

© 2002 Muhammad Arif Nasution  
Makalah Falsafah Sains (PPs 702)  
Program Pasca Sarjana / S3  
Institut Pertanian Bogor  
December 2002

Posted: 13 December, 2002

Dosen:  
Prof Dr Ir Rudy C Tarumingkeng (Penanggung Jawab)  
Prof Dr Ir Zahrial Coto  
Dr Bambang Purwantara

## **BIOLOGI MOLEKULER DAN KETAHANAN PANGAN NASIONAL**

Oleh :

**Muhammad Arif Nasution**

**E-mail: [ariefnasution@yahoo.com](mailto:ariefnasution@yahoo.com)**

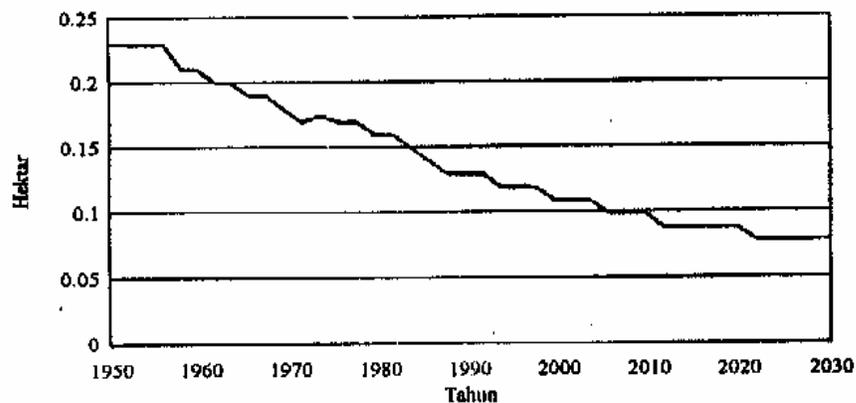
### **Pendahuluan**

Revolusi hijau (*green revolution*) yang dikumandangkan tahun 1960 yang ditandai dengan perbaikan bercocok tanam seperti penggunaan bibit unggul, penggunaan pupuk yang sesuai, pemberantasan hama dan penyakit yang lebih intensif serta berbagai tindakan lainnya, memungkinkan peningkatan produksi pangan yang berasal dari tanaman pangan diseluruh dunia meningkat. Indonesiapun tidak ketinggalan menyongsongnya. Sehingga tahun 1984 oleh Food and Agriculture Organization (FAO) Indonesia diakui telah berswasembada beras berkat jasa revolusi hijau. Dengan demikian pada saat itu kekhawatiran akan terjadi krisis pangan khususnya di Indonesia sebagai akibat tidak seimbangnya antara bahan makanan pokok dengan jumlah penduduk dapat diatasi.

Akibat dari pembangunan yang sangat pesat di berbagai bidang dalam beberapa tahun kemudian, lambat laun faktor-faktor produksi pertanian seperti lahan

produktif semakin banyak terkonversi menjadi lahan non pertanian. Brown and Kane, 1994 melaporkan bahwa di seluruh dunia terdapat kecenderungan akan terjadi drastisnya penurunan produksi padi-padian disebabkan semakin mengecilnya lahan yang tersedia untuk kegiatan pertanian perorang (Gambar 1). Pada tahun 1950 lahan yang dapat dimanfaatkan untuk aktivitas pertanian perorang sekitar 0,24 hektar, namun lahan tersebut hampir separonya (0,12 hektar) pada tahun 1993 dan diperkirakan hanya akan tinggal seluas 0,8 hektar pada tahun 2030 (Suranto, 1999). Di sisi lain ternyata kecenderungan penambahan penduduk yang terus meningkat.

Pada tahun 2030 diperkirakan bahwa penduduk dunia mencapai 8 milyar atau meningkat sebesar 2 milyar dari populasi sekarang (Anonim, 2000). Di Indonesia sendiri diperkirakan pada tahun 2010 penduduk mencapai 245,71 juta jiwa atau bertambah sebesar 33.78 juta jiwa dari sekarang. Pada saat itu kebutuhan beras diperkirakan 36,42 juta ton, padahal produksi hanya 29,42 juta ton. Sehingga defisit produksi mencapai 6,72 juta ton (Suryana A., 2002).



**Gambar 1. Lahan pertanian dunia yang dimanfaatkan untuk produksi padi-padian per orang pada tahun 1950-1993 dengan proyeksi untuk tahun 2030 (Brown & Kane 1994).**

Dari data di atas, Indonesia diperkirakan akan mengalami krisis pangan yang secara langsung dapat mengganggu ketahanan pangan nasional. Dan selanjutnya akan mengganggu stabilitas negara. Oleh karena itu peningkatan produksi pertanian perlu terus diupayakan seiring dengan peningkatan jumlah penduduk.

Peningkatan produksi pertanian dapat dilakukan melalui program ekstensifikasi, intensifikasi dan diversifikasi. Tanah atau lahan yang subur terkonsentrasi di Pulau Jawa, sementara itu lahan yang dapat ditanami di P. Jawa dari tahun ke tahun semakin berkurang dengan pengurangan kurang lebih 50.000 ha tiap tahun. Pada umumnya lahan pertanian berubah fungsi menjadi pemukiman, jalan dan industri (Soenarto, 2001).

Dengan demikian arah perluasan areal tanam adalah keluar Pulau Jawa. Tanah atau lahan di luar P. Jawa kondisinya tidak sebaik di Jawa. Pada umumnya merupakan lahan kering golongan Podsolik Merah Kuning, tanah-tanah rawa, tanah rawa pasang surut dan tanah gambut.

Agar program ekstensifikasi dapat terlaksana dengan baik pada lahan-lahan di luar P. Jawa tersebut yang kurang menguntungkan atau sub optimal, maka diperlukan varietas-varietas yang mampu beradaptasi pada lahan marginal tersebut. Keracunan aluminium, besi, pH rendah, dan kekeringan adalah kendala yang umum terjadi pada sebagian besar lahan ekstensifikasi di luar Pulau Jawa.

Selain itu terdapat kendala biotik seperti hama dan penyakit, karenanya diperlukan varietas unggul baru secara sinambung untuk mengantisipasi ancaman biotipe dan ras baru dari hama dan penyakit. Varietas seperti ini hanya dapat diperoleh melalui persilangan genetik antar kerabat jauh. Hal ini sulit terealisasi dengan cara konvensional sehingga untuk mengatasinya diperlukan terobosan-terobosan baru berupa pemanfaatan biologi molekuler (*gene revolution*).

### **Ruang Lingkup Pemuliaan Konvensional (Selektif) dan Rekayasa Genetika**

Banyak pakar memandang rekayasa genetika secara sederhana sebagai kelanjutan dari teknik pemuliaan konvensional karena kedua teknik itu pada dasarnya bertujuan untuk menggabungkan materi genetika dari sumber yang berbeda untuk menghasilkan organisme yang memiliki sifat-sifat baru yang berguna (Antonius, 1998) . Meskipun pada dasarnya rekayasa genetika dan pemuliaan konvensional memiliki kesamaan. Namun kedua teknik itu juga memiliki perbedaan-perbedaan penting (Tabel 1).

Tabel 1. Perbedaan antara pemuliaan konvensional dan rekayasa genetika.

<b>Parameter</b>	<b>Pemuliaan konvensional</b>	<b>Rekayasa genetika</b>
Tingkat	Organisme utuh	Sel atau molekul
Ketepatan	Sekumpulan gen	Satu gen tunggal
Kepastian	Perubahan genetika sulit atau tidak mungkin dikarakterisasi	Perubahan bahan genetika dapat Karaterisasi dengan baik
Batasan taksonomi	Hanya dapat dipakai dalam suatu spesies atau satu genus	Tidak ada batasan taksonomi

Dalam rekayasa genetika, kita memindahkan satu gen tunggal yang fungsinya sudah diketahui dengan jelas, sedangkan pada umumnya yang dipindahkan berupa kumpulan gen, meskipun dalam metode pemuliaan tanaman ada metode silang balik (back cross) yang tujuannya mentransfer satu gen sehingga diperoleh galur isogenik. Dengan meningkatkan ketepatan dan kepastian dalam manipulasi genetika, maka resiko untuk menghasilkan organisme dengan sifat-sifat yang tidak diharapkan dapat diminimumkan. Model uji coba (trial-and-error) dalam pemuliaan selektif dapat dibuat menjadi lebih tepat melalui rekayasa genetika.

Pemuliaan konvensional mengawinkan organisme dari satu spesies, dari spesies yang berbeda, atau kadang-kadang dari genus yang berbeda. Dalam rekayasa genetika sudah tidak ada lagi hambatan taksonomi. Manipulasi genetika tidak lagi terbatas pada sekelompok kecil variasi genetika. Bila kita inginkan suatu bahan genetika untuk disisipkan pada suatu organisme, maka tidak lagi menjadi masalah seberapajauh hubungan kekerabatan organisme pemilik bahan genetika tersebut. Sebagai contoh gen penyandi antibodi dari manusia dapat dipindahkan ke tanaman tembakau sehingga kita dapat memanen antibodi bukan dari hewan percobaan, yang sering kali kurang disukai oleh kelompok pencinta binatang, tetapi langsung dari ekstrak daun tembakau. Kemampuan memindahkan gen dari satu organisme ke organisme lain tanpa batasan taksonomi memungkinkan kita memanfaatkan sumber daya alam yang luar biasa, yaitu keragaman hayati (biodiversity). Tentu saja semua usaha itu dapat dilakukan dengan dampak yang minimal bila kita mau belajar dari kearifan proses-proses biologi yang mendasari keragaman tersebut.

### **Pemuliaan Tanaman dan Biologi Molekuler**

Pemuliaan tanaman konvensional menggunakan hasil observasi fenotipe, kadang-kadang didukung oleh statistika yang rumit dalam menyeleksi individu unggul dalam populasi pemuliaan. Namun demikian, tugas ini terkesan sulit karena kerumitan genetik dari sebagian besar sifat-sifat agronomi dan adanya interaksi yang kuat dengan faktor lingkungan.

Oleh karena itu pemuliaan tanaman di masa mendatang akan lebih mengarah kepada penggunaan teknik dan metodologi pemuliaan molekuler dengan menggunakan penanda genetik. Dengan penggunaan “pemuliaan molekuler” ini telah menjanjikan kesederhanaan terhadap kendala dan tantangan tersebut. Seleksi tidak langsung dengan menggunakan penanda molekuler yang terikat dengan sifat-sifat yang diinginkan telah memungkinkan studi individu pada tahap pertumbuhan dini, mengurangi permasalahan yang berkaitan dengan seleksi sifat-sifat ganda dan ketidaktepatan pengukuran akibat ekspresi sifat yang disebabkan oleh faktor eksternal lokus genetik ganda.

Selanjutnya oleh Moeljopawiro *dkk.*, 1993, menambahkan bahwa dengan kemajuan iptek di bidang biologi molekuler telah memberikan peluang untuk mengatasi keterbatasan itu, dimana beberapa aspek mikro dalam pemuliaan dapat diketahui dan dilakukan, antara lain : (1) identifikasi dan penentuan letak gen; (2) pemindahan gen tak terbatas; (3) peningkatan pemahaman proses genetik dan fisiologi tanaman; (4) perbaikan diagnosis penyakit dengan metode molekuler; (5) pengaturan produksi protein pada tanaman sereal dan kacang-kacangan untuk meningkatkan gizi; (6) memudahkan dalam menghasilkan dan menyeleksi tanaman tahan hama, penyakit dan cekaman lingkungan; serta (7) memungkinkan dilakukannya transformasi, kontruksi, dan ekspresi genetik melalui teknologi DNA.

### **Pendekatan Biologi Molekuler untuk mengatasi Krisis Pangan**

Usaha yang dilakukan untuk menanggulangi krisis pangan di Indonesia dengan pendekatan biologi molekuler, antara lain dengan merakit tanaman yang resisten terhadap serangan hama dan penyakit, serta toleran terhadap cekaman lingkungan (salin, kekeringan dan keracunan Al).

Dengan berhasilnya rekayasa genetika melalui metode kloning DNA, memungkinkan gen tunggal dari suatu spesies makhluk hidup dimasukkan ke dalam gen dari spesies makhluk hidup lainnya. Teknologi memanipulasi DNA yang dikerjakan dengan pencangkakan (kloning) tanpa melalui perkawinan disebut moleculair cloning atau recombinant DNA technology (Sitepoe, 2001).

Rekayasa genetika dalam bidang tanaman dilakukan dengan mentransfer gen asing ke dalam tanaman. Hasil rekayasa genetika pada tanaman seperti ini disebut tanaman transgenik. Sudah diperoleh beberapa tanaman transgenik yang toleran terhadap salinitas, kekeringan dan hama penyakit.

#### **Tanaman Transgenik Toleran salin**

Dengan teknologi kultur jaringan telah dapat dikembangkan tanaman transgenik toleran salin. Rekayasa genetika mentransfer gen dari padi liar yang toleran terhadap salin ke padi yang biasa digunakan sebagai bahan pangan melalui fusi protoplasma. Dapat juga ditransfer dari sejenis jamur yang tahan salin kepada tanaman yang akan dijadikan tanaman transgenik. Beberapa tomat, melon, dan barley transgenik yang toleran dengan salin (New Scientist, 1997 dalam Sitepoe, 2001)

#### **Tanaman Transgenik Tahan Kekeringan**

Tanaman tahan kekeringan memiliki akar yang sanggup menembus tanah kering, kutikula yang tebal mengurangi kehilangan air, dan kesanggupan menyesuaikan diri dengan garam di dalam sel. Tanaman toleran terhadap kekeringan ditransfer dari gen kapang yang mengeluarkan enzim trehalose. Tembakau salah satu tanaman transgenik yang dapat toleran dengan suasana kekeringan (Guardian Online, 1997 dalam Sitepoe, 2001).

#### **Tanaman Transgenik Resisten Hama**

*Bacillus thuringiensis* menghasilkan protein toksin sewaktu terjadi sporulasi atau saat bakteri membentuk spora. Dalam bentuk spora berat toksin 20% dari berat badan spora. Apabila larva insek memakan spora maka di dalam alat pencernaan larva insek, spora bakteri dipecah dan keluarlah toksin. Toksin masuk ke dalam membran sel alat pencernaan larva, mengakibatkan alat pencernaan mengalami paralisis, pakan tidak dapat diserap sehingga larva mati. Dengan membiakkan

*Bacillus thuringiensis* kemudian diekstrak dan dimurnikan maka akan diperoleh insektisida biologis (biopestisida) dalam bentuk kristal. Insektisida biologis serupa saja aplikasinya maupun untung ruginya dengan insektisida kimia lainnya. Oleh karena itu, pada tahun 1985 dimulai rekayasa gen dari *Bacillus thuringiensis* dengan kode gen Bt toksin (Feitelson *et al*, 1992).

Oleh Barton and Miller (1993), kloning Bt toksin dibedakan menjadi empat golongan besar gen: gen cryI spesifik untuk moths dan kupu-kupu; gen cryII khusus untuk lepidoptera (kupu-kupu), diptera (lalat), dan kumbang (coleoptera); gen cryIII untuk coleoptera; serta gen cryIV untuk diptera. Bt toksin gen merupakan gen tunggal. Tanaman tembakau untuk pertama kali merupakan tanaman transgenik pertama yang menggunakan gen Bt toksin, disusul famili tembakau, yaitu tomat dan kentang. Dengan sinar ultraviolet gen penghasil insektisida pada tanaman dapat diinaktifkan (Lal and Lal, 1990). Jagung juga telah direkayasa dengan menggunakan gen Bt toksin, tetapi diintegrasikan dengan plasmid bakteri *Salmonella paratyphi*, yang menghasilkan gen yang menonaktifkan ampicillin. Pada jagung juga direkayasa adanya resistensi herbisida dan resistensi insektisida sehingga tanaman transgenik jagung memiliki berbagai jenis resistensi hama tanaman. Bt toksin gen juga direkayasa ke tanaman kapas bahkan multiple-gene dapat direkayasa genetika pada tanaman transgenik. Toksin yang diproduksi dengan tanaman transgenik menjadi nonaktif apabila terkena sinar matahari, khususnya sinar ultraviolet (Sumber: Nottingham S, 1998).

Sejumlah tanaman transgenik toksin *Bt* telah berhasil diproduksi, antara lain kapas (*Bt* toksin terhadap *cotton boll worm*, produksi Monsanto, St. Louis, Missouri, Amerika Serikat; kini diuji coba secara terbatas di Sulawesi Selatan), kentang (*Bt* toksin terhadap *Colorado beetle*, produksi Mycogen, San Diego, California, Amerika Serikat), jagung (*Bt* toksin terhadap pengerek batang European, produksi Ciba Seed, Greensboro, California Utara, Amerika Serikat (Nasir, 2002).

### **Tanaman Transgenik Resisten Penyakit**

Dalam percobaan kloning "Bintje" yang mengandung gen thionin dari daun barli (DB4) yang memakai promotor 35S *cauliflower mosaic virus* (CaMV), dengan mengikutsertakan Bintje tipe liar yang sangat peka terhadap serangan

*Phytophthora infestans* sebagai kontrol, menunjukkan bahwa klon "Bintje" dapat mengekspresikan gen DB4. Jumlah sporangium setiap nekrosa yang disebabkan oleh *P. infestans* mengalami penurunan lebih dari 55% jika dibandingkan dengan tipe liar. Pendekatan ini sangat bermanfaat untuk menekan perkembangbiakan *P. infestans* sehingga kerugian secara ekonomi dapat direduksi.

Perkembangan yang menggembirakan juga terjadi pada usaha untuk memproduksi tanaman transgenik yang bebas dari serangan virus. Dengan memasukkan gen penyandi protein selubung {coat protein) Johnsongrass mosaik potyvirus (JGMV) ke dalam suatu tanaman diharapkan tanaman tersebut menjadi resisten apabila diserang oleh virus yang bersangkutan. Potongan cDNA dari JGMV, misalnya dari protein selubung dan protein nuclear inclusion body (Nib) dengan kontrol promotor 35S CaMV, mampu diintegrasikan pada tanaman jagung dan diharapkan akan dihasilkan jagung transgenik yang bebas dari serangan virus.

Hal serupa juga sedang digalakkan dengan rekayasa genetika pada tanaman padi-padian untuk mendapatkan varietas yang resisten terhadap virus padi. Di samping itu, usaha untuk meningkatkan kualitas beras seperti yang diinginkan oleh manusia juga sedang diusahakan. Jepang memberikan investasi yang cukup besar untuk penelitian dan pengembangan di bidang biologi molekul padi.

Virus JGMV adalah virus yang asam nukleatnya berupa utas tunggal RNA dengan panjang 9.7 kilo basa (kb), virus ini menyerang beberapa tanaman yang tergolong dalam famili Graminae, seperti jagung dan sorgum yang menimbulkan kerugian secara ekonomi cukup besar. Gejala yang ditimbulkan dapat diamati pada daun berupa mosaik, nekrosa, atau kombinasi keduanya. Akibat serangan virus ini, kerugian para petani dapat sangat tinggi atau bahkan tidak panen sama sekali.

Pada tahun 1960-an *Department of Primary Industry* di Queensland telah mengembangbiakkan suatu jenis sorgum baru yang berasal dari India yang resisten terhadap virus JGMV tipe liar (JGMV-Jg). Sorgum tersebut diberi nama sorgum Krish dan dipercayai mempunyai gen resisten N yang tahan terhadap serangan JGMV-Jg. Percobaan ini menghasilkan beberapa galur sorgum Krish (misal QL12) yang resisten terhadap JGMV-Jg dan telah disebarakan kepada petani dan memberikan keuntungan.

Tetapi pada tahun 1985, di Queensland telah ditemukan galur virus baru yang mampu menginfeksi sorgum Krish yang mengandung gen resisten. Akibat munculnya galur virus baru ini, kerugian yang dialami pemerintah negara bagian Queensland-Australia demikian besar.

Untuk membuktikan apakah benar bahwa gen penyandi protein selubung virus dari galur baru tersebut bertanggung jawab terhadap penghancuran sorgum Krish, usaha untuk mengonstruksi suatu jenis virus baru dengan jalan "swapping gene" CP dari kedua galur virus JGMV di atas dilakukan untuk mendapatkan virus rekombinan. Hal ini dapat dilakukan dengan mengeluarkan gen CP dari JGMV-Jg dalam urutan lengkap cDNANYA, kemudian disisipkan gen CP dari JGMV Krish-infecting strain sehingga hasil konstruksi ini akan mendapatkan virus rekombinan dengan seluruh susunan genomnya (9.7 kb) terdiri atas cDNA JGMV-Jg, tetapi gen CP-nya telah diganti dengan JGMV Krish-infecting strain.

Uji infeksi dari virus rekombinan tersebut secara *in vitro* pada inang sorgum Krish dan sorgum kontrol menunjukkan bahwa infeksi terjadi di kedua inang, sedangkan pada JGMV-Jg yang disintesis secara *in vitro* tidak mampu menginfeksi sorgum Krish. Temyata gen CPJGMV Krish-infecting strain ikut bertanggung jawab terhadap penghancuran sorgum Krish. Ini berarti bahwa dengan pendekatan biologi molekuler, masa depan untuk membuat tanaman sorgum atau jagung transgenik dengan menyisipkan CP JGMV Krish-infecting strain ke genom tanaman terbuka dan diharapkan dapat membantu mengatasi masalah penyakit virus.

Pada tahun 1986 kelompok peneliti Roger Beachy menunjukkan bahwa tanaman tembakau transgenik yang mengekspresikan protein mantel *tobacco mosaic virus* (TMV) terlindungi dari infeksi TMV. Begitu pula pada biji-biji labu kuning transgenik dengan protein mantel virus memberikan proteksi terhadap water melon mosaic virus 2 (dua) dan Zucchini *yellow mosaic virus* telah banyak dijual di Amerika Serikat. Teknik ini merupakan piranti handal dalam perbaikan tanaman, khususnya tanaman seperti kentang, yang diperbanyak secara vegetatif, dimana penyakit virus dapat ditransmisikan dari tahun ke tahun melalui material pertanaman vegetatif (Nasir, 2002).

Beberapa tanaman transgenik yang meliputi tanaman pangan dan industri telah dikembangkan dan sedang diteliti di Indonesia (Tabel 2 dan 3).

Tabel 2

## Tanaman transgenik yang telah dikembangkan di Indonesia

No	Tanaman	Gen	Sifat	Lokasi
1.	Jagung	Cry I ab	Tahan penggerek batang	Jawa Tengah
2.	Jagung	Cry I ab	Tahan penggerek batang	-
3.	Jagung	EPSPS	Herbisida glisofat	
4.	Jagung	Pin II	Tahan penggerek batang	
5.	Kapas	Cry I ab	Tahan penggerek bunga	Jawa Tengah
6.	Kapas	EPSPS	Tahan herbisida glisofat	Sul.Selatan
7.	Kedelai	EPSPS	Tahan herbisida glisofat	Jawa Tengah
8.	Kentang	Cry V	Tahan penggerek daun dan umbi	Jawa Tengah
9.	Padi	Cry I ab	Tahan penggerek batang	
10.	Padi	Cry I ab dan GNA	Tahan penggerek batang dan wereng coklat	

Sumber: Kompas, 2000

Tabel 3

## Tanaman transgenik yang sedang diteliti di Indonesia meliputi tanaman pangan dan tanaman industri

No.	Tanaman	Sifat	Gen
1.	Jagung	Tanaman penggerek batang	Pin II
2.	Kacang tanah	Tahan PSTV	CP
3.	Kakao	Tahan penggerek buah	Bt
4.	Kedelai	Tahan penggerek polong	Pin II
5.	Padi	Tahan penggerek batang dan wereng coklat	Bt dan GNA
6.	Tebu	Tahan penggerek batang	Bt
7.	Tembakau	Tahan TMV	CP
8.	Ubi jalar	Tahan hama boleng	Pin II

Sumber: Kompas, 2000

## Penutup

Dari ulasan di atas dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dengan memanfaatkan tanaman transgenik secara selektif kita dapat memanfaatkan semua lahan marginal menjadi produktif, sehingga kurangnya sumber daya lahan tidak menjadi kendala.
2. Dengan asumsi potensi lahan yang masih sangat luas tentu dapat menjamin kontinuitas produksi dari tanaman pangan untuk jangka panjang.
3. Bahwa pendekatan biologi molekuler cukup menjanjikan penyelesaian yang tuntas dan tepat sasaran dalam menghadapi masalah pangan di Indonesia. Oleh karena itu kiranya tidak berlebihan apabila usaha awal untuk merakit tanaman transgenik di negara kita ini perlu dilakukan supaya risiko yang bakal berdampak negatif pada manusia ataupun lingkungan dapat dikurangi. Kearifan dan tanggung jawab moral yang sangat tinggi merupakan salah satu modal utama dalam menekuni bidang rekayasa genetika ini.
4. Perlu ditingkatkan kemampuan sumber daya manusia di Indonesia dalam hal rekayasa genetika, agar ketergantungan akan bibit tanaman transgenik tidak terjadi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2000. Harian Kompas 18 September 2001
- Anonim, 2000. Transgenic Plants and World Agriculture. National Academy Press. Washington DC.
- Barton, K.A. and Miller M.J., 1993. Production *Bacillus thuringiensis* Insecticidal Protein in Plant *in* SD Kung and R Wud (eds) Transgenic Plants Vol.1, Engineering and Utilization, Academic Press New York.
- Brown, L.R. & H. Kane. 1994. Full House. Reassessing the Earth's Population Carrying Capacity. S. Linda (ed.), The Worldwatch Environmental Alert Series. London: W.W. Northon A Company.
- Lal, R. and Lal, S., 1990. Crop Improvement Utilizing Biotechnology. CRC Press. Boca Raton. Florida.
- Moeljopawiro S. dan Bustaman M., 1993. Pemuliaan dan Biologi Molekuler. Prosiding Simposium Kinerja Penelitian Tanaman Pangan III. Badan Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor.
- Nasir M., 2002. Bioteknologi Molekuler Teknik Rekayasa Generika Tanaman. Penerbit PT. Citra Aditya Bakti. Bandung.

- Nottingham S, 1998). Eat Your Gene. How genetically Modified food is entering our diet. Zed Books Ltd. London dan New York.
- Sitepoe M., 2001. Rekayasa Genetika. Penerbit. Grasindo. Jakarta.
- Sunarto, 2001. Peningkatan Produksi Pertanian melalui Penggunaan Varietas yang Toleran Cekaman Lingkungan. Pidato Pengukuhan Guru Besar. Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman Puwokerto.
- Suranto S., 1999. Krisis Pangan Dunia dan Prospek Pendekatan Biologi Molekul untuk Mengatasinya. Jurnal Ilmiah Hayati. Jur. Biologi Fak.MIPA IPB Bogor. Vol.6 No.2.
- Suryana A., 2002. Ketahanan Pangan : Mati-hidupnya Bangsa Kita Dikemudian Hari. Makalah Seminar Nasional Forum WACANA Indonesia. Bogor.
- Suwanto A., 1998. Bioteknologi Molekuler: Mengoptimalkan Manfaat Keanekaan Hayati melalui Teknologi DNA Rekombinan. Jurnal Ilmiah Hayati. Jur. Biologi Fak.MIPA IPB Bogor. Vol.5 No.1.