroto. Lumajang (Gambar 5B) pada Juni 2007 (TTKHKP 2007a, 2007b). Pemantauan percobaan LUT tebu PRG randemen tinggi di



**Gambar 5.** Pemantauan TTKHKP Kelompok Tanaman pada pengujian ubikayu PRG di rumah kaca FUT BB-Biogen (A), LUT tebu PRG di KP PTPNXI Jatiroto (B), dan LUT kentang PRG di KP Balitsa Lembang (C).

KP PTPN XI di Jatiroto, Lumajang oleh TTKHKP juga dilakukan pada April 2009 (TTKHKP 2009).

Dalam PP No. 21 Tahun 2005, ketentuan pembentukan Tim Teknis yang disebut sebagai Tim Teknis Keamanan Hayati (TTKH) tercantum pada Pasal 32 Bab Kelembagaan. Ketua KKH dengan memperhatikan saran dan pertimbangan dari Menteri Negara Lingkungan Hidup, Menteri Pertanian, Menteri Kehutanan, Menteri Kelautan dan Perikanan, dan Kepala Badan POM. Menetapkan kedudukan, susunan keanggotaan, tugas pokok dan fungsi serta kewenangan dari TTKH. Keanggotaan TTKH terdiri atas para pakar dari berbagai disiplin ilmu yang berkaitan dengan PRG. TTKH bertugas membantu KKH dalam melakukan kajian teknis keamanan lingkungan, keamanan pangan, dan keamanan pakan PRG.

Seperti halnya KKHKP, TTKHKP yang dibentuk sebagai implementasi Kepber Empat Menteri Tahun 1999 tentang Keamanan Hayati dan Keamanan Pangan PPHRG, masih berfungsi dan menjalankan tugasnya. TTKHKP selama menjalankan tugasnya telah membantu KKHKP dalam melakukan kajian keamanan lingkungan berbagai PRG termasuk tanaman PRG.

### **Pemohon**

Dalam subbab Kelembagaan, diuraikan tentang Pemohon. Menurut ketentuan yang ada dalam Kepber Empat Menteri Tahun 1999 tentang Keamanan Hayati dan Keamanan Pangan PPHRG, Pemohon adalah setiap orang atau badan hukum yang akan mengajukan permohonan pengkajian keamanan hayati dan keamanan pangan PPHRG. Permohonan harus disertai syarat-syarat keamanan hayati dan keamanan pangan, serta mempertimbangkan kaidah agama, etika, dan sosial budaya. Pemohon dibebani biaya evaluasi dan kajian teknis, serta pengujian laboratorium, rumah kaca, dan lapangan terbatas. Setelah mendapatkan keterangan aman hayati dari dirjen terkait atas saran atau rekomendasi aspek teknis keamanan hayati PPHRG, yang mendasarkan hasil evaluasi dan kajian teknis oleh TTKHKP. Pemohon yang telah mendapatkan persetujuan pemanfaatan PPHRG berhak mendapat perlindungan kerahasiaan PPHRG khususnya yang berkaitan dengan aspek teknologi dan perdagangan. Di samping itu, Pemohon wajib membuat laporan secara berkala 12 bulan sekali atau sewaktu-waktu diperlukan apabila terjadi kasus yang menimbulkan kerugian keamanan hayati dan keamanan pangan kepada Menteri Pertanian atau Menteri Kehutanan dan Perkebunan atau Menteri Kesehatan. Apabila PPHRG ternyata menimbulkan kerugian keamanan hayati dan keamanan pangan, maka pemohon yang mendapatkan persetujuan pemanfaatan PPHRG wajib bertanggung jawab dan ikut serta melakukan tindakan pengendalian dan penanggulangan-nya.

### **PENGKAJIAN KEAMANAN HAYATI TANAMAN PRG**

Dalam ketentuan umum pada Pasal 1 PP No. 21 Tahun 2005 tentang Keamanan Hayati PRG, yang dimaksud keamanan hayati adalah keamanan lingkungan, keamanan pangan dan/atau keamanan pakan PRG. Sehubungan dengan itu, dalam subbab pengkajian keamanan hayati tanaman PRG, akan dijelaskan mengenai pengkajian keamanan lingkungan, keamanan pangan dan/atau keamanan pakan tanaman PRG. Ketentuan mengenai persyaratan dan pedoman pengkajian keamanan lingkungan, keamanan pangan dan/atau keamanan pakan PRG diatur lebih lanjut oleh Menteri Negara Lingkungan Hidup, Menteri Pertanian, Menteri Kehutanan atau Kepala Badan POM (Herman 2008a).

Setiap orang yang akan memasukkan tanaman PRG ke dalam wilayah negara Republik Indonesia yang digunakan untuk pengkajian keamanan lingkungan atau keamanan pangan dan atau pakan, untuk pertama kali, wajib mengajukan permohonan kepada Menteri Pertanian untuk tanaman pertanian dan Menteri Kehutanan untuk tanaman kehutanan. Permohonan untuk memasukkan tanaman PRG wajib dilengkapi dengan dokumen yang menerangkan bahwa persyaratan keamanan lingkungan, keamanan pangan dan/atau keamanan pakan telah dipenuhi. Selain itu, juga harus dilengkapi dengan surat keterangan yang menyatakan bahwa PRG tersebut telah diper-

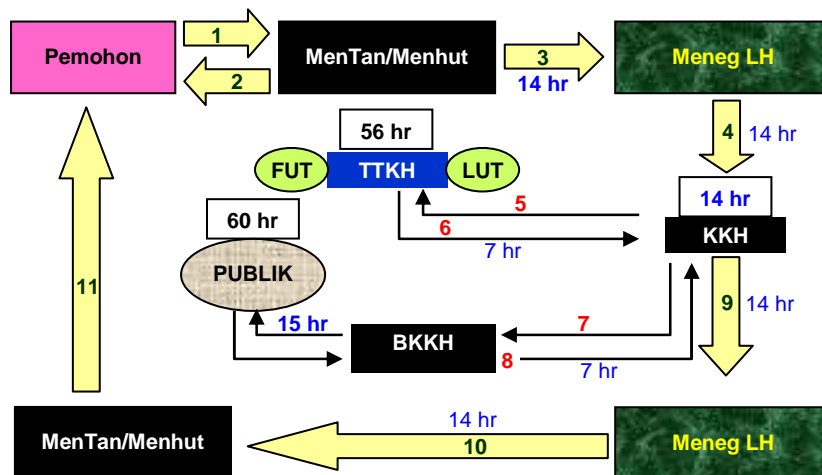
dagangkan secara bebas (*certificate of free trade*) di negara asalnya; dan dokumentasi pengkajian dan pengelolaan risiko dari institusi yang berwenang di mana pengkajian risiko pernah dilakukan (Herman 2008b).

### Keamanan Lingkungan

Dalam bagian ini ketentuan yang diikuti adalah ketentuan dalam PP No. 21 Tahun 2005 tentang Keamanan Hayati PRG. Skema tata cara pengkajian keamanan lingkungan tercantum dalam Gambar 6.

#### 1. Persyaratan

- a. Tanaman PRG baik yang berasal dari dalam negeri maupun dari luar negeri yang akan dikaji atau diuji untuk dilepas dan dimanfaatkan di Indonesia harus disertai informasi dasar sebagai petunjuk bahwa produk tersebut memenuhi persyaratan keamanan lingkungan.
- b. Informasi dasar sebagai petunjuk pemenuhan persyaratan keamanan lingkungan meliputi antara lain: deskripsi dan tujuan penggunaan tanaman PRG; perubahan genetik dan fenotipe tanaman PRG yang diharapkan harus terdeteksi; identitas jelas mengenai taksonomi, fisiologi, dan reproduksi tanaman PRG; organisme yang digunakan sebagai sumber gen untuk merakit tanaman PRG harus dinyatakan secara jelas dan lengkap; metode rekayasa genetik yang digunakan harus mengikuti prosedur baku yang secara ilmiah dapat dipertanggungjawabkan kesahihan-



**Gambar 6.** Tata cara pengkajian keamanan lingkungan tanaman produk rekayasa genetik. Mentan = Menteri Pertanian, Menhut = Menteri Kehutanan, Meneg LH = Menteri Negara Lingkungan Hidup, KKH = Komisi Keamanan Hayati, BKKH = Balai Kliring Keamanan Hayati, TTKH = Tim Teknis Keamanan Hayati, FUT = Fasilitas Uji Terbatas, LUT = Lapangan Uji Terbatas, hr = hari kalender, angka 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 = tahapan pengkajian (Herman 2008b).



nya; karakterisasi molekuler tanaman PRG harus terinci jelas; ekspresi gen yang ditransformasikan ke tanaman PRG harus stabil; dan cara pemusnahan yang akan diterapkan apabila terjadi penyimpangan.

2. Tata cara permohonan pengkajian
  - a. Setiap orang atau badan hukum yang akan melepas dan mengedarkan tanaman PRG harus mengajukan permohonan pengkajian keamanan lingkungan secara tertulis kepada Menteri Negara Lingkungan Hidup.
  - b. Pemohon mengisi formulir yang tercantum dalam Pedoman Pengkajian Keamanan Lingkungan PRG (saat buku ini ditulis, Pedoman masih dalam proses penyusunan).
  - c. Dalam hal permohonan tidak lengkap, Menteri Negara Lingkungan Hidup dalam jangka waktu paling lambat 14 hari sejak selesainya pemeriksaan berkas, memberitahu Pemohon untuk melengkapi data/informasi yang diperlukan.
  - d. Pemohon wajib melengkapi kekurangan data/informasi yang diperlukan paling lambat dalam jangka waktu 14 hari (empat belas hari) sejak diterimanya pemberitahuan.
  - e. Dalam hal permohonan telah lengkap Menteri Negara Lingkungan Hidup dalam jangka waktu paling lambat 14 (empat belas) hari menugaskan KKH untuk melakukan pengkajian keamanan lingkungan PRG.
3. Mekanisme pengkajian
  - a. Setelah menerima penugasan, KKH melakukan pengkajian dalam jangka waktu paling lambat 14 (empat belas) hari sejak diterimanya surat penugasan.
  - b. Dalam hal KKH menemukan unsur-unsur yang bertentangan dengan kaidah agama, etika, sosial budaya, dan estetika pada tanaman PRG, maka KKH memberikan rekomendasi kepada Menteri Negara Lingkungan Hidup untuk menolak permohonan pengkajian keamanan lingkungan.
  - c. Dalam hal pengkajian terkait dengan evaluasi teknis, KKH menugasi TTKH untuk melakukan pengkajian dokumen teknis dan uji lanjutan apabila diperlukan (di laboratorium, FUT, dan/atau LUT yang akan dijelaskan pada bagian pengujian).
  - d. Pengkajian dokumen teknis oleh TTKH dilaksanakan paling lambat 56 (lima puluh enam) hari sejak diterimanya surat penugasan dari KKH.
  - e. Hasil kajian teknis keamanan lingkungan PRG yang dilakukan oleh TTKH disampaikan kepada KKH sebagai bahan penyusunan rekomendasi keamanan lingkungan PRG dalam jangka waktu paling lambat 7 (tujuh) hari setelah penyelesaian kajian teknis.
  - f. KKH menyampaikan hasil kajian teknis TTKH kepada BKKH paling lambat dalam jangka waktu 15 (lima belas) hari.

- g. BKKH selaku perangkat KKH mengumumkan proses dan ringkasan hasil pengkajian teknis TTKH di tempat yang mudah diakses selama 60 (enam puluh) hari untuk memberikan kesempatan kepada masyarakat menyampaikan tanggapan.
  - h. Informasi yang dapat disampaikan oleh BKKH tidak termasuk informasi yang bersifat komersial yang berkaitan dengan Hak Kekayaan Intelektual (HKI) dan tidak berkaitan dengan keamanan lingkungan.
  - i. Apabila dalam jangka waktu (60 hari) pengumuman masyarakat tidak memberikan tanggapan, maka masyarakat dianggap tidak berkeberatan atas usul rekomendasi dari KKH.
  - j. Setelah berakhirnya jangka waktu pengumuman kepada publik, BKKH menyampaikan laporan tanggapan masyarakat kepada KKH dalam jangka waktu paling lambat 7 (tujuh) hari.
  - k. KKH menyampaikan rekomendasi keamanan lingkungan kepada Menteri Negara Lingkungan Hidup dalam jangka waktu paling lambat 14 (empat belas) hari sejak diterimanya laporan dari BKKH.
  - l. Dalam menyampaikan rekomendasi keamanan lingkungan PRG kepada Menteri Negara Lingkungan Hidup, Ketua KKH memperhatikan rekomendasi dari hasil kajian TTKH dan masukan dari masyarakat.
  - m. Berdasarkan hasil kajian TTKH dan masukan dari masyarakat, KKH menyampaikan rekomendasi aman atau tidak aman lingkungan kepada Menteri Negara Lingkungan Hidup.
  - n. Tanaman PRG yang lulus pengkajian diberikan sertifikat hasil uji keamanan lingkungan oleh KKH dan disampaikan kepada Menteri Negara Lingkungan Hidup disertai dengan rekomendasi aman atau tidak aman lingkungan.
  - o. Dalam hal tanaman PRG tidak lulus pengkajian, maka KKH menyampaikan kepada Menteri Negara Lingkungan Hidup rekomendasi penolakan disertai alasan penolakannya.
  - p. Atas dasar rekomendasi keamanan lingkungan dari KKH, Menteri Negara Lingkungan Hidup menyampaikan rekomendasi keamanan lingkungan kepada Menteri Pertanian bagi tanaman PRG pertanian dan Menteri Kehutanan bagi tanaman PRG kehutanan dalam jangka waktu paling lambat 14 (empat belas) hari sejak diterimanya rekomendasi dari KKH.
4. Pengkajian
- Dalam melakukan pengkajian diperlukan informasi genetik dari tanaman PRG yang bersangkutan dan informasi tentang keamanan lingkungannya.
- a. Informasi genetik meliputi antara lain deskripsi umum tanaman PRG, deskripsi inang dan penggunaannya, deskripsi organisme donor, deskripsi modifikasi genetik, dan karakterisasi modifikasi genetik.

- b. Informasi keamanan lingkungan meliputi antara lain sifat *weediness* dan *invasiveness* tanaman PRG, serta dampak negatif organisme bukan sasaran seperti parasit, predator, lebah madu, ulat sutera, mikroba tanah.

## 5. Pengujian

Tanaman PRG yang dimohonkan untuk dilepas dan/atau diedarkan ke lingkungan untuk pertama kali wajib dilakukan pengujian keamanan lingkungan di laboratorium, FUT dan/atau LUT. Pengujian tanaman PRG dilakukan secara bertahap, yaitu di FUT dan dilanjutkan di LUT. Dalam bagian ini akan diuraikan mengenai bangunan FUT dan persyaratannya serta ketentuan pelaksanaan pengujian di LUT.

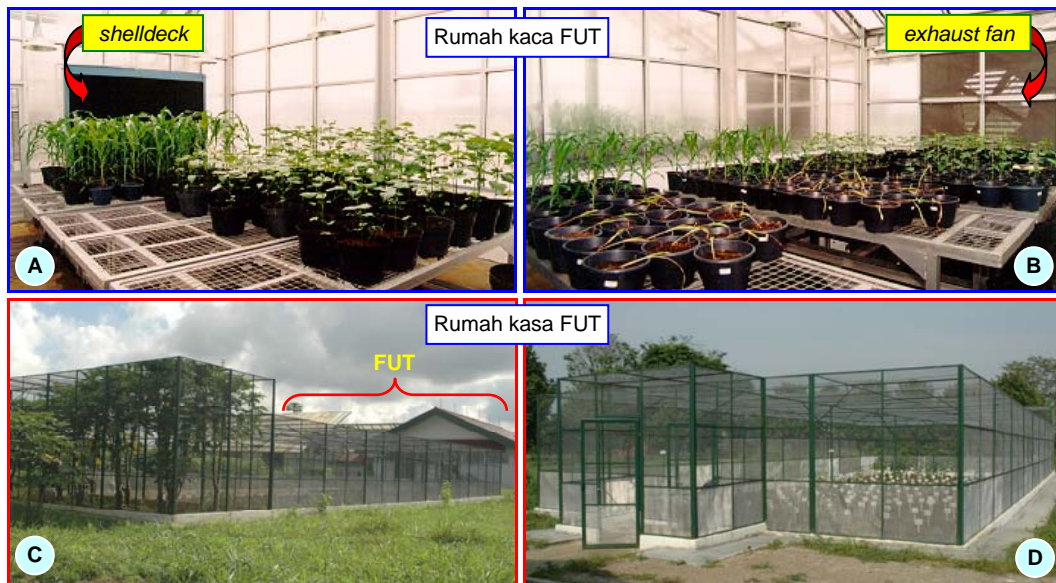
### a. FUT

FUT yang digunakan untuk percobaan tanaman PRG harus memenuhi ketentuan pembatasan/pengamanan gen *novel* dan bahan tanaman PRG agar mampu: mencegah lepasnya gen *novel* dari FUT melalui serbuk sari, biji/benih, atau bagian tanaman lain; mencegah bahan tanaman PRG untuk dikonsumsi oleh manusia dan hewan ternak; dan mencegah keluarnya tanaman PRG dari FUT.

FUT adalah suatu fasilitas yang dibangun untuk melaksanakan kegiatan perakitan dan pengujian tanaman PRG dengan konsep pengelolaan risiko sampai pada suatu level yang dapat diterima. FUT dibangun sesuai dan mengikuti standar keamanan hayati internasional yang telah ada. Menurut Traynor *et al.* (2001) yang mengikuti *NIH Guidelines*, ada empat tingkat keamanan hayati (*Biosafety Level for Plants* atau BL-P) untuk tanaman PRG, yaitu BL1-P sampai BL4-P. Ketentuan mengenai BL1-P sampai BL4-P dijelaskan dengan lengkap dalam Pedoman Percobaan Tanaman PRG di FUT. FUT terdiri atas gedung utama (*head-house*), rumah kaca, dan rumah kasa. Rumah kaca dibangun dari dinding yang terbuat dari poly carbonat dan kasa 200 mesh, dengan sistem pintu ganda (*double door*) untuk mencegah terjadinya penyebaran serbuk sari. Rumah kaca juga dilengkapi dengan *shelldeck* (Gambar 7A), *exhaust fan* (Gambar 7B) untuk memperoleh temperatur dalam ruangan mendekati temperatur udara luar dan tidak mengganggu fungsi sebagai *containment* yang memiliki kesamaan lingkungan dengan tempat tumbuh terbuka. Sesuai dengan kebutuhan untuk mengakomodasi tanaman dataran tinggi seperti kentang, rumah kaca juga dapat dilengkapi dengan *chiller* dan atau AC. Rumah kasa dibuat dari kawat kasa, dengan sistem pintu ganda (Gambar 7C dan 7D).

#### 1) Rumah kaca

Seluruh tanaman di dalam rumah kaca harus diperlakukan sebagai tanaman PRG. Seluruh tanaman PRG dan tanaman non PRG yang berada di dalam ruang yang sama seharusnya ditempatkan pada meja terpisah. Jika terpaksa diletakkan pada meja yang sama, harus diberi penyekat transparan yang terbuat dari plastik atau fiber.



**Gambar 7.** Contoh rumah kaca di dalam FUT BB-Biogen, yang dilengkapi dengan *shelldeck* (A) dan *exhaust fan* (B); serta rumah kaca (C dan D) (Herman 2008b).

## 2) Rumah kaca

Seluruh tanaman di dalam rumah kaca harus diperlakukan sebagai tanaman PRG. Penanaman tanaman PRG di rumah kaca diberlakukan seperti penanaman di suatu lapangan terbuka yang terbatas dan dikurung dengan kawat kaca. Pada dasarnya ketentuan penanaman tanaman PRG di rumah kaca sama dengan penanaman tanaman PRG di LUT, sehingga harus mengikuti persyaratan LUT.

### b. LUT

Seperti halnya pengujian tanaman PRG di FUT, LUT yang digunakan untuk percobaan tanaman PRG juga harus memenuhi ketentuan pembatasan/pengamanan gen *novel* dan bahan tanaman PRG agar dapat mencegah lepasnya gen *novel* dari lokasi percobaan melalui serbuk sari, biji/benih, atau bagian tanaman lain; mencegah bahan tanaman PRG untuk dikonsumsi oleh manusia dan hewan ternak; dan mencegah lepasnya tanaman PRG dari lokasi percobaan.

Sehubungan dengan kondisi yang diperlukan untuk pengujian tanaman PRG di LUT, maka ketentuan (CLI 2005, Halsey 2006) yang harus diterapkan antara lain adalah sebagai berikut:

- 1) Pembatasan/pengamanan genetik (*genetic confinement*) untuk mencegah pemindahan gen (*gene flow*).

Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mencegah atau menghindari pemindahan gen, antara lain:

a) Isolasi jarak

Untuk mencegah kemungkinan pindahnya serbuk sari dari tanaman PRG ke tanaman sejenis dan kerabatnya, maka isolasi jarak yang disarankan menurut masing masing jenis komoditasnya (Tabel 1); atau

b) Isolasi biologis

Menanam tanaman PRG di lahan yang tidak ditanami dengan tanaman sejenis; sebagai contoh adalah pengujian kedelai TH di LUT yang berlokasi di Jawa Timur, yang ditanam di sekitar tanaman melon, jagung, dan padi gogo (Gambar 8B); atau

c) Isolasi waktu

Menanam di lahan yang ada tanaman sejenis, tapi harus ditanam sebelumnya atau sesudah tanaman sejenis ditanam di sekitarnya; sebagai contoh adalah pengujian jagung TH di LUT yang berlokasi di Sulawesi Selatan, yang ditanam di sekitar tanaman jagung lokal yang hampir panen (Gambar 8C); atau

d) Isolasi fisik

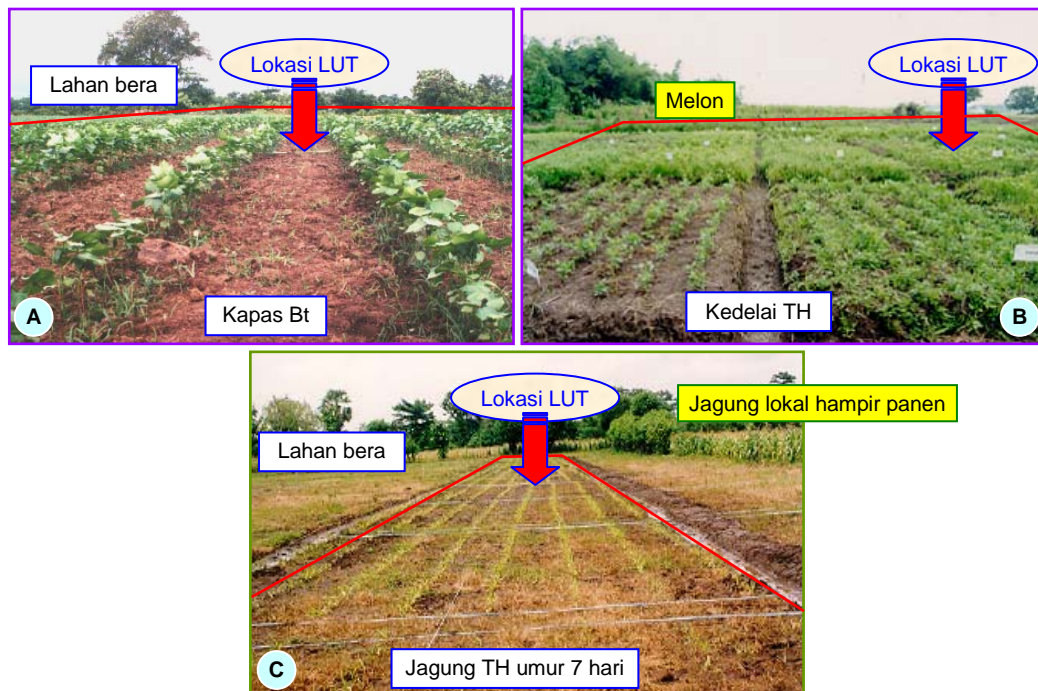
Menanam di lahan yang di sekitarnya tidak ada tanaman sama sekali (lahan bera) (Gambar 8A) atau dikelilingi oleh bangunan (gedung) perumahan; atau

**Tabel 1.** Jarak minimum isolasi dan ketentuan penggunaan lahan pascapanen suatu jenis tanaman.

Tanaman	Jarak minimum isolasi (m)	Penggunaan lahan bekas percobaan LUT (tahun)
Bawang merah	1.600	.*
Bunga matahari	800	.*
Cabai	20	1
Gandum	30	2
Jagung	200	1
Kacang hijau	0	.*
Kacang tanah	0	.*
Kapas	200	.*
Kedelai	0	1
Kentang	400	2
Padi	3	.*
Semangka	800	.*
Sorgum	300	.*
Stroberi	200	1
Tebu	1	.*
Tembakau	400	1
Tomat	20	1
Ubikayu	100	.*

\* belum ada data

Sumber: Modifikasi Traynor *et al* (2001), CFIA (2004), Halsey (2006).



**Gambar 8.** Pengujian kapas Bt di LUT dengan isolasi fisik (lahan bera) (A), kedelai TH dengan isolasi biologis (B), dan jagung TH dengan isolasi waktu (C). Bt = *Bacillus thuringiensis*, TH = toleran herbisida (Herman 2008b).

e) Isolasi reproduktif

Mengisolasi bagian reproduktif dengan cara: melakukan perompesan bunga (Gambar 9A dan 9B) atau membungkus bunga tanaman PRG dengan kantong khusus (Gambar 9C); biasanya dilakukan pada tanaman menyerbuk silang seperti jagung.

- 2) Pembatasan/pengamanan bahan PRG (*material confinement*) untuk mencegah tanaman PRG untuk dikonsumsi oleh manusia dan hewan ternak;
  - a) Memasang pagar kawat, atau dengan tembok serta dikunci; sebagai contoh adalah LUT-LUT di berbagai negara seperti di *University of Philippines at Los Banos* (UPLB) Filipina, *Kenya Agricultural Research Institute* (KARI), Kenya, dan Balai Penelitian Tanaman Sayuran (Balitsa), Indonesia (Gambar 10A, 10B, 10C); atau
  - b) Memasang tanda percobaan tanaman PRG, seperti LUT di KARI dan PTPN XI Indonesia (Gambar 10C dan 10D).
- 3) Pembatasan/pengamanan bahan PRG (*material confinement*) untuk mencegah lepasnya tanaman PRG dari lokasi percobaan:

- a) Pada waktu panen, tanaman PRG harus diletakkan dalam tempat yang aman agar mudah diamankan dan dihitung.
  - b) Peralatan yang digunakan untuk pemanenan, harus dibersihkan atau dicuci di lokasi percobaan untuk menghindari lepasnya bahan atau bagian tanaman PRG.
  - c) Setelah panen, seluruh bagian tanaman yang tidak digunakan sebagai bahan penelitian lanjutan harus dimusnahkan dengan cara dibakar, dikubur atau dengan cara lain sehingga tidak dapat tumbuh.
  - d) Seluruh bagian tanaman PRG dari lokasi percobaan LUT tidak boleh digunakan sebagai bahan pangan dan atau pakan.
- 4) Penggunaan lahan bekas lokasi percobaan LUT:
- a) Setelah selesai percobaan, tanaman dan bagian yang tersisa harus dimusnahkan, misalnya dengan membakar atau mengubur.
  - b) Lahan bekas lokasi percobaan LUT selama masa seperti ketentuan yang tercantum dalam Tabel 1 tidak boleh ditanami tanaman PRG;
  - c) Pemantauan terhadap tanaman *volunteer* (tanaman yang tumbuh dari sisa benih/bagian tanaman yang tertinggal di LUT) pada lahan bekas lokasi percobaan harus dilakukan untuk mencegah tumbuhnya tanaman *volunteer*;
  - d) Pada musim berikutnya perlu dilakukan penyemprotan herbisida untuk mencegah tanaman *volunteer*, apabila ada tanaman PRG yang tumbuh sebagai *volunteer* di lokasi tersebut harus dimusnahkan.

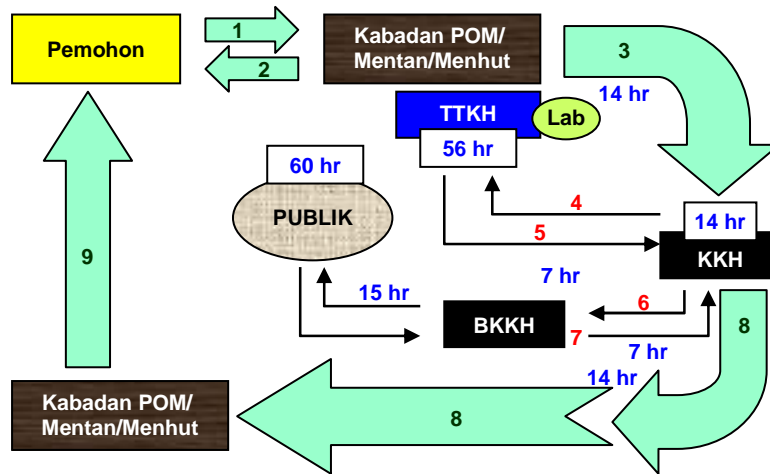
#### **Keamanan Pangan dan/atau Keamanan Pakan**

Dalam bagian ini ketentuan yang diikuti adalah ketentuan dalam UU No. 27 Tahun 1996 tentang Pangan, PP No. 28 Tahun 2004 tentang Keamanan, Mutu dan Gizi Pangan, dan PP No. 21 Tahun 2005 tentang Keamanan Hayati PRG. Dalam ayat (1) Pasal 13 UU No. 27 Tahun 1996 tentang Pangan dan ayat (1) Pasal 14 PP No. 28 Tahun 2004 tentang Keamanan, Mutu dan Gizi Pangan ditentukan bahwa setiap orang yang memproduksi pangan atau menggunakan bahan baku, bahan tambahan pangan, dan atau bahan bantu lain dalam kegiatan atau proses produksi pangan yang dihasilkan dari proses rekayasa genetik wajib terlebih dahulu memeriksakan keamanan pangan bagi kesehatan manusia sebelum diedarkan (PP 2004). Pemeriksaan keamanan pangan yang dimaksud adalah pengkajian keamanan pangan. Skema tata cara pengkajian keamanan pangan PRG dan keamanan pakan PRG tercantum dalam Gambar 9 dan Gambar 10.

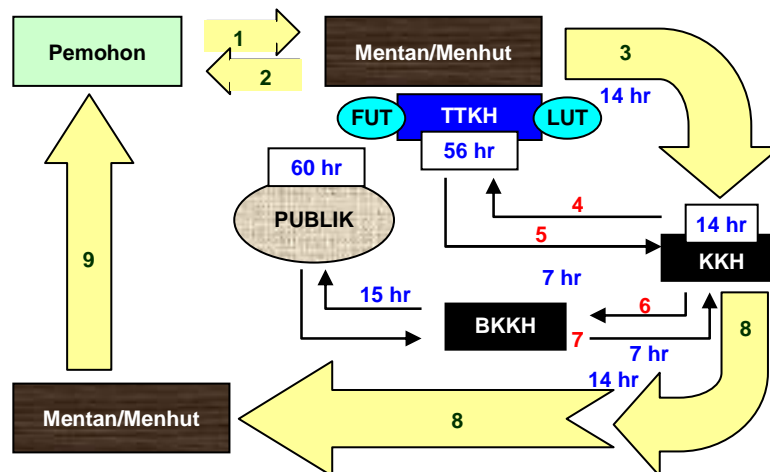
##### **1. Persyaratan**

- a. Tanaman PRG baik yang berasal dari dalam negeri maupun dari luar negeri yang akan dikaji atau diuji untuk dilepas dan dimanfaatkan sebagai pangan dan/atau

PENGATURAN KEAMANAN TANAMAN PRG DI INDONESIA



**Gambar 9.** Tata cara pengkajian keamanan pangan tanaman produk rekayasa genetik. Kabadan POM = Kepala Badan Pemeriksa Obat dan Makanan, Mentan = Menteri Pertanian, Menhut = Menteri Kehutanan, KKH = Komisi Keamanan Hayati, BKKH = Balai Kliring Keamanan Hayati, TTKH = Tim Teknis Keamanan Hayati, Lab = Laboratorium, hr = hari kalender, angka 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 = tahapan pengkajian (Herman 2008b).



**Gambar 10.** Tata cara pengkajian keamanan pakan tanaman produk rekayasa genetik. Mentan = Menteri Pertanian, Menhut = Menteri Kehutanan, KKH = Komisi Keamanan Hayati, BKKH = Balai Kliring Keamanan Hayati, TTKH = Tim Teknis Keamanan Hayati, FUT = Fasilitas Uji Terbatas, LUT = Lapangan Uji Terbatas, hr = hari kalender, angka 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 = tahapan pengkajian (Herman 2008b).

pakan di Indonesia harus disertai informasi dasar sebagai petunjuk bahwa produk tersebut memenuhi persyaratan keamanan pangan dan/atau keamanan pakan PRG.



- b. Informasi dasar sebagai petunjuk pemenuhan persyaratan keamanan pangan dan/atau keamanan pakan meliputi antara lain: metode rekayasa genetik yang digunakan mengikuti prosedur baku yang secara ilmiah dapat dipertanggungjawabkan kesahihannya; kandungan gizi pangan PRG atau pakan PRG secara substansial harus sepadan dengan yang non PRG; kandungan senyawa beracun, antigizi dan penyebab alergi dalam pangan PRG atau pakan PRG secara substansial harus sepadan dengan yang non PRG; kandungan karbohidrat, protein, abu, lemak, serat, asam amino, asam lemak, mineral, dan vitamin dalam pangan PRG atau pakan PRG secara substansial harus sepadan dengan yang non PRG; protein yang disandi gen yang dipindahkan tidak bersifat alergen; dan cara pemusnahan yang digunakan bila terjadi penyimpangan.
2. Tata cara permohonan pengkajian
    - a. Setiap orang atau badan hukum yang akan mengedarkan pangan atau pakan yang berasal dari tanaman PRG harus mengajukan permohonan pengkajian keamanan pangan dan/atau keamanan pakan PRG secara tertulis kepada:
      - 1) Menteri Pertanian untuk pangan segar asal tanaman pertanian PRG dengan tembusan Kepala Badan POM;
      - 2) Menteri Kehutanan untuk pangan segar asal tanaman kehutanan PRG dengan tembusan Kepala Badan POM;
      - 3) Menteri Pertanian untuk pakan hewan ternak asal tanaman pertanian PRG; dan
      - 4) Menteri Kelautan dan Perikanan untuk pakan ikan yang berasal dari tanaman PRG.
    - b. Pemohon mengisi formulir yang tercantum dalam Pedoman Pengkajian Keamanan Pangan PRG (Kabatan POM 2008) dan Pedoman Pengkajian Keamanan Pakan PRG (saat buku ini ditulis, Pedoman masih dalam proses penyusunan).
      - 1) Dalam hal permohonan tidak lengkap, Menteri Pertanian, Menteri Kehutanan, Menteri Kelautan dan Perikanan dalam jangka waktu paling lambat 14 hari sejak selesainya pemeriksaan berkas, memberitahu Pemohon untuk melengkapi data/informasi yang diperlukan.
      - 2) Pemohon wajib melengkapi kekurangan data/informasi yang diperlukan paling lambat dalam jangka waktu 14 (empat belas) hari sejak diterimanya pemberitahuan.
      - 3) Dalam hal permohonan telah lengkap Menteri Pertanian, Menteri Kehutanan, Menteri Kelautan dan Perikanan dalam jangka waktu paling lambat 14 (empat belas) hari menugaskan KKH untuk melakukan pengkajian keamanan pangan dan/atau keamanan pakan PRG.

3. Mekanisme pengkajian

- a. Setelah menerima penugasan, KKH melakukan pengkajian dalam jangka waktu paling lambat 14 (empat belas) hari sejak diterimanya surat penugasan.
- b. Dalam hal KKH menemukan unsur-unsur yang bertentangan dengan kaidah agama, etika, sosial budaya, dan estetika pada pangan atau pakan PRG, maka KKH memberikan rekomendasi kepada Menteri Pertanian, Menteri Kehutanan, Menteri Kelautan dan Perikanan untuk menolak permohonan pengkajian keamanan pangan atau keamanan pakan.
- c. Dalam hal pengkajian terkait dengan evaluasi teknis, KKH menugasi TTKH untuk melakukan pengkajian dokumen teknis dan uji lanjutan apabila diperlukan.
- d. Pengkajian dokumen teknis oleh TTKH dilaksanakan paling lambat 56 (lima puluh enam) hari sejak diterimanya surat penugasan dari KKH.
- e. Hasil kajian teknis keamanan pangan atau keamanan pakan PRG yang dilakukan oleh TTKH disampaikan kepada KKH sebagai bahan penyusunan rekomendasi keamanan pangan atau keamanan pakan PRG dalam jangka waktu paling lambat 7 (tujuh) hari setelah penyelesaian kajian teknis.
- f. KKH menyampaikan hasil kajian teknis TTKH kepada BKKH paling lambat dalam jangka waktu 15 (lima belas) hari.
- g. BKKH selaku perangkat KKH mengumumkan proses dan ringkasan hasil pengkajian teknis TTKH di tempat yang mudah diakses selama 60 (enam puluh) hari untuk memberikan kesempatan kepada masyarakat menyampaikan tanggapan.
- h. Informasi yang dapat disampaikan oleh BKKH tidak termasuk informasi yang bersifat komersial yang berkaitan dengan Hak Kekayaan Intelektual (HKI) dan tidak berkaitan dengan keamanan pangan atau keamanan pakan.
- i. Apabila dalam jangka waktu 60 (enam puluh) hari pengumuman, masyarakat tidak memberikan tanggapan, maka masyarakat dianggap tidak berkeberatan atas usul rekomendasi dari KKH.
- j. Setelah berakhirnya jangka waktu pengumuman kepada publik, BKKH menyampaikan laporan tanggapan masyarakat kepada KKH dalam jangka waktu paling lambat 7 (tujuh) hari.
- k. KKH menyampaikan rekomendasi keamanan pangan atau keamanan pakan kepada Menteri Pertanian, Menteri Kehutanan, Menteri Kelautan dan Perikanan dalam jangka waktu paling lambat 14 (empat belas) hari sejak diterimanya laporan dari BKKH.
- l. Dalam menyampaikan rekomendasi keamanan pangan atau keamanan pakan PRG kepada Menteri Pertanian, Menteri Kehutanan, Menteri Kelautan dan Per-

ikanan, Ketua KKH memperhatikan rekomendasi dari hasil kajian TTKH dan masukan dari masyarakat.

- m. Berdasarkan hasil kajian TTKH dan masukan dari masyarakat, KKH menyampaikan rekomendasi aman atau tidak aman pangan atau tidak aman pakan PRG kepada Menteri Pertanian, Menteri Kehutanan, Menteri Kelautan dan Perikanan.
- n. Pangan PRG atau pakan PRG yang lulus pengkajian diberikan sertifikat hasil uji keamanan pangan atau keamanan pakan oleh KKH dan disampaikan kepada Menteri Pertanian, Menteri Kehutanan, Menteri Kelautan dan Perikanan disertai dengan rekomendasi aman atau tidak aman pangan atau tidak aman pakan PRG.
- o. Dalam hal pangan PRG atau pakan PRG tidak lulus pengkajian, maka KKH menyampaikan kepada Menteri Pertanian, Menteri Kehutanan, Menteri Kelautan dan Perikanan rekomendasi penolakan disertai alasan penolakannya.
- p. Atas dasar rekomendasi keamanan pangan atau keamanan pakan dari KKH, Menteri Pertanian, Menteri Kehutanan, Menteri Kelautan dan Perikanan menerbitkan keputusan keamanan/peredaran pangan PRG atau pakan PRG yang dinyatakan sekaligus sebagai sertifikat keamanan pangan atau keamanan pakan PRG.

#### 4. Pengkajian

Pengkajian keamanan pangan atau keamanan pakan PRG harus dilakukan dengan mempertimbangkan kemungkinan timbulnya perubahan pada pangan atau pakan, baik yang diinginkan maupun yang tidak diinginkan. Oleh karena itu dalam melakukan pengkajian diperlukan informasi genetik dari pangan atau pakan PRG yang bersangkutan dan informasi tentang keamanan pangan atau keamanan pakannya.

- a. Informasi genetik meliputi antara lain deskripsi umum pangan atau pakan PRG, deskripsi inang dan penggunaannya, deskripsi organisme donor, deskripsi modifikasi genetik, dan karakterisasi modifikasi genetik.
- b. Informasi keamanan pangan atau keamanan pakan meliputi antara lain informasi mengenai kesepadanan substansial, perubahan nilai gizi, sifat alergenitas dan toksisitas serta informasi lainnya yang terkait dengan metabolit dan gen penanda ketahanan terhadap antibiotik.

#### 5. Pengujian

Perbedaan pengujian keamanan pangan dengan keamanan pakan terletak pada pengujian alergenitas. Untuk keamanan pangan diperlukan pengujian alergenitas, sedangkan pada keamanan pakan tidak diperlukan. Tanaman PRG yang dimanfaatkan sebagai pangan atau pakan yang dimohonkan untuk peredaran untuk pertama kali wajib dilakukan pengujian keamanan pangan di laboratorium, atau pengujian keamanan pakan di laboratorium, FUT, dan/atau LUT.

## PENGALAMAN EVALUASI DAN PENGUJIAN KEAMANAN HAYATI TANAMAN PRG

Indonesia telah melakukan pengujian keamanan hayati pada beberapa tanaman PRG milik suatu perusahaan multinasional untuk tujuan komersialisasi, dan menetapkan aman hayati. Aman hayati yang dimaksud di sini adalah aman lingkungan. Tanaman PRG yang telah dievaluasi dan diuji keamanan hayatinya serta memperoleh ketetapan aman hayati adalah kapas Bt, kapas TH, jagung Bt, jagung TH, dan kedelai TH (Tabel 2) (KKH 1999a, 1999b, Herman 1999). Dalam subbab ini akan dijelaskan kronologis tahapan evaluasi dan pengujian keamanan hayati tanaman PRG yang telah dilakukan, sampai dikeluarkannya ketetapan aman hayati terhadap lima jenis tanaman PRG tersebut.

### Evaluasi Dokumen

Pada saat permohonan pengujian lima tanaman PRG masuk ke KKH, peraturan perundangan-undangan yang berlaku pada saat itu adalah KepMentan No. 856/Kpts/HK.330/9/1997 tentang Ketentuan Keamanan Hayati PBPHRG. Menurut KepMentan tersebut, pemanfaatan tanaman PRG 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).

1. Evaluasi kelengkapan permohonan yang meliputi antara lain:
  - a. Akte pendirian/legalitas hukum;
  - b. Nomor pokok wajib pajak (NPWP);
  - c. Dokumen jawaban-jawaban pertanyaan inti;
  - d. Dokumen pernyataan aman;
  - e. Data keamanan hayati dan/atau keamanan pangan.
2. Evaluasi dokumen dan pustaka ilmiah tentang keamanan hayati tanaman PRG yang diuji dilakukan oleh TTKH (yang dibentuk melalui SK No. HK.330.102.1997 oleh Kepala Badan Litbang Pertanian selaku Ketua KKH) (Kabadan Litbangtan 1997) Kelompok Tanaman.

**Tabel 2.** Lima jenis tanaman PRG yang memperoleh ketetapan aman hayati (lingkungan) di Indonesia.

Tanaman	Sifat	Gen	Sumber	Teknik transfer gGen	Event
Jagung	TH <i>glyphosate</i>	mEPSPS	jagung	Penembakan partikel	GA21
Jagung	TSH	<i>Cry1Ab</i>	<i>B. thuringiensis</i> subsp. <i>kurstaki</i>	Penembakan partikel	MON810
Kapas	TH <i>glyphosate</i>	CP4 EPSPS	<i>A. tumefaciens</i> strain CP4	<i>A. tumefaciens</i>	MON1445/1698
Kapas	TSH	<i>Cry1Ac</i>	<i>B. thuringiensis</i> subsp. <i>kurstaki</i>	<i>A. tumefaciens</i>	MON531/757/1076
Kedelai	TH <i>glyphosate</i>	CP4 EPSPS	<i>A. tumefaciens</i> strain CP4	Penembakan partikel	GTS 40-3-2

TH = toleran herbisida, TSH = tahan serangga hama, mEPSPS = modified 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase.

Sumber: Diakomodasi dari KKH (1999a, 1999b), Herman (1999), AgBios (2006, 2008).

3. Evaluasi dan kajian dokumen dan pustaka ilmiah dilakukan terhadap data dan dokumen jawaban pertanyaan-pertanyaan inti yang mencakup antara lain spesies yang akan diuji, tujuan khusus pengujian, lokasi, habitat dan ekologi, genetik tanaman PRG, prosedur percobaan, dan pemantauan; dokumen pernyataan aman dan disetujui untuk dikomersialkan di berbagai negara; dan data keamanan hayati yang meliputi:
  - a. Stabilitas gen interes (mengikuti hukum Mendel);
  - b. Cara penyerbukan (sendiri atau silang);
  - c. Sistem transformasi tanaman (melalui vektor *Agrobacterium tumefaciens* atau *particle bombardment*);
  - d. Karakterisasi molekuler (jumlah kopi DNA);
  - e. Fenotipik karakter tidak menunjukkan sifat abnormal dan tidak berbeda dengan tanaman non PRG;
  - f. Tidak menunjukkan sifat *weediness* yang berpotensi sebagai gulma dan tidak bersifat merusak habitat alam;
  - g. Tidak berpengaruh negatif terhadap organisme bukan sasaran (lebah madu, ulat sutera, cacing tanah, *collembola*, predator, parasit, hewan ternak);
4. Kajian dokumen dan pustaka ilmiah tentang risiko keamanan hayati dan keamanan pangan sangat penting dilakukan oleh TTKH; 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/labial dalam suasana asam atau dalam pencernaan 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.
5. *Interview* pemohon oleh TTKH tentang permohonan pengujian keamanan hayati dan penjelasan jawaban daftar pertanyaan.

#### **Pengujian di Fasilitas Uji Terbatas**

1. Persetujuan pengujian keamanan hayati di FUT diberikan oleh TTKH.
2. Pengujian dilakukan di dalam rumah kaca FUT yang dibangun dalam rangka pendekatan kehati-hatian (*precautionary approach*) dalam menangani tanaman PRG; FUT dibangun sesuai dengan standar internasional (telah dijelaskan di atas).
3. Pengujian tanaman PRG di FUT dilaksanakan sesuai dengan Pedoman Pengujian Keamanan Hayati PBHRG Seri Tanaman tahun 1998. Pengujian dilakukan oleh Tim Penguji Keamanan Hayati Tanaman Transgenik (TPKHTT). Pengamatan meliputi:

- a. Kajian *weediness* untuk mengetahui apakah tanaman PRG mempunyai sifat *weediness* dibanding tanaman non PRG dengan mengamati karakter fenotipik tanaman PRG dan non PRG pada fase vegetatif dan generatif (morfologi, pertumbuhan, warna, dan tekstur), apakah ada abnormalitas selama tumbuh di rumah kaca; hasil pengujian menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan fenotipik karakter antara tanaman PRG dan non PRG (TTKH 1999a, 1999b, 1999c, 1999d, 1999e).
  - b. Kajian dampak negatif terhadap organisme bukan sasaran (lebah madu dan ulat sutera); hasil pengujian menunjukkan bahwa tidak ada dampak negatif dari tanaman PRG terhadap lebah madu dan ulat sutera (TTKH 1999c, 1999e), pelaksanaan dan hasil bioasai tanaman PRG TSH terhadap lebah madu dan ulat sutera dilaporkan dengan lengkap dalam buku Perakitan dan Bioasai Tanaman Transgenik Tahan Serangga Hama oleh Herman *et al.* (2004).
  - c. Apakah TPKHTT selama pengujian mengalami iritasi kulit akibat bersentuhan dengan tanaman PRG dengan perbandingan kapas non PRG; selama pengujian dilaksanakan tidak ditemui adanya anggota TPKHTT yang mengalami iritasi kulit akibat bersentuhan dengan tanaman PRG (TTKH 1999a, 1999b, 1999c, 1999d, 1999e).
  - d. Apakah TPKHTT selama pengujian mengalami alergi atau keracunan akibat serbuk sari (*pollen*) tanaman PRG dengan perbandingan kapas non PRG; selama pengujian dilaksanakan tidak ditemui adanya anggota TPKHTT yang mengalami alergi atau keracunan akibat serbuk sari tanaman PRG (TTKH 1999a, 1999b, 1999c, 1999d, 1999e).
  - e. Stabilitas gen dilihat dari efikasi gen interes melalui bioasai; bioasai yang dilakukan adalah tanaman TSH yang mengandung gen Bt (jagung Bt dan kapas Bt) diinfestasi dengan *Helicoverpa armigera* dan *Ostrinia furnacalis*. Hasil bioasai menunjukkan bahwa jagung Bt tahan terhadap *H. armigera* dan *O. furnacalis*, sedangkan kapas Bt tahan terhadap *H. armigera* (TTKH 1999c, 1999e). Selain itu bioasai jagung TH, kapas TH, dan kedelai TH terhadap herbisida *glyphosate* juga dilakukan. Hasil bioasai tanaman TH dengan herbisida menunjukkan bahwa jagung TH, kapas TH, dan kedelai TH toleran terhadap herbisida *glyphosate* (TTKH 1999a, 1999b, 1999d). Pelaksanaan dan hasil bioasai tanaman PRG TSH terhadap serangga hama sasaran (*H. armigera* dan *O. furnacalis*) dilaporkan dengan lengkap dalam buku Perakitan dan Bioasai Tanaman Transgenik Tahan Serangga Hama oleh Herman *et al.* (2004).
4. TTKH melakukan pemantauan terhadap pelaksanaan pengujian tanaman PRG di FUT.
  5. Evaluasi dan pengkajian data hasil pengujian FUT dilakukan oleh TTKH Kelompok Tanaman. Dasar pertimbangan *review* pengujian dilakukan oleh TTKH adalah anggota TTKH Kelompok Tanaman terdiri atas para pakar atau ilmuwan senior dari

bidang rekayasa genetik, biologi molekuler, fisiologi tanaman, pemulia tanaman, fitopatologi dan entomologi yang berasal dari Puslit Bioteknologi LIPI, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), Institut Pertanian Bogor, dan Badan Litbang Pertanian yang dibentuk oleh Keputusan yang sah secara hukum; para anggota TTKH Kelompok Tanaman juga telah mendapatkan training *biosafety* dan *food safety* baik di dalam negeri maupun luar negeri.

6. Hasil *review* pengujian keamanan hayati di FUT dan kajian ilmiah data-data dan dokumen keamanan hayati di luar negeri, menunjukkan tidak adanya dampak negatif dan efikasi positif dari sifat utama yang diklaim dari tanaman PRG; TTKH menetapkan pengujian keamanan hayati tanaman PRG dapat dilanjutkan di LUT.
7. Tidak semua hasil pengujian keamanan hayati suatu jenis tanaman PRG di FUT langsung diizinkan oleh TTKH untuk dilanjutkan pengujiannya ke LUT; pengujian suatu jenis tanaman PRG 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% (Herman 2008b).

### **Pengujian di Lapangan Uji Terbatas**

Pengujian yang dilakukan di LUT meliputi:

1. Pengujian lima jenis tanaman PRG (yang lolos pengujian di FUT) di LUT dilaksanakan di tiga lokasi dalam wilayah Provinsi Jawa Timur dan Sulawesi Selatan.
2. Disebut LUT karena memerlukan berbagai persyaratan (seperti yang telah dijelaskan di atas). Pengujian kapas Bt, kapas TH, jagung Bt, dan jagung TH dilakukan di Provinsi Sulawesi Selatan (TTKH 1999g, 1999h, 1999i, 1999j) sedangkan pengujian kedelai TH dilakukan di Jawa Timur (TTKH 1999f).
3. Pengujian tanaman PRG di LUT dilaksanakan sesuai dengan Pedoman Pengujian Keamanan Hayati PBHRG Seri Tanaman Tahun 1998. Pengujian dilakukan oleh TPKHTT; pengamatan meliputi:
  - a. Kajian *weediness* untuk mengetahui apakah tanaman PRG mempunyai sifat *weediness* dibandingkan dengan tanaman non PRG dengan mengamati karakter fenotipik tanaman PRG dan non PRG pada fase vegetatif dan generatif (morfologi, pertumbuhan, warna, dan tekstur), apakah ada abnormalitas selama tumbuh di lapangan terbuka; hasil pengujian menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan fenotipik karakter antara tanaman PRG dan non PRG;
  - b. Kajian dampak negatif terhadap organisme bukan sasaran (predator dan parasit); hasil pengujian menunjukkan bahwa tidak ada dampak negatif dari tanaman PRG terhadap jumlah dan jenis predator ataupun parasit (TTKH 1999f, 1999g, 1999h, 1999i, 1999j);

- c. Apakah TPKHTT selama pengujian mengalami iritasi kulit akibat bersentuhan dengan tanaman PRG dengan perbandingan tanaman non PRG;
  - d. Apakah TPKHTT selama pengujian mengalami alergi atau keracunan akibat serbuk sari tanaman PRG dengan perbandingan tanaman non PRG;
  - e. Stabilitas gen dilihat dari efikasi gen interes.
4. TTKH melakukan pemantauan terhadap pelaksanaan pengujian tanaman PRG di LUT.
  5. Seperti halnya hasil FUT, evaluasi dan pengkajian data hasil pengujian LUT dilakukan oleh TTKH Kelompok Tanaman; dasar pertimbangan *review* pengujian dilakukan oleh TTKH juga seperti yang telah diuraikan di atas.

### **Rekomendasi Aman**

Rekomendasi aman meliputi:

1. Pelaporan hasil evaluasi, pengkajian dan pengujian keamanan hayati oleh TTKH kepada KKH tentang rekomendasi aman hayati tanaman PRG.
2. Lima jenis tanaman PRG yang diuji di Indonesia adalah tanaman PRG dari generasi yang sudah mapan (bukan generasi I) dan yang sudah dinyatakan aman lingkungan, aman pangan dan atau aman pakan, serta telah disetujui dilepas secara komersial diberbagai negara antara lain seperti Amerika Serikat, Kanada, Argentina, dan Afrika Selatan (Tabel 3).
3. Atas saran TTKH, KKH menetapkan aman hayati (aman lingkungan) terhadap kapas Bt, kapas TH, jagung Bt, jagung TH, jagung TH, dan kedelai TH (KKH 1999a, 1999b, Herman 1999).
4. Lima jenis tanaman PRG yang telah memperoleh keamanan hayati belum memperoleh keamanan pangan, karena pada saat itu Pedoman Pengkajian Keamanan Pangan PRG dalam proses penyusunan. Konsep Pedoman Pengkajian Keamanan Pangan PRG telah disusun oleh suatu Tim yang anggotanya sebagian besar adalah TTKHKP Kelompok Pangan, ditambah oleh ahli pangan dari IPB. Konsep final Pedoman Pengkajian Keamanan Pangan PRG telah direvisi oleh ahli hukum dari Departemen Pertanian, Badan POM, Departemen Kelautan dan Perikanan, serta Kementerian Negara Lingkungan Hidup. Pedoman Pengkajian Keamanan Pangan PRG telah ditandatangani oleh Kepala Badan POM pada tanggal 8 Juli 2008 (Kabadan POM 2008).
5. Lima jenis tanaman PRG yang telah ditetapkan aman hayati (aman lingkungan) direkomendasikan kepada Direktur Jenderal terkait.



## PENGATURAN KEAMANAN TANAMAN PRG DI INDONESIA

**Tabel 3.** Lima jenis tanaman PRG yang telah memperoleh ketetapan aman lingkungan, aman pangan, dan atau aman pakan di berbagai negara.

Tanaman PRG	Event	Negara	Aman lingkungan	Aman pangan/pakan	Aman pangan	Aman pakan
Jagung Bt	MON810	Afrika Selatan	1997		1997	1997
		Argentina	1998		1998	1998
		Amerika Serikat	1995	1996		
		Filipina	2002		2002	2002
		Kanada	1997		1997	1997
		Uni Eropa	1998	1998		
		Uruguay	2003	2003		
Jagung TH	GA21	Argentina	1998	2005		
		Amerika Serikat	1997	1996		
		Kanada	1998		1999	1998
Kapas Bt	MON531/757/1076	Afrika Selatan	1997		1997	1997
		Argentina	1998		1998	1998
		Amerika Serikat	1995	1995		
		Australia	1996		1996	1996
		Brazil	2005		2005	2005
		Cina	1996		2004	2004
		India	2002			
Kapas TH	MON1445/1698	Meksiko	1997		1997	1997
		Afrika Selatan	2000	2000		
		Argentina	1999		2001	2001
		Amerika Serikat	1995	1995		
Kedelai TH	GTS 40-3-2	Australia	2000		2000	
		Afrika Selatan	2001		2001	2001
		Argentina	1996		1996	1996
		Amerika Serikat	1994	1994		
		Brazil	1998		1998	1998
		Kanada	1995		1996	1995
		Meksiko	1998		1998	1998
Uruguay	1997		1997	1997		

TH = toleran herbisida, Bt = *Bacillus thuringiensis*.

Sumber: Diakomodasi dari AgBios (2008).

### KENDALA IMPLEMENTASI REGULASI TANAMAN PRG DI INDONESIA

Sejak dikeluarkannya SK Mentan tahun 1997 tentang Ketentuan Keamanan Hayati Produk Bioteknologi Pertanian Hasil Rekayasa Genetik yang kemudian diadopsi menjadi Keputusan Bersama Empat Menteri Tahun 1999 tentang Keamanan Hayati dan Keamanan Pangan Produk Pertanian Hasil Rekayasa Genetik, regulasi keamanan hayati khususnya untuk tanaman PRG telah diimplementasikan dengan baik. Seperti yang telah diuraikan bahwa ada lima tanaman PRG yang sudah ditetapkan aman hayati, yaitu kapas Bt, kapas RR, kedelai RR, jagung Bt, dan jagung RR. Bahkan kapas Bt telah dilepas secara terbatas (Herman 2008b). Selanjutnya pada tahun 2005, Keputusan Bersama Empat Menteri Tahun 1999 diangkat menjadi PP No. 21 Tahun 2005 tentang Keamanan Hayati Produk Rekayasa Genetik. Walaupun demikian masih ada kendala dalam implementasi regulasi secara keseluruhan. Kendala tersebut dapat berupa pemahaman

regulasi yang kurang, komitmen lembaga pemerintah terkait, pemasukan tanaman PRG dari luar negeri sebagai pangan dan pakan, dan pelabelan pangan PRG.

### **Pemahaman Regulasi yang Kurang**

Harus diakui bahwa regulasi yang terkait dengan keamanan hayati PRG kurang dipahami, baik oleh para peneliti yang berada di lembaga penelitian atau perguruan tinggi, maupun oleh lembaga pemerintah seperti direktorat jenderal dan departemen terkait. Hal ini disebabkan kurangnya sosialisasi di lembaga-lembaga tersebut. Di samping itu, ada keengganan sementara peneliti untuk tidak mematuhi regulasi karena menganggap bahwa biaya regulasi mahal, terlalu prosedural, dan memerlukan waktu panjang serta berbelit-belit. Akan lebih baik lagi kalau di kemudian hari, kegiatan sosialisasi regulasi keamanan hayati PRG ditingkatkan frekuensinya di berbagai lembaga terkait dan para pemangku kepentingan (*stakeholder*).

### **Komitmen Lembaga Pemerintah**

Kurangnya komitmen lembaga pemerintah terkait, mengakibatkan PP No. 21 Tahun 2005 tentang Keamanan Hayati PRG tidak dapat diimplementasikan dengan sempurna. Hal tersebut disebabkan lembaga pengatur, yaitu Komisi Keamanan Hayati (KKH) yang diamanahkan oleh PP No. 21 pada Pasal 29 sampai sekarang belum terbentuk. Menurut ketentuan Pasal 29 ayat (1) kedudukan, susunan keanggotaan, tugas pokok dan fungsi serta kewenangan KKH ditetapkan lebih lanjut dengan Peraturan Presiden (Perpres) atas usul Menteri Negara Lingkungan Hidup. Menurut informasi terakhir pada saat buku ini disusun, konsep Perpres tersebut berada di Sekretariat Kabinet, sedang dalam proses penandatanganan oleh Presiden RI. Meskipun demikian melalui Pasal 36 Ketentuan Penutup PP No. 21 Tahun 2005 menetapkan bahwa pada saat berlakunya PP ini semua peraturan perundang-undangan yang berkaitan dengan keamanan lingkungan, keamanan pangan dan/atau keamanan pakan PRG yang telah ada tetap berlaku sepanjang tidak bertentangan dengan atau belum diatur lebih lanjut oleh PP ini. Sehingga KKHKP dan TTKHKP yang dibentuk melalui Keputusan Bersama Empat Menteri Tahun 1999 tentang Keamanan Hayati dan Keamanan Pangan Produk Pertanian Hasil Rekayasa Genetik, tetap melaksanakan tugas dan fungsinya (Herman 2008c).

### **Pemasukan Tanaman PRG dari Luar Negeri sebagai Pangan dan Pakan**

Ada kendala dalam mengimplementasikan pengaturan keamanan hayati pada komoditas impor seperti kedelai dan jagung yang digunakan sebagai bahan pangan dan pakan (Herman 2008c). Sejak tahun 2000, Indonesia telah mengimpor jagung dan kedelai sampai satu juta ton lebih dari negara seperti Amerika Serikat dan Argentina. Dua negara tersebut merupakan negara penanam tanaman PRG sehingga kemungkinan

besar mengandung PRG (*may contained*) (Herman 2008a). Kedelai dan jagung impor tersebut tidak dilabel sebagai kedelai dan jagung PRG karena negara pengekspor mencampur kedelai dan jagung PRG dengan non PRG, untuk menghindari harga jual menjadi mahal. Sehingga pengimpor kedelai dan jagung tidak mengajukan permohonan pengkajian keamanan lingkungan/keamanan pangan/keamanan pakan, karena menganggap bahwa kedelai dan jagung yang mereka impor bukan PRG (Herman 2008a).

Menurut ketentuan yang ada pada Pasal 13 PP No. 21 Tahun 2005, menetapkan bahwa setiap orang yang akan memasukkan PRG sejenis dari luar negeri untuk pertama kali, wajib mengajukan permohonan kepada Menteri Pertanian untuk tanaman PRG pertanian dan Kepala Badan POM. Permohonan untuk memasukkan PRG wajib dilengkapi dengan dokumen yang menerangkan bahwa persyaratan keamanan lingkungan, keamanan pangan dan/atau keamanan pakan telah dipenuhi. Selain memenuhi ketentuan tersebut, pemasukan PRG dari luar negeri wajib dilengkapi pula dengan surat keterangan yang menyatakan bahwa PRG tersebut telah diperdagangkan secara bebas (*certificate of free trade*) di negara asalnya; dan dokumentasi pengkajian dan pengelolaan risiko dari institusi yang berwenang di mana pengkajian risiko pernah dilakukan (PP 2005).

### **Pelabelan Pangan PRG**

Pangan yang mengandung tanaman PRG, menurut Pasal 35 PP No. 19 Tahun 1999 tentang Label dan Iklan Pangan harus dilabel dengan tulisan “pangan rekayasa genetik”. Label pangan menurut PP No. 19 tersebut adalah setiap keterangan mengenai pangan yang berbentuk gambar, tulisan, kombinasi keduanya, atau bentuk lain yang disertakan pangan, dimasukkan ke dalam, ditempelkan pada, atau merupakan bagian kemasan pangan. Pangan hasil rekayasa genetik merupakan bahan dari tanaman PRG yang digunakan dalam suatu produk pangan. Pada Label cukup dicantumkan keterangan tentang pangan rekayasa genetik pada bahan yang merupakan pangan hasil rekayasa genetik tersebut saja. Selain pencantuman tulisan “pangan rekayasa genetik”, pada Label dapat dicantumkan logo khusus pangan hasil rekayasa genetik. Ketentuan tentang Label dalam PP No. 19 ini tidak berlaku bagi:

1. Pangan yang kemasannya terlalu kecil sehingga tidak mungkin dicantumkan seluruh keterangan dimaksud dalam PP ini;
2. Pangan yang dijual dan dikemas secara langsung dihadapan pembeli dalam jumlah kecil-kecil; dan
3. Pangan yang dijual dalam jumlah besar (curah) (PP 1999).

Label pangan PRG tidak ada kaitannya sama sekali dengan keamanan pangan PRG, tetapi hanya suatu informasi bagi konsumen untuk dapat memilih apakah mau mengonsumsi pangan yang mengandung PRG atau non PRG. Regulasi Pelabelan Pangan

PRG belum dilaksanakan karena Pedoman Pelabelan Pangan PRG sedang dalam proses pengesahan oleh Kepala Badan POM. Indonesia menggunakan tingkat (*threshold level*) 5% kandungan PRG untuk pelabelan pangan PRG. Agar dapat dilabel, pangan yang mengandung bahan dari tanaman PRG harus diketahui berapa persen kandungan PRG-nya. Sehubungan dengan itu, diperlukan suatu metode pengujian pangan PRG (*genetically modified food testing*). Di negara-negara ASEAN ada jejaring kerja yang terkait dengan pengujian pangan PRG, yaitu *genetically modified food testing network* (*GMF Testing Network*) yang secara rutin melakukan pertemuan. Indonesia merupakan salah satu anggota *GMF Testing Network*. Pada tanggal 19-20 Mei 2009 telah dilaksanakan *Sixth Meeting of the ASEAN GMF Testing Network* di Jakarta (Eke 2009).

#### DAFTAR PUSTAKA

- AgBios. 2006.** Glyphosate herbicide tolerance maize (GA21). AgBios GM Database. Last modified on Tuesday, January 31, 2006. Available at <http://www.agbios.com/dbase.php?action=Submit&evidx=1>.
- AgBios. 2008.** Global status of approved genetically modified plants. AgBios GM Database. Last modified in February, 2008. Available at <http://www.agbios.com/dbase.php?action=Synopsis>.
- Canadian Food Inspection Agency (CFIA). 2004.** Minimum isolation distance, minimum post-harvest land use restriction, and minimum monitoring frequency guidance. Last modified 02-17-2004. Available at <http://www.inspection.gc.ca/english/plaveg/bio/sole.shtml>.
- CropLife International (CLI). 2005.** Compliance management of confined field trials of genetically engineered plants. [www.croplife.org](http://www.croplife.org).
- Eke, K.H. 2009. Some consideration in Testing GMOs.** The sixth ASEAN meeting on genetically modified food testing network. ASEAN Secretariate, Ministry of Agriculture, and Food and Drug Inspection Agency. Lumire Hotel, Jakarta, 19 May 2009.
- Halsey, M.E. 2006.** Intergrated confined system for genetically engineered plants. Program for Biosafety Systems, Washington, DC.
- Herman, M. 1999.** Tanaman hasil rekayasa genetik dan pengaturan keamanannya di Indonesia. Buletin AgroBio 3(1):8-26.
- Herman, M. 2008a.** Perkembangan bioteknologi dan status regulasi di Indonesia. Media *Workshop* "Manfaat Bioteknologi dalam Mengatasi Krisis Pangan". IndoBIC. Jakarta, 28 Agustus 2008.
- Herman, M. 2008b.** Regulasi tanaman produk rekayasa genetik, pengkajian keamanan hayati dan pelepasannya di Indonesia. Pelatihan staf teknis agronomi PT. Dupont-Pioneer. Novotel, Bogor, 2-5 Juni 2008.
- Herman, M. 2008c.** Regulasi, implementasi dan kendalanya dalam pemanfaatan produk bioteknologi di Indonesia. *Workshop* "Dapatkah Bioteknologi Berperan dalam Ketahanan Pangan". PBS, MSU, IndoBIC, CropLife, dan BB-Biogen. Jakarta, 14 Oktober 2008.
- Herman, M. 2009.** Biosafety regulation in Indonesia. International Workshop on Biosafety of Biotech Crops. Crop Life and Biosafety and Food Safety Technical Team. Bogor, 25 March 2009.

- 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.
- James, C. 1996.** Global review of the field testing and commercialized transgenic plants: 1986 to 1995. The first decade of crop biotechnology. ISAAA Brief No. 1. ISAAA, Ithaca, New York.
- Kapanlagi.com (KLC). 2005.** Impor jagung Indonesia akan makin besar. Kapanlagi.com. Sabtu, 22 Oktober 2005. <http://www.kapanlagi.com/h/0000088001.html>.
- Kepala Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (Kabatan Litbangtan). 1997.** Surat Keputusan Kepala Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian tentang Pembentukan Tim Teknis Keamanan Hayati Produk Bioteknologi Pertanian Hasil Rekayasa Genetik.
- Kepala Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kepala Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan dan Perkebunan, dan Direktur Jendral Pengawasan Obat dan Makanan (Kabatan Litbangtan, Kabatan Litbanghutbun, dan Dirjen POM). 2000.** Keputusan Bersama Kepala Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kepala Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan dan Perkebunan, dan Direktur Jendral Pengawasan Obat dan Makanan No. LB.010.59.1.2000, 77/Kpts/9/2000, KS.01.01.03380 tentang Pembentukan Tim Teknis Keamanan Hayati dan Keamanan Pangan Produk Pertanian Hasil Rekayasa Genetik.
- Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan (Kabatan POM). 2008.** Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan No. HK.00.05.23.3541 tentang Pedoman Pengkajian Keamanan Pangan Produk Rekayasa Genetik.
- Komisi Keamanan Hayati (KKH). 1999a.** Surat penetapan Komisi Keamanan Hayati No. LB.150.905.155 tentang aman lingkungan tanaman kedelai transgenik *Roundup Ready*, tanaman jagung transgenik *Roundup Ready*, dan tanaman jagung transgenik Bt. 17 Mei 1999. Jakarta.
- Komisi Keamanan Hayati (KKH). 1999b.** Surat penetapan Komisi Keamanan Hayati No. LB.150.905.156 tentang aman lingkungan tanaman kapas transgenik *Roundup Ready* dan tanaman kapas transgenik Bt. 17 Mei 1999. Jakarta.
- Menteri Pertanian Republik Indonesia (Mentan). 1997.** Keputusan Menteri Pertanian No. 856/Kpts/HK.330/9/1997 tentang Ketentuan Keamanan Hayati Produk Bioteknologi Pertanian Hasil Rekayasa Genetik.
- Menteri Pertanian Republik Indonesia (Mentan). 2006.** Peraturan Menteri Pertanian No. 67/Permentan/OT.140/12/2006 tentang Pelestarian dan Pemanfaatan Sumber Daya Genetik Tanaman.
- Menteri Pertanian, Menteri Kehutanan dan Perkebunan, Menteri Kesehatan, dan Menteri Negara Pangan dan Hortikultura (Mentan, Menhutper, Menkes, Menegpanghort). 1999.** 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/NmenegPHOR/09/1999 tentang Keamanan Hayati dan Keamanan Pangan Produk Pertanian Hasil Rekayasa Genetik.
- Peraturan Pemerintah (PP). 1999.** Peraturan Pemerintah Nomor 29 Tahun 1999 tentang Label dan Iklan Pangan.
- Peraturan Pemerintah (PP). 2004.** Peraturan Pemerintah Nomor 28 Tahun 2004 tentang Keamanan, Mutu dan Gizi Pangan.

- Peraturan Pemerintah (PP). 2005.** Peraturan Pemerintah Nomor 21 Tahun 2005 tentang Keamanan Hayati Produk Rekayasa Genetik.
- Tim Teknis Keamanan Hayati dan Keamanan Pangan (TTKHKP). 2007a.** Laporan monitoring lapangan uji terbatas kentang transgenik tahan *Phytophthora infestans* produk *University of Wisconsin*, Amerika Serikat di Kebun Percobaan Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Lembang pada 21 Februari 2007. Laporan TTKHKP Kelompok Tanaman.
- Tim Teknis Keamanan Hayati dan Keamanan Pangan (TTKHKP). 2007b.** Laporan monitoring lapangan uji terbatas tebu transgenik toleran kekeringan produk PTPN XI di Kebun Percobaan PG Jatiroto, Jawa Timur pada 27 Juni 2007. Laporan TTKHKP Kelompok Tanaman.
- Tim Teknis Keamanan Hayati dan Keamanan Pangan (TTKHKP). 2009.** Laporan monitoring lapangan uji terbatas tebu transgenik randemen tinggi produk PTPN XI di Kebun Percobaan PG Jatiroto, Jawa Timur pada 15 April 2009. Laporan TTKHKP Kelompok Tanaman.
- Tim Teknis Keamanan Hayati (TTKH). 1999a.** Laporan pengujian keamanan hayati kedelai *Roundup Ready* (toleran herbisida *glyphosate*) di Fasilitas Uji Terbatas.
- Tim Teknis Keamanan Hayati (TTKH). 1999b.** Laporan pengujian keamanan hayati jagung *Roundup Ready* (toleran herbisida *glyphosate*) di Fasilitas Uji Terbatas.
- Tim Teknis Keamanan Hayati (TTKH). 1999c.** Laporan pengujian keamanan hayati jagung Bt di Fasilitas Uji Terbatas.
- Tim Teknis Keamanan Hayati (TTKH). 1999d.** Laporan pengujian keamanan hayati kapas *Roundup Ready* (toleran herbisida *glyphosate*) di Fasilitas Uji Terbatas.
- Tim Teknis Keamanan Hayati (TTKH). 1999e.** Laporan pengujian keamanan hayati kapas Bt di Fasilitas Uji Terbatas.
- Tim Teknis Keamanan Hayati (TTKH). 1999f.** Laporan pengujian keamanan hayati kedelai *Roundup Ready* (toleran herbisida *glyphosate*) di Lapangan Uji Terbatas di Jawa Timur.
- Tim Teknis Keamanan Hayati (TTKH). 1999g.** Laporan pengujian keamanan hayati jagung *Roundup Ready* (toleran herbisida *glyphosate*) di Lapangan Uji Terbatas di Sulawesi Selatan.
- Tim Teknis Keamanan Hayati (TTKH). 1999h.** Laporan pengujian keamanan hayati jagung Bt di Lapangan Uji Terbatas di Sulawesi Selatan.
- Tim Teknis Keamanan Hayati (TTKH). 1999i.** Laporan pengujian keamanan hayati kapas *Roundup Ready* (toleran herbisida *glyphosate*) di Lapangan Uji Terbatas di Sulawesi Selatan.
- Tim Teknis Keamanan Hayati (TTKH). 1999j.** Laporan pengujian keamanan hayati kapas Bt di Lapangan Uji Terbatas di Sulawesi Selatan.
- Traynor, P.L., D. Adair, and R. Irwin. 2001.** A practical guide to containment: Greenhouse research with transgenic plants and microbes. Information Systems for Biotechnology. Virginia Tech. USA. 74 p.
- Undang-Undang (UU). 1996.** Undang Undang Nomor 7 Tahun 1996 tentang Pangan.

## **Bab VI. Pelepasan, Pemanfaatan, Pengawasan, dan Pengendalian Tanaman PRG**

---

Tanaman produk rekayasa genetik (PRG) baik yang berasal dari dalam negeri maupun dari luar negeri, dan telah memperoleh ketetapan aman lingkungan, aman pangan, dan atau aman pakan dapat dilepas dan dimanfaatkan (Herman 2008a). Dalam pelepasan dan pemanfaatan tanaman PRG, Menteri Pertanian, Menteri Kehutanan, Menteri Negara Lingkungan Hidup, dan Badan POM melakukan pengawasan dan pengendalian sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (Herman 2008a).

### **PELEPASAN DAN PEMANFAATAN TANAMAN PRG**

Tanaman PRG, setelah melalui proses pengkajian risiko keamanan lingkungan baik melalui evaluasi, maupun pengujian di FUT dan LUT, serta memperoleh ketetapan aman lingkungan, dapat diajukan untuk pelepasan varietas. Setelah mendapatkan izin pelepasan dari Menteri Pertanian, tanaman PRG dapat dimanfaatkan sesuai dengan kebutuhan (Herman 2008a).

#### **Pelepasan Tanaman Produk Rekayasa Genetik**

Ketentuan pada Pasal 23 PP No. 21 Tahun 2005 tentang Keamanan Hayati PRG menyatakan bahwa Menteri yang berwenang dalam hal ini Menteri Pertanian memberikan izin pelepasan tanaman PRG pertanian yang telah memperoleh rekomendasi keamanan hayati, sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

##### **1. Peraturan perundang-undangan**

Peraturan perundang-undangan yang terkait dengan pelepasan tanaman PRG adalah sebagai berikut:

- a. UU No. 12 Tahun 1992 tentang Sistem Budidaya Tanaman;
- b. UU No. 41 Tahun 1999 tentang Kehutanan;
- c. UU No. 21 Tahun 2004 tentang Pengesahan Protokol Cartagena;
- d. PP No. 44 Tahun 1995 tentang Perbenihan Tanaman;
- e. PP No. 21 Tahun 2005 tentang Keamanan Hayati PRG;
- f. Kepber 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/NmenegPHOR/09/1999 Tahun 1999 tentang Keamanan Hayati dan Keamanan Pangan PPHRG; dan
- g. Permentan RI No. 37/Permentan/OT.140./8/2006 tentang Pengujian, Penilaian, Pelepasan, dan Penarikan Varietas.

Di Indonesia, pelepasan varietas tanaman diatur melalui Permentan No. 37/Permentan/OT.140./8/2006 tentang Pengujian, Penilaian, Pelepasan dan Penarikan Varietas.

Dalam Ketentuan Umum Permentan No. 37/Permentan/OT.140./8/2006 yang disebut varietas tanaman adalah sekelompok tanaman dari suatu jenis atau spesies yang ditandai oleh bentuk tanaman, pertumbuhan tanaman, daun, bunga, buah, biji, dan ekspresi karakteristik genotipe atau kombinasi genotipe yang dapat membedakan dari jenis atau spesies yang sama oleh sekurang-kurangnya satu sifat yang menentukan dan apabila diperbanyak tidak mengalami perubahan (Mentan 2006). Sesuai dengan ketentuan Pasal 11 Permentan No. 37/2006 tersebut, calon varietas yang diusulkan untuk dilepas dapat diperoleh dari pemuliaan dalam negeri atau introduksi. Calon varietas tersebut dapat berupa galur murni, komposit, kultivar, klon, mutan, hibrida, tanaman PRG dan/atau hasil teknik pemuliaan yang lain (Mentan 2006).

## 2. Kelembagaan

Tanaman PRG yang sudah mendapatkan ketetapan aman lingkungan dan/atau aman pangan atau aman pakan melalui rekomendasi dari KKH bisa diajukan untuk pelepasan varietas ke Badan Benih Nasional (BBN). BBN dalam melaksanakan tugasnya sehari-hari dibidang penilaian dan pelepasan varietas dibantu oleh Tim Penilai dan Pelepas Varietas (Mentan 2006). Anggota Tim Penilai dan Pelepas Varietas (TPPV) terdiri atas para ahli dan ditetapkan oleh Menteri Pertanian (Herman 2008a). TPPV dibagi menjadi tiga kelompok berdasarkan jenis komoditas, yaitu tanaman pangan, hortikultura, dan perkebunan. Apabila dianggap perlu dalam rangka pengawasan dan pembinaan, anggota TPPV dapat melakukan peninjauan ke lokasi pengujian. TPPV menilai dan mengevaluasi hasil uji adaptasi atau observasi. Apabila dipandang perlu dalam mengevaluasi tersebut TPPV dapat mengundang pakar dalam bidang keahlian tertentu sesuai dengan kebutuhan.

## 3. Pengujian adaptasi dan observasi

Suatu varietas baru hasil pemuliaan dan atau introduksi dinyatakan sebagai suatu varietas unggul setelah melalui uji adaptasi bagi tanaman semusim atau uji observasi bagi tanaman tahunan, serta lulus penilaian para ahli. Uji adaptasi adalah kegiatan uji lapang terhadap tanaman di beberapa agroekologi, untuk mengetahui keunggulan dan interaksi varietas terhadap lingkungan (Mentan 2006). Sedangkan uji observasi adalah kegiatan uji lapang terhadap tanaman untuk mengetahui sifat-sifat unggul dan daya adaptasi varietas terhadap lingkungan pada beberapa agroekologi (Mentan 2006). Ketentuan mengenai pengujian adaptasi dan observasi diatur di dalam Bab II tentang Pengujian Permentan No. 37 Tahun 2006. Uji adaptasi dan uji observasi dilakukan di beberapa lokasi sentra produksi dan/atau target pengembangan dan/atau laboratorium dengan jumlah unit pengujian disesuaikan jenis tanamannya. Dua uji tersebut dapat diselaraskan dengan uji kebaruan, keunikan, keseragaman, dan kestabilan (BUSS) untuk kepentingan Perlindungan Varietas Tanaman (Mentan 2006). Tanaman PRG yang sudah memperoleh ketetapan aman lingkungan dapat diajukan ke TPPV untuk dilepas (Herman 2008a). Sebelum dilepas sebagai



varietas unggul baru, tanaman PRG lebih dahulu harus melalui uji adaptasi bagi tanaman semusim atau uji observasi bagi tanaman tahunan, serta lulus penilaian para ahli. TPPV akan menilai keunggulan dan kesesuaian calon varietas yang akan dilepas sesuai dengan ketentuan Pasal 10 ayat (2) Permentan No. 37 Tahun 2006, yang antara lain meliputi:

- a. Daya hasil;
- b. Ketahanan terhadap organisme pengganggu tumbuhan utama;
- c. Ketahanan terhadap cekaman lingkungan;
- d. Kecepatan berproduksi;
- e. Mutu hasil tinggi dan/atau tahan simpan;
- f. Toleransi benih terhadap kerusakan mekanis;
- g. Tipe tanaman;
- h. Keindahan dan/atau nilai ekonomis tinggi; dan/atau
- i. Batang bawah untuk memperbanyak klonal, harus mempunyai perakaran yang kuat, ketahanan terhadap hama/penyakit akar dan kompatibilitas (Mentan 2006).

#### 4. Pengalaman Indonesia dalam melepas tanaman PRG

##### a. Pelepasan tahun 2001

Tanaman PRG yang pernah dilepas untuk komersial di Indonesia adalah kapas Bt. 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 Republik Indonesia (Mentan RI) No. 107/Kpts/KB.430/2/2001 tentang Pelepasan secara Terbatas Kapas Bt DP5690B sebagai Varietas Unggul dengan nama NuCotn 35B (Bollgard) (Mentan 2001a). Keputusan tersebut dikeluarkan berdasarkan beberapa pertimbangan sebagai berikut, bahwa tanaman PRG 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 *Helicoverpa armigera*, produksinya tinggi dan mutu seratnya baik.

Pelepasan terbatas yang dimaksud Keputusan Menteri Pertanian tersebut 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 Bt yang telah dibentuk oleh Gubernur Sulawesi Selatan, TPPV, dan KKHKP. Di samping itu, suatu Tim Pengendalian yang disebut dengan Tim Pengendalian Kapas Transgenik telah dibentuk oleh Menteri Pertanian (Mentan 2001b). Tim tersebut dijelaskan lebih rinci dalam Subbab Pengawasan dan Pengendalian.

b. Pelepasan tahun 2002

Hasil evaluasi kapas 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 juta-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 (Mentan 2002).

c. Pelepasan 2003

Hasil kajian tahun 2002 Tim Pengendalian Kapas Transgenik yang terdiri atas tiga bidang, yaitu Bidang Produksi dan Pengembangan, Bidang Pengkajian (yang terbagi menjadi 3 Subbidang, yaitu Subbidang Daya Hasil, Subbidang Analisis Risiko Lingkungan, dan Subbidang Sosial Ekonomi), dan Bidang Pemantauan dan Pengawasan, telah melaporkan hasil pengujian Analisis Risiko Lingkungan dan Sosial Ekonomi tahun 2002 yang menunjukkan bahwa kapas Bt tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan dan 95,79% petani di lokasi kajian berkeinginan menanam kembali kapas Bt pada musim tanam berikutnya karena rata-rata keuntungan petani kapas Bt adalah Rp 1.386.706 per ha dibandingkan hanya Rp 756.299 per ha pada kapas non Bt (Siregar dan Kolopaking 2002). Laporan tersebut dipresentasikan dalam Diskusi Ilmiah tentang Evaluasi Pelepasan Terbatas Kapas Bt di Sulawesi Selatan.

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 yang terakhir adalah baru dibandingkan dengan pelepasan tahun 2001 dan 2002 (Mentan 2003). Walaupun telah mendapatkan izin pelepasan, perusahaan pemilik kapas Bt memutuskan untuk menghentikan penanaman kapas tersebut di Indonesia.

- d. Gugatan tata usaha negara ke Mentan RI atas pelepasan kapas Bt tahun 2001 oleh Koalisi Organisasi Non Pemerintah untuk Keamanan Hayati dan Pangan

Seperti telah diuraikan, bahwa Mentan RI melalui keputusan No. 107/Kpts/KB.430/2/2001 telah menyetujui pelepasan kapas Bt secara terbatas di Provinsi Sulawesi Selatan. Dengan dilepasnya kapas Bt tersebut, Mentan RI digugat ke pengadilan tata usaha negara oleh koalisi Organisasi Non Pemerintah (ORNOP) untuk Keamanan Hayati dan Pangan (KHP) melalui surat tertanggal 4 Mei 2001 (MARI 2004). Koalisi ORNOP (kata lain dari Lembaga Swadaya Masyarakat atau LSM) KHP terdiri atas beberapa ORNOP antara lain *Indonesian Center for Environmental Law* (ICEL), Yayasan Lembaga Konsumen Indonesia (YLKI), Konsorsium Pelestarian Hutan Alam Indonesia (KONPHALINDO), Yayasan Lembaga Pengkajian dan Pemberdayaan Masyarakat, dan Yayasan Biodinamika Pertanian Indonesia. Pada bulan September 2001, Pengadilan Tata Usaha Negara Jakarta melalui putusannya tanggal 27 September 2001 No. 71/G.TUN/2001/PTUN.JKT, menolak gugatan para Penggugat seluruhnya. Putusan tersebut dikuatkan dalam tingkat banding oleh Pengadilan Tinggi Jakarta dengan putusannya tanggal 12 Maret 2002 No. 16/B/2002/PT.TUN.JKT (MARI 2004). Keputusan penolakan gugatan tersebut lebih dikuatkan lagi oleh putusan Mahkamah Agung RI No. 336 K/TUN/2002 tertanggal 31 Agustus 2004 yang menolak kasasi dari penggugat, yaitu Koalisi ORNOP KHP (MARI 2004).

#### PEMANFAATAN TANAMAN PRG

Ketentuan pada Pasal 24 PP No. 21 Tahun 2005 tentang Keamanan Hayati PRG menetapkan bahwa tanaman PRG yang telah dilepas sebagaimana dimaksud pada Pasal 23 dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan di berbagai bidang sesuai dengan izin peruntukannya (Herman 2008b). Peraturan perundang-undangan yang terkait dengan pemanfaatan tanaman PRG adalah sebagai berikut:

1. UU No. 12 Tahun 1992 tentang Sistem Budidaya Tanaman;
2. UU No. 7 Tahun 1996 tentang Pangan;
3. UU No. 41 Tahun 1999 tentang Kehutanan;
4. UU No. 29 Tahun 2000 tentang Perlindungan Varietas Tanaman;
5. UU No. 21 Tahun 2004 tentang Pengesahan Protokol Cartagena;
6. PP No. 44 Tahun 1995 tentang Perbenihan Tanaman;
7. PP No. 19 Tahun 1999 tentang Label dan Iklan Pangan

8. PP No. 13 Tahun 2004 tentang Penamaan, Pendaftaran dan Penggunaan Varietas Asal untuk Pembuatan Varietas Turunan Esensial;
9. PP No. 28 Tahun 2004 tentang Keamanan, Mutu dan Gizi Pangan;
10. PP No. 21 Tahun 2005 tentang Keamanan Hayati PRG;
11. Kepber 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/NmenegPHOR/09/1999 Tahun 1999 tentang Keamanan Hayati dan Keamanan Pangan PPHRG; dan
12. Permentan RI No. 67 Tahun 2006 tentang Pelestarian dan Pemanfaatan Sumber Daya Genetik (SDG) Tanaman.

Secara umum tanaman dapat dimanfaatkan sebagai bahan pangan segar maupun pangan olahan. Menurut Ketentuan Umum PP No. 28 Tahun 2004 tentang Keamanan, Mutu dan Gizi Pangan, yang disebut sebagai pangan segar adalah pangan yang belum mengalami pengolahan yang dapat dikonsumsi langsung dan/atau yang dapat menjadi bahan baku pengolahan pangan. Sedangkan pangan olahan adalah makanan atau minuman hasil proses dengan cara atau metode tertentu, dengan atau tanpa bahan tambahan (PP 2004). Selain untuk pangan, tanaman juga dapat dimanfaatkan sebagai pakan. Ada pakan hijauan dan ada pakan konsentrat. Begitu pula dengan tanaman PRG dapat dimanfaatkan baik sebagai pakan hijauan maupun pakan konsentrat. Pada Pasal 13 UU Pangan tahun 1996 dan Pasal 14 PP Keamanan, Mutu dan Gizi Pangan tahun 2004 telah ditentukan bahwa tanaman PRG yang digunakan sebagai bahan baku pangan dalam produksi pangan, wajib terlebih dahulu diperiksakan keamanan pangan bagi kesehatan manusia sebelum diedarkan (Herman 2008b).

Secara global tanaman PRG sebelum dimanfaatkan untuk pangan dan atau pakan, tanaman PRG tersebut harus mendapatkan ketetapan aman pangan dan atau aman pakan dari lembaga otoritas pengatur keamanan lingkungan, keamanan pangan, dan keamanan pakan di masing-masing negara. Di Indonesia, belum ada tanaman PRG yang mendapatkan ketetapan aman pangan dan atau aman pakan. Di berbagai negara seperti Afrika Selatan, Argentina, Amerika Serikat, Australia, Brazil, Cina, Filipina, India, Jepang, Jerman, Kanada, Rusia, Uni Eropa, dan Uruguay, berbagai jenis tanaman PRG telah mendapatkan ketetapan aman pangan dan atau keamanan pakan (Tabel 1). Indonesia telah mengimpor kedelai dan jagung curah dari negara pengekspor seperti Amerika Serikat dan Argentina yang merupakan negara penanam tanaman PRG sehingga kemungkinan besar mengandung PRG (*may contained*) (Herman 2008b). Impor kedelai dari tahun 2001-2007 mencapai 1,1-1,3 juta ton (Ditjenta 2008, Badan Litbangtan 2008), sedangkan impor jagung mencapai 1,3-3,0 juta ton pada tahun 2000-2005, kemudian tahun 2006 menurun menjadi 1,6 juta ton (KLC 2005, SH 2007). Kedelai PRG dan jagung PRG yang diimpor dari negara Amerika Serikat, Brazil, dan Argentina, telah memperoleh ketetapan aman lingkungan, aman pangan, dan aman pakan dari ketiga negara tersebut (Tabel 2) (Herman 2008b).

PELEPASAN, PEMANFAATAN, PENGAWASAN, DAN PENGENDALIAN TANAMAN PRG

Tabel 1. Tanaman PRG yang telah memperoleh ketetapan aman pangan dan atau pakan di luar negeri.

Tanaman PRG	Negara	Tahun aman pangan	Tahun aman pakan	
Alfalfa TH	Australia	2006	-	
	Amerika Serikat	2004	2004	
	Kanada	2005	2005	
	Jepang	2005	2006	
	Meksiko	2005	2005	
Bit gula ( <i>sugar beet</i> ) TH	Filipina	2006	2006	
	Australia	2005	-	
	Kanada	2005	2005	
	Kolumbia	2007	-	
	Uni Eropa	2007	-	
	Jepang	2003	2007	
	Korea	2006	-	
	Meksiko	2006	-	
	Filipina	2005	2005	
	Amerika Serikat	2004	2004	
Gandum TH	Kolumbia	2004	2004	
	Amerika Serikat	2004	2004	
Jagung TSH/TH	Argentina	2001	2001	
	Australia	2001	2001	
	Kanada	1996	1996	
	Cina	2004	2004	
	Uni Eropa	1998	1998	
	Jepang	1996	1996	
	Korea	2003	2006	
	Meksiko	2007	2007	
	Filipina	2003	2003	
	Rusia	2003	-	
	Afrika Selatan	2007	2007	
	Switzerland	1998	1998	
	Taiwan	2004	-	
	<i>United Kingdom</i>	1998	1998	
	Amerika Serikat	1996	1996	
	Uruguay	2004	2004	
	Kanola TH	Australia	2001	-
Kanada		1995	1995	
Cina		2004	2004	
Jepang		1996	1996	
Korea		2005	-	
Meksiko		1999	1999	
Afrika Selatan		2001	2001	
Amerika Serikat		1995	-	
Amerika Serikat		1994	1994	
Kanada		1996	1996	
Kanola KALMT	Amerika Serikat	1994	1994	
	Kanada	1996	1996	
Kapas TSH/TH	Jepang	2005	2006	
	Korea	2006	-	
Kedelai TH	Meksiko	2006	2006	
	Filipina	2006	2006	
	Afrika Selatan	2007	2007	
	Argentina	1996	1996	
	Australia	2000	-	
	Brazil	1998	1998	
	Kanada	1996	1995	
	Cina	2004	2004	
	<i>Czech Republic</i>	2001	2001	
	Uni Eropa	2005	2005	
Kedelai KALMT	Jepang	1996	1996	
	Korea	2000	2004	
	Meksiko	1998	1998	
	Filipina	2003	2003	
	Rusia	1999	-	
	Afrika Selatan	2001	2001	
	Switzerland	1996	1996	
	Taiwan	2002	-	
	<i>United Kingdom</i>	1996	1996	
	Amerika Serikat	1994	1994	
	Uruguay	1997	1997	
	Australia	2000	-	
	Kanada	2000, 2009	2000, 2009	
	Jepang	2001	2000	
	Amerika Serikat	1997, 2009	1997	
	Labu TVP	Amerika Serikat	1994	1994
		Kanada	1998	-
Papaya TVP	Kanada	2003	-	
	Amerika Serikat	1996	1996	
Tomat PK	Kanada	1995	-	
	Jepang	1997	-	
	Meksiko	1995	1995	
	Amerika Serikat	1994	1994	

TH = toleran herbisida, TSH = tahan serangga hama, KALMT = kandungan asam lemak tinggi, TVP = tahan virus patogen, PK = penunda-an kemasakan (AgBios 2001a, 2001b, 2001c, 2001d, 2001e, 2001f, 2005a, 2005b, 2005c, 2005d, 2005e, 2006, 2008a, 2008b, 2009).

## PELEPASAN, PEMANFAATAN, PENGAWASAN, DAN PENGENDALIAN TANAMAN PRG

**Tabel 2.** Kedelai PRG dan jagung PRG yang telah memperoleh ketetapan aman lingkungan, aman pangan/pakan, aman pangan, dan aman pakan di Argentina, Brazil, dan Amerika Serikat.

Negara	Tanaman PRG	Sifat	Event	Tahun aman lingkungan	Tahun aman pangan/pakan	Tahun aman pangan	Tahun aman pakan
Argentina	Jagung	TSH	<u>MON810</u>	1998	-	1998	1998
		TH	<u>GA21</u>	1998	2005	-	-
			<u>NK603</u>	2004	2004	-	-
		TSH/TH	<u>BT11 (X4334CBR, X4734CBR)</u>	2001	-	2001	2001
			<u>NK603 x MON810</u>	2007	2005	-	-
			<u>TC1507 x NK603</u>	2008	2006	-	-
			<u>TC1507</u>	2005	2005	-	-
Brazil	Kedelai	TH	GTS 40-3-2	1996	-	1996	1996
	Jagung	TSH	<u>MON810</u>	2007	2007	-	-
Amerika Serikat	Jagung	TH	<u>GA21</u>	2008	2008	-	-
			<u>NK603</u>	2008	2008	-	-
		TSH/TH	<u>BT11 (X4334CBR, X4734CBR)</u>	2007	2007	-	-
			<u>TC1507</u>	2008	2008	-	-
		TSH	<u>MON810</u>	1995	1996	-	-
	Kedelai	TH	<u>MIR604</u>	2007	2007	-	-
			<u>GA21</u>	1997	1996	-	-
			<u>NK603</u>	2000	2000	-	-
		TSH/TH	<u>MON809</u>	1996	1996	-	-
			<u>BT11 (X4334CBR, X4734CBR)</u>	1996	1996	-	-
		<u>BT11 x MIR162</u>	2009	-	-	-	
		<u>TC1507</u>	2001	2001	-	-	
	TH	GTS 40-3-2	1994	1994	-	-	
		<u>MON89788</u>	2007	2007	-	-	
		<u>DP356043</u>	2008	2007	-	-	
	KALMT	<u>DP-305423</u>	-	2009	-	-	

TSH = tahan serangga hama, TH = toleran herbisida, TSH/TH = *stacked genes* tahan serangga hama dan toleran herbisida, KALMT = kandungan asam lemak tinggi (AgBios 2009).

Selain itu tanaman PRG yang telah memperoleh ketetapan aman lingkungan, aman pangan, dan atau aman pakan, dapat diajukan untuk mendapat Perlindungan Varietas Tanaman (PVT) sesuai dengan UU No. 29 Tahun 2000 tentang Perlindungan Varietas Tanaman. Aplikasi PVT dapat diajukan secara tertulis ke Kantor Pusat PVT. Tanaman PRG yang diajukan untuk memperoleh perlindungan PVT harus memenuhi kriteria kebaruan, keunikan, keseragaman, dan kestabilan (BUSS) (UU 2000).

### PENGAWASAN DAN PENGENDALIAN TANAMAN PRG

Tanaman PRG yang telah dinyatakan aman lingkungan dan telah dilepas oleh Menteri Pertanian, dilakukan pengawasan dan pengendalian oleh Menteri Pertanian dan Menteri Negara Lingkungan Hidup. Apabila tanaman PRG telah ditetapkan aman pangan dan aman pakan serta dimanfaatkan sebagai pangan segar atau pangan olahan, pakan hijauan atau pakan konsentrat, maka akan dilakukan pengawasan dan pengendalian oleh Menteri Pertanian, Menteri Kehutanan, dan Badan POM. Pengawasan dan pengendalian yang dilakukan sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku. Peraturan perundang-undangan yang terkait dengan pengawasan dan pengendalian tanaman PRG adalah sebagai berikut:

## PELEPASAN, PEMANFAATAN, PENGAWASAN, DAN PENGENDALIAN TANAMAN PRG

1. UU No. 12 Tahun 1992 tentang Sistem Budidaya Tanaman;
2. UU No. 5 Tahun 1994 tentang Pengesahan *United Nations Convention on Biological Diversity* (Konvensi Perserikatan Bangsa-Bangsa Mengenai Keanekaragaman Hayati);
3. UU No. 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup;
4. UU No. 41 Tahun 1999 tentang Kehutanan;
5. UU No. 21 Tahun 2004 tentang Pengesahan Protokol Cartagena;
6. PP No. 44 Tahun 1995 tentang Perbenihan Tanaman;
7. PP No. 28 Tahun 2004 tentang Keamanan, Mutu dan Gizi Pangan;
8. PP No. 21 Tahun 2005 tentang Keamanan Hayati PRG;
9. Kepber 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 PPHRG; dan
10. Permentan RI No. 37/Permentan/OT.140./8/2006 tentang Pengujian, Penilaian, Pelepasan dan Penarikan Varietas.

Sewaktu kapas Bt dilepas secara terbatas di Sulawesi Selatan pada tahun 2001-2003, untuk keperluan pemantauan dan pemanfaatan kapas Bt, serta dalam rangka pendekatan kehati-hatian telah dibentuk suatu Tim Pengendalian. Tim ini disebut dengan Tim Pengendalian Kapas Transgenik dan dibentuk melalui Keputusan Menteri Pertanian No. 305/Kpts/Kp.150/5/2001 pada tanggal 16 Mei 2001 (Mentan 2001b). 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 atas berbagai bidang terkait, antara lain Bidang Produksi dan Pengembangan, Bidang Pengkajian yang terbagi menjadi 3 Subbidang, yaitu Subbidang Daya Hasil, Subbidang Analisis Risiko Lingkungan, dan Subbidang Sosial Ekonomi, serta Bidang Pemantauan dan Pengawasan.

Ketentuan mengenai pengawasan dan pengendalian diatur dalam Bab VI tentang Pemantauan, Pengawasan, dan Pelaporan Kepber Empat Menteri Tahun 1999 tentang Keamanan Hayati dan Keamanan Pangan PPHRG, Bab VI mengenai Pengawasan dan Pengendalian PRG PP No. 21 Tahun 2005 tentang Keamanan Hayati PRG, dan Bab VI tentang Penarikan Varietas Permentan No. 37 Tahun 2006 tentang Pengujian, Penilaian, Pelepasan, dan Penarikan Varietas.

Menurut ketentuan yang ada pada Pasal 43-Pasal 45 dalam Bab Hak dan Kewajiban, dan Bab Pemantauan, Pengawasan dan Pelaporan dari Kepber Empat Menteri Tahun 1999 tentang Keamanan Hayati dan Keamanan Pangan PPHRG: maka pemantauan dan pengawasan terhadap pemanfaatan tanaman PRG dilakukan oleh Menteri Pertani-

an dan Menteri Kehutanan yang dalam pelaksanaannya dibantu oleh Pengamat Hama dan Penyakit Tanaman, dan Pengawas Benih. Evaluasi keamanan hayati dan keamanan pangan akibat pemanfaatan tanaman PRG dilakukan oleh KKHKP dibantu oleh TTKHKP. KKHKP dan TTKHKP dibentuk sesuai dengan Kepber Empat Menteri Tahun 1999 tentang Keamanan Hayati dan Keamanan Pangan PPHRG (baca Bab V Pengaturan Keamanan Hayati Tanaman Produk Rekayasa Genetik di Indonesia). Sedangkan mengenai pelaporan, maka setiap orang atau badan hukum yang mendapat persetujuan pemanfaatan tanaman wajib membuat laporan secara berkala, yaitu 12 (dua belas) bulan sekali atau sewaktu-waktu diperlukan apabila terjadi kasus tanaman PRG menimbulkan kerugian keamanan hayati dan keamanan pangan. Laporan ditujukan kepada Menteri Pertanian dan Menteri Kehutanan. Selain itu, setiap orang atau badan hukum yang telah mendapat persetujuan pemanfaatan tanaman PRG wajib bertanggung jawab dan ikut serta melakukan tindakan pengendalian dan penanggulangannya, apabila tanaman PRG ternyata menimbulkan kerugian keamanan hayati dan keamanan pangan (Mentan, Menhutper, Menkes, Menegpanghort 1999).

Ketentuan pengawasan dan pengendalian tanaman PRG menurut PP No. 21 Tahun 2005 tentang Keamanan Hayati PRG Pasal 25-Pasal 27, akan dijelaskan dalam paragraf ini. Apabila suatu tanaman PRG yang telah dilepas, diedarkan dan/atau dimanfaatkan, atau dimasukkan dari luar negeri menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan hidup, kesehatan manusia dan/atau kesehatan hewan, maka setiap orang yang memproduksinya atau memasukkannya dari luar negeri, atau konsumen dan masyarakat yang mengetahui adanya dampak negatif, wajib dan dapat melaporkan kepada Menteri Negara Lingkungan Hidup dan Menteri Pertanian atau Kehutanan atau Kepala Badan POM (PP 2005). Setelah menerima laporan mengenai adanya dampak negatif dari tanaman PRG terhadap lingkungan hidup, kesehatan manusia dan/atau kesehatan hewan, Menteri Lingkungan Hidup dan Menteri Pertanian serta Menteri Kehutanan, menugaskan KKH untuk melakukan pemeriksaan dan pembuktian atas kebenaran laporan. KKH adalah suatu Komisi yang akan dibentuk melalui Peraturan Presiden sesuai dengan ketentuan pada Pasal 29 PP No. 21 Tahun 2005 tentang Keamanan Hayati PRG. Apabila hasil pemeriksaan oleh KKH, membuktikan bahwa tanaman PRG yang dilaporkan ternyata menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan hidup, kesehatan manusia dan/atau kesehatan hewan, maka Menteri Negara Lingkungan Hidup mengusulkan kepada Menteri Pertanian atau Menteri Kehutanan atau Kepala Badan POM untuk mencabut keputusan pelepasan atau peredaran tanaman PRG (PP 2005). Selanjutnya Menteri Pertanian atau Menteri Kehutanan atau Kepala Badan POM mencabut keputusan pelepasan atau peredaran tanaman PRG. Sebagai konsekuensi hukum, penanggung jawab kegiatan wajib melakukan tindakan pengendalian dan penanggulangan, serta menarik tanaman PRG dari peredaran (PP 2005). Dalam kaitan dengan pengawasan dan pengendalian tanaman PRG, pedoman pemantauan dampak dan penge-



lolaan risiko dari tanaman PRG perlu ditetapkan oleh Menteri Negara Lingkungan Hidup dan Menteri Pertanian atau Menteri Kehutanan atau Kepala Badan POM dengan mempertimbangkan masukan dari KKH.

Sesuai dengan ketentuan yang ada pada Pasal 19 mengenai penarikan varietas dari Permentan RI No. 37 Tahun 2006, maka BBN melakukan evaluasi secara berkala terhadap tingkat manfaat dan kelayakan varietas tanaman PRG yang dilepas. Apabila tanaman PRG menyebarkan hama dan atau penyakit baru yang berbahaya, serta menimbulkan kerugian bagi masyarakat dan atau lingkungan hidup, BBN mengusulkan ke Menteri Pertanian disertai saran dan pertimbangan untuk menarik tanaman PRG tersebut (Mentan 2006).

#### DAFTAR PUSTAKA

- AgBios. 2001a.** Glyphosate herbicide tolerant cotton MON-Ø1445-2 (MON1445/1698). AgBios GM Database. Last modified on Thursday, August 09, 2001. Available at <http://www.agbios.com/dbase.php?action=ShowProd&data=MON1445%2F1698>.
- Agbios. 2001b.** Transgenic tomato (Flavr Savr). Agbios GM Data Base. Last modified on Friday, August 12, 2001. Available at [http://www.agbios.com/dbase.php?action=ShowProd&data=FLAVR %20 SAVR](http://www.agbios.com/dbase.php?action=ShowProd&data=FLAVR%20SAVR).
- Agbios. 2001c.** Transgenic papaya resistance to papaya ring spot virus (55-1/63-1). Agbios GM Data Base. Last modified on Monday, August 20, 2001. Available at <http://www.agbios.com/dbase.php>.
- Agbios. 2001d.** Transgenic squash resistance to watermelon mosaic virus 2 and zucchini yellow mosaic virus (ZW20). Agbios GM Data Base. Last modified on Tuesday, August 21, 2001. Available at <http://www.agbios.com/dbase.php?action=ShowProd&data=ZW20>.
- Agbios. 2001e.** Transgenic squash resistance to cucumber mosaic virus, watermelon mosaic virus 2, and zucchini yellow mosaic virus (CZW-3). Agbios GM Data Base. Last modified on Tuesday, August 21, 2001. Available at <http://www.agbios.com/dbase.php?action=ShowProd &data=CZW-3>.
- AgBios. 2001f.** High oleic soybean (G94-1, G94-19, G168). AgBios GM Database. Last modified on Thursday, December 20, 2001. Available at <http://www.agbios.com/dbase.php?action=Submit&hstlDXCode=8&trCode=OLEIC>.
- AgBios. 2005a.** Insect resistant cotton MON-ØØ531-6, MON-ØØ757-7 (MON531/757/1076). AgBios GM Database. Last modified on Friday, July 22, 2005. Available at <http://www.agbios.com/dbase.php?action=ShowProd&data=MON531%2F757%2F1076>.
- AgBios. 2005b.** Insect resistant and glyphosate herbicide tolerant maize (stacked genes) MON-ØØ863-5 x MON-ØØ81Ø-6 x MON-ØØ6Ø3-6. AgBios GM Database. Last modified on Tuesday, August 08, 2005. Available at <http://www.agbios.com/dbase.php?action=ShowProd&data=MON-%D8%D8863-5+x+MON-%D8%D881%D8-6+x+MON-%D8%D86%D83-6>.
- AgBios. 2005c.** Insect resistant and glyphosate herbicide tolerant cotton (stacked genes) MON-ØØ531-6 x MON-Ø1445-2. AgBios GM Database. Last modified on Tuesday, August 08, 2005. Available at <http://www.agbios.com/dbase.php?action=ShowProd&data=MON-%D8%D8531-6+x+MON-%D81445-2>.

- AgBios. 2005d.** High laurate canola (23-18-17, 23-198). AgBios GM Database. Last modified on Tuesday, August 30, 2005. Available at <http://www.agbios.com/dbase.php?action=Submit&gType=FA&AbbrCode=TE>.
- AgBios. 2005e.** Herbicide tolerant alfalfa MON-ØØ1Ø1-8, MON-ØØ163-7 (J101, J163). AgBios GM Database. Last modified on Thursday, September 01, 2005. Available at <http://www.agbios.com/dbase.php>.
- AgBios. 2006.** Glyphosate herbicide tolerance maize (GA21). AgBios GM Database. Last modified on Tuesday, January 31, 2006. Available at <http://www.agbios.com/dbase.php?action=Submit&evidx=1>.
- AgBios. 2008a.** Insect resistant maize REN-ØØØ38-3, MON-ØØ81Ø-6 (MON-ØØ81Ø-6 x LY038). AgBios GM Database. Last modified on Tuesday, January 08, 2008. Available at <http://www.agbios.com/dbase>.
- AgBios. 2008b.** Herbicide tolerance soybean MON-Ø4Ø32-6 (GTS 40-3-2). AgBios GM Database. Last modified on Tuesday, February 26, 2008. Available at <http://www.agbios.com/dbase.php?action=ShowProd&data=GTS+40-3-2>.
- AgBios. 2009.** Global status of approved genetically modified plants. AgBios GM Database. Last modified in February, 2009. Available at <http://www.agbios.com/dbase.php?action=Synopsis>.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (Badan Litbangtan). 2008.** Mutu kedelai nasional lebih baik dari kedelai impor. Siaran Pers 12 Februari 2008. <http://www.litbang.deptan.go.id/press/one/12/pdf/Mutu%20Kedelai%20Nasional%20Lebih%20Baik%20dari%20Kedelai%20impor.pdf>.
- Direktorat Jenderal Tanaman Pangan Departemen Pertanian RI (Ditjentan). 2008.** Press release Mentan pada panen kedelai. Senin, 4 Februari 2008.
- Herman, M. 2008a.** Regulasi tanaman produk rekayasa genetik, pengkajian keamanan hayati dan pelepasannya di Indonesia. Pelatihan Staf Teknis Agronomi PT. Dupont-Pioneer. Novotel, Bogor, 2-5 Juni 2008.
- Herman, M. 2008b.** Regulasi, implementasi dan kendalanya dalam pemanfaatan produk bioteknologi di Indonesia. *Workshop* "Dapatkah Bioteknologi Berperan dalam Ketahanan Pangan". PBS, MSU, IndoBIC, CropLife, dan BB-Biogen. Jakarta, 14 Oktober 2008.
- Kapanlagi.com (KLC). 2005.** Impor jagung Indonesia akan makin besar. Kapanlagi.com. Sabtu, 22 Oktober 2005. <http://www.kapanlagi.com/h/0000088001.html>.
- Lokollo, E.M., A. Syam, and A.K. Zakaria. 2001.** Kajian sosial ekonomi pengembangan kapas PRG di Sulawesi Selatan. Laporan Kajian Kapas Bt Subbidang Sosial Ekonomi. Makalah dipresentasikan dalam Diskusi Ilmiah tentang Evaluasi Pelepasan Terbatas Kapas Bt di Sulawesi Selatan. Hotel Salak, Bogor, 21 November 2001.
- Mahkamah Agung Republik Indonesia (MARI). 2004.** Putusan Reg. No. 336 K/TUN/2002. Perkara Kasasi Tata Usaha Negara. 31 Agustus 2004.
- Menteri Pertanian Republik Indonesia (Mentan). 2001a.** 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).
- Menteri Pertanian Republik Indonesia (Mentan). 2001b.** Keputusan Menteri Pertanian No. 305/Kpts/Kp.150/5/2001 tentang Pembentukan Tim Pengendalian Kapas Transgenik.

## PELEPASAN, PEMANFAATAN, PENGAWASAN, DAN PENGENDALIAN TANAMAN PRG

- Menteri Pertanian Republik Indonesia (Mentan). 2002.** Keputusan Menteri Pertanian No. 03/Kpts/KB.430/1/2002 tentang Pelepasan secara Terbatas Kapas Bt DP5690B sebagai Varietas Unggul dengan nama NuCotn 35B (Bollgard).
- Menteri Pertanian Republik Indonesia (Mentan). 2003.** Keputusan Menteri Pertanian No. 102/Kpts/KB.430/2/2003 tentang Pelepasan secara Terbatas Kapas Bt DP5690B sebagai Varietas Unggul dengan nama NuCotn 35B (Bollgard).
- Menteri Pertanian Republik Indonesia (Mentan). 2006.** Peraturan Menteri Pertanian (Permentan) Republik Indonesia No. 37/Permentan/OT.140./8/2006 tentang Pengujian, Penilaian, Pelepasan, dan Penarikan Varietas.
- Menteri Pertanian, Menteri Kehutanan dan Perkebunan, Menteri Kesehatan, dan Menteri Negara Pangan dan Hortikultura (Mentan, Menhutper, Menkes, Menegpanghort). 1999.** 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/NmenegPHOR/09/1999 tentang Keamanan Hayati dan Keamanan Pangan Produk Pertanian Hasil Rekayasa Genetik.
- Peraturan Pemerintah (PP). 2004.** Peraturan Pemerintah No. 28 Tahun 2004 tentang Keamanan, Mutu dan Gizi Pangan.
- Peraturan Pemerintah (PP). 2005.** Peraturan Pemerintah No. 21 Tahun 2005 tentang Keamanan Hayati Produk Rekayasa Genetik.
- Sinar Harapan (SH). 2007.** Impor jagung turun pada tahun 2007. Sinar Harapan. Senin 1 Oktober 2007. <http://www.sinarharapan.co.id/berita/0710/01/eko04.html>.
- Siregar, H. dan L.M. Kolopaking. 2002.** Telaah sosial ekonomi usaha tani kapas Bt: Temuan awal dari Sulawesi Selatan. Laporan Kajian Kapas Bt sub bidang Sosial Ekonomi. Makalah di presentasikan dalam Diskusi Ilmiah tentang Evaluasi Pelepasan Terbatas Kapas Bt di Sulawesi Selatan. Hotel Salak, Bogor, 14 November 2002.
- Undang-Undang (UU). 2000.** Undang Undang No. 29 Tahun 2000 tentang Perlindungan Varietas Tanaman.