

ADOPSI TANAMAN TRANSGENIK DAN BEBERAPA ASPEK PERTIMBANGANNYA

I WAYAN KARMANA
FPMIPA IKIP Mataram

ABSTRAK

Tanaman transgenik adalah tanaman hasil rekayasa gen dengan cara disisipi satu atau sejumlah gen (*transgene*) yang merupakan salah satu kemajuan bioteknologi yaitu *Genetically Modified Organism* (GMO), untuk mengatasi masalah pangan, kesehatan dan kualitas hidup. Disatu sisi penggunaan tanaman ini menguntungkan, namun disisi lain juga mempunyai kelemahan yang berkaitan dengan dengan uji keamanan pangan untuk kesehatan dan keamanan aspek lingkungan. Oleh karena itu adopsi tanaman ini hendaknya dibutuhkan beberapa pertimbangan yang arif, baik dilihat dari aspek agama, legalitas (hukum), kesehatan, sosio-ekonomi, perkembangan iptek, dan aspek etika lingkungan.(bioetika).

Kata kunci: Adopsi, tanaman transgenik, bioetika

PENDAHULUAN

Pertumbuhan populasi penduduk dunia yang sangat pesat dewasa ini sebagai akibat dari angka kelahiran (*natalitas*) yang tinggi menyebabkan konsekuensi yang besar terhadap upaya-upaya pengadaan dan peningkatan suplai pangan dunia. Salah satu alternatif untuk mengatasi permasalahan di atas ditempuh dengan menerapkan bioteknologi untuk pertanian.

Menurut Matsui, Miyazaki, dan Kasamo (1997) dalam Susiyanti (2003), salah satu teknik yang dapat diterapkan adalah teknologi transgenik yang merupakan bagian dari rekayasa genetika (RG). Salah satu produk RG yang dikenal saat ini adalah tanaman transgenik (Muladno, 2002; Elrod & Stansfield, 2007).

Tanaman transgenik dihasilkan dengan cara mengintroduksi gen tertentu ke dalam tubuh tanaman, sehingga diperoleh sifat yang diinginkan. Jenis-jenis tanaman transgenik yang telah dikenal diantaranya tanaman tahan hama, toleran herbisida, tahan antibiotik, tanaman dengan kualitas nutrisi lebih baik, serta tanaman dengan produktivitas yang lebih tinggi.

Teknologi transgenik pertama kali dikembangkan oleh Herbert Boyer dan Stanley Cohen pada tahun 1973 (BPPT, 2000 dalam Susiyanti, 2003). Sejak saat itu, semakin banyak jumlah transgenik (komoditas hasil rekayasa genetika) yang dibuat dan disebarluaskan ke dunia. Enam belas tahun sejak diperkenalkan (1988), terdapat 23 tanaman transgenik. Jumlah ini meningkat pesat pada 1989 menjadi 30 tanaman dan pada tahun 1990 meningkat lagi menjadi 40 tanaman. Perakitan macam tanaman transgenik ini diikuti pula oleh bidang industri dengan perluasan lahan tanam transgenik. Dokumen FAO tahun 2001 menunjukkan luasan tanaman transgenik di dunia sudah mencapai 44.2 juta hektar dan sebagian besarnya terdiri dari kedelai (58%) dan jagung (23%) (Widodo, tanpa tahun).

Di satu sisi perkembangan pemanfaatan tanaman transgenik sebagai komoditi pangan cukup pesat dan terlihat menjanjikan, namun di sisi lain terdapat berbagai kekhawatiran dan keresahan masyarakat terhadap penggunaan tanaman transgenik, terutama menyangkut kesehatan masyarakat dan aspek lingkungan, sehingga penggunaan tanaman transgenik masih banyak menuai pro dan kontra di kalangan masyarakat.

Sikap Pro dan kontra penggunaan tanaman transgenik juga terjadi di Indonesia. Pemakaian tanaman transgenik di Indonesia, terutama diprotes keras oleh kalangan aktivis lingkungan dan petani. Seperti diberitakan oleh Intisari (2003), empat lembaga non-pemerintah/LSM (KONPHALINDO, YLKI, PAN Indonesia, dan ICEL) terang-terangan menolak SK Menteri Pertanian No. 107/Kpts/KB/430/2/2001 tentang Pelepasan Terbatas Kapas Transgenik Bt DP 5690B sebagai Varietas Unggul, dan ditanam di tujuh kabupaten di Sulawesi Selatan (Susiyanti, 2003).

Dokumen FAO tahun 2001 menjelaskan bahwa penggunaan produk transgen (yang mencakup tanaman, hewan dan mikroorganisme) atau disebut GMO (*genetically modified organism*) berkaitan erat dengan etika pangan dan etika pertanian dunia. Akibatnya pembahasan mengenai penggunaan tanaman transgenik tidak

lagi hanya berupa keamanan pangan, melainkan juga mempertimbangkan hak konsumen dan dampak lingkungan dari pengembangan dan komersialisasi GMO (Widodo, tanpa tahun).

PEMBAHASAN

Tanaman transgenik merupakan hasil tanaman dari introduksi gen tertentu ke dalam tubuh tanaman sehingga diperoleh sifat yang diinginkan.

Beberapa tanaman transgenik dalam bidang pertanian, seperti halnya dengan jagung Bt, dimana jagung ini disisipi gen bakteri *Bacillus thuringiensis* yang mampu memproduksi kristal protein untuk membunuh serangga pengganggu sehingga jagung ini lebih tahan terhadap serangan hama. Contoh lain adalah beras *golden rice* yang disisipi gen untuk memproduksi beta karoten sehingga meningkatkan nilai nutrisi beras (Motulo dalam Darmasiwi, 2007). Selain itu ada kapas, ubi jalar, kedelai, kentang gula bit, dan tomat (Brandner, 2002). Jenis-jenis tanaman transgenik tersebut diantaranya adalah kelompok tanaman tahan hama, toleran herbisida, tahan antibiotik, tanaman dengan kualitas nutrisi lebih baik, serta tanaman dengan produktivitas lebih tinggi. Tanaman transgenik resistensi terhadap penyakit, tahan terhadap kekeringan, dan penambahan kandungan gizi (Brandner, 2002; Muladno, 2002)).

Tanaman transgenik memiliki beberapa keuntungan seperti: (1) dari aspek pertanian (*agriculteur*) dapat meningkatkan hasil atau produksi, (2) dari aspek lingkungan dapat mengurangi penggunaan pestisida, herbisida, (3) aspek gizi mampu meningkatkan kualitas bahan makanan, dan (4) aspek kesehatan mampu mencegah penyakit yang menyebar melalui makanan seperti vaksin-vaksin.5). untuk mendeteksi makanan yang dihasilkan dari transgenik biasanya dilakukan dengan metode uji ELISA (*ImmunoSorbent Enzym Linked Assay*) dan uji DNA. Teknik uji ELISA biayanya lebih murah dibanding dengan uji DNA, menawarkan hasil lebih cepat dan dapat dilaksanakan di tempat.

Walaupun menguntungkan tetapi mempunyai kelemahan seperti dapat menimbulkan alergi dan keracunan, merusak lingkungan, resistensi antibiotik, penyebaran gen-gen tertentu kepada tanaman non-sasaran melalui persilangan dan pemencaran (Brandner, 2002). Untuk mendeksi makanan tidak dapat bekerja baik pada makanan yang diproses karena panas, karena dapat menghancurkan protein. Berbeda dengan uji DNA yang lebih mahal, tidak bisa dilaksanakan di satu tempat dan memerlukan waktu beberapa jam sampai selesainya, tetapi lebih akurat (Brandner, 2002)

Sikap Pro-Kontra Masyarakat Terhadap Penggunaan Tanaman Transgenik

Penggunaan tanaman transgenik hingga saat ini, masih menuai sikap pro dan kontra di dalam masyarakat. Masyarakat yang pro pada penggunaan tanaman transgenik terutama melihat pada potensi pemanfaatan tanaman transgenik untuk mengatasi krisis pangan, dan cenderung berpendapat penggunaan transgenik tidak berbahaya. Sedangkan masyarakat yang kontra pada penggunaan transgenik karena menganggap tanaman transgenik belum dievaluasi mendetail untuk keamanan tingkat konsumsinya bagi manusia, bagi lingkungan dan mempertanyakan asal-usul gen yang diintroduksi ke dalam tanaman. Untuk mendapatkan gambaran yang jelas mengenai pro dan kontra yang terjadi di masyarakat non formal (non sekolah) dan sikap masyarakat formal (sekolah) terutama sikap para pendidik (guru) dapat diuraikan sebagai berikut

Masyarakat yang pro pada penggunaan tanaman transgenik berdasarkan pada asumsi bahwa dalam dunia pertanian tanaman pangan dan kehutanan, transgenetika dapat dikatakan bertujuan mulia, yaitu demi keuntungan petani maupun pengolah hasil pertanian. Sebagian besar tanaman budidaya transgenik berupa tanaman-tanaman yang memiliki ketahanan terhadap hama serangga (Widodo, tanpa tahun). Ketahanan terhadap serangga dikarenakan tanaman ini mampu memproduksi toksin bakteri *Bacillus thuringiensis*, agen pengendali hama (serangga) secara organik, karena telah disisipi gen penghasil toksin tersebut. Adanya kemampuan ini menurunkan penggunaan herbisida, zat kimia pertanian (*agrochemicals*) yang biasa digunakan untuk mengendalikan tanaman pengganggu (gulma). Sehingga efisiensi pertanian menjadi meningkat. Contoh tanaman transgenik yang tahan hama ini misalnya kapas Bt, kedelai Bt dan jagung Bt (Widodo, tanpa tahun).

Peningkatan produktivitas hasil/produk pertanian juga menjadi target dari pengembangan tanaman transgenik. Misalnya menambah ketebalan daging buah tomat (varietas Zeneca dan Petoseed). Sedangkan Untuk kanola (penghasil *oilseed*), penelitian terfokus pada perbaikan mutu nutrisi kanola dengan

mempertinggi kadar vitamin E atau memodifikasi keseimbangan asam lemak (Mardiana, 2002 *dalam* Susiyanti, 2003).

Selain untuk mengefisiensikan operasional pertanian, tanaman transgenik juga dimanfaatkan dalam bidang kesehatan masyarakat. Misalnya melalui keberhasilan menyisipkan gen insulin manusia (humulin) ke dalam bakteri yang kemudian disisipkan ke sel tanaman kacang-kacangan sehingga memungkinkan tanaman tersebut menjadi penghasil insulin yang bermanfaat untuk pengobatan diabetes. Atau keberhasilan pemenuhan vitamin A dari beras emas (*golden rice*). Beras emas adalah beras dari tanaman padi yang telah disisipi 3 gen dari tanaman daffodil dan bakteri. Ketiga gen sisipan tersebut membuat beras emas mampu memproduksi enzim yang menyebabkan beras dapat membentuk beta-carotene, yang di dalam tubuh manusia dapat dikonversi menjadi vitamin A. Melalui RG juga dapat dihasilkan produk transgenik yang bernilai gizi lebih tinggi daripada tanaman asli, misalnya tomat, labu, dan kentang, yang mengandung kadar vitamin A, C, dan E yang tinggi; jagung dan kedelai, yang mengandung lebih banyak asam amino esensial; kentang dengan kadar pati yang lebih tinggi serta mempunyai kemampuan menyerap lemak yang lebih rendah; daun bawang dengan kandungan allicin (bahan yang berkhasiat menurunkan kolesterol) yang lebih banyak; padi dengan kandungan vitamin A yang tinggi dan padi yang mengandung zat besi; bahkan pisang yang mengandung vaksin (Rozanah, 2002).

Pengembangan tanaman transgenik lain yang berkaitan erat dengan bidang kesehatan adalah kentang, labu, pepaya, melon, tomat, dan tanaman yang direkayasa agar tahan virus, awet segar, dan bernilai gizi tinggi. Penelitian tanaman transgenik lain yang masih terus dikembangkan adalah pembuatan varietas pepaya transgenik UH Rainbow tahan terhadap virus *ring spot* di Hawaii, pembuatan tomat transgenik dengan kadar nutrisi lebih tinggi dan menunda kematangan tomat (supaya tak cepat membusuk). Selain itu, ada pula pisang transgenik yang direkayasa untuk menghasilkan vaksin penyakit infeksi tertentu yang dapat dimakan. Bahkan, baru-baru ini dilakukan evaluasi terhadap produk pisang transegenik berisi virus non-aktif (dilemahkan) penyebab kolera, hepatitis B, dan diare (Mardiana, 2002 *dalam* Susiyanti, 2003).

Berdasarkan catatan pengembangan teknologi transgenik, kita juga mengetahui keuntungan lain tanaman transgenik adalah menghasilkan varietas yang mampu menjadi media penetralisasi polusi lingkungan, seperti kapas transgenik yang dapat menyerap kandungan merkuri dari tanah yang terkontaminasi, atau pohon jenis mustard transgenik yang digunakan untuk menyerap selenium dalam jumlah yang membahayakan kepentingan manusia (Irawan, 2006).

Kompas Edisi Januari 2000 memuat prakiraan keuntungan penggunaan tanaman transgenik sebagai berikut:

1). Panen tinggi : Tanaman hasil rekayasa genetik dapat membantu memperbaiki jumlah dan kualitas panen di lahan marjinal seperti tanah asam dan tandus, 2).Perbaikan nutrisi : Produk tanaman, kedelai misalnya, bisa dimodifikasi mengandung lebih banyak protein, zat besi, untuk mengatasi anemia. Baru-baru ini, ilmuwan Eropa berhasil memasukkan vitamin A pada padi, 3).Perbaikan kesehatan : Vaksin di dalam produk tanaman akan mempermudah pencapaian sasaran dan cakupan, 4). Sedikit bahan kimia : Tanaman rekayasa genetik yang sudah dibuat tahan hama dan gulma misalnya, tidak memerlukan lagi pestisida dan herbisida.

Karena alasan-alasan yang dikemukakan di atas, maka transgenik merupakan suatu potensi yang dapat dimanfaatkan bagi kesejahteraan publik. Teknologi ini potensial untuk mengatasi masalah masa depan ketahanan pangan yang akan dihadapi bangsa, karena masalah-masalah struktural sektor pertanian yang sulit diatasi, seperti terjadinya alih fungsi lahan, jenuhnya kesuburan tanah-tanah (terutama di Jawa) yang mengancam produktivitas pangan. Begitu juga teknologi ini bisa menjadi solusi untuk masalah over fishing sektor perikanan, yang menyebabkan jumlah dan keragaman ikan menjadi berkurang.

Sedangkan pada masyarakat yang kontra terhadap penggunaan transgenik karena mengkhawatirkan dampak yang ditimbulkan konsumsi tanaman transgenik terhadap kesehatan dan lingkungan. Hal ini terjadi karena tanaman transgenik belum dievaluasi penggunaannya secara mendetail dalam jangka panjang sebelum dilepaskan ke pasaran.

Terhadap kesehatan manusia, tanaman transgenik tahan hama diduga dapat menimbulkan keracunan bagi konsumennya. Hal ini didasarkan pada fakta bahwa tanaman tahan serangga yang diintroduksi dengan gen Bt yang bersifat racun terhadap serangga, juga akan berakibat racun pada manusia. Sanggahan yang muncul adalah gen Cry I Bt hanya kompatibel pada golongan Lepidoptera, sedangkan gen Cry III Bt kompatibel

pada Coleoptera. Namun ini barulah semacam praduga karena belum dapat menyajikan bukti ilmiah. Sementara penelitian yang dilaksanakan Fares dan El Sayed (1998), melakukan percobaan memberi makan tikus dengan kentang transgenik Bt var. Kurstaki Cry 1. Hasil yang diperoleh ternyata memperlihatkan gejala villus ephitelial cell hypertrophy, multinucleation, disrupted microvili, degenerasi mitokondrial, peningkatan jumlah lisosom, autofagic vacuoles, serta pengaktifan crypt paneth cell (Motulo, dalam Darmasiwi, 2007; Anonim, 2008).

Tanaman transgenik juga diduga dapat menimbulkan kemungkinan alergi jenis baru akibat ditambahkan protein tertentu ke dalam tanaman, misalnya pada kedelai transgenik yang diintroduksi dengan gen penghasil protein metionin dari tanaman brazil nut, diduga menimbulkan alergi terhadap manusia. Lewat uji *skin prick-test* menunjukkan kedelai transgenik positif sebagai alergen. Bantahan kedelai transgenik bertindak sebagai alergen adalah karena alergen memiliki sifat stabil dan membutuhkan waktu yang lama untuk terurai dalam sistem pencernaan, sedangkan protein bersifat tidak stabil dan mudah terurai oleh panas pada suhu $>65^{\circ}\text{C}$ yang jika dipanaskan tidak berfungsi lagi. Sehingga protein kedelai yang telah mengalami proses pemanasan tidak bertindak sebagai alergen. Dalam hal ini, lagi-lagi pendapat tersebut masih berupa asumsi. Akan tetapi, memang saat ini belum ada cara yang dapat diandalkan untuk menguji makanan RG yang bersifat allergen, sehingga kasus ini masih berupa prediksi yang belum jelas kesimpulannya. Tanaman *golden rice* yang diklaim sangat bermanfaat pun ternyata setelah diuji tidak hanya memproduksi beta karoten, tetapi juga *lutein* dan *zeaxanthin*, dua senyawa yang belum diketahui pengaruhnya terhadap kesehatan (Nestle, 2003 dalam Cahyadi, 2006).

Tanaman transgenik yang diintroduksi dengan antibiotik Kanamicyn R (Kan R) jika dikonsumsi oleh manusia diduga dapat menyebabkan resistensi bakteri dalam tubuh manusia akibat pemaparan dengan antibiotik secara kontinu. Bantahan yang sementara muncul adalah hanya kecil sekali probabilitas pertukaran (transfer) horizontal gen Kan-R dari tanaman ke usus manusia karena gen tersebut telah bergabung (*inkorporasi*) dengan tanaman dan tanaman tidak memiliki gen untuk menggabungkannya dengan gen manusia (Motulo, dalam Darmasiwi, 2007).

Bagi lingkungan, tanaman transgenik diyakini dapat berdampak buruk. Salah satu dampaknya adalah polusi gen. Tanaman transgenik yang dapat dikatakan super karena memiliki kelebihan dibandingkan tanaman asli dapat menyaingi dan tanaman asli sehingga dapat mengancam keberlanjutan kehidupan tanaman asli. Tanaman transgenik yang langsung dilepas ke alam, tanpa evaluasi dampak terlebih dahulu juga ditakutkan dapat melakukan pertukaran gen dengan tanaman asli melalui penyebaran serbuk sari sehingga menyebabkan tanaman berubah menjadi tanaman transgenik seluruhnya atau dapat dikatakan terjadi penularan sifat termutasinya pada tanaman non transgenik. (Cahyadi, 2006).

Perpindahan gen dapat juga terjadi pada uji lapangan, meski di lokasi yang sangat terisolasi untuk mencegah terjadi penyerbukan silang. Persilangan antara tanaman transgenik dengan tanaman liar sangat mungkin terjadi, seperti dilaporkan Rissler dan Mellon, yaitu antara *Brassica napa* transgenik dengan kerabat liarnya *Brassica campestris*, *Hirscheldia incana*, dan *Raphanus raphanistrum* (Mae-Wan Ho, 1997). Karena di alam banyak faktor yang berpengaruh, seperti angin, kupu-kupu, kumbang, tawon, dan burung. Tidak ada jaminan serbuk sari tidak berpindah ke kerabat tanaman itu atau gulma sehingga menjadi lebih kuat karena resisten terhadap hama. Jika kerabat dekat tanaman Bt berupa gulma, bisa-bisa menjadi resisten dan sukar dikendalikan. Terjadinya penyerbukan silang yang akan memindahkan gen-gen asing ke tanaman lain (gulma), bisa memunculkan gulma super yang resisten hama penyakit dan herbisida. Gen-gen pengendali hama yang menyebar ke tanaman liar itu akan melenyapkan secara besar-besaran spesies serangga dan hewan (Hartiko, dalam Susiyanti, 2003).

Kekhawatiran terhadap produk GM memunculkan "Surat Terbuka Ilmuwan Dunia kepada Seluruh Pemerintah Dunia". Surat tertanggal 21 Oktober 1999 itu ditandatangani 136 ilmuwan dari 27 negara. Isinya, antara lain meminta penghentian segera seluruh pelepasan tanaman rekayasa genetika (*Genetically Modified Crops*) dan juga produk rekayasa gen (*Genetically Modified Products*). Alasannya, tanaman transgenik tidak memberikan keuntungan. Hasil panennya secara signifikan rendah dan butuh lebih banyak herbisida. Makin memperkuat monopoli perusahaan atas bahan pangan dan memiskinkan petani kecil. Mencegah perubahan mendasar pada upaya pertanian berkelanjutan yang dapat menjamin keamanan pangan dan kesehatan dunia. Selain itu juga berbahaya terhadap keanekaragaman hayati (*biodiversity*) dan kesehatan manusia dan hewan.

Penyebaran horizontal gen penanda (*marker genes*) yang tahan antibiotika dalam tanaman transgenik dapat mempersulit pengobatan penyakit menular yang mengancam kehidupan, dan penyakit itu kemudian

akan meledak dan menyebar ke seluruh dunia. Temuan terbaru menunjukkan, penyebaran horizontal gen penanda dan DNA transgenik lainnya dapat terjadi, tak hanya melalui sistem pencernaan, melainkan juga lewat saluran pernapasan karena menghirup serbuk sari atau debu. *Cauliflower mosaic viral promoter* yang banyak digunakan dalam tanaman transgenik dapat meningkatkan transfer gen secara horizontal dan berpotensi menghasilkan virus baru yang menyebarkan penyakit baru (*Berita Bumi*, Oktober 1999).

Penggunaan tanaman transgenik yang diintroduksi dengan gen Bt juga diyakini tidak hanya membunuh hama di lingkungan pertanian. Namun juga membunuh dan merusak organisme (serangga) lain secara sporadis seperti kupu-kupu, belalang, lebah, serangga penyerbuk lainnya, dan makhluk hidup lainnya yang memakan hama tanaman (Cahyadi, 2006). Kenyataannya, jagung Bt telah menurunkan populasi kupu-kupu monarch yang banyak berperan dalam penyerbukan dan mengganggu daya reproduksi burung di Irlandia (Anonim, 2000). Ilmuwan Swiss menyimpulkan, tanaman jagung Bt merugikan serangga bermanfaat dan racun Bt terakumulasi dalam tanah sehingga merugikan ekosistem tanah. Penanaman secara luas varietas Bt mempercepat terjadi evolusi resisten racun Bt pada hama serangga. Dan bila hama telah resisten terhadap racun Bt, maka akan sulit mengefektifkan pengendalian hama secara hayati. Kalau itu terjadi serentak dan meluas, betapa "evolusi hijau" kedua akan terjadi. Tatanan ekosistem dan kelestarian hayati pun akan terganggu (Susiyanti, 2003).

Saat ini efektivitas tanaman transgenik sendiri masih dipertanyakan karena terungkap di Kanada penggunaan jagung Bt tidak menurunkan jumlah penggunaan pestisida dan tidak meningkatkan hasil panen. Penelitian di Kosta Rika menunjukkan, ulat dan nematoda yang makan daun jagung Bt malah gemuk-gemuk. Padahal produsen transgenik selalu mengklaim, tanaman transgenik adalah harapan ma-sa depan karena bisa memperbaiki jumlah dan mutu hasil panen, serta membantu negara berkembang meningkatkan kesejahteraan petaninya (Jhamtani, dalam Anonim, 2000). Produk transgenik lain yang juga tidak menunjukkan sukses di lapangan, misalnya *tomat flavrsavr* yang direkayasa agar pematangannya terhambat untuk memudahkan pengangkutan, ternyata kulitnya menjadi tipis sehingga rusak bila dipanen dengan mesin. Padahal kulit rusak justru mempercepat proses pematangan dan pembusukan. (Anonim, 2000).

Secara ringkas, Kompas edisi Januari 2000, memperkirakan resiko kerugian akibat penggunaan tanaman transgenik yang disitir dari Asiaweek sebagai sumbernya sebagai berikut:

- 1). Timbulnya alergi baru : Manipulasi genetik sering memanfaatkan protein dari organisme yang tidak pernah dimakan. Padahal diketahui banyak penyebab alergi berasal dari protein,
- 2). Resistensi antibiotik : Gen yang resisten terhadap antibiotik yang sering digunakan sebagai penanda untuk menyeleksi sel-sel transgenik, mungkin saja pindah ke manusia atau organisme lain yang bisa menimbulkan masalah kesehatan,
- 3). Virus baru : Gen virus pada tanaman untuk membuatnya tahan terhadap serangan virus, bisa saja bergabung dengan mikroba baru yang menginfeksi tumbuhan itu, sehingga bisa menghasilkan hibrid baru yang lebih ganas,
- 4). Gulma baru : Pada lingkungan yang lebih luas, mungkin saja gen tahan herbisida yang diintroduksi ke tanaman pindah melalui serbuk sari yang menyerbuki gulma sekitarnya. Muncullah gulma super yang sulit ditangani dan menghancurkan ekosistem,
- 5). Hama resisten : Pemaparan terus-menerus dari tanaman yang bisa menghasilkan pestisida sendiri bisa menyebabkan hama menjadi kebal dan membuat racun pestisida itu akhirnya tidak efektif.

Kebijakan yang Arif

Kontroversial penggunaan suatu produk teknologi maju termasuk bioteknologi harus dapat diatasi secara bijaksana. Salah satunya dengan pembuatan suatu produk hukum yang bersifat legal. Indonesia terkesan lambat dalam membuat Undang-undang Keamanan hayati. Pemerintah dapat menerima masukan sebanyak-banyaknya dari masyarakat, kemudian dibuat suatu pedoman standar yang mengikat dan mempunyai kekuatan hukum tetap dari tanaman transgenik dan produk olahannya (Mardiana, 2000). Selain itu, informasi mengenai konstruksi dan evaluasi tanaman transgenik dan produk olahannya dipandang perlu seperti disarankan oleh YLKI dan Konphalindo dalam Mardiana (2000) yang mendesak pemerintah guna mengambil langkah-langkah sebagai berikut :

- 1). Mengadakan moratorium atas impor, penjualan dan pelepasan makanan dan produk transgenik hingga ada peraturan yang jelas dan ada bukti keamanannya,
- 2). Menyusun Undang-undang keamanan hayati dan pangan,
- 3). Meratifikasi protokol Cartagena, menyusun peraturan pelaksanaannya dengan menggunakan protokol tersebut sebagai standar minimum,
- 4). Mengadakan dialog vertikal dan horizontal untuk mengambil keputusan tentang arah kebijakan pengawasan riset, uji coba, pelepasan, penggunaan dan

monitoring produk transgenik, 5). Memberlakukan sistem label, 6). Menyusun data base produk dan uji coba produk transgenik yang ada di Indonesia dan menyebarkan informasi tersebut ke publik.

Sikap masyarakat hendaknya wajar dan proporsional terhadap tanaman transgenik tersebut, mengingat tanaman transgenik banyak memberikan keuntungan terutama sebagai alternatif dalam usaha mengatasi krisis pangan dunia dengan memanfaatkan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, walau memang masih menyisakan berbagai kelemahan yang patut diperhatikan dan dipertimbangkan. Untuk itu masyarakat harus melihat dari aspek agama, hukum, sosial-budaya. Terutama menyangkut aspek agama dan hukum, apabila agama sudah menghalalkan dan secara hukum sudah dilegalkan, maka setelah itu tergantung setiap individu, apakah akan mengkonsumsi atau tidak berbagai makanan hasil olahan dari produk tanaman transgenik tersebut berdasarkan sudut pandang yang dimilikinya. Dengan demikian tidak menimbulkan permasalahan yang berlarut-larut dan berkepanjangan yang justru akan menyebabkan adanya konflik horizontal yang merugikan kita semua. Sikap pro dan kontra wajar dan sah-sah saja sebagai salah satu hak asasi setiap orang, sepanjang dilakukan berdasarkan aturan, etika dan saluran yang benar.

Sikap-sikap seperti ini harus terus dipupuk dan dikembangkan dalam dinamika masyarakat madani dewasa ini, karena kedepan kita akan banyak dihadapkan pada masalah perkembangan IPTEK yang akan banyak menyentuh ranah afektif. Ranah afektif yang dimaksud adalah seperti sikap, nilai, mental, moral, dan etika (Anderson & Krathwohl, 2002; Nuryani, 2005; Sudirman dkk, 1991) yang memerlukan sikap arif dan bijaksana dalam menyikapinya. Ini semua adalah suatu pendidikan bagi masyarakat (non formal) yang sangat perlu ditumbuh kembangkan.

Selanjutnya pada area pendidikan formal (sekolah), terutama para pendidik (guru, dosen, instruktur) juga harus pandai menyikapi masalah-masalah seperti ini, terutama guru biologi karena masalah tanaman transgenik sangat berkaitan langsung dengan bidang biologi. Untuk itu guru seyogyanya mengetahui dan mengikuti perkembangan tanaman transgenik tersebut. Dari sisi materi berdasarkan kurikulum masalah tanaman transgenik ini patut diajarkan sebagai suatu ilmu karena memang secara kurikulum terkait dengan materi genetika, bioteknologi, dan sistem pencernaan yang ada di kurikulum, khususnya di SMA dan perguruan tinggi (PP No 19 Tahun 2005; Syamsuri, 2007). Bahkan menurut Flores & Tobin (2002) menyatakan bahwa materi ini (makanan hasil transgenik) adalah topik bahasan biologi yang sangat menarik untuk dipelajari dan dapat meningkatkan serta kemampuan berpikir kritis (*critical thinking*) pada siswa. Oleh karena itu sudah selayaknya materi tentang perkembangan makanan tanaman transgenik diajarkan kepada siswa sebagai suatu pengayaan yang dilakukan oleh pengajar. Kemudian yang menyangkut kajian aspek bioetika, agama, hukum, filsafat, dan sosial-budaya juga perlu diberikan secara ringkas dan proporsional sesuai perkembangan yang ada. Aspek yang terakhir ini perlu diajarkan agar siswa mampu bersikap wajar dan proporsional terhadap tanaman transgenik tersebut. Selain itu kita harus memberikan dan menanamkan pembelajaran sikap dan pembentukan karakter kepada peserta didik sedini mungkin, karena masalah sikap (ranah afektif) ini sangat kurang diperhatikan dalam dunia pendidikan kita. Pendidikan kita lebih cenderung mengurus hanya masalah aspek kognitif saja.

Beberapa Aspek Pertimbangan dalam Penggunaannya

Selain masalah sikap pro dan kontra yang berkaitan dengan masalah kesehatan dan lingkungan, penggunaan tanaman transgenik juga menimbulkan masalah sosial-religius, menyangkut boleh tidaknya dikonsumsi menurut ajaran agama masing-masing, masalah etika, masalah ekonomi-politik yang harus dikaji secara mendalam. (Cahyadi, 2006).

Untuk itu pada bagian ini akan dipaparkan pandangan atau kajian dari aspek bioetika serta beberapa tinjauan yang terkait, seperti tinjauan aspek filsafat, hukum, sosial-budaya, dan agama terhadap penggunaan tanaman transgenik.

1. Pertimbangan Bioetika. Bioetika pada dasarnya membahas etika atau moral yang mencakup segala sesuatu yang berkaitan dengan kehidupan. Pada awalnya bioetika dikemukakan oleh V.P. Potter dan merupakan ilmu yang digunakan untuk mempertahankan hidup dalam mengatasi kepunahan lingkungan dan mengatasi kepunahan manusia. Namun dalam perkembangannya, bioetika cenderung mengarah pada penanganan isu atau nilai etika yang timbul karena perkembangan iptek dan biomedis (Fitmawati, dkk, 2002).

Dalam pengkajian ini, maka terlebih dahulu kita melihat pada makna dasar dari tanaman transgenik. Tanaman transgenik merupakan salah satu produk bioteknologi. Secara aksiologis, bioteknologi adalah teknik yang mengubah suatu bahan mentah melalui proses transformasi biologi untuk menghasilkan barang dan jasa yang bermanfaat demi kelangsungan hidup manusia sepanjang hayatnya dengan tujuan akhir agar manusia dapat *survive*. Dengan adanya bioteknologi, juga memudahkan manusia dalam mengolah pertanian, dengan lahan yang sempit, ternyata tanaman yang dihasilkan lebih banyak dan berkualitas dari segi ukuran, rasa, mutu, serta tahan hama penyakit.

Sedangkan di bidang kesehatan, sudah jelas dapat mengatasi penyakit dengan melakukan perubahan terhadap susunan gen-gen yang termutasi. Produksi hormon insulin untuk pengidap diabetes mellitus juga adanya pra-Implantasi Genetik Diagnosis yang memungkinkan stem cells memproduksi sel-sel yang diacu karena kekurangan.

Dengan kecerdasan, maka manusia dapat mencari dan mengembangkan ilmu, termasuk bioteknologi dan rekayasa genetika tanaman setinggi-tingginya demi kesejahteraan manusia sendiri. Hal ini sesuai fitrah bahwa semua yang ada dalam diri adalah pemberian-Nya, maka ilmu pengetahuan pun akan dapat sejalan dengan etika dan moral.

Namun setinggi apapun keilmuan kita, dan keinginan untuk mengembangkan ilmu, masih ada tanggung jawab moral kita yang harus diemban terhadap umat manusia dan lingkungan (alam). Seperti telah dikemukakan di atas, masih banyak pro dan kontra yang berkaitan dengan penggunaan tanaman transgenik yang berkaitan dengan bidang kesehatan, lingkungan, ekonomi, budaya dan politik. Hal tersebut hendaknya menjadikan ilmuwan menjadi arif dalam menyikapi penggunaan tanaman transgenik ini.

Penggunaan tanaman transgenik yang menyebabkan penyakit pada diri manusia, hendaknya dihentikan, meskipun berkaitan dengan penelitian dan kemajuan ilmu bioteknologi, hal tersebut merupakan tantangan. Selain bertanggungjawab terhadap kesehatannya, manusia juga masih memiliki tanggung jawab yang besar terhadap alam. Karena manusia hidup dari hubungan saling bergantung dengan alam. Apabila alam punah, apabila plasma nutfah yang ada di alam lenyap, maka bisa dipastikan manusia juga akan lenyap. Penggunaan dan distribusi besar-besaran tanaman transgenik tanpa meneliti risikonya terhadap alam secara mendetail menyebabkan manusia menjadi tidak beretika terhadap alam. Industrialisasi tanaman transgenik yang tergesa-gesa, karena ingin mencapai kesejahteraan, sehingga mengesampingkan semua pertimbangan di atas juga tidak beretika. Karena efek domino yang ditimbulkan dalam jangka panjanglah yang harus dikaji dan diputuskan bagaimana penggunaannya.

Mengutip pernyataan Nasoetion (1998) dalam Fazari, (2006) secanggih apapun teknologi pastilah akan berdampak terhadap lingkungan. "Setiap waktu ilmuwan akan mengadakan penelitian dia harus sadar akan kedudukannya sebagai manusia di bumi ini. Dia harus sadar bahwa ilmu pengetahuan yang dapat dikuasainya hanyalah sebagian kecil saja dari Al-Ilm, ilmu yang dikuasai oleh Tuhan Yang Maha Kuasa, dan bahwa ia hanya pesuruh-Nya di bumi ini yang diminta untuk menjaga keseimbangan antara makhluk yang ada di bumi ini", merupakan suatu falsafah yang baik tentang bagaimana kita menyikapi pengembangan ilmu dalam bidang rekayasa genetika (tanaman transgenik) ini.

2. Pertimbangan Filsafat. Secara ontologi tanaman transgenik adalah suatu produk rekayasa genetika melalui transformasi gen dari makhluk hidup lain ke dalam tanaman yang tujuannya untuk menghasilkan tanaman baru yang memiliki sifat unggul yang lebih baik dari tanaman sebelumnya. Secara epistemologi, proses pembuatan tanaman transgenik sebelum dilepas ke masyarakat telah melalui hasil penelitian yang panjang, studi kelayakan dan uji lapangan dengan pengawasan yang ketat, termasuk melalui analisis dampak lingkungan untuk jangka pendek dan jangka panjang. Secara aksiologi: berdasarkan pendapat kelompok masyarakat yang pro dan kontra tanaman transgenik memiliki manfaat untuk memenuhi kebutuhan pangan penduduk, tetapi manfaat tersebut belum teruji, apakah lebih besar manfaatnya atau kerugiannya, secara filsafat masalah ini perlu dikaji lebih lanjut.

3. Pertimbangan Hukum. Di luar negeri telah dikeluarkan petunjuk dan rekomendasi mengenai bioteknologi dan keamanan pangan. Amerika Serikat melalui Food and Drug Administration (FDA) menangani khusus masalah tanaman transgenik. Badan ini membuat pedoman keamanan pangan yang bertujuan untuk memberikan kepastian bahwa produk baru (termasuk yang berasal dari hasil rekayasa genetika) sebelum dikomersialkan produk tersebut harus aman untuk dikonsumsi dan masalah keamanan pangan harus dikendalikan dengan baik. FDA akan melakukan telaah ulang terhadap produk asal tanaman

transgenik apabila terdapat pengeluhan atau pengaduan dari publik yang disertai dengan data yang bersifat ilmiah. Gen yang ditransfer pada tanaman menghasilkan tanaman transgenik oleh FDA disepadankan dengan food additive yang dievaluasi secara substansi sepadan. Apabila bahan pangan baru diketahui secara substansial sepadan dengan bahan pangan yang telah ada, maka ketentuan keamanan bahan pangan tersebut sama dengan ketentuan bahan pangan aslinya. Kesepadanan substansial ditentukan berdasarkan : sifat fenotipik, Karakteristik molekuler, analisis kandungan nutrisi, sifat potensial toksisitas dan non-toksitas, sifat alergen dan non-alergen, penggunaan kategori generally regarded as safe (GRAS) dan tidak melakukan pelabelan bahan pangan yang berasal dari tanaman transgenik. Badan pangan dunia, Food and Agriculture Organization (FAO) memberikan beberapa petunjuk dan rekomendasi mengenai bioteknologi dan keamanan pangan, yaitu : Peraturan mengenai keamanan pangan yang komprehensif dan diterapkan dengan baik merupakan hal yang penting untuk melindungi kesehatan konsumen dimana semua negara harus dapat menempatkan peraturan tersebut seimbang dengan perkembangan teknologi.

Untuk lebih mengoptimalkan dan pengawasan pemantauan terhadap penggunaan tanaman transgenik, maka dibuat keputusan bersama Menteri Pertanian, Menteri Kehutanan dan Perkebunan, Menteri Kesehatan dan Menteri Negara Pangan dan Hortikultura tentang Keamanan Hayati dan Keamanan Pangan Produk Pertanian Hasil Rekayasa Genetika Tanaman No. 998.I/Kpts/OT.210/9/99; 790.a/Kptrs-IX/1999; 1145A/MENKES/SKB/IX/1999 ; 015A/NmenegPHOR/09/1999. Keputusan bersama ini dimaksudkan untuk mengatur dan mengawasi keamanan hayati dan keamanan pangan pemanfaatan produk pertanian hasil rekayasa genetika agar tidak merugikan, mengganggu dan membahayakan kesehatan manusia, keanekaragaman hayati (biodiversity) dan lingkungan (Jaya, 2008).

Pemerintah selanjutnya melegalkan penanaman kapas transgenik jenis Bt melalui SK Menteri Pertanian No. 107/Kpts/KB/430/2/2001, untuk ditanam sebagai varietas unggul di tujuh kabupaten di Sulawesi Selatan. Namun keputusan tersebut, banyak ditentang oleh para aktifis lingkungan hidup. Empat lembaga non-pemerintah/LSM (KONPHALINDO, YLKI, PAN Indonesia, dan ICEL) terang-terangan menolak SK Menteri Pertanian No. 107/Kpts/KB/430/2/2001 tersebut tentang Pelepasan Terbatas Kapas Transgenik Bt DP 5690B sebagai Varietas Unggul, dan ditanam di tujuh kabupaten di Sulsel (Intisari, 2003 dalam Susiyanti, 2003). Hal ini dikarenakan penanaman kapas transgenik tersebut dinilai belum melalui prosedur analisa AMDAL (Analisis Mengenai Dampak Lingkungan) yang dipersyaratkan bagi setiap pelepasan jenis hewan atau tanam baru. (Anonim, 2006).

Peraturan yang dibuat untuk melindungi masyarakat terhadap bahaya transgenik ternyata ditemukan dilakukan oleh PT Monagro Kimia mengabaikan Surat Menteri Negara Lingkungan Hidup Sonny Keraf No. B1882/MENLH09/2000 tertanggal 29 September 2000, yang menyatakan prosedur analisis mengenai dampak lingkungan (amdal) harus dilakukan atas tanaman transgenik (Cahyadi, 2006). Sedangkan produk transgenik yang sebagian besar impor juga saat ini telah bercampur dengan produk lokal sehingga sulit dipisahkan dan dibedakan. Hal ini sebenarnya melanggar PP No. 69/1999 tentang Label dan Iklan Pangan yang mengharuskan produk transgenik diberi label sebelum diedarkan. (Anonim, 2008).

Berdasarkan peraturan pemerintah nomor 21 tahun 2005 tentang keamanan hayati produk rekayasa genetika, disebutkan sebelum produk beredar, perlu diberlakukan pengkajian resiko dan pengujian terlebih dahulu. Yang meliputi teknik perekayasaan, efikasi dan persyaratan keamanan hayati. Untuk proses itu, peraturan pemerintah tadi juga sudah menunjuk Tim Teknis Keamanan Hayati dan Keamanan Pangan (TTKHKP) di bawah Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI). Namun sampai sekarang, tim ini belum juga terbentuk. Sehingga produk rekayasa genetika bebas beredar di pasaran.

4. Pertimbangan Sosial Budaya. Kajian tentang untung ruginya penggunaan tanaman transgenik dilihat dari unsur sosial-budaya masyarakat berkaitan erat dengan unsur ekonomi dan politik. Vandana Shiva, ahli keanekaan hayati dari India seperti dikutip Asiaweek mengatakan, produk rekayasa genetik yang dipatenkan oleh perusahaan (industri besar) dan diklaim dapat meningkatkan perekonomian dan kesejahteraan petani, sebaliknya justru berpotensi untuk meningkatkan kelaparan dan kemiskinan petani karena paten yang dilakukan akan membuat petani sulit mengakses benihnya. Semua harus dibayar mahal akibat ada royaltinya. Kemiskinan dan kelaparan lebih merupakan dampak ketimpangan konsumsi antara negara kaya dan miskin.

Dari segi politik, tanaman transgenik yang banyak dikembangkan di negara maju yang memiliki tingkat teknologi lebih tinggi membuat masyarakat di negara agraris yang sebagian besar adalah negara berkembang (developing countries) memiliki ketergantungan yang sangat besar pada negara maju. Hal ini juga yang

menjadi pertimbangan para ilmuwan di negara berkembang untuk berhati-hati pada penggunaan tanaman transgenik. Selain itu, perdebatan masyarakat dalam menggunakan tanaman transgenik juga berkaitan dengan adanya kearifan lokal terhadap penajagaan plasma nutfah di lokal daerahnya. Manusia merupakan agian dari ekosistem. Dan seperti halnya spesies lain, manusia merupakan obyek dari hukum-hukum alam yang tidak akan pernah berubah. Nilai moral inilah yang menyebabkan manusia sangat menjaga hubungannya dengan alam sekitar. Pada hakekatnya perbuatan yang membahayakan eksistensi alam, akan membahayakan eksistensi manusia itu sendiri.

5. Pertimbangan Agama. Kajian agama yang ditemukan mengenai penggunaan tanaman transgenik adalah dari kajian agama Islam, agama Hindu dan dari kajian agama Yahudi. Pemeluk agama Islam pada dasarnya tidak keberatan dengan penggunaan tanaman transgenik, mengingat manfaatnya yang lebih besar daripada mudharatnya. Namun penggunaan itu harus dilakukan hati-hati mengingat gen yang ditransfer dapat berasal dari organisme tanaman lain atau justru hewan lain. Sepanjang gen asal tidak berasal dari hewan yang diharamkan, akan diperbolehkan. Tidak seperti kasus penyedap rasa (monosodium glutamat) yang diproduksi dengan menggunakan enzim yang diisolasi dari gen babi pada awal tahun 2001 yang dikategorikan sebagai haram. Adapun MUI sendiri belum mengeluarkan fatwa mengenai penggunaan tanaman transgenik, namun prinsip kehati-hatian selalu diutamakan.. Status GMO akan halal sepanjang sumber gen dan seluruh proses rekayasannya halal (Republika, 2004 *dalam* Cahyadi, 2006).

Menurut penulis bahwa dikaji dari agama Hindu, tanaman transgenik salah satunya disinyalir dapat menyebabkan terputusnya rantai ekosistem karena sifatnya yang resisten, ini dapat menyebabkan ketidakseimbangan lingkungan. Ketidakseimbangan lingkungan atau terganggunya homeostasis sangat bertentangan dengan konsep “Tri Hita Karana“ yaitu suatu konsep yang merupakan ajaran dalam agama Hindu yang pada prinsipnya mengajarkan adanya keseimbangan hubungan antara manusia dengan Tuhan, manusia dengan manusia dan hubungan manusia dengan lingkungannya. Ini berarti ada tingkat tropik tertentu yang mati atau berkurang, dengan demikian berarti membunuh organisme tertentu yang tidak diharapkan. Ini juga bertentangan dengan konsep ajaran “ Ahimsa “ dalam agama Hindu yang berarti tidak boleh membunuh organisme secara sembarangan tanpa tujuan yang jelas, apalagi dapat menyebabkan gangguan keseimbangan lingkungan yang akan membawa malapetaka dan bencana bagi umat manusia.

Agama Yahudi yang mensyaratkan pemeluknya untuk mengkonsumsi makanan yang kosher (Kosher law), mengijinkan penyisipan gen dari sumber makanan yang non-kosher sepanjang tidak merubah rasa dan penampakan.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan pembahasan tersebut di atas dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Tanaman transgenik adalah tanaman hasil rekayasa gen dengan cara disisipi satu atau sejumlah gen (transgene) yang dapat diisolasi dari tanaman tidak sekerabat atau spesies yang lain sama sekali.
2. Sikap pro masyarakat terhadap penggunaan tanaman transgenik berkaitan dengan keuntungan dari segi kemanfaatan pada bidang pertanian dan kesehatan, sedangkan sikap kontra tanaman transgenik berkaitan dengan uji keamanan pangan untuk kesehatan dan keamanan aspek lingkungan.
3. Para guru dan pendidik perlu mengajarkan materi tentang tanaman transgenik kepada siswa sebagai materi pengayaan biologi terutama pada pokok bahasan substansi materi genetik, bioteknologi, dan sistem pencernaan termasuk aspek kajian bioetikanya.
4. Tanaman transgenik meskipun dapat meningkatkan produksi, kesehatan dan kualitas hidup manusia, namun dalam penggunaannya hendaknya mempertimbangkan aspek bioetika, hukum (legal), aspek sosial budaya (termasuk faktor ekonomi dan politik), dan aspek etika terhadap lingkungan.

Saran-saran

Terkait dengan simpulan di atas, maka disarankan agar masyarakat mengambil sikap atau merespon tanaman transgenik tersebut secara wajar, realistis dan proporsional dengan mempertimbangkan aspek agama, legalitas (hukum), kesehatan, sosial-ekonomi, perkembangan iptek, dan aspek etika lingkungan.(bioetika)

DAFTAR RUJUKAN

- Anderson, L.W. & Krathwohl, D.R. (Ed). 2001. *A Taxonomy For Learning, Teaching, and Assessing*. New York: Addison Wesley Longman, Inc.
- Anonim. 2001. *Tanaman Transgenik dan UU Varietas Tanaman: Kontroversi Tiada Akhir*. <http://www.sinarharapan.co.id/berita/0111/26/ipt01.html>. Tanggal akses: 10 April 2009
- _____. 2006. *Menimbang Tanaman Transgenik*. <http://sendaljepit.wordpress.com/2006/08/08/menimbang-tanaman-transgenik/>. Tanggal akses: 10 April 2009
- _____. 2008. *Kedelai Transgenik yang Unik*. <http://www.indosiar.com/news/anda-perlu-tahu/68021/kedelai-transgenik-yang-unik>. Tanggal akses: 10 April 2009
- Brandner, D.L. 2002. Detection of Genetically Modified Food: Has Your Food Been Genetically Modified?. *The American Biology Teacher*. 64 (6): 433-442.
- Cahyadi, F. 2006. *Dampak Lingkungan Tanaman Transgenik*. <http://www.satudunia.net/node/1178>. Tanggal akses: 10 April 2009
- Darmasiwi, S. 2007. *Amankah Mengkonsumsi Tanaman Transgenik?* <http://id.shvoong.com/exact-sciences/biology/1626834-amankah-mengkonsumsi-tanaman-transgenik/>. 25 April 2009
- Elrod, S. & Stansfield, W. 2007. *Genetika*. Edisi Keempat. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Fitmawati, dkk. 2002. *Bioetika Dalam Pemanfaatan Keanekaragaman Plasma Nutfah Tumbuhan*. http://tumoutou.net/702_05123/group4_123.htm. Tanggal akses: 25 April 2009.
- Flores, & Tobin, A.J. 2002. *Genetically Modified Food and Teaching Critical Thinking*. *The American Biology Teacher*, 65 (3): 180-184
- Irawan, A. 2006. *Ancaman dan Harapan Dari Komoditas Transgenik*. KORAN TEMPO Edisi 2006-08-06.
- Jaya, H. 2008. *Bahayakah Tumbuhan Transgenik*. http://hendra-jaya.blogspot.com/2008_01_13_archive.html. Tanggal akses 7 Mei 2009
- Kompas, 2000. *Menyelamatkan Bumi dari Serbuan Transgenik*.
- Muladno. 2002. *Seputar Teknologi Rekayasa Genetika*. Bogor: Pustaka Wirausaha Muda.
- Nuryani, R. 2005. *Strategi Belajar Mengajar Biologi*. Malang: UM-Press.
- Ronauli, I. 2004. *Tolak Penggunaan Tanaman Transgenik di Indonesia*. <http://www.beritabumi.or.id/berita3>. Tanggal akses: 7 Mei 2009
- Ronauli, I. 2007. *Ketergesa-gesaan yang Menuai Badai*. http://www.unisosdem.org/article_detail. Tanggal akses: 14 Mei 2009
- Susiyanti, 2003. *Pro dan Kontra Tanaman Transgenik*. http://tumoutou.net/702_07134/susiyanti.htm. Tanggal akses: 14 Mei 2009
- Suwanto, A. 2000. *Menyikapi Tanaman Transgenik*. <http://www2.kompas.com/kompas-cetak/0002/04/IPTEK/meny09.htm>. Tanggal akses: 21 Mei 2008
- Widodo, W. D. Tanpa tahun. *Transgenetika, Ancaman Atau Peluang* <http://www.geocities.com/widodo/tulisan/> Tanggal akses: 21 Mei 2009