



## BERITA UTAMA

### Pembahasan Program dan Arahannya Kepala Badan Litbang Pertanian

Untuk meningkatkan kinerja Badan Litbang Pertanian, Kepala Badan Litbang memandang perlunya pertemuan antara Kepala Badan Litbang dengan peneliti lingkup Badan Litbang Pertanian. Pertemuan dilakukan dalam rangka menyampaikan target dan fokus penelitian Badan Litbang dan mengetahui masalah yang dihadapi peneliti untuk melaksanakan kegiatan penelitiannya serta mendiskusikan cara memecahkan masalah tersebut. Pertemuan antara Kepala Badan Litbang Pertanian, Dr. Sumarjo Gatot Irianto yang datang bersama pejabat struktural lingkup Sekreta-

riat Badan Litbang dengan peneliti dan struktural BB-Biogen diselenggarakan pada hari Jumat, 15 Agustus 2008 di Gedung Auditorium I. Acara diawali dengan pemaparan hasil penelitian dan program 2009 oleh Kepala BB-Biogen dan dipandu oleh Sekretaris Badan Litbang, Dr. Haryono. Dalam presentasinya, Dr. Sutrisno mengemukakan data jumlah peneliti BB-Biogen berdasarkan jenjang pendidikan, jenis hasil penelitian BB-Biogen yang berupa (1) produk, (2) teknik/metode, (3) informasi, diseminasi dan dampak/kontribusi/nilai tambah, serta perkiraan keluaran penelitian tahun 2009. Setelah presentasi Kepala BB-Biogen, Kepala Badan Litbang memberi komentar dan arahan apa yang harus dilakukan oleh BB-Biogen ke depan, yang antara lain:

- Melalui pertemuan ini diharapkan kita mempunyai persepsi yang sama, yaitu sama-sama mempunyai keinginan yang kuat

untuk memajukan bioteknologi sehingga BB-Biogen menjadi besar dan terdepan karena diharapkan bioteknologi menjadi lokomotif pembangunan pertanian.

- Fokus target yang ingin dicapai oleh Badan Litbang Pertanian adalah benih, bibit, dan “pupuk”. Misalnya untuk komoditas jeruk, Badan Litbang diharapkan bisa menghasilkan bibit jeruk bebas virus dalam skala jutaan bibit dalam waktu singkat dan harganya murah. Selain itu, Badan Litbang menginginkan adanya hasil berupa varietas unggul baru yang bisa segera ditanam dengan hasil lebih baik dibandingkan dengan varietas sebelumnya sesuai infestasi dana penelitian yang diperoleh. Sehubungan dengan hal tersebut, Kepala Badan Litbang tidak menginginkan dana yang diperoleh hanya menghasilkan laporan.

#### Warta *Biogen*

##### *Penanggung Jawab*

Kepala BB-Biogen  
Sutrisno

##### *Redaksi*

Karden Mulya  
Joko Prasetyono  
Ika Roostika Tambunan  
Ida N. Orbani

##### *Alamat Redaksi*

Seksi Pendayagunaan Hasil  
Penelitian BB-Biogen  
Jl. Tentara Pelajar 3A  
Bogor 16111  
Tel. (0251) 8337975, 8339793  
Faks. (0251) 8338820  
E-mail: borif@indo.net.id



ISSN 0216-9045



9 770216 904515

- Kegiatan diseminasi yang dilakukan oleh BB-Biogen sudah baik, tetapi beberapa informasi belum lengkap, misalnya Rhizoplus harus dilengkapi dengan data berapa banyak yang telah diproduksi dan digunakan petani dan pada komoditas apa. Hal yang sama untuk hasil BB-Biogen lainnya juga harus dilengkapi data kemampuan dan biaya produksi, dan luas sebaran areal yang menggunakan teknologi yang dihasilkan. Sebagai contoh, padi varietas Code dan Angke sudah ditanam di mana dan berapa luasnya, diseminasi feromon sudah dilakukan di mana, berapa luasnya, dan kapan, seleksi *in*

*vitro* untuk apa saja dan penerapannya untuk komoditas apa, serta kemampuan BB-Biogen berapa.

- Untuk pembentukan tanaman haploid, apa saja yang sudah dikerjakan. Data-data tersebut penting agar kita mengetahui posisi kita ada di mana. Hal yang sama berlaku untuk penelitian penyelamatan embrio.
- Kegiatan magang yang dilakukan oleh BB-Biogen sudah bagus karena dapat meningkatkan kualitas pegawai.
- Untuk kegiatan sidik jari DNA, perlu dikemukakan apa yang sudah dilakukan dan pada komoditas apa, keluarannya apa.

- Prioritas komoditas Badan Litbang Pertanian ada lima, yaitu padi, jagung, kedelai, tebu, dan daging sapi. Sehubungan dengan hal tersebut, BB-Biogen harus menjadi ujung tombak teknologi. Untuk meningkatkan efisiensi penelitian, BB-Biogen harus fokus pada prioritasnya sehingga penelitian jangan diperlebar hanya untuk menyenangkan semua peneliti. Tupoksi BB-Biogen adalah untuk mendukung Program Utama Departemen Pertanian.

Budihardjo S.

Kemajuan pesat dalam perekonomian dan iptek, serta terjadinya perkembangan arus informasi telah mengakibatkan terjadinya perubahan peradaban manusia dari kehidupan yang menggantungkan pada ketersediaan sumber daya alam ke arah kehidupan yang berbasis iptek. Aplikasi ilmu dan teknologi telah berkontribusi dalam membuat terobosan yang spektakuler dengan produk inovatifnya di berbagai bidang. Namun, aplikasi teknologi inovatif ini seringkali menimbulkan kontroversi terutama berkaitan dengan manfaat dan risiko yang dihasilkan. Pada satu sisi, manfaat yang diberikan sangat prospektif untuk mengakselerasi peningkatan kesejahteraan manusia (*human welfare*), namun pada sisi lain berpotensi menghasilkan dampak yang merugikan kehidupan manusia itu sendiri.

Walaupun berbagai peraturan yang ada secara eksplisit sudah mencantumkan berbagai ketentuan yang berkaitan dengan pengelolaan sumber daya alam, lingkungan, penelitian, pengembangan, bisnis, dan aplikasi teknologi inovatif pertanian, namun dalam kenyataannya masih ada beberapa hal yang belum tercakup dalam peraturan dan menja-

## Seminar Nasional Bioetika Pertanian: Tinjauan Bioetika Menuju Pertanian Berkelanjutan yang Selaras dengan Alam

di pro dan kontra oleh berbagai kalangan. Beberapa hal yang menjadi pro dan kontra tersebut, salah satunya dapat dikategorikan kedalam isu bioetika.

Sebagai instrumen yang bersifat universal, prinsip bioetika yang selalu mengedepankan hak asasi manusia dan martabat manusia akan memainkan peranan yang strategis dalam memberikan solusi atas berbagai isu etika yang terjadi pada pengembangan iptek. Dengan demikian, penguatan implementasi prinsip-prinsip bioetika, di samping berbagai aspek penting lain seperti aspek teknis, ekonomi, sosial budaya, penerapan prinsip kehati-hatian, serta kajian manfaat dan risiko, sudah menjadi keharusan dalam pengembangan iptek nasional ke depan.

Pada tanggal 3-7 November 2008, Indonesia akan menjadi tuan rumah *The Ninth Asian Bioethics Conference*, yang akan diselenggarakan di Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta. Dalam

rangka menjaring isu-isu bioetika yang terkait dengan pangan dan pertanian, Badan Litbang Pertanian berkerjasama dengan Komisi Bioetika Nasional dan Kedeputusan Bidang Dinamika Masyarakat (Kementerian Negara Riset dan Teknologi) telah menyelenggarakan seminar dengan tema "Tinjauan bioetika menuju pertanian berkelanjutan yang selaras dengan alam" pada tanggal 29 Mei 2008. Seminar ini didukung oleh Kedeputusan Bidang Peningkatan Konservasi Sumber Daya Alam dan Pengendalian Kerusakan Lingkungan (Kementerian Lingkungan Hidup) serta berbagai organisasi profesi: Perhimpunan Ilmu Pemuliaan Indonesia (PERIPI), Perhimpunan Mikrobiologi Indonesia (PERMI), dan Perhimpunan Bioteknologi Pertanian Indonesia (PBPI). Seminar ini dilaksanakan dengan tujuan untuk menjaring masukan dan informasi seluas-luasnya kajian bioetika bidang pertanian (tanaman, peternakan, dan mikroba pertanian) dari ilmuwan pada departemen/lembaga pemerintah,

praktisi, dan LSM, ditinjau dari aspek isu-isu etika yang muncul karena penerapan ilmu kehidupan dan ilmu sosial pada manusia serta hubungan manusia dengan biosfer, termasuk di dalamnya isu-isu yang terkait dengan pengelolaan keanekaragaman hayati, ketersediaan dan aksesibilitas pengembangan, *animal welfare* serta penerapan iptek.

Seminar Nasional Bioetika Pertanian dihadiri oleh 203 orang peserta dari berbagai instansi pemerintah pusat dan daerah, perguruan tinggi, pengajar SLTA, LSM, dan perusahaan nasional. Peserta terdiri atas enam orang nara sumber yang menyampaikan makalah utama, 15 orang pemakalah penunjang, 11 orang pemakalah poster, undangan, dan peserta seminar.

Pada pembukaan, Prof. Dr. Achmad Suryana (Kepala Badan Litbang Pertanian/Ketua Pengarah Komisi Nasional Sumber Daya Genetik Pertanian) menyampaikan "Isu bioetika yang dapat didialogkan dan diperdebatkan tidak hanya yang terkait mengenai bioteknologi modern saja tetapi tinjauan bioetika juga terhadap isu-isu lain seperti konversi bahan pangan menjadi bahan bakar yang ramai dibahas termasuk yang akan dibahas FAO di Roma, ekspansi perkebunan kelapa sawit dikaitkan dengan deforestasi dan pemanasan global, keseragaman pangan dikaitkan dengan keanekaragaman pangan juga dikaitkan dengan ketahanan pangan akses dalam pembagian keuntungan dalam sumber daya genetik".

Di Indonesia, masalah bioetika mulai dibahas secara terbatas dalam berbagai forum ilmiah dan forum komunikasi ilmuwan sejak awal tahun 2000. Sejak itu, pemerintah mulai membuka jalan untuk mencari dan menjadikan norma bioetika sebagai bagian integral pengelolaan iptek. Pada bulan September 2004, atas dasar Keputusan Bersama Menteri Pertanian, Menteri Riset dan Teknologi, dan Menteri Kesehatan dibentuk Komisi Bioetika Nasional (KBN). Kepengurusan

pertama Komisi berlaku sejak tahun 2004 sampai dengan tahun 2008.

Materi pembahasan bioetika bidang pertanian dikelompokkan menjadi empat, yaitu (1) tanaman, (2) ternak, (3) mikroba, dan (4) bioteknologi. Di samping itu dibahas pula peran Komisi Bioetika Nasional terkait dengan pengembangan iptek dan perlunya prinsip-prinsip bioetika bagi pengembangan iptek nasional. Materi tersebut dituangkan ke dalam dua kelompok makalah, yaitu makalah utama dan makalah pendukung.

Makalah utama terdiri atas enam topik, yaitu

1. Isu Global Bioetika disampaikan oleh Prof. Dr. Umar Anggara Jenie (Komisi Bioetika Nasional/Kepala Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia).
2. Etika dalam Sistem Pangan dan Pertanian disampaikan oleh Dr. Sutrisno (Sekretaris Komisi Nasional Sumber Daya Genetik/Kepala Balai Besar Litbang Bioteknologi dan Sumber Daya Genetik Pertanian, Departemen Pertanian).
3. Tinjauan Bioetika terhadap Penelitian, Pengembangan, dan Komersialisasi Produk Bioteknologi Pertanian disampaikan oleh Dr. Bambang Purwantara (Ketua Perhimpunan Bioteknologi Pertanian Indonesia).
4. Isu Nasional Bioetika di Indonesia disampaikan oleh Dr. Amru Hydari Nazif (Sekretaris Komisi Bioetika Nasional).
5. Bioetika dalam Penelitian dan Pengembangan, Komersialisasi, dan Pengelolaan Sumber Daya Genetik Ternak disampaikan oleh Prof. Dr. Kusuma Diwyanto (Ketua Perhimpunan Ilmu Pemuliaan Indonesia).
6. Isu Bioetika dalam Riset dan Industrialisasi Sumber Daya Genetika Mikroba disampaikan oleh Dr. Is Helianti (Perhimpunan Mikrobiologi Indonesia/Pusat Teknologi Bioindustri Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi).

Makalah pendukung terdiri atas 15 makalah yang dipresentasikan dan 11 makalah disajikan dalam bentuk poster. Presentasi makalah adalah:

1. Bioetika: Konservasi serangga dan tanaman transgenik tahan hama (Bahagiawati, Balai Besar Litbang Bioteknologi dan Sumber Daya Genetik Pertanian, Deptan).
2. Bioetika penggunaan agens hayati untuk pengendalian hama dan penyakit tanaman (Supriadi, Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatik, Deptan).
3. Bioetika dalam pemanfaatan sumber daya ternak pada saat Hari Raya Qurban (Vyta W. Hanifah, Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian, Deptan).
4. Bioetika dalam pengelolaan lahan irigasi dan pemanfaatan air (Yovita A. Dewi, Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian, Deptan).
5. Etika perdagangan produk peternakan (kasus peredaran daging "Glonggong") (Dwi Priyanto, Balai Penelitian Ternak, Deptan).
6. Eksplorasi hutan untuk perkebunan kelapa sawit dan integrasinya dengan ternak (Dwi Yulistiani, Balai Penelitian Ternak, Deptan).
7. Peluang transgenik pada tanaman pakan ternak (Bambang R. Prawiradiputra, Balai Penelitian Ternak, Deptan).
8. Bioetika menunjang pembangunan berkelanjutan (Ashari, Balitnak).
9. Perspektif bioetika dalam bioteknologi reproduksi (Endang Triwulanningsih, Balai Penelitian Ternak, Deptan).
10. Genosida ternak lokal: Manfaat dan kerugiannya (Bambang Setiadi, Balai Penelitian Ternak, Deptan).
11. Bioetika dalam penanganan kasus flu burung dan kaitannya dengan pelestarian sumber daya genetik ayam lokal (Tike Sartika, Balai Penelitian Ternak, Deptan).

12. Kajian bioetik dan kesejahteraan ikan (*fish welfare*) sebagai sumber daya dan produk ikan (Wartono Hadie, Pusat Riset Perikanan Budidaya, DKP).
13. Ekspor impor ikan hias: Tinjauan segi etika dan *fish welfare* (Tatik Mufidah, Pusat Riset Perikanan Budidaya, DKP).
14. Pengembangan vaksin penyakit Jembrana pada Sapi Bali berbasis protein rekombinan (Endang T. Margawati, Puslit Bioteknologi LIPI).
15. Penggunaan sumber daya genetik mikroba dan hasil rekayasa genetik di lingkungan alami: Pentingnya kajian bioetika (Jumailatus Solihah, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta).

Topik makalah yang disajikan dalam bentuk poster, yaitu:

1. Potensi kratok (*Phaseolus lunatus* LINN) dalam meningkatkan diversifikasi pangan dan industri (Abdul Munip, Balai Penelitian Kacang-kacangan dan Umbi-umbian, Deptan).
2. *Sequence analysis of 2b gene of Australian CMV isolates* (Emy Sulistyowati, Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat, Deptan).
3. *Contribution of microbial biomass C to aggregate stability of sandy soil added with clay and organic matter* (Djajadi, Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat, Deptan).
4. Potensi patogen serangga dalam pengendalian hama kapas secara hayati dan upaya pengembangannya (IG.A.A. Indrayani dan Deciyanto Soetopo, Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat, Deptan).

5. Bioetika penggunaan bahan pangan asal ternak (Hetri Resnawati, Balai Penelitian Ternak, Deptan).
6. Bioetika pertanian dalam kearifan lokal di Indonesia (Ashari, Balai Penelitian Ternak, Deptan).
7. Akselerasi inovasi teknologi usaha budi daya Salak Pondoh organik melalui penerapan SPO-GAP (*Good Agricultural Practice*) di Desa Merdikorejo, Kecamatan Tempel, Kabupaten Sleman (Sinung Rustijarno dan Wiendarti I.W., Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Yogyakarta, Deptan).
8. Kajian ekonomis dan pengembangan pengetahuan lokal teknologi budi daya jeruk di lahan pasir Pantai Selatan Kabupaten Kulon Progo (Sinung Rustijarno dan Wiendarti I.W., Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Yogyakarta, Deptan).
9. Program *crossbreeding* sapi potong: Tinjauan etika pelestarian plasma nutfah (Lisa Praharani, Balai Penelitian Ternak, Deptan).
10. Mempertahankan etika budaya tradisional petani Indonesia (Hastono, Balai Penelitian Ternak, Deptan).
11. Metode *in vivo* pada terapi jus lidah buaya terhadap luka insisi *Pseudomonas aeruginosa*: Kajian bioetika dan *animal welfare* (A.M. Lusiastuti dan H. Pramudi, Pusat Riset Perikanan Budidaya, DKP).

Acara penutupan terdiri atas penyampaian perumusan sementara seminar yang disampaikan oleh Ketua Tim Perumus (Dr. Muhammad Machmud), dan sambutan penutupan oleh Kepala Balai Besar Litbang Bioteknologi dan Sumber Daya Genetik Pertanian (BB-Biogen). Pada penutupan, Kepala

BB-Biogen menyampaikan ucapan terima kasih kepada panitia, pembicara, dan peserta yang masih mengikuti acara penutupan, dan berharap mudah-mudahan dari apa yang sudah disimak ada manfaatnya serta ada peminat bioetika pertanian yang akan tampil pada acara *The Ninth Asian Bioethics Conference* di Yogyakarta. Selama ini, makalah yang masuk didominasi dari kedokteran, bioteknologi sedikit sekali apalagi pertanian hampir tidak ada, walaupun ada itu dari luar negeri bukan dari Indonesia. Pada seminar kali ini, belum ada yang merujuk (bagi yang beragama Islam) kepada ayat-ayat Qur'an dan Hadis Nabi di makalahnya padahal pada acara di Yogyakarta ada sesi khusus, yaitu *Islamic Bioethic*, di situ kesempatan kita membedah isi Alqur'an yang terkait dengan kehidupan sehari-hari yang berkaitan dengan pertanian, mudah-mudahan setelah pulang dari sini ada semangat melihat kembali mengenai hal tersebut.

### Hasil Rumusan

Persepsi peserta seminar tentang bioetika relatif beragam. Hal ini menyangkut latar belakang serta pengetahuan dan informasi yang dimiliki pesertanya. Hal ini mengindikasikan perlunya dilakukan sosialisasi secara berkesinambungan tentang masalah bioetika. Sosialisasi perlu dilakukan melalui pertemuan-pertemuan antarpakar dan pemerhati bioetika yang mewakili semua disiplin ilmu.

Karden Mulya dan Ida N. Orbani

**M**asalah bioetika yang dihadapi sangat banyak, tetapi dapat dipilah dan dikelompokkan untuk dikaji secara seksama menurut ke-

## Diskusi Fokus tentang Bioetika Pertanian

pentingan dan prioritasnya. Beberapa isu utama yang muncul di ma-

syarakat akhir-akhir ini yang mengait dengan bioetika adalah ten-

tang kesejahteraan hewan (*animal welfare*) dan pembajakan hayati (*biopiracy*). Oleh karena itu, sebagai tindak lanjut dari Seminar Nasional Bioetika Pertanian di Bogor tanggal 29 Mei 2008 yang dilaksanakan dalam rangka *the 9<sup>th</sup> Asian Bioethics Association (ABA) Conference* yang akan diselenggarakan pada bulan November 2008 di Yogyakarta, maka BB-Biogen bekerjasama dengan Komisi Bioetika Nasional (KBN) menyelenggarakan Diskusi Fokus (*Focus Discussion*) tentang Bioetika Pertanian, khususnya yang berkaitan dengan *Animal Welfare* dan *Biopiracy*. Kegiatan ini dilaksanakan dengan tujuan untuk menjaring masukan dan informasi seluas-luasnya kajian bioetika pertanian, khususnya tentang kedua aspek tersebut dari para pakar pada departemen/lembaga pemerintah, praktisi, dan lembaga swadaya masyarakat.

Diskusi Fokus tentang Bioetika Pertanian diselenggarakan di Bogor pada tanggal 31 Juli 2008 dan dihadiri oleh 18 orang peserta dari Sekretariat Komisi Bioetika Nasional, Kementerian Negara Riset dan Teknologi, Perhimpunan Ilmu Pemuliaan Indonesia, Perhimpunan Bioteknologi Pertanian Indonesia, Yayasan Naturindo, Pusat Penelitian Bioteknologi LIPI, Institut Pertanian Bogor, Pusat Riset Perikanan Budidaya, Balai Besar Veteriner, Pusat Analisis Sosial Ekonomi dan Kebijakan, Balai Penelitian Ternak, dan Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumber Daya Genetik Pertanian.

Diskusi dibagi dua kelompok, masing-masing kelompok membahas *Animal Welfare* yang dipandu oleh Prof. Dr. Kusuma Diwyanto dan Biopirasi yang dipandu oleh Dr. Sutrisno.

Dari hasil diskusi dihasilkan rumusan sementara sebagai berikut:

### Umum

1. Diskusi Fokus (*Focus Group Discussion/FGD*) merupakan kelanjutan dari Seminar Nasional

tentang *Tinjauan Bioetika Menuju Pertanian Berkelanjutan yang Selaras dengan Alam* yang diselenggarakan di Bogor pada tanggal 29 Mei 2008, bertujuan untuk menindaklanjuti hasil seminar tersebut. Agenda diskusi dibatasi pada isu-isu yang berkaitan dengan aspek biopirasi dan *animal welfare*.

2. Tujuan dari FGD adalah untuk:
  - i. Menjaring individu peminat/pemerhati (*spirit*) tentang bioetika di masyarakat.
  - ii. Mencari isu-isu yang sudah dibatasi oleh peraturan perundangan dan jalan keluar atas hal yang belum diatur.
  - iii. Menjadi alat untuk mengembangkan jejaring berkaitan dengan bioetika.
  - iv. Menjadi wahana untuk membangun forum-forum debat yang dapat menghasilkan pemahaman-pemahaman tentang bioetika di tataran nasional, terutama di bidang pertanian.
3. FGD perlu dilakukan secara berkelanjutan dengan topik bahasan yang lebih spesifik, sehingga dapat menghasilkan/menentukan target capaian dan mengembangkan TOR.

### Biopirasi

1. Pengertian Biopirasi mencakup mematenkan *invensi* yang berdasarkan sumber daya hayati dan pengetahuan lokal/tradisional, dan komersialisasi sumber daya hayati tanpa memberikan kompensasi kepada pemilik/penguasa sumber daya hayati dan pengetahuan lokal.
2. Biopirasi dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok (tipe):
  - i. Biopirasi tipe 1 yang dilakukan oleh Perusahaan Multinasional, dan
  - ii. Biopirasi tipe 2 yang dilakukan oleh rakyat (petani).
3. Dari sudut pandang pelaku, "pirasi" selalu membangun legalisasi dari setiap tindakan, yang

berdampak atas pelanggaran keadilan dan kepemilikan, menurunkan tingkat kehidupan ekonomi, dan mengurangi/memusnahkan spesies tertentu. Biopirasi terjadi sebagai dampak dari kepiawaian dialog dan negosiasi, kekuatan kelembagaan dan keunggulan ekonomi. Oleh sebab itu, antisipasi biopirasi harus mencakup *enforcement agent*, program kontrol dan monitoring, serta pendidikan. Berdasarkan hal tersebut alternatif tindak aksi akan mencakup pematenan hak kepemilikan harus tidak menyinggung identitas kultural masyarakat, komunikasi, dan koordinasi antara pengguna SDB dengan masyarakat lokal, meningkatkan ketelitian penyusunan perjanjian *benefit-sharing*, monitoring dan *enforcement* pelaksanaan perjanjian akses atas SDG, pembatalan paten yang terbukti menduplikasi teknik penggunaan materi lokal, dan mempublikasikan daftar hitam *bio-buccaneer* (pembajak biologis).

4. Biopirasi terkait dengan isu utama yang muncul di dalam perdebatan pengaturan pemanfaatan SDG yang berkelanjutan secara global yang terjadi sebagai akibat perkembangan pesat dari bioteknologi yang dapat digunakan untuk meningkatkan nilai ekonomi dari SDG. Teknologi/bioteknologi umumnya dikuasai oleh negara maju yang rata-rata miskin dengan SDG sedangkan negara berkembang yang miskin penguasaan teknologi/bioteknologi, memiliki kekayaan besar dalam keanekaragaman SDG.
5. Pada tataran global terdapat tiga rezim pengaturan yang berkaitan dengan akses dan pembagian keuntungan dari hasil akses SDG, yaitu
  - i. Konvensi Keanekaragaman Hayati yang dapat dijadikan titik awal waktu pengaturan atas akses terhadap SDG. Pembagian keuntungan dari hasil akses dan pemanfaatan SDG secara global dimulai se-

- jak berlakunya Konvensi tersebut;
- ii. TRIPS merupakan jembatan antara pengaturan rezim paten dengan pengaturan akses serta pembagian keuntungan hasil pemanfaatan akses berdasarkan KKH.
  - iii. Bioetika, melalui 18 prinsip bioetika (UNESCO) merupakan pilihan-pilihan yang harus dipertimbangkan dalam TRIPS sebagai rambu-rambu dalam mencari alternatif jalan keluar atas implikasi perkembangan bioteknologi yang pesat.
6. Indonesia merupakan salah satu negara yang meratifikasi KKH melalui Undang-Undang Nomor 5 Tahun 1994. Berdasarkan KKH pengelola nasional SDG berada di tangan negara. Untuk itu negara perlu mengatur akses dan pembagian keuntungan dari pemanfaatan SDG dengan masyarakat lokal. Pengaturan tersebut harus dituangkan dalam peraturan-perundangan tentang Pengelolaan Sumber Daya Genetik. Hal yang terpenting dalam kaitan dengan biopirasi adalah menentukan SDG yang akan dilindungi dan konsistensi implementasi kebijakan untuk melindungi SDG tersebut.
  7. Rencana Tindak berkaitan dengan pengaturan akses dan pembagian keuntungan hasil pemanfaatan akses SDG meliputi:
    - i. Sumber Daya Manusia:
      - 1) Menjaring peminat/pemerhati (spirit) tentang bioetika dari masyarakat adalah sosialisasi secara intensif, di antaranya:
        - Melalui pendidikan formal (jangka pendek dan jangka panjang);
        - Pendidikan dilaksanakan secara bertahap dan berkesinambungan, dan
        - Sosialisasi berjenjang melalui program jangka pendek dan jangka panjang.
      - 2) Perlu membangun pemahaman masyarakat dan birokrat atas peraturan perundangan yang berlaku yang berkaitan dengan SDG. Cara-cara yang dapat ditempuh dalam membangun pemahaman tersebut, antara lain:
        - Pengadaan *science brief* tentang SDG yang melibatkan anggota legislatif (DPR);
        - Melibatkan dalam *political agenda* pemerintah tentang pangan;
        - Pelibatan media massa dalam forum diskusi;
        - Sosialisasi melalui berbagai media, seperti *refereed journal*, koran, dan media massa lain;
        - Penyelenggaraan lokakarya tentang SDG (setengah hari) bagi jurnalis;
        - Melibatkan pengacara dan media massa dalam diskusi, perlombaan, dan lokakarya;
        - Mengirimkan/melibatkan anggota legislatif ke pertemuan nasional dan internasional tentang bioetika;
        - Pembekalan kepada diplomat mengenai kekayaan SDG;
    - ii. Sistem, komunikasi, dan informasi
      - 1) Pengaturan yang kondusif dalam implementasi pengelolaan SDG, termasuk pendanaan yang konsisten;
      - 2) Peraturan perundangan perlu diperkuat, di antaranya Undang-undang tentang SDG termasuk yang menyangkut masalah biopirasi perlu diusahakan;
    - 3) Pengiriman delegasi dalam pertemuan forum internasional harus diprogramkan dengan jelas dan konsisten;
    - 4) Perlu dilakukan analisis atas peraturan perundangan yang berlaku untuk memahami posisi dan harmonisasi antara fungsi masing-masing peraturan tersebut;
    - 5) Pemetaan SDG melalui pembuatan sistem dan perangkatnya;
    - 6) Database tentang SDG dan teknologinya perlu disusun agar mudah diakses oleh semua pihak. Database yang sudah ada di KLH perlu diaktifkan;
    - 7) Menginventarisasi lebih banyak contoh-contoh kasus biopirasi dan berbagai *legal aspect* yang mengait dengan biopirasi.

#### **Animal Welfare**

1. Salah satu hakikat hidup manusia adalah dapat memanfaatkan hewan/ternak untuk kesejahteraan manusia.
2. Makna "memanfaatkan" harus terkait dengan:
  - i. Pemanfaatan berkelanjutan
  - ii. Agama/kepercayaan/adat istiadat/sosial budaya lokal
  - iii. Perikehewan (*animal welfare*)
3. Aspek bioetika hewan dapat dikelompokkan menjadi:
  - i. Manajemen pemeliharaan, *on farm*
  - ii. Pengendalian/pemberantasan penyakit
  - iii. Riset, pendidikan, dan testing Sosial Budaya (hobi)
  - iv. Perdagangan dan pemanfaatan yang ASUH, *off farm*
4. Perlu dievaluasi peraturan/kebijakan yang ada yang terkait dengan bioetika hewan, termasuk kelembagaan terkait.
5. Untuk mengantisipasi era globalisasi yang sudah mengede-

pankan prinsip kesejahteraan hewan, Indonesia perlu menyusun kebijakan-kebijakan terkait dengan *animal welfare* dengan pendekatan ASUH (aman, sehat, utuh, halal).

6. Perlu dibentuk tim-tim kecil yang akan melakukan kajian ilmiah aspek-aspek utama bio-

etika hewan yang sesuai dengan kondisi domestik, yaitu:

i. Aspek *on farm* (budi daya, pemberantasan penyakit, dan sosial budaya lokal)

ii. Perdagangan (transportasi, standar internasional, perlindungan dan pelestarian SDG)  
iii. Riset (penelitian, pengajaran, dan *animal testing*) dan PIC-MTA.

Ida N. Orbani dan Karden Mulya

## ARTIKEL

Ilmu Pertanian yang didasarkan atas modifikasi tanaman semata-mata bertujuan untuk kesejahteraan manusia, seperti budi daya tanaman dari domestikasi tipe liar meskipun kadang mengalami hambatan. Pengembangan tanaman juga telah lama diusahakan melalui persilangan antar tanaman terseleksi untuk mendapatkan sifat yang diinginkan. Teknologi rekayasa genetik merupakan alat pemuliaan modern telah diaplikasikan sejak pertengahan 1980-an. Teknologi ini mampu mengintroduksi suatu gen yang diinginkan ke dalam genom lain yang tidak dapat dilakukan dengan teknologi lain. Gen yang diintroduksi dapat berasal dari suatu organisme ataupun gen sintesis untuk mendapatkan sifat-sifat yang memiliki nilai ekonomi dan mendapatkan produk baru. Tanaman yang telah diintroduksi dengan gen dari luar tersebut dikenal sebagai tanaman hasil rekayasa genetik (*Genetically modified plant*, GMP) atau tanaman transgenik. Kode genetik suatu gen karena bersifat universal (mengkode asam amino) maka ada kemungkinan dapat pindah dari suatu organisme ke organisme lain tanpa mengalami perubahan.

Sampai dengan tahun 2005, tanaman transgenik telah ditanam secara luas di dunia dengan luas lebih dari 90 juta hektar, dan generasi tanaman transgenik awal yang banyak ditanam adalah kedelai dan kanola toleran herbisida, jagung

## Tanaman Transgenik yang Aman

dan kapas tahan serangga hama. Generasi tanaman transgenik berikutnya telah berubah dan berkembang ke arah peningkatan kualitas produk, contoh peningkatan kandungan vitamin A pada padi, komposisi asam lemak pada kanola, atau kedelai yang kaya lisin. Generasi tanaman transgenik ketiga mengarah pada kebutuhan pasar; seperti penghasil protein bernilai farmasi atau industri maupun vaksin.

Teknik rekayasa genetik yang paling populer untuk introduksi gen asing ke dalam genom tanaman adalah transformasi dengan bantuan *Agrobacterium* (Gambar 1) dan *particle bombardment* atau *gene gun* (Gambar 2). Teknik pertama didasarkan atas kemampuan alami bakteri tanah *Agrobacterium tumefaciens* dalam mentransfer sekuen DNA khusus (T-DNA) ke dalam kromosom tanaman. Interaksi antara tanaman dan bakteri ini sangat kompleks dan melibatkan puluhan gen dan biasanya produk yang dihasilkan dari T-DNA yang diintroduksi ke dalam genom tanaman lebih stabil. Untuk tujuan rekayasa genetik, T-DNA tipe liar biasanya diganti dan disisipi dengan gen yang berguna (gen yang diinginkan), serta menggunakan strain *A. tumefaciens* yang sesuai untuk mengintroduksi ke dalam genom tanaman. Pada teknik *gene gun*, sekuen DNA atau gen yang akan ditembakkan ditempatkan pada permukaan partikel emas (atau *tungsten*) yang berdiameter antara 0,6-1,6  $\mu\text{m}$ , lalu ditembakkan

ke sel tanaman dengan mesin yang digerakkan gas helium. Sekali di dalam sel tanaman, DNA akan berintegrasi dengan genom kromosom ataupun kloroplas.

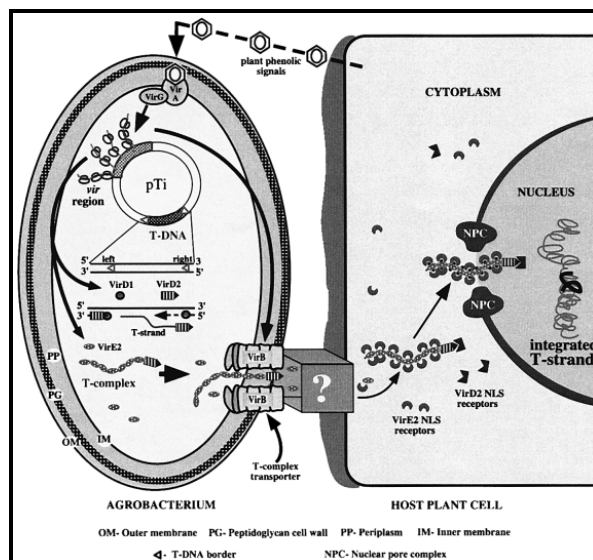
Teknik rekayasa genetik juga dapat menduga hasil apa yang akan diperoleh, karena hanya satu atau beberapa gen yang terintroduksi ke dalam genom yang dimodifikasi. Pada kenyataannya, genom suatu tanaman mengandung beberapa ribu gen, sehingga kemungkinan termodifikasi sangat kecil sekali. Situasi ini sering mendapat perhatian serius ataupun kecaman bila dilakukan budi daya atau pemanfaatan tanaman transgenik.

Pada uraian ini, akan disampaikan beberapa masalah utama pada tanaman transgenik yang sering memicu perhatian dan kritikan, serta disampaikan beberapa strategi yang dapat diadopsi untuk menghasilkan tanaman transgenik yang lebih dapat diterima.

### Pandangan Kritis terhadap Tanaman Transgenik

Beberapa aspek terkait tanaman transgenik yang banyak dikritik, yaitu tingkat kebaruan biologinya terhadap dampak ekonomi, sosial dan politik bila dibudidayakan. Beberapa aspek ilmiah yang menjadi perhatian:

1. Kontrol terhadap tempat penyisipan sekuen DNA (gen asing) yang diintroduksi pada genom tanaman serta efek mutagenesisnya.



**Gambar 1.** Skema dasar infeksi *A. tumefaciens*.  
Sumber: Zupan *et al.* 2000.



**Gambar 2.** Gene gun.  
Sumber: [www.nwcreation.net/genehijacking.html](http://www.nwcreation.net/genehijacking.html).

2. Keberadaan gen marka seleksi (*Selectable Marker Gene*, SMG) yang menunjukkan ketahanan terhadap antibiotik atau herbisida, berkaitan dengan gen yang diharapkan.
3. Penyisipan sekuen plasmid bakteri (*backbone*) yang tidak diinginkan, serta
4. Perpindahan gen dari tanaman transgenik ke tanaman non transgenik atau tipe liarnya.

**Kontrol terhadap Tempat Penyisipan Sekuen DNA (Gen Asing) yang Diintroduksi pada Genom Tanaman serta Efek Mutagenesisnya**

Sekuen DNA diintroduksi dan masuk ke dalam genom plastid maka tempat penyisipannya dapat ditentukan sehingga mutasi tidak terjadi. Saat ini, rekayasa genetik pada plastid mulai diterapkan pada beberapa jenis tanaman meskipun genom kromosom masih merupakan sasaran utama. Pada kasus penyisipan T-DNA, penyisipan gen asing

biasanya terjadi secara acak, sehingga penyisipan T-DNA dapat digunakan sebagai teknik mutasi untuk menunjukkan fungsi suatu gen.

**Bagaimana dengan risiko yang akan ditimbulkan?** Mutasi sebenarnya secara terus menerus terjadi di dalam genom seluruh organisme. Jika suatu mutasi akan mengganggu maka cenderung akan dibuang dari populasi. Saat tanaman transgenik dihasilkan, maka tanaman yang memiliki sifat fenotipik normal akan dipilih, sedangkan bila ada yang menunjukkan mutasi di-



buang. Pada kejadian lain, beberapa agen regulasi menginginkan bahwa tempat penyisipan sebaiknya ditentukan sebelum pelepasan tanaman transgenik, sehingga terjadinya penyisipan di dalam atau dekat dengan gen yang diinginkan serta pengaruh penyisipan pada ekspresi gen tersebut dapat diduga.

Beberapa penelitian sedang berkembang menggunakan teknik tersebut. Suatu gen dapat memilih tempat penyisipannya pada inti tanaman dan frekuensi keberhasilannya meningkat secara signifikan pada sistem model. Hal ini telah ditunjukkan bahwa dengan memunculkan pemotongan utas ganda pada sisi target, yang biasanya menggunakan sekuen asing yang diintegrasikan pada sisi tersebut dapat ditingkatkan sampai level penggunaan praktis. Pemanfaatan kemampuan enzim endonuklease buatan dapat memotong DNA pada suatu sisi yang dapat diduga sebelumnya akan segera dicapai.

### **Keberadaan Gen Marka Seleksi (SMG) Berkaitan dengan Gen yang Diharapkan**

SMG secara umum diintroduksi ke dalam sel tanaman berdampingan dengan gen yang diinginkan untuk seleksi sel tersebut. Kebanyakan SMG menyebabkan suatu sel tanaman resisten terhadap suatu antibiotik atau herbisida yang dikandung di dalam media kultur jaringan. SMG seringkali disisipkan berdampingan dengan gen yang diinginkan dan akan tetap berada pada tanaman transgenik meskipun kegunaannya terbatas pada tahap regenerasi tanaman secara *in vitro*. SMG tersebut telah menjadi perhatian serius. Keberadaan gen resisten terhadap antibiotik pada tanaman transgenik mungkin meningkatkan peluang terjadinya transfer ke bakteri patogenik (transfer gen secara horisontal), dan dapat membatasi penggunaan antibiotik spesifik secara klinis.

Gen resisten terhadap herbisida juga sering digunakan sebagai SMG, dan kadang sebagai gen yang

diinginkan untuk tanaman transgenik toleran terhadap herbisida. Kekhawatiran sering muncul bila gen-gen tersebut tertransfer ke tipe liarnya, pada tanaman yang memiliki kesesuaian seksual sehingga dapat meningkatkan jumlah gulma tahan herbisida.

**Berbahayakah SMG?** Kebanyakan ahli berkata TIDAK. Namun demikian, Komunitas Eropa telah merekomendasikan bahwa gen-gen untuk ketahanan terhadap antibiotik yang berkaitan secara klinis harus tidak lama berada di dalam tanaman transgenik.

Untungnya, ada beberapa teknologi alternatif yang dapat digunakan. Solusi terbaik untuk menghindari keberadaan SMG dengan menciptakan tanaman transgenik bebas marka. Hal ini dapat ditempuh dengan dua cara, yaitu (1) Introduksi gen interes tanpa SMG dan identifikasi tanaman transgenik secara individual di antara tanaman regenerasi dengan *polymerase chain reaction* (PCR) dan (2) Menghilangkan SMG setelah seleksi sel/tanaman transgenik. Cara kedua dapat ditempuh dengan dua teknik, yaitu ko-transformasi atau pemotongan sekuen SMG setelah transformasi.

Tujuan teknik ko-transformasi, yaitu untuk mengintroduksi gen interes dan SMG pada sisi kromosom yang berbeda. Tujuan ini dapat dicapai bila setiap gen disisipkan pada vektor transformasi secara terpisah, atau pada vektor sama tetapi posisi terpisah di dalam daerah T-DNA. Selanjutnya, tanaman diregenerasi di bawah tekanan seleksi, dan sebagai akibatnya tanaman akan mengandung SMG; di antara tanaman yang didapat, juga mengandung gen interes diidentifikasi dengan analisis molekuler. Jika dua gen berada pada sisi kromosom yang berbeda secara independen dapat dipisahkan dengan persilangan antara tanaman transgenik dengan non transgenik dan menyeleksi tanaman yang hanya mengandung gen interes di antara progeninya. Metode ini sederhana tetapi membutuhkan efisiensi ko-transfor-

masi yang tinggi dan lebih mahal; sayangnya teknologi ini tidak mudah diterapkan terhadap tanaman yang dipropagasi secara klonal.

Pemotongan SMG setelah transformasi dapat dilakukan berdasarkan teknologi transposisi, rekombinasi intrakromosomal atau rekombinasi sisi spesifik. Akhir-akhir ini, penerapan teknik terakhir ini sedang dikembangkan, misalnya sekuen DNA yang mengandung SMG dipotong dan disisipi dengan sekuen pendek yang dikenal oleh enzim tertentu yang dapat memotong keluar, yang selanjutnya akan terdegradasi. Metode ini dapat diterapkan pada tanaman yang dapat diperbanyak secara seksual atau aseksual.

Di sebuah laboratorium di Italia (*Dipartimento di Biologia Vegetale e Biotecnologie Agroambientali e Zootecniche, Universit`a degli Studi di Perugia*) telah mengembangkan sistem transformasi bebas marka pada alfafa (*Medicago sativa* L.). Kemungkinannya menggunakan gen seleksi yang dapat memerankan sebagian gen interes, atau menggunakan gen reporter. Pendekatan pertama, tidak menggunakan agen seleksi selama tahap regenerasi pertama setelah perlakuan transformasi dengan *Agrobacterium*, tetapi diterapkan pada regenerasi tahap kedua, bertujuan untuk mempercepat diperolehnya *event* transgenik di antara *event* regenerasi (*embrio somatik*). Pendekatan kedua, *event* regenerasi dipilih berdasarkan ekspresi gen reporter dengan reaksi histokimia, dan regenerasi tahap kedua tidak dibutuhkan. Hasil awal yang diperoleh dengan pendekatan pertama menunjukkan 1,4% *embrio* yang teregenerasi tanpa seleksi adalah transgenik. Pendekatan dengan teknik ko-transformasi untuk alfafa bebas marka ada 2 percobaan, diperoleh efisiensi ko-transformasi sebesar 5,6% dan 6%, dan terjadi segregasi secara independen dari dua gen yang ditunjukkan pada progeni dari tanaman ko-transformasi pertama.

Sistem seleksi yang didasarkan pada penggantian sukrosa (*xylose*, *mannose*, *galaktose* atau *arabitol*) sebagai sumber karbon pada media pertumbuhan menunjukkan bahwa pada beberapa jenis tanaman tidak mampu memanfaatkannya secara sukses. Beberapa alternatif sistem seleksi dapat menggunakan gen yang dapat mengubah ketahanannya terhadap substansi fitotoksik lain daripada antibiotik atau herbisida. Di laboratorium tersebut, efisiensi gen *hemL* dari *Synechococcus*, menunjukkan resistensinya terhadap *gabaculin*, dibandingkan dengan gen ketahanan terhadap antibiotik konvensional (*nptII*), serta menunjukkan signifikansi yang lebih tinggi. Gen *hortologous* pada *hemL* diisolasi dari alfafa dengan tujuan mengembangkan SMG turunan tanaman yang dapat dipertimbangkan lebih aman secara sempurna.

### Penyisipan Sekuen Plasmid Bakteri (*backbone*) yang Tidak Diinginkan

Keberadaan sekuen yang berasal dari organisme non tanaman pada DNA yang ditransfer perlu dipertimbangkan sebelum pelepasan tanaman transgenik. Saat ini, banyak gen bakteri diekspresikan pada semua tanaman transgenik yang berada di pasar, juga promoter dan terminatornya yang berasal dari virus atau bakteri (*Agrobacterium*) yang terlibat dalam ekspresi gen. Beberapa kelompok peneliti telah mengembangkan gen-gen interes, marka seleksi, promoter, terminator, dan sekuen pembatas T-DNA yang diambil dari genom tanaman. Atau dengan memanfaatkan gen interes yang diisolasi dari tanaman sejenis atau kerabat liarnya. Contoh pemanfaatan gen interes yang berasal dari tanaman, misalnya penggunaan gen *RB* yang berasal *Solanum bulbocastanum* (kerabat liar dari kentang, *S. tuberosum*) untuk ketahanan terhadap patogen *Phytophthora infestans* dan gen  $\alpha$ -amylase inhibitor yang berasal dari kacang *Phaseolus vulgaris* untuk ketahanan terhadap serangan hama gu-

dang (Keluarga *Bruchidae*) pada biji kacang hijau. Kondisi ini akan berdampak positif untuk menghadapi sikap publik terhadap tanaman transgenik.

Saat transfer DNA ke dalam sel tanaman, sekuen DNA diklon di dalam plasmid bakteri. Plasmid adalah molekul DNA sirkuler yang dapat diperbanyak dan dipertahankan di dalam sel bakteri. Pada penggunaan metode *Agrobacterium* dan *gene gun*, beberapa sekuen DNA sering ditemukan berdampingan dengan gen interes dan ditemukan secara bersamaan di dalam genom tanaman transgenik; sebetulnya sekuen ini tidak dibutuhkan untuk ekspresi gen interes yang diintroduksi.

Transformasi *plastome* dapat mengatasi masalah ini; kenyataannya, hanya sekuen tertentu secara tepat berintegrasi ke dalam genom plastid melalui rekombinasi *homologous*. Bila suatu sekuen yang tidak diinginkan terintegrasi secara kebetulan ke dalam genom kromosom dengan mudah dapat dihilangkan dengan melakukan silang balik dengan tanaman non transforman sebagai tetua jantan.

Transformasi inti, biasanya menggunakan metode *gene gun* yang dapat mentransfer sekuen tertentu dan bersih, tetapi cara ini membutuhkan biaya lebih. Hal ini dikarenakan perlu adanya tahap pemurnian sekuen DNA yang membutuhkan enzim restriksi untuk memotong plasmid yang mengandung gen tersebut, tahap elektroforesis dan purifikasi DNA yang akan ditransfer. Pada metode transformasi menggunakan *Agrobacterium*, pemahaman mekanisme transfer fragmen DNA ke dalam tanaman belum sepenuhnya dipahami, tetapi akhir-akhir ini pandangan baru telah meningkat pesat berkaitan dengan fungsi sekuen *border* T-DNA. Teknik ini dapat memperbaiki proses melalui penekanan frekuensi transfer sekuen *backbone* plasmid yang berdampingan dengan daerah T-DNA. Sedangkan, teknik penggunaan rekombinasi sisi spesifik dapat juga

diterapkan untuk mengeluarkan sekuen *backbone* plasmid. Pada kasus ini, seleksi tanaman yang bersih dapat dilakukan melalui teknik molekuler dan sekuensing DNA *backbone* yang berdampingan dengan gen interes sebelum melakukan pelepasan tanaman transgenik.

### Perpindahan Gen dari Tanaman Transgenik ke Tanaman Non Transgenik atau Tipe Liarnya

Melalui satu cara atau peristiwa lain, suatu transgen mungkin dapat berpindah ke pertanaman lain di lapang. Hibridisasi dengan tanaman liar, tanaman-tanaman yang memiliki kesesuaian secara seksual telah pula diamati seperti pada kasus kanola (*Brassica napus*) dan *red fescue* (*Festuca rubra*). Kasus ini dianggap tidak berbahaya untuk beberapa transgen yang beredar di pasar akhir-akhir ini, tetapi mungkin akan berisiko bila transgen mengkode protein bernilai farmasitikal. Kemunculan kasus ini memberi harapan penurunan harga obat-obatan dan vaksin, tetapi ekspos yang tidak diharapkan terhadap beberapa protein seharusnya dihindarkan.

Beberapa cara dapat untuk mencegah atau mengurangi perpindahan gen. Beberapa strategi genetik telah banyak dikembangkan. Pendekatan yang efektif, yaitu dengan pembatasan gen melalui introduksi gen ke dalam plastom. Kebanyakan tanaman, plastid diturunkan secara maternal, sehingga transgen tidak diturunkan ke progeni melalui polen (yang bisa diterbangkan dari pertanaman di lapang), tetapi hanya melalui sel telur (yang akan tetap berada di pertanaman). Transformasi melalui plastom dapat memberikan tingkat pembatasan gen yang efektif.

Pendekatan kedua adalah pendekatan dengan "mitigasi gen", yaitu dengan introduksi gen yang berdampingan dengan gen interes, dan dari gen kedua mampu menurunkan "fitness" (kemampuan untuk bertahan dan bereproduksi di alam) dari tanaman yang berasal dari hasil hibridisasi tanaman yang

dibudidayakan dengan kerabat liarnya. Sistem ini telah dikenalkan dan tampak lebih efektif, paling tidak ketika gen-gen berguna tidak secara signifikan meningkatkan kebugaran dari hibrid-hibridnya.

Pendekatan ketiga dikenal sebagai teknologi "Genetic Use Restriction Technology" (GURT) atau terminator. Teknik ini dapat mencegah perpindahan melalui penghambatan perkecambahan biji dari tanaman transgenik. Teknologi ini pernah mendapat tantangan keras karena kemungkinan adanya dampak negatif pada pertanian untuk negara-negara tertinggal, dan sampai sekarang belum diaplikasikan; walaupun begitu, hal ini akan sangat berguna pada kasus tertentu, seperti untuk tanaman transgenik yang memproduksi senyawa bioaktif, seperti vaksin, yang sangat membutuhkan fasilitas yang sangat ketat.

Sterilisasi polen dan kontrol pembungaan merupakan strategi pembatasan lain yang telah ditun-

jukan dengan percobaan yang pasti dan juga diaplikasikan secara komersial.

### Kesimpulan

Berdasarkan pada teknologi yang tersedia dan perkembangan riset yang cepat, dapat dikatakan bahwa dalam waktu dekat tanaman transgenik akan dirancang untuk dapat meminimalkan atau menghindari adanya introduksi sekuen yang tidak diinginkan, integrasi gen secara random, dan kemungkinan lepasnya gen ke lingkungan. Usaha penelitian ke arah tanaman transgenik yang lebih bersih memberikan arah pada mekanisme dasar pada teknik rekombinasi DNA, mutasi, interaksi tanaman-bakteri, dan interaksi antara gen, plastid dan inti. Pengendalian proses transformasi genetik dapat menghasilkan tanaman transgenik dengan modifikasi genom yang sangat minimal dan diketahui secara pasti, sehingga efek yang tidak diharapkan dapat dihi-

langkan secara maksimal dan diharapkan akan memberikan keamanan yang lebih tinggi. Selama ini tanaman transgenik telah mendapatkan pemberitaan yang tidak selayaknya, dan persepsi publik tentang risiko dan keuntungannya akan berubah menjadi manfaatnya.

### Pustaka

- Anonimous. 2008.** Gene Hi-jacking; The role of interspecies gene transfer. [www.nwcreation.net/genehijacking.html](http://www.nwcreation.net/genehijacking.html)
- Rosellini, D. and F. Veronesi. 2007.** Safe genetically engineered plants. *J. Phys.: Condens. Matter* 19(2007) 395005. 7 p.
- Zupan, J., T.R. Muth, O. Draper, and P. Zambryski. 2000.** The transfer of DNA from *Agrobacterium tumefaciens* into plants: A feast of fundamental insights. *The Plant Journal* 23(1):11-28.

*Edy Listanto dan Eny Ida Riyanti*

**T**omat merupakan tanaman sayuran yang sangat digemari dan mempunyai nilai gizi yang sangat tinggi. Di Indonesia tomat banyak diusahakan, baik di dataran tinggi (60%) maupun di dataran rendah (40%). Semakin luasnya areal per-tanaman tomat yang disertai dengan pembudidayaan secara terus menerus di dataran tinggi, dikhawatirkan terjadi erosi tanah secara perlahan-lahan. Untuk menghindari hal tersebut, petani berusaha untuk mengalihkan pertanaman tomat ke dataran rendah.

Rendahnya produksi tomat di dataran rendah menjadi salah satu kendala dalam budi daya tanaman ini. Hasil rata-rata pertanaman tomat di dataran rendah umumnya sekitar 6,0 ton/ha, sedangkan di dataran tinggi mencapai 26,6 ton/ha. Rendahnya produksi di dataran rendah antara lain disebabkan oleh terbatasnya varietas unggul.

Produktivitas tanaman tomat dipengaruhi oleh kondisi lingkung-

## Perakitan Tanaman Tomat Partenokarpi untuk Meningkatkan Produksi Tomat di Dataran Rendah

an. Pada umumnya temperatur di bawah atau di atas optimal mempengaruhi proses reproduksi sehingga dapat menurunkan produksi buah. Di daerah tropis temperatur tinggi, kurangnya intensitas cahaya, dan kelembaban tinggi dapat menurunkan produksi dan kualitas buah, sedangkan kondisi di lapang seperti kekeringan, temperatur yang tinggi, hujan dan angin kencang juga dapat menyebabkan penurunan produksi dan kualitas buah. Faktor-faktor abiotik tersebut berpengaruh terhadap beberapa tahap proses reproduksi, sehingga mempengaruhi produksi buah.

Dalam reproduksi tanaman normal, suatu buah terbentuk hanya setelah berhasil terjadinya pembuahan yang menyebabkan terbentuknya biji dan pembentukan jaringan buah di sekeliling biji. Beberapa spesies tanaman mempunyai kemampuan untuk membentuk buah walaupun tidak terjadi penyerbukan dan pembuahan. Buah yang terbentuk disebut dengan buah partenokarpi. Pembentukan buah partenokarpi bermanfaat untuk meningkatkan produktivitas karena pembentukan buah tidak tergantung kepada terjadinya penyerbukan dan pembuahan. Selain itu, buah partenokarpi biasanya mempunyai kualitas buah yang lebih baik karena akumulasi auksin yang tinggi pada jaringan buah yang dapat menarik asimilat ke arah buah. Jumlah biji yang sedikit pada buah juga merupakan faktor yang sangat menguntungkan untuk industri pembuatan saos/pasta tomat.

Partenokarpi dapat terjadi secara alami (genetik) dan dapat diinduksi (buatan). Partenokarpi dapat terjadi secara alami pada beberapa buah-buahan yang disebabkan oleh faktor genetik, antara lain pada pisang dan semangka, atau bisa juga disebabkan karena produksi auksin yang tinggi pada sel-sel buah. Partenokarpi buatan bisa diperoleh melalui aplikasi zat pengatur tumbuh pada kuncup bunga, penyerbukan dengan polen inkompatibel atau penyerbukan dengan polen yang telah diradiasi sinar X. Cara-cara ini membutuhkan biaya yang sangat tinggi dan tenaga kerja yang banyak.

Kehadiran teknologi transformasi memberikan wahana baru bagi para pemulia tanaman untuk memperoleh sumber gen baru yang lebih luas yang bukan saja berasal dari tanaman. Induksi buah partenokarpi pada tomat melalui rekayasa genetik merupakan salah satu alternatif untuk memperbaiki produksi dan kualitas buah tomat. Metode pembentukan buah partenokarpi telah dikembangkan melalui rekayasa genetik dengan mengintroduksi gen *defH9-iaaM* atau *defH9-RI-iaaM*.

Gen *iaaM* diisolasi dari bakteri patogen *Pseudomonas syringae* pv. *Savastanoi*, yang menyandi pembentukan enzim *triptofan monooxygenase* yang berperan sebagai prekursor dalam pembentukan IAA, sedangkan promotor *defH9* yang diisolasi dari *Anthriscum majus* akan mengarahkan ekspresi gen secara spesifik di dalam ovarium khususnya pada ovul dan plasenta. Kedua jenis gen mempunyai aktivitas yang berbeda karena perbedaan arah ekspresi dan perbedaan susunan basa nukleotida pada bagian promotor. Ekspresi IAA pada bagian ovul ditujukan untuk menggantikan peran biji dalam memacu pertumbuhan buah dan menjaga kelangsungan pertumbuhan dan perkembangan buah hingga dewasa, sedangkan ekspresi IAA pada bagian plasenta untuk meyakinkan bahwa partenokarpi terjadi sebelum pe-

nyerbukan (*anthesis*) yang dapat meningkatkan kandungan auksin pada sel-sel bakal buah. Kandungan auksin pada bakal buah (ovarium) karena ekspresi dari gen yang disisipkan dapat menstimulasi pembelahan dan pembesaran sel-sel bakal buah sehingga akhirnya dihasilkan buah. Keuntungan yang dapat diperoleh adalah produksi dan kualitas buah dapat meningkat.

Ekspresi IAA yang sangat rendah diperlukan untuk memperoleh perkembangan buah partenokarpi secara normal, karena apabila terlalu tinggi dapat menyebabkan pertumbuhan buah yang abnormal (*malformation*), terutama pada jenis tanaman yang sensitif terhadap auksin. Penggunaan gen *defH9-iaaM* atau *defH9-RI-iaaM* dapat meningkatkan jumlah, ukuran, dan berat buah pada tanaman stroberi dan raspberi. Introduksi gen tersebut menyebabkan peningkatan jumlah buah sebesar 180% pada stroberi budi daya, 140% pada stroberi liar, dan 100% pada raspberi, sedangkan introduksi gen *defH9-iaaM* pada tanaman terung telah meningkatkan produktivitas sebesar 30-35%.

Partenokarpi juga merupakan suatu sifat yang berharga pada tanaman tomat industri karena buah tomat partenokarpi mempunyai persentase larutan padat yang lebih tinggi, selain itu mampu meningkatkan hasil dan rasa dari pasta serta dapat mengurangi biaya pengolahan. Beberapa keuntungan dari buah partenokarpi pada tanaman tomat, yaitu (1) produksi buah stabil walaupun dalam kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan, (2) produktivitas meningkat, (3) memperbaiki kualitas buah tomat antara lain kandungan sukrosa meningkat, (4) buah tanpa biji merupakan salah satu sifat yang diinginkan oleh konsumen pada tanaman buah-buahan, (5) dalam bidang industri pembuatan saus/pasta, dapat menurunkan biaya produksi untuk penyaringan biji, karena biji bisa mengurangi kualitas saus atau pasta yang dihasilkan. Dengan introduksi gen *iaaM* diharapkan dapat

diperoleh tanaman tomat yang mempunyai daya adaptasi yang lebih luas terhadap lingkungan tumbuhnya serta mempunyai daya hasil dan kualitas yang tinggi.

Penelitian perakitan tanaman tomat transgenik yang mengandung gen *defH9-iaaM* atau *defH9-RI-iaaM* telah dilakukan pada tahun 2004-2006. Kegiatan tersebut merupakan salah satu kegiatan dalam penelitian "Joint Research" antara Indonesia dengan Italia. Melalui kegiatan tersebut telah dihasilkan 14 galur tomat transgenik generasi R1. Saat ini galur-galur tersebut sedang diuji stabilitas daya hasil serta pola pewarisan sifatnya pada generasi selanjutnya. Kegiatan ini didanai oleh Kementerian Riset dan Teknologi melalui program Insentif.

Proses transformasi genetik memerlukan tahapan yang panjang serta menggunakan berbagai macam senyawa dan zat pengatur tumbuh untuk meregenerasikan tanaman hasil transformasi genetik. Salah satu masalah yang dihadapi dalam penggunaan teknik kultur jaringan adalah timbulnya keragaman genetik pada tanaman yang diperbanyak melalui kultur jaringan, terutama yang diregenerasikan melalui fase kalus.

Dari penelitian ini dihasilkan satu tanaman tetraploid. Diperolehnya tanaman tetraploid merupakan penemuan yang berguna, karena dari tanaman tetraploid dapat diperoleh tanaman triploid dengan cara menyilangkan tanaman tetraploid dengan tanaman diploid sehingga dapat dihasilkan tanaman tomat yang tidak mempunyai biji dengan kualitas buah yang lebih baik.

Dengan diperolehnya tanaman tomat yang dapat membentuk buah partenokarpi maka diharapkan tanaman tersebut dapat ditanam pada kisaran suhu yang lebih luas dengan produksi dan kualitas buah yang lebih baik.

Ragapadmi Purnamaningsih