

POTENSI BIOTEKNOLOGI TANAMAN UNTUK MENDUKUNG REVITALISASI PERTANIAN

ZULKARNAIN

Universitas Jambi

PENDAHULUAN

Tindak budidaya pertanian yang dimulai pada kira-kira 10.000 tahun yang lalu merupakan titik penting bagi dimulainya peradaban manusia. Perbaikan teknologi dan upaya peningkatan produktifitas tanaman yang dilakukan secara terus-menerus dan berkesinambungan telah berpengaruh pada peningkatan peradaban manusia. Peningkatan produksi tanaman, terutama tanaman sereal, selama kurun waktu 50 tahun terakhir yang berujung pada “revolusi hijau” pada tahun 1960-an hingga 1970-an, merupakan cermin prestasi di bidang pemuliaan tanaman yang patut dicatat dalam sejarah pertanian.

Dalam satu abad terakhir jumlah penduduk dunia telah meningkat secara eksponensial dan diperkirakan mencapai angka 8,3 milyar menjelang tahun 2025; sebelum (*mudah-mudahan*) menjadi stabil pada angka 11 milyar pada akhir abad ke-21 (Borlaug, 2002). Dengan makin bertambahnya jumlah penduduk, kebutuhan lahan untuk pemukiman dan aktifitas industri juga meningkat, sehingga memaksa manusia berusaha tani pada lahan-lahan marginal. Di lain pihak, kebutuhan akan bahan sandang dan pangan harus dapat dipenuhi melalui peningkatan hasil panen. Menurut Borlaug (2002), untuk memenuhi kebutuhan pangan bagi penduduk dunia yang diproyeksikan terus meningkat ini, produksi rata-rata tanaman sereal harus meningkat 80 persen antara sekarang (tahun 2002) hingga tahun 2025.

Harus diingat bahwa peningkatan produksi pertanian melalui manipulasi lingkungan dihadapkan pada keterbatasan daya dukung alam. Salah satu upaya untuk memperbaiki dan mempertahankan produktifitas tanaman pada tingkat yang berkesinambungan adalah melalui eksploitasi bioteknologi atau teknologi hayati. Sesungguhnya sasaran utama bioteknologi adalah peningkatan hasil (*biomass*) sambil tetap memelihara ekosistem yang stabil.

Bioteknologi adalah cabang dari ilmu pengetahuan yang mengkaji proses-proses industri yang memanfaatkan sistem biologi (Taji, 2001). Sistem biologi yang dimaksud dapat berupa mikroorganisme yang tumbuh dan berkembang secara alamiah, mikroorganisme hasil rekayasa genetik atau pun sel-sel hewan atau tumbuhan yang diisolasi dari induknya. Bioteknologi juga mencakup manipulasi sel-sel untuk mendapatkan *strain* (varitas sel) baru.

Dewasa ini makin banyak produk-produk bioteknologi berupa bahan makanan, obat-obatan dan bahan-bahan kimia yang dihasilkan dari pemanfaatan mikroorganisme seperti sel-sel hewan dan tumbuhan, ragi, virus, cendawan dan bakteri melalui rekayasa genetik dari mikroorganisme tersebut. Bioteknologi tanaman dan pemuliaan molekuler telah memperlihatkan keampuannya dalam meningkatkan produktifitas tanaman pertanian. Teknologi ini akan terus memberikan sumbangsih nyata pada usaha penciptaan tanaman dengan sifat-sifat unggul (*novel traits*), yang

tadinya sulit atau bahkan mustahil dikembangkan melalui prosedur pemuliaan tanaman secara konvensional.

KONTRIBUSI BIOTEKNOLOGI BAGI REVITALISASI PERTANIAN

Sesungguhnya banyak kontribusi yang dapat disumbangkan oleh Bioteknologi Tanaman untuk pembangunan pertanian. Namun, khusus dalam kaitannya dengan pembangunan pertanian di Kabupaten Tebo, ada tiga pendekatan yang dapat dilakukan, yaitu aplikasi cendawan mikoriza, perbanyakan tanaman melalui kultur jaringan (mikropropagasi), dan perakitan kultivar-kultivar tanaman pangan dan palawija menggunakan varietas lokal sebagai sumber keragaman genetik utama.

Pendekatan pertama, aplikasi mikoriza, merupakan teknologi yang 'cepat saji' dan telah tersedia. Pertimbangan diusulkannya teknologi ini adalah mengingat salah satu komoditas andalan Kabupaten Tebo adalah karet, yang pada kenyataannya sebagian besar pertanaman karet (khususnya di Rimbo Bujang) sudah berumur cukup tua dan layak diremajakan. Peremajaan karet dengan kembali menanam karet bukanlah merupakan suatu strategi yang dianjurkan, karena akumulasi Jamur Akar Putih akan menimbulkan masalah pada pertanaman karet peremajaan. Salah satu alternatif yang dapat ditempuh adalah mengganti karet dengan kelapa sawit (atau komoditas perkebunan lain yang telah terbukti sesuai untuk kondisi setempat). Teknologi mikoriza telah terbukti dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap cekaman kekeringan dan meningkatkan efisiensi penyerapan pupuk P (Simarmata, 2005).

Kemampuan mikoriza untuk memanfaatkan partikel-partikel air yang terdapat di antara molekul-molekul tanah, yang tidak terjangkau oleh rambut-rambut akar, dapat dimanfaatkan untuk mendukung pertumbuhan tanaman, tidak saja kelapa sawit tetapi juga tanaman pangan dan palawija, yang diusahakan pada lahan kering Kabupaten Tebo. Seperti diketahui, sebagian besar tanah di Kabupaten Tebo terdiri atas lahan kering dengan ketersediaan air yang terbatas dan tingkat kesuburan yang juga terbatas.

Pendekatan ke-dua, yakni pemanfaatan teknologi kultur jaringan untuk perbanyakan tanaman atau dikenal sebagai mikropropagasi. Berbeda dengan dengan pemanfaatan mikroriza yang dapat secara langsung diaplikasikan oleh petani karena teknologinya sangat sederhana, maka pada mikropropagasi petani tidak secara langsung terlibat dalam aplikasinya, tetapi memanfaatkan hasil dari teknologi ini, yaitu berupa bibit tanaman bebas penyakit dari klon-klon unggul berpotensi hasil tinggi, baik secara kuantitas maupun kualitas. Petani akan bertindak sebagai pemakai, sedangkan institusi-institusi yang memiliki fasilitas laboratorium kultur jaringan (misalnya Universitas Jambi) akan bertindak sebagai penyedia bibit yang dibutuhkan dan sebagai penyedia jasa konsultatif.

Namun demikian, untuk tujuan praktis, teknologi kultur jaringan dapat dimodifikasi disesuaikan dengan kebutuhan dan tingkat pengetahuan petani, sebagai suatu laboratorium sederhana. Peralatan-peralatan modern, misalnya *laminar air flow cabinet* dapat digantikan oleh

ent-kas yang jauh lebih sederhana dan lebih murah, namun memiliki fungsi yang sama. Kemasaman medium dapat diukur menggunakan kertas lakmus sebagai ganti pH meter. Juga, sebagai pematat medium dapat digunakan agar-agar yang banyak dijual di pasar dan harganya murah, sebagai ganti Bacto Agar yang harganya mahal. Suplai hara dapat diberikan menggunakan ramuan pupuk daun (pupuk pelengkap cair), dan banyak lagi bahan-bahan dan alat-alat laboratorium yang dapat disederhanakan.

Teknologi ini telah terbukti berhasil diaplikasikan pada berbagai tanaman pertanian, khususnya tanaman hortikultura, seperti pisang, nenas, jeruk, kentang, dan sebagainya. Lebih jauh, manfaat teknologi ini tidak saja untuk penyediaan bibit bebas penyakit, tetapi juga bibit dapat diproduksi dalam jumlah besar dan dalam waktu yang relatif singkat (Tabel 1), sehingga apabila dihitung secara ekonomi, harga jual per bibit jauh lebih murah bila dibandingkan dengan bibit hasil perbanyakan konvensional. Selain itu, bibit yang dihasilkan akan memiliki sifat-sifat yang sama seperti induknya, misalnya berpotensi hasil tinggi dengan mutu produk yang juga tinggi.

Tabel 1 Laju penggandaan tanaman stroberi pada sistem kultur jaringan berdasarkan waktu sub-kultur ke medium baru sebulan sekali (Taji *et al.*, 1997).

Laju penggandaan per bulan	Jumlah tanaman per tahun ($\times 1.000$)
2,0	4
3,0	531
3,5	3.379
4,0	16.777
4,5	68.953
5,0	244.140

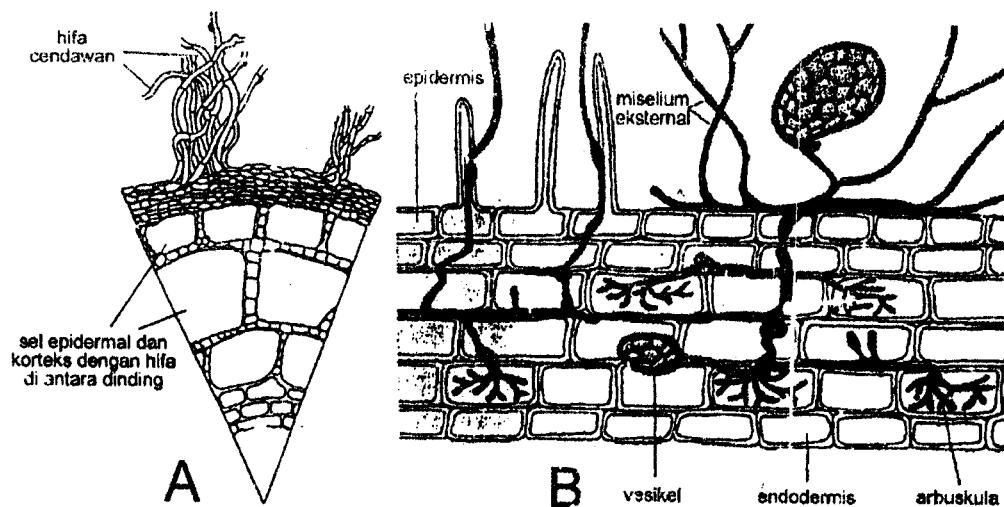
Pendekatan ke-tiga, perakitan kultivar tanaman pangan/palawija unggul menggunakan variets lokal sebagai basis genetik, merupakan pendekatan jangka panjang, yang memerlukan suatu kerjasama institusi yang berkesinambungan. Telah diketahui, bahwa kemajuan pertanian suatu bangsa akan dapat dilihat pada seberapa pesatnya kemajuan program pemuliaan tanaman dari bangsa yang bersangkutan. Kita tidak akan pernah mampu merubah kondisi alam secara makro (terutama iklim) agar sesuai dengan kebutuhan tanaman yang diusahakan. Akan tetapi, dengan pemuliaan tanaman, kita akan mampu menciptakan kultivar-kultivar yang responsif terhadap kondisi lingkungan yang ada. Sebagai contoh, di Kabupaten Tebo terdapat padi gogo kultivar Perak yang merupakan kultivar unggul lokal. Kultivar ini memiliki potensi hasil yang rendah, yaitu sekitar 2 ton ha^{-1} , sedangkan kultivar padi gogo unggul nasional seperti Jatiluhur dan Cirata masing-masing berpotensi hasil 3 ton ha^{-1} dan $3 - 5 \text{ ton ha}^{-1}$ (Wibawa *et al.*, 1994). Namun kelebihan varietas unggul lokal adalah adaptif terhadap kondisi lingkungan setempat dan tahan terhadap serangan hama/penyakit lokal. Kultivar ini dapat menjadi sumber keragaman genetik untuk perakitan kultivar padi gogo baru yang unggul untuk Kabupaten Tebo, dengan

mengintroduksi gen-gen pembawa sifat unggul (misalnya berpotensi hasil tinggi) dari kultivar ataupun galur lain dari luar Kabupaten Tebo. Pola pemuliaan demikian juga dapat diterapkan untuk daerah-daerah lain yang memiliki kekhasan atau keunikan plasma nutfahnya.

Berbagai teknologi pemuliaan tanaman dewasa ini telah dikembangkan, mulai dari teknologi konvensional, sampai pada pemanfaatan bioteknologi atau yang dikenal sebagai pemuliaan *in vitro*. Pilihan teknologi mana yang akan dipakai, sangat tergantung pada dukungan sarana dan pra-sarana serta ketersediaan sumber daya manusia yang memadai, dan ditopang oleh ketersediaan dana yang sinambung. Hal ini penting untuk dikemukakan, karena pendekatan pemuliaan tanaman adalah pendekatan jangka panjang yang tidak akan ada titik berhentinya, dan harus dilakukan secara berkesinambungan.

TEKNOLOGI MIKORIZA

Istilah mikoriza berasal dari bahasa Greek, yaitu *mukes* = cendawan dan *rhiza* = akar. Manfaat asosiasi mikoriza (Gambar 1) adalah meningkatkan resistensi tanaman terhadap penyakit (misalnya *Phytophthora*, *Fusarium*, *Pythium*), mempercepat pembungaan, meningkatkan toleransi tanaman terhadap cekaman air, membantu agregasi dan stabilitas tanah, menyediakan makanan bagi mikroorganisme tanah, membantu kolonisasi bakteri tanah (kombinasinya dengan bakteri tanah tertentu dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman), dan membantu tanaman memperoleh fosfor (Mahbub, 2005; Yefriwati *et al.*, 2005).



Gambar 1. Simbiosis antara cendawan ektomikoriza (A) dan cendawan endomikoriza (B) dengan akar tanaman tingkat tinggi.

Mikoriza adalah bentuk asosiasi mutualistik antara perakaran tanaman tingkat tinggi dengan cendawan tanah (Basidiomycetes, Ascomycetes dan Zygomycetes). Tanaman inang memperoleh

berbagai nutrisi, air, proteksi biologis dan lain-lainnya sedangkan cendawan memperoleh fotosintat sebagai sumber karbon. Asosiasi mutualistik ini merupakan interaksi antara tanaman inang, cendawan dan faktor tanah. Mikoriza berasosiasi dengan sekitar 80 – 90% jenis tanaman yang tersebar di daerah artik sampai ke daerah tropis dan dari daerah bergurun pasir sampai ke hutan (Brundrett, 1999; Marx, 2004).

Ada dua macam mikoriza, yaitu ektomikoriza dan endomikoriza. Pada ektomikoriza (mikoriza eksternal), hifanya berpenetrasi di antara sel-sel korteks akar paling luar namun tidak masuk ke dalam sel tanaman inang. Tipe mikoriza ini kebanyakan dijumpai pada tanaman berkayu seperti pinus. Sementara itu pada endomikoriza (mikoriza internal), hifanya masuk ke dalam sel-sel korteks hingga ke endodermis akar tanaman inang. Endomikoriza dapat menembus dinding sel-sel korteks tetapi tidak dapat melewati pita kaspari. Di samping itu, meskipun masuk ke dalam sel, cendawan ini tidak merusak membran plasma atau membran vakuola sel tanaman inang. Di dalam sel, endomikoriza membentuk arbuskula yang berisi butiran-butiran fosfor, yang kemudian arbuskula tersebut menghilang setelah fosfor diserap oleh tanaman. Endomikoriza dapat dijumpai pada hampir semua spesies tanaman tingkat tinggi, kecuali pada tanaman yang memiliki banyak rambut-rambut akar yang panjang.

Mengingat manfaat utama dari simbiosis dengan mikoriza adalah meningkatnya serapan P, maka pemupukan P sebaiknya dibarengi dengan inokulasi tanah dengan mikoriza agar serapannya lebih efisien. Lagi pula, penyerapan P oleh cendawan mikoriza jauh lebih efektif dibandingkan oleh rambut-rambut akar.

MIKROPROPAGASI

Mikropropagasi adalah metoda perbanyakan tanaman dengan memanfaatkan teknik *in vitro*. Mikropropagasi hanya akan berarti bila menggunakan bahan awal yang memadai. Oleh karenanya, pilihan atas tanaman induk perlu dipertimbangkan dengan matang. Pada tanaman buah-buahan bahan tanam awal hendaknya merupakan suatu tanaman unggul, yang dipilih berdasarkan sifat-sifat fenotipe tertentu, seperti rasa buah, bentuk kanopi, dan sebagainya.

Banyak laboratorium yang menerapkan prosedur seleksi massa positif yang teratur terhadap bahan perbanyakan yang ditumbuhkan hingga dewasa di rumah kaca. Bahan tanaman terpilih ini kemudian diintroduksi kembali ke dalam kultur. Metoda ini dapat menghindarkan munculnya berbagai masalah dan juga memiliki nilai pewarisan guna memperbaiki seleksi tersebut.

Ada lima tahapan mikropropagasi (de-Fossard, 1976): tahap persiapan (Tahap 0); tahap inisiasi (Tahap 1); tahap penggandaan pucuk (Tahap 2); tahap pengakaran (Tahap 3); dan tahap peminjaman ke kondisi *in vivo* (Tahap 4), yang akan diuraikan secara detail.

Tahap 0: Persiapan

Tahap ini dilakukan untuk mengatasi besarnya permasalahan kontaminasi oleh mikroorganisme, baik mikroorganisme penyebab penyakit maupun bukan penyebab penyakit.

Dengan menanam tanaman induk di rumah kaca di bawah kondisi yang higienis dapat secara nyata mengurangi resiko kontaminasi, terutama yang berkaitan dengan infestasi cendawan dan bakteri.

Tahap 1: Inisiasi

Tujuan tahap ini adalah untuk mendapatkan kultur yang aksenik. Faktor-faktor yang mempengaruhi keberhasilan pada tahap ini adalah terutama sekali adalah faktor eksplan yang dikulturkan. Pada kebanyakan sistem mikropropagasi eksplan yang digunakan adalah tunas apikal atau tunas aksilar; pada sejumlah tanaman, eksplan lain yang digunakan misalnya adalah potongan daun atau tunas bunga. Laju keberhasilan pada tahap ini sangat ditentukan oleh: umur tanaman induk dari mana bahan eksplan diambil, umur fisiologis bahan eksplan, tahap perkembangan eksplan, dan ukuran bahan eksplan.

Tahap 2: Pengandaan

Pada tahap ini, kultur aksenik yang telah dihasilkan dari Tahap 1 dipindahkan ke medium kaya akan sitokinin untuk menghasilkan pucuk dalam jumlah besar. Tahap ini dapat diulang hingga beberapa siklus sampai jumlah pucuk yang memadai dicapai untuk nanti digunakan pada tahap pengakaran (Tahap 3).

Tahap 3: Pretransplantasi (Tahap Pengakaran)

Tujuan tahap ketiga adalah untuk mempersiapkan plantlet guna dipindahkan dari lingkungan heterotrop buatan di dalam wadah kultur ke lingkungan kehidupan bebas yang ototrop di rumah kaca dan di lokasi akhirnya (di lapangan). Persiapan ini tidak saja berkaitan dengan pengakaran, tetapi juga berhubungan dengan mengubah sifat-sifat fisiologis plantlet sehingga fotosintesis serta penyerapan air dan mineral melalui akar dapat dirangsang, dan pengembangan resistensi terhadap kerusakan jaringan serta resistensi terhadap serangan patogen.

Tahap 4: Pemindahan ke Lapangan (Transplantasi)

Plantlet-plantlet yang telah berakar dan yang belum berakar dikeluarkan dari dalam wadah kultur. Agar yang terikut dicuci bersih untuk membuang sumber kontaminasi, dan plantlet tersebut ditanamkan pada medium tanah steril (dipasteurisasi) di dalam pot kecil dengan cara seperti biasanya. Pada awalnya plantlet harus dilindungi dari kerusakan dengan menempatkannya di bawah naungan atau tenda berkelembaban tinggi atau di bawah semprotan embun. Dibutuhkan waktu beberapa hari sebelum terbentuknya akar-akar baru yang berfungsi. Suhu udara diusahakan sama seperti di dalam ruang kultur dan intensitas cahaya (30% dari cahaya lingkungan) juga merupakan faktor yang penting untuk diperhatikan. Nutrisi yang terdapat di dalam medium tanah juga dapat menjadi faktor pembatas pertumbuhan. Namun, pada prinsipnya, tidak ada nutrisi yang perlu diberikan ketika tanaman berada di bawah semprotan embun (tiga hingga empat minggu setelah transplantasi).

Begitu plantlet tumbuh dengan baik pada medium di dalam pot, plantlet tersebut harus secara perlahan-lahan dihadapkan pada kelembaban yang rendah dan intensitas cahaya yang tinggi. Setiap dormansi atau kondisi istirahat yang terjadi pada tanaman harus diatasi sebagai bagian dari proses transplantasi.

Pada Gambar 2 disajikan contoh keberhasilan perbanyakan pisang raja nangka melalui teknik kultur jaringan di Laboratorium Bioteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jambi.



Gambar 2. Perbanyakan pisang raja nangka di Laboratorium Bioteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jambi. A, eksplan berupa massa tunas-tunas aksilar; B, plantlet siap dipindah ke area aklimatisasi; C, tanaman hasil kultur jaringan yang siap dipindah ke lapangan (Foto kontribusi Ir. Rainiyati, M Si.).

REKAYASA GENETIK MELALUI PEMULIAAN *IN VITRO*

Rekayasa genetik (*genetic engineering*) didefinisikan sebagai upaya memodifikasi, baik penambahan atau pengurangan, jumlah gen pada suatu makhluk hidup (atau merubah cara kerja suatu gen tertentu) melalui proses non-seksual. Dengan melakukan perubahan gen pada suatu hewan, tanaman atau pun mikroorganisme tertentu, manusia dapat menemukan jalan untuk mengatasi berbagai penyakit infeksi, meningkatkan produksi pertanian, dan bahkan dapat mengatasi permasalahan polusi lingkungan hidup.

Sering timbul pertanyaan-pertanyaan seputar kemungkinan pengaruh negatif yang bakal ditimbulkan oleh rekayasa genetik. Namun suatu hal penting yang perlu diingat bahwa rekayasa genetik memiliki potensi yang besar untuk memberikan manfaat bagi kesejahteraan umat manusia. Berikut ini adalah beberapa sistem bioteknologi yang dapat dimanfaatkan untuk perbaikan kualitas genetik tanaman.

Tanaman Doubled-Haploid

Teknologi haploid menawarkan keunggulan yang tidak dijumpai pada teknik pemuliaan tanaman secara konvensional. Dengan teknologi ini akan dapat dikembangkan tanaman-tanaman homozigot hanya dalam kurun waktu satu generasi. Sedangkan dengan teknologi konvensional, tanaman homozigot baru dapat dihasilkan setelah melalui proses seleksi hingga 5 atau 6 generasi (Taji *et al.*, 2002). Sejumlah sifat-sifat unggul, a.l. toleransi terhadap kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan, seperti kekeringan, suhu rendah, hara rendah atau pun kandungan logam berat yang tinggi di dalam tanah merupakan karakter resesif yang dapat dideteksi secara dini pada tanaman haploid. Apabila komplemen kromosom tanaman haploid digandakan secara buatan, misalnya menggunakan kolkisin atau oryzalin (Zulkarnain, 2003), maka tanaman tersebut akan menjadi doubled-haploid. Sebagaimana halnya dengan induk haploid yang homozigot, tanaman doubled-haploid juga bersifat homozigot. Bedanya adalah tanaman doubled-haploid bersifat fertil sehingga bisa diperbanyak secara seksual.

Produksi tanaman doubled-haploid telah berhasil dilakukan pada spesies tanaman serealia seperti padi (Lentini *et al.*, 1995; Aryan, 2002), gandum (Touraev *et al.*, 1996) dan barley (Broughton *et al.*, 2002). Teknologi ini juga telah berhasil diterapkan pada tanaman-tanaman pertanian penting lain seperti canola (Lichter, 1982), bunga matahari (Coumans dan Zhong, 1995) dan apel (Höfer *et al.*, 1999).

Seleksi Keragaman Alami di dalam Kultur

Konsep awal mikropopulasi adalah bahwa semua tanaman yang diregenerasikan dari jaringan somatik secara genetik akan identik dengan tanaman donor dan tidak ada keragaman yang muncul. Oleh karenanya bilamana terjadi keragaman di antara tanaman yang diregenerasikan biasanya dinyatakan sebagai "pengaruh kultur jaringan" atau "pengaruh zat pengatur tumbuh". Larkin dan Scowcroft (1981) mengemukakan istilah "keragaman somaklonal" untuk menjelaskan keragaman fenotipe yang timbul dari proses mikropopulasi.

Keragaman somaklonal memiliki potensi sebagai sumber keragaman untuk pemuliaan tanaman semusim yang diperbanyak secara aseksual, misalnya tanaman pisang. Keragaman somaklonal dapat muncul sebagai akibat-akibat fisiologis (misalnya tanaman terlalu lama dihadapkan pada 2,4-D), faktor biokimia atau bahkan oleh faktor genetik tanaman. Faktor-faktor biokimia atau genetik tanaman yang menyebabkan keragaman somaklonal dapat diekspresikan oleh keragaman genetik di dalam populasi sel (sifat polisomatik) pada eksplan yang dikulturkan. Oleh karenanya, bila tanaman diregenerasikan dari populasi sel yang demikian, akan terdapat dua atau lebih varian di antara tanaman-tanaman yang diregenerasikan (Jayasankar, 2000). Namun, kultur *in vitro* dapat pula menyebabkan terjadinya perubahan status metilasi pada sitosin di dalam DNA genom, sehingga hanya menimbulkan keragaman epigenetik pada tanaman-tanaman yang diregenerasikan.

Contoh keberhasilan seleksi keragaman dari kultur *in vitro* adalah isolasi galur-galur sel pengakumulasi triptopan pada wortel dan tembakau pada tahun 1972, serta regenerasi tanaman yang resisten terhadap streptomisin (SR1) dari kultur kalus tembakau pada tahun 1973 (Dix, 1994; Jayasanka, 2000). Galur tembakau SR1 merupakan temuan pertama dari galur hasil seleksi *in vitro* yang memiliki fenotipe resistensi terhadap streptomisin yang dapat diturunkan melalui perbanyakan secara seksual (Maliga *et al.*, 1973). Sifat resistensi tersebut disebabkan oleh substitusi berbasis tunggal pada gen 16SrRNA pada DNA kloroplas pada tanaman varian (anak).

Mutagenesis *In Vitro*

Eksresi “mutagenesis *in vitro*” telah dimanfaatkan dalam beberapa bidang, seperti kultur jaringan dan biologi molekuler. Adapun yang dimaksud dengan mutagenesis *in vitro* adalah induksi mutasi pada kultur sel secara *in vitro* dengan memanfaatkan mutagen kimiawi ataupun fisika, dilanjutkan dengan pemeliharaan sel-sel mutan dan/atau regenerasi tanaman mutan. Sementara itu, yang dimaksud dengan biologi molekuler adalah induksi mutasi pada gen-gen yang diisolasi dan re-introduksi gen-gen yang telah mengalami mutasi tersebut ke dalam suatu sistem ekspresi (dalam hal ini adalah tanaman). Dengan menggunakan strategi ini para pakar biologi molekuler dapat mempelajari domain fungsi dari gen. Sebagai contoh, dengan menggunakan mutagenesis *in vitro* para pakar telah membuktikan bahwa ETR1, yaitu sejenis protein pengikat etilen pada *Arabidopsis*, mengikat hormon etilen dari udara (Rodriguez *et al.*, 1999).

Salah satu pemanfaatan pendekatan ini adalah seleksi mutan yang resisten. Seleksi mutan resisten didasarkan pada prinsip seleksi *survivor* (sel yang tahan) di dalam populasi sel yang besar yang diberi perlakuan mutagen atau racun (terhadap apa tanaman menjadi resisten). Perlakuan mutagen akan menginduksi mutasi acak di dalam genom, yang salah satu di antaranya kemungkinan adalah resistensi terhadap racun yang juga terdapat di dalam medium seleksi. Dengan mengkulturkan sel-sel yang mengalami mutasi, akan diperoleh tanaman-tanaman yang resisten terhadap racun atau patogen yang memproduksi racun tersebut.

Pada tanaman yang diperbanyak secara vegetatif, isolasi *sports* (yaitu mutan yang terdapat secara alamiah) dan menjadikannya sebagai varietas baru adalah metode yang telah terbukti berhasil. Cara ini merupakan satu-satunya metode untuk mendapatkan varietas tanaman unggul pada spesies yang diperbanyak secara vegetatif, seperti mawar, apel, kentang, dan lain-lain. Diperkirakan sebanyak 35% dari 14.450 jenis mawar, 25% apel dan 45% kentang yang diusahakan di Amerika berasal dari *sports* (Donnini dan Sonnino, 1998). Aplikasi mutagenesis *in vitro* memiliki potensi yang besar untuk meningkatkan ketersediaan keragaman genetik pada tahun-tahun mendatang. Menjelang tahun 2000 lebih dari 2.200 varietas tanaman mutan (kebanyakan tanaman hias) telah dilepas di seluruh dunia (Statistik FAO/IAEA), termasuk 175 spesies tanaman pertanian dengan varietas mutan hasil induksi (Maluszynski *et al.*, 2000).

Pemuliaan Molekuler

“Pemuliaan Molekuler” adalah istilah umum yang digunakan untuk menggambarkan pengembangan dan aplikasi teknologi genetika molekuler dalam mengintroduksi sifat-sifat baru yang dikehendaki dalam program pemuliaan tanaman (Karp *et al.*, 1998).

Sebelum abad ke-19, seleksi dan pemuliaan tanaman merupakan proses yang berjalan secara pasif. Pada mulanya pemuliaan tanaman hanya berdasarkan seleksi alam. Pada akhir abad ke-19, mulai dilakukan persilangan buatan untuk mendapatkan tanaman dengan sifat-sifat yang diinginkan. Setelah temuan Mendel pada awal tahun 1900-an, program pemuliaan tanaman mulai berjalan secara aktif. Kebanyakan aplikasi dari teori Mendel ini merupakan program yang memakan waktu yang lama, yang dapat mencapai dua belas siklus persilangan. Ini merupakan proses seleksi yang menghabiskan waktu beberapa tahun sebelum varietas dan hibrid baru dilepas. Pada tahun 1960-an, dengan dilepasnya beberapa varietas unggul tanaman sereal, yang merupakan basis dari “revolusi hijau”, para pakar pemuliaan tanaman mulai menyadari betapa besarnya potensi hibridisasi. Tidak diragukan lagi, hal ini telah memberikan kontribusi yang sangat besar dalam upaya memenuhi kekurangan pangan dunia.

Prinsip dasar dari pemuliaan molekuler adalah introduksi gen-gen pembawa sifat yang dikehendaki, yang berasal dari kerabat jauh dari spesies liar, ke dalam kromosom tanaman pertanian. Meskipun tidak se-langsung teknik rekayasa genetika modern, bentuk pemuliaan selektif ini juga merupakan upaya memanipulasi sifat-sifat genetik tanaman pertanian. Pada tahun 1980-an, metode transfer gen yang dimediasi oleh *Agrobacterium* untuk mendapatkan tanaman transgenik telah semakin sempurna. Isolasi gen-gen penting yang memiliki nilai agronomis dan transformasi kultivar dengan gen-gen baru menghasilkan varietas-varietas tanaman transgenik yang lebih baik (terkenal dengan sebutan “genetically modified organism” atau GMO), yang hingga kini masih menjadi bahan perdebatan.

Teknologi penanda molekuler (*molecular marker*) sangat memacu perkembangan pemuliaan tanaman. Sumber gen-gen yang akan dijadikan sebagai bahan untuk perbaikan mutu tanaman tidak lagi menjadi faktor pembatas. Dengan peralatan modern, gen-gen dapat diintroduksi ke dalam tanaman dari organisme apapun. Dengan dikombinasikan dengan teknik biologi molekuler untuk kloning gen, kemampuan mengidentifikasi gen-gen yang membawa sifat tertentu (seperti ketahanan terhadap serangan hama dan penyakit) telah membuka dimensi baru bagi pemuliaan tanaman.

PENUTUP

Pembangunan pertanian sesungguhnya bukanlah semata-mata tanggung jawab pemerintah saja, tetapi juga dituntut adanya partisipasi berbagai pihak, termasuk Perguruan Tinggi. Pada hakekatnya, revitalisasi pertanian dari sudut pandang bioteknologi dan berdasarkan pendekatan komoditas, setidaknya-tidaknya ada tiga pendekatan pokok yang dapat ditempuh, yaitu:

1. Di bidang pengelolaan lahan, bioteknologi menawarkan asosiasi mikoriza dengan sistem perakaran tanaman, baik palawija maupun tanaman perkebunan, untuk meningkatkan serapan air dan unsur P pada lahan kering.
2. Di bidang penghambatan, bioteknologi dapat memberikan kontribusi berupa penyediaan bibit bebas penyakit dari klon-klon tanaman unggul melalui pemanfaatan teknik kultur jaringan tanaman untuk memperbanyak tanaman atau mikropropagasi.
3. Di bidang mutu genetik tanaman, bioteknologi menawarkan upaya perakitan kultivar-kultivar unggul baru dengan memanfaatkan kultivar unggul lokal yang sudah ada (spesifik lokasi) sebagai sumber keragaman genetik melalui teknik pemuliaan *in vitro*.

PUSTAKA ACUAN

- Aryan, A. P. 2002. Production of double haploids in rice: anther vs. microspore culture. *Prosiding The Importance of Plant Tissue Culture and Biotechnology in Plant Sciences* di Armidale, University of New England Press. pp. 201-208.
- Borlaug, N. E. 2002. Feeding a world of 10 billion people: the miracle ahead. *In Vitro Cellular and Developmental Biology - Plant* 38: 221-228.
- Broughton, S., M. Beeck, L.-A. McFawn, L. Liu dan I. Watson. 2002. Wheat and barley double haploid production in Western Australia. *Doubled Haploids Australian Newsletter* 9: 1-4.
- Brundrett, M. 1999. Introduction to Mycorrhizas. CSIRO Forestry and Forest Products <http://www.ffp.csiro.au/research/mycorrhiza/intro.html> (Diakses April 2005).
- Coumans, M. dan D. Zhong. 1995. Doubled haploid sunflower (*Helianthus annuus*) plant production by androgenesis: fact or artifact? Part 2. *In vitro* isolated microspore culture. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 41: 203-209.
- de-Fossard, R. A. 1976. Tissue Culture for Plant Propagators. University of New England, Armidale, Australia.
- Dix, P. J. [ed.] 1994. Isolation and characterization of mutant cell lines. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Donnini, P. dan A. Sonnino [eds.]. 1998. Induced Mutation in Plant Breeding: Current Status and Future Outlook. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Höfer, M., A. Touraev dan E. Heberle-Bors. 1999. Induction of embryogenesis from isolated apple microspores. *Plant Cell Reports* 18: 1012-1017.
- Jayasankar, S. [ed.] 2000. Variation in Tissue Culture. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Karp, A., P. G. Isaac dan D. Ingram. 1998. Molecular Tools for Screening Biodiversity. Chapman and Hall, New York.
- Larkin, P. J. dan W. R. Scowcroft. 1981. Somaclonal variation - A novel source of variability from cell cultures of plant improvement. *Theoretical and Applied Genetics* 60: 197-214.

- Lentini, Z., P. Reyes, C. P. Martinez dan W. M. Roca. 1995. Androgenesis of highly recalcitrant rice genotypes with maltose and silver nitrate. *Plant Science* 161: 677-683.
- Lichter, R. 1982. Induction of haploid plants from isolated pollen of *Brassica napus*. *Zeitschrift für Pflanzenphysiologie* 105: 427-434.
- Mahbub, I. A. 2005. Pengaruh Cendawan Mikoriza dan Kaptan Superfosfat terhadap Ketersediaan P Tanah, Serapan P Tanaman dan Hasil Jagung pada Ultisol. *Prosiding Seminar dan Lokakarya Nasional Asosiasi Mikoriza*, tanggal 9-10 Mei 2005 di Jambi, Asosiasi Mikoriza Indonesia Komisariat Jambi.
- Maliga, P., A. Breznovitis dan L. Marton. 1973. Streptomycin-resistant plants from callus cultures of haploid tobacco. *Nature: New Biology* 244: 29-30.
- Maluszynski, M., K. Nichterlein, L. v. Zanten dan B. S. Ahloowalia. 2000. Officially released mutant varieties - the Food and Agriculture Organization (FAO)/International Atomic Energy Agency (IAEA) Database. *Mutation Breeding Review* 12: 1-84.
- Marx, D. H. 2004. Mycorrhizae: Benefits and practical application in forest tree nurseries. USDA Forest Service. www.forestpests.org/nursery/index.html (Dikases April 2005).
- Rodriguez, F. I., J. J. Escj, A. E. Hall, B. M. Binder, G. E. Schaller dan A. B. Bleecker. 1999. A copper cofactor for the ethylene receptor ETR1 from *Arabidopsis*. *Science* 283: 996-998.
- Simarmata, T. 2005. Revitalisasi Kesehatan Ekosistem Lahan Kritis dengan Memanfaatkan Pupuk Biologis Mikoriza dalam Percepatan Pengembangan Pertanian Ekologis di Indonesia. *Prosiding Seminar dan Lokakarya Nasional Asosiasi Mikoriza*, tanggal 9-10 Mei 2005 di Jambi, Asosiasi Mikoriza Indonesia Komisariat Jambi.
- Taji, A. 2001. Horticultural Science and Plant Biotechnology. University of New England, Armidale.
- Taji, A., P. Kumar dan P. Lakshmanan. 2002. *In Vitro Plant Breeding*. Haworth Press, Inc., New York.
- Taji, A. M., W. A. Dodd dan R. R. Williams. 1997. *Plant Tissue Culture Practice*. University of New England, Armidale.
- Touraeu, A., A. Indrianto, I. Wratschko dan O. Vicente. 1996. Efficient microspore embryogenesis in wheat (*Triticum aestivum* L.) induced by starvation at high temperature. *Sexual Plant Reproduction* 9: 209-215.
- Wibawa, G., M. J. Rosyid, D. Tambunan, T. Wijaya dan A. Gunawan. 1994. Study of Havea-Based Intercropping Systems Functioning. Progress Report STD III, December 1994. Indonesian Rubber Research Institute, Sembawa Research Station, Sumatera Selatan.
- Yefriwati, T. Habazar, Reflin dan I. Muas. 2005. Aplikasi Beberapa Jenis Cendawan Mikoriza Arbuskula (CMA) dalam Meningkatkan Ketahanan Bibit Pisang terhadap Serangan Penyakit Layu Bakteri (*Ralstonia solanacearum* ras 2). *Prosiding Seminar dan Lokakarya Nasional Asosiasi Mikoriza*, tanggal 9-10 Mei 2005 di Jambi, Asosiasi Mikoriza Indonesia Komisariat Jambi.
- Zulkarnain. 2003. Breeding Strategies in Sturt's Desert Pea (*Swainsona formosa* (G. Don) J. Thompson) using *In Vitro* and *In Vivo* Techniques. *PhD Dissertation*, The University of New England, Armidale, Australia.