

AKSELERASI INOVASI TEKNOLOGI PENINGKATAN PRODUKSI ANEKA KACANG DAN UMBI DENGAN REKAYASA GENETIK

Nur Basuki

Dosen Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang

ABSTRAK

Rekayasa genetik merupakan teknologi yang menggunakan DNA rekombinan (rDNA) pada organisme hidup guna memperoleh individu baru yang lebih baik dari yang sudah ada. Organisme hasil rekayasa genetik ini disebut organisme transgenik. Dari hasil rekayasa genetik telah dihasilkan tanaman transgenik dari beberapa komoditas, di antaranya kedelai, ubijalar, dan ubikayu transgenik. Tanaman transgenik mempunyai keunggulan sendiri sesuai dengan tujuan perakitannya. Pada tahun 2007 areal tanaman transgenik di dunia telah mencapai 114 juta hektar dan terpusat di Amerika Serikat, Argentina, dan Brasil. Perbaikan sifat tanaman dengan menggunakan transformasi gen sampai sekarang masih terbatas pada satu atau dua pasang gen. Perbaikan langsung terhadap potensi hasil suatu tanaman belum dapat dilaksanakan. Perbaikan potensi hasil dengan memanfaatkan poliploid perlu dipertimbangkan.

Kata kunci: rekayasa genetika, organisme transgenik, kedelai, ubijalar, ubi kayu poliploid

ABSTRACT

Genetic engineering was a technology that is used recombine DNA (rDNA) in life organism to get a new better individual than before, it was mention transgenic organism. Some commodities were got from genetic engineering such as: soybean, sweet potato, and cassava transgenic. A transgenic plant get a specific character that was suitable with propose. In 2007, the areas transgenic plant were reached 114 million hectare, with centered in USA, Argentina, and Brazil. The improved characters of plant are still right now on one or two pair gens. Direct improved to the yield potency character of plant have never succeed yet. Yield potency to be improved by using polyploidy was considered.

Key words: genetic engineering, transgenic organism, soybean, sweet potato, and cassava, polyploidy

I. PENDAHULUAN

Potensi hasil tanaman kacang dan umbi di Indonesia untuk beberapa varietas sudah cukup baik. Beberapa varietas tanaman kacang yang telah dilepas mempunyai potensi hasil ± 2 t/ha untuk kacang tanah, 2–3 t/ha untuk kedelai, $\pm 1,2$ t/ha untuk kacang hijau dan sejumlah tanaman kacang lain juga potensi hasilnya cukup baik. Sedangkan untuk tanaman umbi, seperti ubikayu dan ubijalar, mempunyai potensi hasil 30–40 t/ha untuk kedua jenis tanaman tersebut.

Hasil suatu jenis tanaman ditentukan oleh banyak faktor selain dari potensi hasil tanaman yang bersangkutan. Faktor-faktor tersebut antara lain adalah:

ketahanan terhadap hama dan penyakit, ketahanan terhadap cekaman lingkungan, kemampuan bersaing dengan gulma, cara budidaya, dan beberapa faktor lain yang berkaitan dengan lingkungan tumbuh. Faktor-faktor tersebut apabila tidak dimiliki tanaman akan berakibat terhadap penurunan hasil yang signifikan.

Perbaikan potensi hasil suatu jenis tanaman dapat dilakukan dengan berbagai cara, di antaranya dengan rekayasa genetika. Rekayasa genetika merupakan penggunaan teknologi DNA rekombinan (rDNA) pada organisme hidup guna memperoleh individu baru yang lebih baik dari yang telah ada (McHughen 2006). Organisme hasil rekayasa genetik ini disebut organisme transgenik. Saat ini, rekayasa genetik merupakan salah satu cara guna memperbaiki susunan genetik suatu sifat. Di bidang pertanian penerapan teknologi ini masih sangat terbatas, terutama hanya untuk perbaikan sifat yang dikendalikan oleh satu atau dua pasang gen saja, seperti beberapa faktor pendukung potensi hasil sebagaimana telah dikemukakan atau ditujukan untuk perbaikan kualitas hasil.

Penerapan suatu teknologi seringkali berakibat negatif pada tanaman yang dibudidayakan. Sebagai contoh, penggunaan herbisida untuk mengendalikan gulma pada tanaman kedelai berakibat kurang baik terhadap pertumbuhan tanaman kedelai. Untuk mengatasi pengaruh negatif tersebut telah diadakan modifikasi genetik dengan menggunakan rekayasa genetika sehingga dihasilkan kedelai "Roundup Ready" yang tahan terhadap keberadaan herbisida Roundup.

Sebagaimana pada pemuliaan secara konvensional, dalam pelepasan varietas hasil rekayasa genetika ini harus memenuhi tiga persyaratan yaitu : (a) secara genetik varietas baru harus berbeda dengan varietas yang sudah ada, (b) penampilan tanaman di lapang harus seragam, dan (c) secara genetik sifat-sifatnya harus stabil dalam sejumlah generasi (FDA 2004).

Di sejumlah negara maju, penggunaan rekayasa genetik untuk menghasilkan varietas baru masih terbatas pada beberapa jenis tanaman saja. Di Amerika Serikat, khususnya di negara bagian California, rekayasa genetik hanya difokuskan pada tanaman yang mempunyai areal pertanaman luas saja, yaitu: jagung, kedelai, kapas dan canola. Hal ini disebabkan biaya untuk memperoleh tanaman transgenik jauh lebih mahal jika dibandingkan melalui pemuliaan konvensional.

II. RESPON MASYARAKAT TERHADAP PENGGUNAAN TANAMAN TRANSGENIK

Tanaman transgenik yang merugikan produk rekayasa genetik sampai sekarang belum sepenuhnya diterima oleh masyarakat internasional, terutama dalam kaitannya dengan jaminan kesehatan dan kelestarian biodiversitas tanaman. Negara yang menjadi pelopor membudidayakan tanaman transgenik adalah Amerika Serikat, Argentina, dan Brasil. Tanaman transgenik yang dibudidayakan di seluruh dunia dalam tahun 2007 telah mencapai 114 juta hektar yang terpusat di tiga negara tersebut (James 2007).

Di sejumlah negara yang tidak tegas dalam aturan penggunaan pangan, sebagian besar penduduknya tidak mengetahui keberadaan produk pangan

yang berasal dari tanaman hasil rekayasa genetik. Ecuador merupakan salah satu negara pengguna produk tanaman transgenik dalam jumlah besar. Dalam tahun 2007, negara tersebut telah mengimpor 552.000 MT jagung (98% berasal dari Amerika Serikat dan sisanya dari Argentina), 14.000 MT kapas (99% berasal dari Amerika Serikat), 400.000 MT kedelai dan 114.000 MT minyak kedelai yang semuanya juga berasal Amerika Serikat (Philhower dan Gonzales 2008).

Di negara-negara maju, seperti Amerika Serikat penggunaan produk rekayasa genetik di samping harus memenuhi aturan yang telah ditetapkan oleh FDA sebagaimana telah disebutkan telah dibuat peraturan/persyaratan tambahan. Sebagai contoh, varietas kedelai RR yang toleran terhadap herbisida Roundup harus mempunyai kemurnian benih yang tinggi. Benih kedelai RR paling tidak mempunyai kemurnian 98% dalam kaitannya dengan toleransi terhadap glyphosat (Gutormson 2005).

III. PENERAPAN REKAYASA GENETIK

1. Kedelai

Sampai saat ini, perakitan varietas kedelai dengan menggunakan teknologi rekayasa genetik banyak ditujukan untuk perbaikan sifat-sifat tertentu yang dikendalikan oleh satu atau dua pasang gen saja. Perbaikan sifat kuantitatif seperti potensi hasil, pendekatannya harus melalui perbaikan faktor pendukungnya.

Kedelai varietas Roundup Ready (GTS 40-3-2) yang dihasilkan perusahaan Monsanto merupakan salah satu contoh keberhasilan merakit varietas baru melalui rekayasa genetik. Varietas kedelai tersebut tahan terhadap herbisida yang mengandung bahan aktif glyphosat dan sekarang telah dibudidayakan dengan luas tanam meliputi setengah area pertanaman kedelai di dunia.

Perbaikan nutrisi pada tanaman kedelai juga telah dilakukan cara menghindari proses dehidrogenase pada minyak kedelai. Pengurangan lemak tak jenuh menjadi minyak kurang peka terhadap oksidasi yang menyebabkan *rancid*. Dengan mentidakaktifkan gen untuk enzim desaturase $\Delta 12$, konversi asam oleat menjadi asam linoleat dapat dibatasi. Dengan menggunakan proses transformasi ini, dapat dihasilkan kedelai dengan kandungan minyaknya 85% asam oleat kurang dari 5% kandungan total minyak tak jenuhnya (Kinney, 1996).

Di Indonesia, permasalahan utama pada tanaman kedelai adalah serangan hama penggerek polong yang dapat mengakibatkan kerusakan biji sampai di atas 60%. Hal ini dengan sendirinya akan menyebabkan penurunan baik kualitas maupun kuantitas hasil. Guna mengatasi serangan hama tersebut, Damayanti *et al.* (2001) telah mencoba memasukkan gen *proteinase inhibitor II* (*pin II*) ke dalam varietas Tidar dengan jalan penembakan. Gen tersebut diharapkan dapat memberikan ketahanan tanaman kedelai terhadap serangan hama penggerek polong. Hasil bioasai terhadap 21 tanaman transgenik generasi R2 menunjukkan bahwa tanaman transgenik yang diuji mempunyai ketahanan yang lebih tinggi dibanding dengan kontrol. Mortalitas larva pada tanaman transgenik sebesar 76,9% dengan biji terserang 42,5%, sedangkan pada kontrol mortalitas larva hanya 27,5% dengan kerusakan biji mencapai 92,5%.

Penelitian dengan materi yang serupa ditujukan untuk mendeteksi keberadaan gen *pin II* yang ditembakkan dan dengan menggunakan vektor *Agrobacterium* ke dalam tanaman kedelai varietas Wilis dan Tidar telah dilakukan oleh Hadiarto *et al.* (2001) secara molekuler dengan menggunakan teknik PCR dan gel *electrophoresis*. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa varietas Tidar lebih mudah ditransformasi dengan teknik infeksi *Agrobacterium*, sedangkan varietas Wilis lebih mudah ditransformasi dengan penembakan.

Marveldani *et al.* (2007) telah mencoba mengadakan transformasi gen toleran herbisida Amonium-Glufosinat ke dalam kedelai varietas Sinabung dan Ijen dengan menggunakan *Agrobacterium tumefaciens* strain EHA 101. Dalam penelitian ini 52 eksplan yang ditumbuhkan pada media seleksi (diberi amonium-glufosinat dengan konsentrasi 3 mg/l) beberapa di antaranya mampu menghasilkan tunas transforman putatif. Pada umur 30 hari sejak inisiasi tunas, eksplan yang mampu menghasilkan tunas transforman putatif sebesar 5,8% pada varietas Ijen dan 19,2% pada varietas Sinabung. Permasalahan yang dihadapi pada penelitian ini adalah sulitnya pembentukan perakaran pada waktu tunas putatif dipindahkan pada media regenerasi.

2. Ubijalar

Penerapan rekayasa genetika pada tanaman ubijalar banyak ditujukan untuk perbaikan ketahanan terhadap penyakit, hama dan perbaikan kualitas ubi. Di Afrika, penyakit "*sweet potato feathery mottle virus*" (SPFMV) merupakan salah satu masalah utama tanaman ubijalar. Pengendalian penyakit ini sulit dilakukan karena belum ada pestisida yang dapat dipakai untuk mengendalikan. Usaha untuk mengembangkan ketahanan terhadap penyakit ini adalah dengan menggunakan gen coat protein dan gen antisense RNA. Penelitian untuk mentransfer gen-gen tersebut ke dalam tanaman ubijalar telah dilakukan oleh perusahaan agrokimia Monsanto bersama-sama dengan Tuskegee University dengan tujuan menghasilkan tanaman ubijalar transgenik yang tahan terhadap "*feathery mottle virus*". Hal serupa juga dikerjakan oleh peneliti-peneliti di Cina (Prakash 1994).

Penerapan bioteknologi di Alcorn State University telah menghasilkan enam klon ubijalar transgenik yang mampu menghasilkan peptida anti mikroba untuk memberikan ketahanan terhadap patogen cendawan (Gao *et al.* 2007)

Di Indonesia, penyakit yang banyak dijumpai menyerang tanaman ubijalar adalah penyakit kudis (*scab*) dan busuk basah pada umbi. Sampai sekarang kedua penyakit tersebut masih belum memperoleh perhatian yang serius.

Kumbang penggerek (*Cylas* sp.) merupakan hama yang sangat merugikan pada tanaman ubijalar di daerah tropis, termasuk Indonesia. Serangan yang berat menyebabkan umbi tidak dapat dikonsumsi atau dijadikan makanan ternak. Para ahli agronomi, pemuliaan tanaman dan ahli hama telah berusaha untuk mengatasi serangan hama ini melalui perbaikan cara budidaya dan penggunaan varietas unggul. Paket teknologi tersebut ternyata tidak cukup efektif dalam mengendalikan hama tersebut. Untuk mengatasi hal tersebut *The British Agricultural Genetics Company* (AGC) dan *UK's Overseas Development*

Administration (ODA) telah membuat program untuk menghasilkan tanaman ubijalar transgenik yang resisten terhadap hama *Cylas* sp. dengan memasukkan gen-gen ketahanan ke dalam tanaman ubijalar (Prakash dan Varadarajan, 1992).

Penerapan rekayasa genetik pada tanaman ubijalar kemungkinan yang paling bermanfaat adalah ditujukan untuk perbaikan kualitas nutrisi umbi. Kandungan protein pada umbi tergolong sangat tinggi. Walaupun demikian, sebagaimana pada tanaman lain protein pada ubijalar defisien dalam hal asam amino esensial. Untuk mengatasi kekurangan tersebut, peneliti di Turkegee University telah mencoba mengintroduksi satu gen “synthetic storage protein” yang mengkode asam-asam amino esensial (Prakash 1994).

3. Ubikayu

Penerapan teknologi transgenik pada ubikayu telah banyak dilakukan, antara lain ditujukan untuk (a) pengurangan kandungan cyanogenic, (b) ketahanan terhadap hama, (c) ketahanan terhadap penyakit, (d) ketahanan terhadap herbisida, dan (e) manipulasi kandungan pati (Taylor *et al.* 2004).

a. Pengurangan kandungan cyanogenic

Kandungan linamarin atau acetone cyanohidrin dalam umbi ubikayu mempunyai potensi penyebab keracunan cyanida pada manusia dan ternak yang mengkonsumsinya. Senyawa tersebut dalam umbi dapat diubah menjadi acetone dan HCN yang bersifat volatil oleh enzim hydroxynitrile lyase (HNL). Permasalahannya kandungan enzim HNL dalam umbi sangat sedikit sehingga senyawa acetone cyanohidrin yang dikonversi menjadi acetone dan HCN juga sedikit.

Usaha perbaikan kualitas hasil ubikayu dengan tujuan mengurangi kandungan acetone cyanohidrin dalam umbi melalui rekayasa genetika telah dilakukan oleh Sirtunga *et al.* (2004). Dari penelitian ini telah dihasilkan 77 transforman putatif. Transforman HNL-2 dan HNL-3 mampu meningkatkan aktivitasnya sampai 800–1300% dibanding dengan yang bukan transgenik.

b. Ketahanan terhadap hama

Beberapa hama penting pada ubikayu di beberapa belahan bumi antara lain adalah mealybugs (*Phenacoccus manihoti* dan *P. herreni*) dan green mite (*Monoychellus tanajoa*) di Afrika, hornworm (*Erinnyis ello*), whitefly (*Aleurotrachelus socialis*) dan penggerek batang (*Chilomina clarkei*) (Bellotti 2002). Pengendalian penggerek batang dan hornworm dengan menggunakan ubikayu transgenik telah diawali di CIAT dengan mentransformasi gen *cry* ke kultivar komersial CM 3306-4 dan SM 1219-9 (Ladino *et al.* 2002).

c. Ketahanan terhadap penyakit

Sebagaimana pada pengendalian hama, pengendalian penyakit pada ubikayu, seperti Cassava mosaic disease (CMD) dan Cassava brown streak disease (CBSD) juga telah digunakan ubikayu transgenik.

d. Ketahanan terhadap herbisida

Penggunaan herbisida untuk mengendalikan gulma pada tanaman ubikayu secara ekonomis lebih menguntungkan jika dibanding dengan penyiangan secara mekanis. Agar supaya gulma dapat dikendalikan dengan menggunakan herbisida harus tersedia varietas-varietas yang tahan terhadap herbisida. Untuk mengatasi hal tersebut CIAT telah berhasil mengembangkan ubikayu yang resisten terhadap herbisida, dengan jalan transformasi gen EPSP-Synthase yang resisten terhadap glyphosat ke kultivar komersial.

e. Manipulasi kandungan pati

Ubikayu merupakan tanaman penting karena kemampuannya menyimpan hasil fotosintesis berupa karbohidrat (pati) dalam organ penyimpanan yang berupa umbi. Karbohidrat tersebut terdiri dari dua polymer : amilopectin (70–80%) dan amilosa (20–30%). Komposisi tersebut dapat dimanipulasi dengan transgenik untuk menaikkan atau menurunkan regulasi gen dalam lintasan biosintesis. Penggunaan gen antisense untuk mengurangi akumulasi pati dan sebaliknya meningkatkan kandungan gula dalam umbi memungkinkan menghasilkan klon ubikayu manis dan memperbaiki kualitas umbi sebagai bahan baku etanol. Hal tersebut sangat diminati pengusaha di bidang industri pati untuk memanfaatkan ubikayu transgenik (Taylor 2004).

IV. KEMUNGKINAN PEMANFAATAN TANAMAN POLIPLOD UNTUK PENINGKATAN HASIL

Berdasarkan hasil kajian di atas ditunjukkan bahwa sifat-sifat tanaman yang diperbaiki adalah sifat-sifat monogenik atau digenik saja. Hasil yang merupakan sifat kuantitatif yang dikontrol banyak gen masih belum tersentuh oleh rekayasa genetik. Oleh karena itu perlu dicari cara lain untuk meningkatkan potensi hasil tanaman. Salah satu cara yang mungkin dapat digunakan adalah dengan meningkatkan ploidi tanaman, dari diploid menjadi poliploid.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada tanaman poliploid untuk beberapa sifat mempunyai ukuran yang lebih besar dibanding dengan diploidnya. Basuki (*belum dipublikasi*) yang memberi perlakuan perendaman benih kedelai varietas Anjasmoro dan Kaba pada berbagai konsentrasi kolkhisin dapat menghasilkan populasi yang beragam untuk umur panen, tinggi tanaman, jumlah polong, bobot 100 biji dan hasil biji pertanaman pada generasi M1 dan M2. Adanya keragaman ini memberikan kemungkinan mengadakan seleksi untuk sifat-sifat tersebut. Hasil seleksi sampai generasi M3 diperoleh sejumlah galur yang mempunyai hasil pertanaman melebihi hasil dari benih yang tidak diperlakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bellotti, A.C. 2002. Arthropod pests. In : R.J. Hillocks and J.M. Thresh (eds.) *Cassava: Biology, Production and Utilization*. CABI, Oxon, pp. 209–235.
- Damayanti, D., Sutrisno, S. J. Pardal, M. Herman, Ekramli, R. Sundari, dan E. Ibrahim. 2001. Bioasai Tanaman Kedelai Transgenik R2 terhadap *Etiella zinckenella* Tr. Prosiding Seminar Hasil Penelitian Rintisan dan Bioteknologi Tanaman. FDA (U.S. Food and Drug Administration). 2004. Recommendations for the early food safety evaluation of new non-pesticidal protein produced by new plant varieties intended for food use. US FDA Biotechnology Web Site, <http://www.cfsan.fda.gov/dms/bioprgui.html>
- Gao, M., V. Njiti, Z.B. Guo, and S.L. Barnes. 2007. Applications of Biotechnology and Genomics in Improvement of Sweet Potato. Alcorn State University submitted to CRIS. ALCO : 1–3.
- Gutormson, T., M. Stahr, and M. Bolan. 2005. Herbicide trait testing. In : M.B. McDonald, T. Gutormson, and T.C. Turnipseed (ed). *Soc of Commercial Seed Tech: HBI – HBI6*.
- Hadiarto, T., T.I.R. Utami, S.J. Pardal, dan M. Herman. 2001. Analisis Molekuler Gen *pin II* pada Tanaman Kedelai Transgenik R2. Prosiding Seminar Hasil Penelitian Rintisan dan Bioteknologi Tanaman.
- James, C. 2007. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops. ISAAA. Brief No. 37.
- Kinney, A.J. Development of Genetically Engineered Oilseed. In J.P. Williams, M.U. Khan, and N.W. Lem (eds) : *Physiology, Biochemistry and Molecular Biology of Plant Lipids*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Acad.
- Ladino, J.J., M. Echeverry, L.I. Mancilla, D. Lopez, P. Chavarriaga, J. Tohme, and W. Roca. 2002. Genetic Transformation of Cassava: Preliminary data on transformation of farmer-preferred cultivar SM 1219-9 and CM 3306-4. Annual Report, CIAT, Cali, Colombia.
- Marveldani, M. Barmawi, K. Setiawan dan S.D. Utomo. 2007. Pengembangan Kedelai Transgenik yang Toleran Herbisida Amonium-Glufosinat dengan *Agrobacterium*. *J. Akta Agrosia* 10(1): 49–55.
- McHughen, Alan. 2006. *Plant Genetic Engineering and Regulation in the United States*. Agricultural Biotechnology in California Series. Pub 18179.
- Philhower, Eugene and Carlos Gonzalez. 2008. Ecuador Biotechnology Annual 2008. USDA Foreign Agricultural Service. GAIN Report Number EC8010–1–6.
- Prakash, C.S. 1994. Sweet Potato Biotechnology: Progress and Potential. *Biotechnol and Dev Mon*, 18: 1819–1822.
- Prakash, C.S. and U. Varadarajan. 1992. Genetic transformation of sweet potato by particle bombardment. *Plant Cell Reports*, 11 : 53–57.
- Siritunga, D., D. Arias-Garzon, W. White and R.T. Sayre. 2004. Over-expression of Hydroxynitrile Lyase in Transgenic Cassava Roots Accelerates Cyanogenesis and Food Detoxification. *Plant Biotech.J.* 2: 37–43.
- Taylor, N., P. Chavarriaga, K. Raemakers, D. Siritunga and Peng Zhang. 2004. Development and Application of Transgenic Technologies in Cassava. *Plant Mol. Biol.* 56 : 671–688.

DISKUSI

Penanya : Prof. Rasminah
Instansi : Universitas Brawijaya
Pertanyaan :

1. Langkah kongkrit apa yang akan dilakukan terkait dengan ketidakpercayaan petani terhadap sertifikat benih?
2. Diharapkan 2014 tercapai swasembada kedelai. Langkah Kongkrit untuk mencapai swasembada tersebut.

Jawaban:

- o Dalam pemuliaan konvensional masih perlu dukungan biologi molekuler, karena menurut saya secara konvensional ditujukan untuk peningkatan potensi hasil. Sedangkan biomolekuler ditujukan untuk menekan penurunan potensi hasil, sehingga antara konvensional dengan biomolekuler tetap jalan dua-duanya.
- o Saya bukan anti rekayasa genetik, antara konvensional dengan rekayasa genetik hendaknya saling mendukung, paling tidak potensi genetik yang dihasilkan jangan sampai turun. Pada penelitian saya, kedelai yang ditanam tidak dilakukan pengendalian gulma, hal ini dilakukan agar diketahui juga tingkat hasil yang bisa dicapai dengan kompetisi gulma, apabila dengan pengendalian mungkin hasilnya bisa lebih tinggi lagi. Hasil genetik telah *levelling off*, pada penelitian saya pemanfaatan poliploid untuk perbaikan hasil pada tanaman kedelai, masih perlu diteruskan untuk uji M3.