

Pemanfaatan Bioteknologi Pertanian secara Aman dan Legal

Sugiono Moeljopawiro

Balai Penelitian Bioteknologi Tanaman Pangan, Bogor

ABSTRAK

Bioteknologi pertanian adalah suatu alat baru dalam ilmu perbaikan tanaman dan hewan. Teknik ini menggunakan teknologi penggabungan/penyambungan sel dan gen (DNA) untuk memperbaiki tanaman dan hewan, atau untuk menghasilkan produk baru. Meskipun demikian, istilah bioteknologi pertanian juga digunakan untuk proses lain selain penyambungan gen. Sebagai contoh mikropropagasi, diagnostik, pupuk hayati, biopestisida. Bioteknologi menyediakan teknologi yang dapat digunakan untuk meningkatkan mutu produk pangan, obat-obatan dan industri. Bioteknologi, seperti penemuan baru lainnya, seringkali disampaikan secara sensasional. Tetapi kenyataannya sekarang bioteknologi tidak lagi terlihat sebagai suatu alat yang secara bertahap akan merubah dan memperbaiki pertanian. Pemanfaatan bioteknologi secara komersial hanyalah merupakan suatu cara untuk memperbaiki metode-metode yang telah terbukti baik dari ilmu pertanian yang sudah ada. Meskipun demikian, masyarakat masih tetap ingin tahu bagaimana bioteknologi pertanian akan dapat mempengaruhi kesehatan, lingkungan, dan keamanan dari pangan mereka. Sebagian dari mereka juga menanyakan tentang bagaimana bioteknologi akan mempengaruhi pendapatan petani, kualitas pangan, dan harga. Tidak ada jawaban sederhana yang dapat diberikan atas pertanyaan-pertanyaan tersebut. Untuk dapat memanfaatkan bioteknologi secara maksimal, diperlukan adanya kebijakan dalam menetapkan teknologi yang akan digunakan untuk menunjang pembangunan pertanian. Hal ini sangat erat kaitannya dengan alih teknologi yang tidak dapat dipisahkan dari hak atas kekayaan intelektual, yang harus kita kuasai. Selain adanya ketentuan keamanan hayati produk bioteknologi pertanian hasil rekayasa genetik, perlu segera dilakukan pengembangan sumber daya manusia yang mampu dan terampil dalam melakukan pengkajian dan pengelolaan risiko, agar pemanfaatan bioteknologi dapat dilakukan secara efektif, efisien dan aman, baik terhadap kesehatan manusia, keanekaragaman hayati, dan lingkungan.

ABSTRACT

Agricultural biotechnology is a new tool for plant and animal improvement, especially through the use of recombinant DNA technology. The term of biotechnology is not strictly used only for modern biotechnology but also for other processes such as micropropagation, diagnostic, biofertilizer, and biopesticide. Biotechnology provide technology for quality improvement of food product, medicine, and industry. However, like new invention is announced sensationally. Now biotechnology is not considered as revolutionary force which change everything overnight. It is considered as a tool to change and improve agriculture in a stepwise manner. Biotechnology application for commercial use is a way of improving the best available agricultural methods. Even so people are anxious to know how agricultural biotechnology could affect health, environment, and their food security. They even ask how biotechnology will affect farmers' income, food quality, and price. There is no simple answer for those questions. To get the maximum impact of the use of

biotechnology, priority must be setting on the technology adopted and used. This is related to technology transfer, in which intellectual property rights arrangement is involved. In addition to better understanding of IPR, other matters such as biosafety regulation for genetically engineered agricultural biotechnology product, and biosafety capacity building, especially in the area of risk assessment and management, need to be considered seriously in order to safe use biotechnology effectively and efficiently.

PENDAHULUAN

Sejak berkembangnya teknologi DNA rekombinan, yang menjadi dasar pengembangan bioteknologi modern, pemanfaatan bioteknologi menjadi bahan perdebatan antara pihak yang pro dan kontra hingga saat ini. Terlepas dari diperdebatkannya bioteknologi, bioteknologi bukan merupakan suatu ilmu yang terpisah, tetapi merupakan campuran dari berbagai disiplin ilmu seperti genetika, biologi molekuler, biokimia, fisiologi, embriologi, dan biologi seluler, yang bersama-sama dengan rekayasa kimia, teknologi informasi, dan berbagai ilmu lainnya dirubah menjadi proses yang produktif.

Bioteknologi, yang merupakan teknik baru, harus diintegrasikan ke dalam pendekatan-pendekatan konvensional yang sudah mapan seperti pemuliaan tanaman dan hewan, produksi pangan dan pakan, fermentasi serta produksi pupuk dan obat-obatan.

Bioteknologi berkembang dengan cepat di berbagai sektor dan meningkatkan keefektifan cara-cara menghasilkan produk dan jasa. Meskipun demikian untuk alih teknologi dan pengembangan bioteknologi secara layak dan tidak merusak lingkungan, diperlukan berbagai persyaratan selain peraturan perundangan juga modal besar, yang pada umumnya tidak cukup tersedia di negara berkembang.

Selanjutnya diperlukan infrastruktur yang sesuai untuk: (i) mendapatkan, menguasai, dan mengembangkan teknologi; (ii) mengelola secara efisien dan sistematis; dan (iii) mengembangkan kemampuan ilmiah dan teknologi. Kemampuan untuk membedakan, memilih, dan menyesuaikan bioteknologi yang ramah lingkungan merupakan suatu ukuran kepercayaan diri untuk dapat berpartisipasi penuh dalam usaha pencapaian pengembangan yang terlanjutkan. Penciptaan kondisi yang diinginkan tersebut menghadapkan kita pada tantangan baru yang harus dipecahkan, agar dapat memanfaatkan potensi bioteknologi dan menghilangkan pengaruh yang merugikan terhadap lingkungan dan sosial ekonomi.

Teknologi atau produk dari teknologi tersebut dihasilkan dari serentetan pekerjaan yang membutuhkan sumber dana dan sumber daya yang tidak sedikit. Siapapun yang menghasilkan teknologi atau produk tersebut sedikit banyak tentu mengharapkan adanya penghargaan atau yang biasa dikenal sebagai *royalty*. Hal ini erat kaitannya dengan hak atas kekayaan intelektual (HAKI) atau *Intellectual Property Rights* (IPR).

Apabila suatu produk bioteknologi telah dihasilkan dan dapat dialihkan dari pencipta kepada penggunaannya, sebelum disebarluaskan atau dipasarkan harus diteliti lebih dahulu kemungkinan pengaruhnya terhadap lingkungan. Pedoman yang mengatur bagaimana melakukan uji besarnya risiko tersebut disebut dengan pedoman keamanan hayati. Negara-negara yang tingkat penelitian bioteknologinya sudah sampai pada penggunaan teknologi DNA rekombinan untuk menghasilkan produk seperti tanaman transgenik, sudah memiliki pedoman keamanan hayati.

Dalam makalah ini penulis akan membahas tingkat perkembangan bioteknologi, pemanfaatan bioteknologi, pedoman keamanan hayati dan hak atas kekayaan intelektual (HAKI) atau *intellectual property rights (IPR)*.

PERKEMBANGAN BIOTEKNOLOGI

Bioteknologi tidak merupakan teknologi yang muncul begitu saja, tetapi berkembang dari serentetan teknologi, mulai dari teknologi yang sudah lama mapan dan banyak digunakan, yang mendasarkan pada pemanfaatan mikroba maupun makhluk hidup lainnya secara komersial, sampai kepada penelitian yang lebih strategis seperti rekayasa genetik tanaman dan hewan.

Dalam sejarah perkembangan ilmu genetika, ada tiga periode yang dapat kita bedakan satu sama lain. Mendel (1865) melalui penelitiannya pada tanaman *Mirabilis yalapa* telah berhasil mengungkapkan hukum segregasi pewarisan dari faktor yang mengatur sifat tanaman, yang sekarang kita sebut gen. Hal ini menjadi lebih jelas dengan disempurnakannya mikroskop pada awal abad XX, sehingga memungkinkan ilmuwan melihat khromosom, suatu struktur dalam sel hidup yang membawa gen. Pada periode ini telah dapat ditunjukkan adanya gen, letak gen pada khromosom, serta urutan gen dalam pemetaan genetik.

Pada awal dekade keenam abad XX, Watson dan Crick (1953) berhasil menggambarkan struktur dari asam deoksiribonukleat (DNA), bahan penyusun gen. DNA merupakan cetak-biru alami yang berisi petunjuk penciptaan suatu makhluk hidup yang unik. Selanjutnya Kornberg (1960) berhasil mengetahui bagaimana molekul DNA dibuat. Berdasarkan temuan-temuan tersebut, para ilmuwan dapat mengetahui gen-gen yang bertanggung jawab terhadap berbagai sifat. Di sini struktur DNA dapat diketahui. Demikian pula dengan kode genetik telah dapat diketahui maknanya.

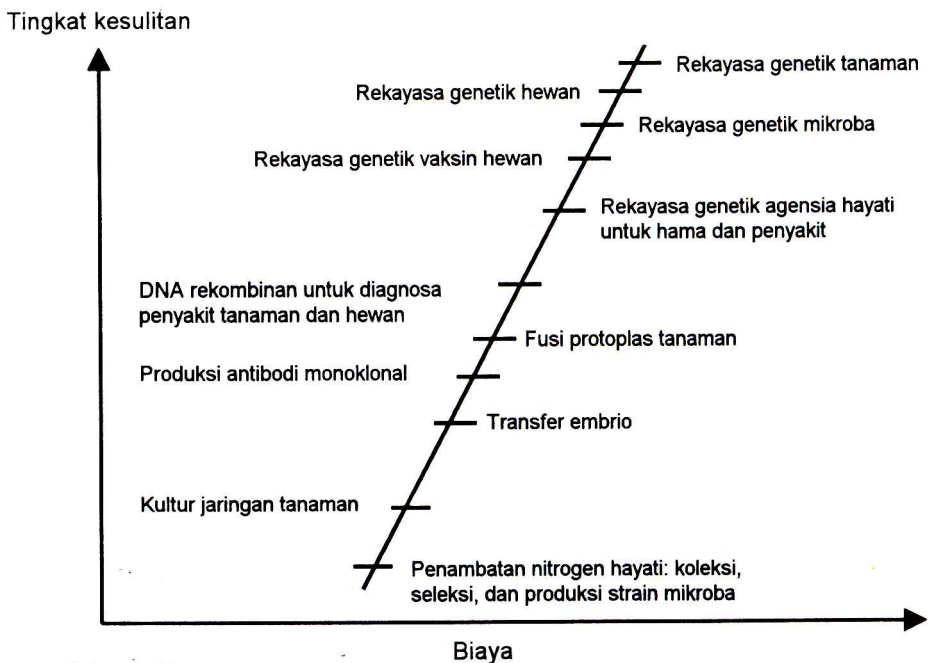
Pada tahun tujuh-puluhan telah dihasilkan teknologi baru, bioteknologi, yang memungkinkan peneliti mengisolasi dan mengidentifikasi DNA, mengidentifikasi, mengisolasi, dan memindahkan gen dari satu organisme ke dalam organisme lain (Southern, 1975; Grunstein dan Hogness, 1975; Paterson *et al.*, 1977; Bender *et al.*, 1979). Teknik ini dikenal sebagai modifikasi genetik atau rekayasa genetik, yang untuk pertama kali diaplikasikan pada penelitian kedokteran. Teknik ini menghasilkan DNA rekombinan, yaitu material genetik dari dua organisme yang

dikombinasikan kembali dengan cara baru. Dalam periode ini dimungkinkan adanya manipulasi dan pemindahan gen dari satu spesies ke spesies lain yang sama sekali tidak memiliki hubungan kekerabatan.

Rekayasa genetik atau disebut juga sebagai bioteknologi modern didasari oleh teknik-teknik baru seperti: (1) teknologi DNA rekombinan; (2) produksi antibodi monoklonal; dan (3) kultur sel dan jaringan. Kombinasi dari ketiga teknologi tersebut menjadi dasar dari rekayasa genetik tanaman, hewan, dan mikroba.

Teknologi DNA rekombinan adalah teknik-teknik untuk rekayasa genetik, yang memungkinkan manipulasi DNA sebagai materi genetik utama dalam sel. Antibodi monoklonal merupakan alat diagnosa spesifik yang memungkinkan deteksi cepat setiap protein yang dihasilkan dalam sel. Kemajuan yang telah dicapai dalam kultur sel dan jaringan akhir-akhir ini memungkinkan perbanyakan cepat dari sel yang direkayasa secara genetik.

Berdasarkan tingkat kesulitan dan besarnya biaya yang diperlukan untuk melaksanakan kegiatan penelitian, Jones (1990) menggambarkan tingkatan bioteknologi mulai dari teknologi yang relatif sederhana seperti seleksi strain mikro-organisme yang berguna sampai ke metode yang lebih kompleks dari rekayasa genetik tanaman dan hewan.



Gambar 1. Tingkatan bioteknologi.

Dengan adanya teknologi DNA rekombinan mulailah bermunculan hasil penelitian bioteknologi seperti vaksin untuk penyakit ternak (colibacillosis), insulin, tikus kecil transgenik yang memiliki hormon tumbuh dari tikus besar, transfer gen dari spesies tanaman satu ke spesies lain dari babi transgenik (OTA, 1984; Wyke, 1988). Tanaman transgenik yang pertama kali diuji lapang adalah tembakau dengan gen ketahanan terhadap herbisida pada tahun 1986 di Amerika dan Perancis.

Dalam kurun waktu sepuluh tahun (1986–1995) sejak tanaman transgenik pertama diuji lapang, sudah ada 3.647 tanaman transgenik yang diuji lapang di 34 negara maju dan negara berkembang (James dan Krattiger, 1996). Dari uji lapang sebanyak itu, ada delapan tanaman utama yaitu jagung, canola, kentang, tomat, kedelai, kapas, tembakau, dan melon/squash (Tabel 1). Sedangkan berdasarkan sifat yang dimasukkan ke dalam tanaman yang diuji ada enam kelompok sifat utama yaitu, toleran herbisida, kualitas produk (termasuk sifat agronomi), tahan hama, tahan virus, tahan cendawan, dan lain-lain (termasuk gen penanda, tahan bakteri, tahan nematoda dan penanda lainnya) (Tabel 2). Sampai pertengahan tahun 1996, sebanyak 46 dari tanaman transgenik yang diuji lapang tersebut sudah dipasarkan di delapan negara (Tabel 3.)

Tabel 1. Tanaman transgenik yang sering diuji lapang.

No	Tanaman	Jumlah	%
1.	Jagung	1.024	32,42
2.	Canola	665	21,05
3.	Kentang	362	11,46
4.	Tomat	353	11,17
5.	Kedelai	278	8,80
6.	Kapas	224	7,09
7.	Tembakau	161	5,10
8.	Melon/Squash	92	2,91
Total		3.159	100,00

Tabel 2. Sifat yang dimasukkan ke dalam tanaman transgenik.

No	Sifat	Jumlah	%
1.	Toleran herbisida	1.450	35,16
2.	Kualitas produk	806	19,54
3.	Tahan hama	738	17,90
4.	Tahan virus	466	11,30
5.	Tahan cendawan	109	2,64
6.	Lain-lain	555	13,46
Total		4.124	100,00

Tabel 3. Tanaman transgenik yang sudah dipasarkan.

Negara/tanaman	Sifat	Tahun
Amerika		
1. Canola	Perubahan minyak	1995
2. Jagung	Tahan hama (3); tahan herbisida (3)	1995 & 1996
3. Kapas	Tahan hama (1); tahan herbisida (3)	1995 & 1996
4. Kentang	Tahan hama (2)	1995 & 1996
5. Kedelai	Tahan herbisida	1995
6. Squash	Tahan virus	1995
7. Tomat	Pemasakan buah (5)	1994, 1995 & 1996
Argentina		
1. Kedelai	Tahan herbisida	1996
Australia		
1. Carnation	Awet segar (1); Perubahan warna (1)	1995
Canada		
1. Canola	Tahan herbisida (4); Asam laurat tinggi (1)	1995 & 1996
2. Jagung	Tahan hama (1); tahan herbisida (1)	
3. Kentang	Tahan hama	
4. Flax	Tahan herbisida	
5. Kedelai	Tahan herbisida	
Thailand		
1. Tomat	Awet segar	1995
2. Jagung	Tahan hama	1996
3. Kapas	Tahan hama	1996
Cina		
1. Tembakau	Tahan penyakit virus	1993
2. Tomat	Awet segar	1995
Eropa		
1. Tembakau	Tahan penyakit	
2. Canola	Kualitas minyak tinggi	1996
3. Kapas	Tahan hama, tahan herbisida	1996
4. Kedelai	Tahan herbisida	1996
5. Tomat	Awet segar	1996
Mexico		
1. Tomat	Awet segar	1995
2. Canola	Kualitas minyak tinggi	1996
3. Kapas	Tahan hama, tahan herbisida	1995
4. Kentang	Tahan penyakit virus	1996
5. Kedelai	Tahan herbisida	1996

PEMANFAATAN BIOTEKNOLOGI

Bioteknologi pertanian adalah suatu alat baru dalam ilmu perbaikan tanaman dan hewan. Teknik ini menggunakan teknologi penggabungan/penyambungan sel dan gen (DNA) untuk memperbaiki tanaman dan hewan, atau untuk menghasilkan produk baru.

Meskipun demikian, istilah bioteknologi pertanian juga digunakan untuk proses lain selain penyambungan gen. Sebagai contoh mikropropagasi (teknik yang digunakan untuk menghasilkan tanaman identik secara massal); diagnostik (untuk deteksi penyakit tanaman dan hewan); pupuk hayati (penggunaan cara alami seperti bakteri untuk memupuk tanaman); biopestisida (menggunakan agensia hayati seperti cendawan atau serangga pemangsa untuk melindungi tanaman dari hama).

Bioteknologi pertanian menyatukan berbagai disiplin ilmu seperti biologi, genetika, biologi molekuler, biofisika, biokimia, rekayasa kimia, dan ilmu komputer.

Aktivitas bioteknologi meliputi:

- ♦ penggunaan biologi molekuler untuk mempelajari cara kerja sel dan organisme, agar aktivitasnya dapat dikendalikan;
- ♦ modifikasi mikroba, sel, tanaman atau hewan dengan teknik DNA rekombinan dan metode lain selain pemuliaan tradisional; dan
- ♦ produksi substansi yang bermanfaat, seperti vaksin, dalam skala komersial dengan menggunakan mikroba, sel tanaman, sel hewan atau bagian dari sel.

Bioteknologi dapat memberikan dampak terhadap lingkungan dan kesehatan yang lebih baik, melalui pengurangan kebutuhan bahan kimia untuk obat-obatan, pestisida, dan pupuk.

Selain dapat meningkatkan efisiensi dalam pengembangan produk, bioteknologi pertanian dapat memberikan andil dalam meningkatkan produktivitas. Hal ini sangat diperlukan untuk mengimbangi peningkatan kebutuhan pangan akibat dari meningkatnya jumlah penduduk yang sangat pesat. Dengan demikian akan dapat membantu keberlanjutan sistem pertanian.

Penggunaan agensia hayati untuk dekomposisi limbah pertanian akan membantu terciptanya sistem pertanian yang aman terhadap lingkungan.

PERTANIAN DI ABAD XXI

Diterimanya persetujuan GATT akan mempercepat globalisasi ekonomi. Hal ini berarti, bahwa pertanian dan bioteknologi pertanian akan saling berpengaruh, dan dipengaruhi oleh perdagangan bebas internasional. Dalam era globalisasi, pasaran bebas menghendaki produk pertanian yang mampu bersaing dalam hal: kualitas,

harga, kuantitas dan ketepatan waktu pengadaan yang sesuai dengan kebutuhan konsumen. Dengan demikian akan banyak yang harus kita kerjakan dan benahi untuk mempersiapkan diri menghadapi perdagangan bebas abad XXI.

Untuk itu kita akan menghadapi berbagai tantangan yang berupa: (a) penambahan penduduk yang lebih besar dari tahun-tahun sebelumnya, yang akan memberikan tekanan yang lebih besar terhadap ketersediaan pangan dan sumber daya alam dalam beberapa dekade mendatang, (b) penciptaan teknologi baru untuk tanam, prosesing dan distribusi produk pangan guna mendukung tujuan dari keamanan pangan, dan (c) pemanfaatan dan pengelolaan sumber daya alam secara berkesinambungan.

Agar kita dapat bersaing dalam menghadapi perdagangan bebas, maka ada empat hal yang harus kita lakukan (Baharsyah, 1997):

- ◆ Menjamin dan menjaga keamanan pangan
- ◆ Meningkatkan produktivitas petani di sektor pertanian
- ◆ Meningkatkan pendapatan petani dan mengatasi kemiskinan
- ◆ Mencapai pengembangan pertanian yang terlanjutan

Maka jelaslah disini perlunya terobosan baru dalam menghasilkan teknologi maupun produk-produk baru. Seperti misalnya bioteknologi yang telah memungkinkan untuk memindahkan gen dari suatu organisme ke organisme lain yang tidak memiliki hubungan kekerabatan. Hal tersebut tidak mungkin dilakukan melalui persilangan tradisional. Dengan demikian diharapkan beberapa masalah yang dihadapi dalam usaha memantapkan ketahanan pangan nasional dapat diatasi dengan bioteknologi. Meskipun demikian masyarakat masih tetap ingin tahu bagaimana bioteknologi pertanian akan dapat mempengaruhi kesehatan, lingkungan dan keamanan dari pangan mereka. Jadi bioteknologi harus difokuskan pada masalah yang tidak mungkin dipecahkan secara konvensional dimana kita memiliki sumber daya genetik yang sangat diperlukan oleh pasar tetapi tidak dimiliki oleh negara lain.

Untuk dapat melaksanakan kegiatan bioteknologi diperlukan beberapa kegiatan dan perangkat yang berupa:

- ◆ Peningkatan dan pengembangan sumberdaya manusia, fasilitas laboratorium serta sumber dana yang berkesinambungan.
- ◆ Untuk dapat menguasai teknologi, yang umumnya dimiliki oleh negara-negara industri, kita harus mampu mengembangkan sistem kerja sama yang memungkinkan untuk memperoleh teknologi baru yang kita inginkan. Bukan malah sebaliknya kita harus membayar royalty karena teknologi yang kita perlukan mendapatkan perlindungan hak atas kekayaan intelektual (HAKI) atau yang sering kita dengar sebagai *intellectual property rights* (IPR).

- ◆ Pada umumnya apabila bioteknologi telah menghasilkan produknya yang berupa organisme transgenik, maka sebelum dipasarkan secara luas perlu lebih dulu diteliti dampak negatifnya terhadap lingkungan maupun organisme lainnya. Untuk itu diperlukan adanya aturan bagaimana mengetahui besarnya resiko yang mungkin ditimbulkan apabila suatu organisme transgenik dilepas di tempat yang baru. Aturan itu berupa peraturan keamanan hayati beserta perangkatnya yaitu komisi keamanan hayati.

KEAMANAN HAYATI

Keamanan hayati adalah keadaan, yang dihasilkan melalui upaya pencegahan terhadap produk bioteknologi pertanian hasil rekayasa genetik (PBPHRG) dapat mengganggu, merugikan dan/atau mengubah susunan asli genom dengan menggunakan teknik DNA rekombinan. Sampai saat ini masih banyak dibicarakan tentang kemungkinan adanya dampak negatif yang ditimbulkan oleh PBPHRG terhadap kesehatan manusia, keanekaragaman hayati, dan lingkungan.

Dalam upaya memanfaatkan bioteknologi secara efektif, efisien dan aman, telah disusun rancangan keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia tentang Ketentuan Keamanan Hayati Produk Bioteknologi Pertanian Hasil Rekayasa Genetik.

Rancangan tersebut memuat ketentuan umum, maksud dan tujuan, yaitu untuk mengatur dan mengawasi pemanfaatan PBPHRG serta bertujuan untuk menjamin keamanan dan kesehatan manusia, keamanan hayati dan lingkungan yang berkaitan dengan pemanfaatan PBPHRG. Sedangkan ruang lingkup dari rancangan tersebut mencakup pengaturan jenis-jenis, syarat-syarat, hak dan kewajiban, pemantauan dan pelaporan pemanfaatan PBPHRG serta pengawasannya.

Jenis-jenis produk bioteknologi pertanian hasil rekayasa genetik yang diatur dalam rancangan tersebut meliputi: hewan transgenik dan produknya, ikan transgenik dan produknya, tanaman transgenik dan bagian-bagiannya, dan jasad renik transgenik.

Pemanfaatan PBPHRG baik yang berasal dari dalam maupun luar negeri harus memperhatikan dan mempertimbangkan kaidah agama, etika, sosial budaya, dan estetika. Pemanfaatan tersebut meliputi antara lain pengembangan ilmu pengetahuan, penelitian, pemuliaan, produksi, dan peredaran termasuk perdagangan.

Setiap orang atau badan hukum yang akan memanfaatkan produk bioteknologi pertanian hasil rekayasa genetik harus mengajukan permohonan tertulis kepada Menteri Pertanian. Permohonan tersebut selanjutnya akan diteruskan kepada Komisi Keamanan Hayati (KKH), yang akan memberikan bahan-bahan tersebut kepada Tim Teknis Keamanan Hayati (TTKH) untuk dilakukan pengkajian risiko dan penentuan pengelolaan risiko.

Siapa pun yang telah mendapat persetujuan pemanfaatan PBPHRG berhak mendapat perlindungan kerahasiaan produknya yang berkaitan dengan aspek perdagangan atau komersial. Sebaliknya untuk produk yang telah disetujui untuk dimanfaatkan wajib diberi tanda agar setiap orang dapat mengetahui bahwa barang tersebut adalah produk bioteknologi pertanian hasil rekayasa genetik.

Guna memantau kemungkinan timbulnya dampak negatif dari produk bioteknologi pertanian hasil rekayasa genetik, kepada pihak yang telah mendapat persetujuan pemanfaatan PBPHRG wajib secara rutin membuat laporan pemanfaatan produknya. Di samping itu, pemantauan juga dilakukan oleh instansi yang terkait dengan pemanfaatan produk tersebut.

Pengkajian risiko dan pengelolaannya merupakan dua hal yang sangat penting dalam pemanfaatan bioteknologi secara efektif, efisien, dan aman. Mengingat terbatasnya sumber daya manusia yang terlatih untuk itu, maka peningkatan kemampuan dan keterampilan serta jumlah sumber daya manusia harus diprioritaskan, kalau kita ingin menuju ke arah itu. Satu hal lagi yang tidak kalah pentingnya yaitu harus diadakannya program pemasyarakatan bioteknologi dan keamanan hayati.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Bioteknologi pertanian merupakan alat yang dinamis untuk perbaikan produktivitas tanaman dan hewan. Mempunyai potensi untuk meningkatkan nilai dan produktivitas pertanian serta perlindungan dan pelestarian lingkungan.
2. Tidak banyak diragukan lagi bahwa bioteknologi dapat digunakan dalam pertanian, tetapi kecepatan penerapannya tergantung dari penerimaannya oleh masyarakat. Untuk itu diperlukan adanya pemasyarakatan bioteknologi beserta dampaknya, yang harus dibantu oleh kemampuan industri bioteknologi dalam mengatasi kecemasan masyarakat dengan menghasilkan produk yang lebih baik dan lebih aman terhadap kesehatan dan lingkungan.
3. Untuk dapat memanfaatkan bioteknologi secara maksimal, diperlukan adanya kebijakan dalam menetapkan teknologi yang akan digunakan untuk menunjang pembangunan pertanian. Hal ini sangat erat kaitannya dengan alih teknologi yang tidak dapat dipisahkan dari hak atas kekayaan intelektual, yang harus kita kuasai.
4. Selain adanya ketentuan keamanan hayati produk bioteknologi pertanian hasil rekayasa genetik, perlu segera dilakukan pengembangan sumber daya manusia yang mampu dan terampil dalam melakukan pengkajian dan pengelolaan risiko, agar pemanfaatan bioteknologi dapat dilakukan secara efektif, efisien dan aman, baik terhadap kesehatan manusia, keanekaragaman hayati dan lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Baharsyah, S. 1997.** Bioteknologi pertanian untuk memantapkan ketahanan pangan nasional. Makalah Disampaikan pada Pembukaan Seminar Perhimpunan Bioteknologi Pertanian Indonesia, Surabaya, 12-14 Maret 1997.
- Bender, W., P. Spierer, and D. Hogness. 1979.** Gene isolation by chromosome walking. *J. Supra. Mol. Struc.* 10 (suppl.): 32.
- Grunstein, M. and D. S. Hogness. 1975.** Colony hybridization: a method for the isolation of cloned DNAs that contain a specific gene. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 72: 3961-3965.
- James, C. and A.F. Krattiger. 1996.** Global review of the field testing and commercialization of transgenic plants, 1986 to 1995: The first decade of crop biotechnology. ISAAA Briefs No. 1. Ithaca, New York.
- Jones, K.A. 1990.** Classifying biotechnologies. *In* Pesley, G.J. (Ed.). *Agricultural biotechnology: opportunities for international development.* Biotechnology in Agriculture No. 2. CAB International.
- Kornberg, A. 1960.** Biological synthesis of deoxyribonucleic Acid. *Science* 131: 1503-1508.
- Mendel, G. 1865.** Experiment in plant hybridization. Reprinted *In* J.A. Peters (Ed.), 1959. *Classic Papers in Genetics.* Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall.
- OTA. 1984.** Commercial biotechnology: an international analysis. OTA-BA-218, Office of Technology Assessment, Washington, DC.
- Paterson, B.M., B.E. Roberts, and E.L. Kuff. 1977.** Structural gene identification and mapping by DNA-mRNA hybrid-arrested cell free translation. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 74: 4370-4374.
- Pesley, G.J. 1990.** Beyond Mendel's garden: biotechnology in the service of world agriculture. CAB International.
- Southern, E.M. 1975.** Detection of specific sequences among DNA fragments separated by gel electrophoresis. *J. Mol. Biol.* 98: 503-517.
- Watson, J.D. and F.H.C. Crick. 1953.** Molecular structure of nucleic acids: A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid. *Nature* 171: 737-738.
- Wyke, A. 1988.** The genetic alternative: a summary of biotechnology. *The Economist* (London).