

Kajian Pendahuluan: Perpindahan Gen dari Tanaman Kentang Transgenik Katahdin *RB* ke Tanaman Kentang Non Transgenik

A. Dinar Ambarwati¹, M. Herman¹, Agus Purwito², Eri Sofiari³, & Hajrial Aswidinnoor²

¹ Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian, Jl. Tentara Pelajar 3A, Bogor 16111

² Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus Darmaga, Bogor 16680

³ Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Lembang, Jl. Tangkuban Perahu 517, Lembang, Bandung 40391

ABSTRACT

Preliminary study: Gene transfer from transgenic potato Katahdin *RB* to non transgenic potato. One of the concerns associated with the release of transgenic crops, is the possibility of the gene flow from transgenic crops to neighboring crops of the same species or to related species. In plants, gene flow is a routine process occur through the natural hybridization. The opportunity for gene flow occur depends principally on two factors, the degree of sexual compatibility between donor and recipient species, and the physical distance between the two. The experiment was conducted to determine whether the gene flow from transgenic potato Katahdin *RB* to non transgenic was occurred, based on selection using a 50 mg/l kanamycin, and to estimate gene flow mediated by natural hybridization at different isolation distances. Preliminary result indicated that a rapid and simple method using MS0 liquid media with kanamycin 50 mg/l was effective for screening the seeds. There was a gene flow from transgenic potato Katahdin *RB* to non transgenic, based on a rapid and simple selection method using 50 mg/l of kanamycin as selectable marker. The isolation distance used in the study were 0.8, 1.6, 2.4, 3.2, 4.0, 4.8, 5.6, 6.4, 7.2, 8.0, 8.8, 9.6, 10.4, and 11.2 m from the row of transgenic potato Katahdin *RB*. The gene flow through natural hybridization at a isolation distances of (0.8 - 1.6 m), (2.4 - 4 m), and (4.8 - 6.4 m) from transgenic to non transgenic plants were 13.78, 10.92, and 3.82%, respectively. At a distance of 7.2 - 8 m, the frequency of gene flow was declined to 0%. The frequency of gene flow from transgenic potatoes to non transgenic potatoes markedly decreased by increasing the isolation distance, and was negligible at 7.2 m.

Key words : natural hybridization, transgenic potato *RB*, kanamycin selection

PENDAHULUAN

Kentang transgenik pertama kali diuji di lapangan uji terbatas atau LUT (*confined field trial*) di *United Kingdom* pada tahun 1987. Selama

kurun waktu empat tahun berikutnya, terdapat lebih dari 70 permohonan uji kentang transgenik di LUT yang telah disetujui di seluruh dunia (Chasseray & Duesing 1992), hampir 2% dari seluruh percobaan LUT kentang transgenik di

dunia dilakukan di Amerika Tengah dan Selatan, kurang lebih 8% adalah untuk sifat toleran herbisida, 58% untuk ketahanan terhadap serangga hama, bakteri, cendawan patogen, dan sisanya untuk sifat perbaikan kualitas dan gen-gen penanda (Goy & Duesing 1995).

Untuk tanaman transgenik yang akan dikembangkan di Indonesia dan digunakan sebagai bahan pangan dan pakan seperti jagung, kedelai, kentang, harus memenuhi persyaratan keamanan hayati. Dalam rangka pengaturan keamanan hayati telah dikeluarkan Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 21 Tahun 2005 tentang Keamanan Hayati Produk Rekayasa Genetik (Herman 2009). Dalam PP No. 21 Tahun 2005 yang dimaksud dengan keamanan hayati adalah keamanan lingkungan, keamanan pangan, dan/atau keamanan pakan.

Salah satu aspek yang perlu dikaji sehubungan dengan tanaman transgenik adalah kemungkinan risiko terjadinya perpindahan gen (*gene flow*) ke tanaman sekerabat atau ke kerabat liar (McPartlan & Dale 1994; Messeguer 2003). Perpindahan gen merupakan suatu peristiwa yang terjadi secara rutin melalui persilangan alami. Kemungkinan terjadinya perpindahan gen tergantung dari dua faktor, yaitu tingkat kompatibilitas seksual dan jarak isolasi antara spesies donor dan spesies penerima (McPartlan & Dale 1994). Jarak isolasi adalah jarak tanam antara baris tanaman transgenik ke kentang non transgenik.

Pada tanaman, perpindahan gen dapat terjadi melalui penyebaran serbuk sari (*pollen*), biji, atau organ vegetatif (Lu 2008). Perpindahan gen dapat diukur

dengan mengidentifikasi suatu tanaman dalam suatu populasi, dengan marka (*marker*) genetik (transgen) yang khas, dan mengikuti keberadaan marka tersebut pada generasi lebih lanjut melalui teknik molekuler (Latta *et al.* 1998). Analisis perpindahan gen dengan metode seleksi secara cepat untuk suatu transgen, dianggap sebagai cara yang efisien untuk identifikasi tanaman. Analisis laboratorium seperti Southern Blot, ELISA, uji aktivitas enzim merupakan metode yang mahal, memerlukan waktu lama, terutama ketika menganalisis sejumlah besar populasi tanaman (Howe & Feng 2004). Seleksi cepat dan sederhana (*simple*) telah dilakukan oleh Weide *et al.* (1989); De Block *et al.* (1984) dan McPartlan & Dale (1994).

Evaluasi perpindahan gen sehubungan dengan penanaman kentang transgenik telah dilakukan di Kanada dan Amerika Serikat (Love 1994). Pengujian tingkat penyerbukan silang pada berbagai jarak isolasi dari tanaman kentang transgenik toleran herbisida klorsulfuron dilakukan oleh Tynan *et al.* (1990); McPartlan & Dale (1994), sedangkan Skogsmyr (1994) mengkaji frekuensi penyebaran transgen dari tanaman kentang transgenik yang mengandung gen penanda *gus* dan *nptII*. Banyaknya faktor yang mempengaruhi terjadinya perpindahan gen menyebabkan kuantifikasi perpindahan gen tidak mudah dilakukan (Messeguer 2003). Informasi mengenai jarak isolasi minimal yang disyaratkan dari tanaman transgenik ke tanaman non transgenik diperlukan dalam strategi manajemen berkaitan dengan

perpindahan gen (Conner 2006), disamping faktor lain seperti isolasi fisik atau biologis (Celis *et al.* 2004).

Di Indonesia, kajian perpindahan gen dari tanaman kapas transgenik Bt (*CryIAc*) ke kapas non Bt sudah dilakukan di Sulawesi Selatan (Purwito *et al.* 2001), sedangkan analisis perpindahan gen untuk tanaman kentang transgenik *RB* belum pernah dilaporkan di Indonesia. Pada penelitian ini dilakukan studi pendahuluan untuk mengetahui terjadinya perpindahan dari tanaman kentang transgenik *RB* ke tanaman kentang non transgenik, menggunakan metode seleksi cepat dengan marka kanamisin 50 mg/l dan tingkat persilangan alami pada berbagai jarak isolasi antara tanaman kentang transgenik *RB* dengan tanaman kentang non transgenik, yang berkaitan dengan perpindahan gen.

BAHAN DAN CARA KERJA

Kajian perpindahan gen dilakukan di Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Lembang, Oktober 2008-Mei 2009. Materi genetik yang digunakan adalah tanaman kentang transgenik Katahdin SP951 yang membawa gen *RB* sebagai sumber serbuk sari, dan Katahdin non transgenik, Granola serta Atlantic. Transgenik Katahdin SP951 dan Katahdin non transgenik diperoleh dari Universitas Wisconsin, Amerika Serikat melalui kerjasama USAID - ABSP (*Agricultural Biotechnology Support Project*) II.

Materi yang digunakan adalah biji hasil persilangan antara tanaman kentang transgenik Katahdin SP951 dengan Atlantic. Biji disterilisasi dengan alkohol

70% dan dikecambahkan dalam cawan petri yang berisi media MS0 (MS tanpa penambahan zat pengatur tumbuh). Biji yang berkecambah $\pm 0.3 - 0.5$ cm diseleksi, baik pada media MS0 padat dengan penambahan 50, 75 dan 100 mg/l kanamisin maupun pada media MS0 cair dengan penambahan kanamisin 50 dan 75 mg/l. Biji berkecambah yang dapat tahan atau lolos pada seleksi kanamisin, ditanam dalam pot kecil berisi media campuran arang sekam, tanah dan pupuk kandang dalam perbandingan volume 2:1:1. Untuk mengkonfirmasi terjadinya perpindahan gen pada tanaman yang lolos seleksi kanamisin, dilakukan analisis PCR. Daun tanaman diambil untuk diisolasi DNAny (Fulton *et al.* 1995) kemudian dilakukan analisis molekuler PCR, dengan primer 1-5 (5'-CTCATTTT ACCCCTACAA-3') dan primer 3-5 (5'-CGCAAAACCTGGGAAAAT-3') serta primer cf1 (5'-TAAGCATGAGTT GGAATAACT-3') dan primer cr1 (5'-CGGTCAGAAGAGGATAAGGGA-3').

Umbi kentang transgenik Katahdin SP951, Katahdin non transgenik, Granola dan Atlantic ditumbuhkan sampai muncul tunas ($\pm 2-3$ cm) kemudian ditanam di lapang. Tanah diolah dalam bedengan berukuran 0.4 x 6 m untuk setiap baris nomor tanaman yang akan diuji, kemudian dibuat lubang tanam yang berjarak 40 cm pada tiap bedengan. Jarak antar baris bedengan adalah 0.8 m. Bibit tanaman ditanam pada setiap lubang, dan pemupukan dilakukan dengan pupuk kandang 30 ton/ha, NPK (15-15-15) 800 kg/ha, dengan dosis $\frac{3}{4}$ diberikan pada saat tanam dan $\frac{1}{4}$ bagian pada saat tanaman berumur 30 hari. Pemeliharaan terhadap

organisme pengganggu tumbuhan (OPT) dilakukan dengan penyemprotan insektisida maupun fungisida. Tanaman transgenik Katahdin SP951 ditanam dalam satu baris bedengan, ditengah-tengah plot. Sedangkan tanaman non transgenik Katahdin, Granola, dan Atlantic ditanam secara berseling pada satu baris bedengan, dengan berbagai jarak isolasi mengikuti pola tanam pada budidaya kentang, yaitu 0.8, 1.6, 2.4, 3.2, 4.0, 4.8, 5.6, 6.4, 7.2, 8.0, 8.8, 9.6, 10.4, dan 11.2 m dari baris tanaman transgenik. Plot percobaan dan pertanaman di lapang disajikan pada Gambar 1.

Seleksi secara cepat dilakukan menggunakan kanamisin sebagai marka seleksi. Semua buah yang terbentuk pada tanaman non transgenik pada berbagai jarak isolasi, diproses untuk mendapatkan biji. Semua biji disterilkan dengan alkohol 70% dan direndam dalam larutan GA3 1500 ppm selama satu malam untuk pematangan dormansi. Biji dikecambahkan dalam cawan petri yang berisi media MS0 (MS tanpa penambahan zat pengatur tumbuh) cair. Biji yang berkecambah $\pm 0.3 - 0.5$ cm dipindahkan ke media seleksi yaitu MS0 cair dengan penambahan kanamisin 50 mg/l, sedangkan biji yang tidak berkecambah dianggap tidak mempunyai viabilitas untuk tumbuh sehingga tidak diseleksi. Biji yang tahan dan tumbuh membentuk tunas daun hijau atau tidak mengalami *bleaching* selama diseleksi dalam media kanamisin, dianggap telah lolos seleksi. Perpindahan gen melalui tingkat persilangan alami diamati pada jarak isolasi 0.8 – 1.6 m, 2.4 – 4 m, 4.8 – 6.4 m dan 7.2 – 8 m dari tanaman transgenik

ke tanaman non transgenik, berdasarkan biji berkecambah yang lolos seleksi kanamisin.

HASIL

Uji pendahuluan introgresi gen melalui persilangan alami dengan metode seleksi secara cepat

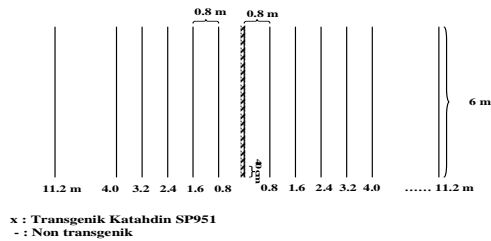
Uji pendahuluan seleksi secara cepat untuk biji hasil persilangan, menunjukkan bahwa semua biji yang diseleksi ternyata semuanya tahan dan dapat tumbuh, setelah ± 3 minggu pada media MS0 padat dengan kanamisin 50, 75, maupun 100 mg/l (Gambar 2). Seleksi dengan cara ini ternyata tidak efektif karena tidak bisa menyeleksi biji tahan dan tidak tahan, sehingga perlu dicari alternatif lainnya.

Seleksi pada media MS0 cair, baik dengan kanamisin 50 maupun 75 mg/l dapat menyeleksi biji berkecambah yang tahan dan tidak tahan. Biji berkecambah yang lolos seleksi kanamisin selanjutnya dianalisis secara molekuler untuk memastikan ada tidaknya introgresi gen *RB*. Dari semua tanaman yang lolos seleksi kanamisin 50 mg/l maupun 75 mg/l ternyata positif mengandung gen *RB*, dengan munculnya produk amplifikasi berukuran 619 bp untuk produk *N-term* dan 840 bp untuk produk *C-term* (Gambar 3). Untuk tahap selanjutnya seleksi dilakukan menggunakan media MS0 cair dengan kanamisin 50 mg/l karena sudah bisa menyeleksi biji yang tahan dan tidak tahan.

Kajian perpindahan gen

Penelitian pada berbagai jarak isolasi yaitu 0.8 - 11.2 m antara tanaman

Kajian Pendahuluan: Perpindahan Gen dari Tanaman Kentang



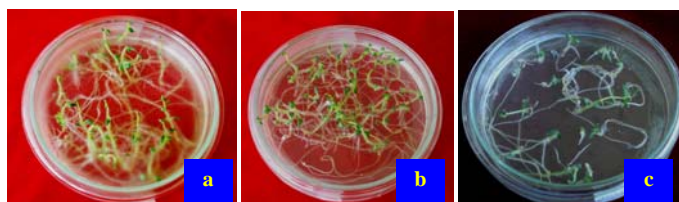
Gambar 1 Plot percobaan (atas) dan penanaman di lapang pada analisis perpindahan gen (bawah)

transgenik Katahdin SP951 dengan non transgenik menunjukkan bahwa buah hanya terbentuk pada jarak isolasi 0.8 sampai 8 m (Tabel 1). Sebanyak 6 buah kentang sudah gugur sebelum masak sehingga tidak dapat diproses untuk seleksi lebih lanjut, karena belum terbentuk biji. Biji yang berasal dari 67 buah yaitu sebanyak 7772 biji diproses untuk diseleksi lebih lanjut. Seleksi biji hasil persilangan alami dalam media kanamisin 50mg/l ditampilkan pada Gambar 4. Biji dengan kecambah \pm 0.3 sampai 0.5 cm (Gambar 4a) dipindahkan ke media seleksi. Setelah kurang lebih 4 – 6 minggu diseleksi, daun tanaman yang tahan akan tetap hijau segar dan dianggap telah lolos seleksi kanamisin,

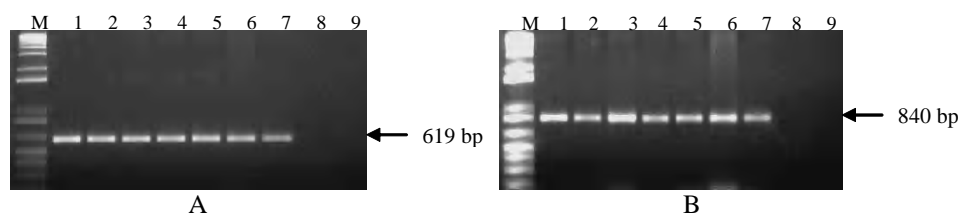
sedangkan tunas daun yang tidak tahan, akan berubah warnanya menjadi kuning pucat atau putih (Gambar 4b) atau sama sekali tidak tumbuh tunas daun (Gambar 4 c) dan dianggap tidak lolos seleksi. Semaian tahan dapat ditanam dan dipelihara dalam media arang sekam dan pupuk kandang (Gambar 4d).

Tidak semua biji yang diproses dapat berkecambah. Kemampuan biji untuk dapat berkecambah berkisar dari 35.08 sampai 60.52% (Tabel 1). Seleksi hanya dilakukan pada biji yang mempunyai viabilitas untuk berkecambah. Hasil seleksi dengan metode secara cepat menggunakan kanamisin 50 mg/l, menunjukkan bahwa 55 sampai 82% biji berkecambah tidak tahan dalam seleksi,

Ambarwati dkk.



Gambar 2 Seleksi biji pada media MS0 padat, semua dapat tumbuh pada kanamisin 50 mg/l (a), 75 mg/l (b) dan 100 mg/l (c).



Gambar 3 Hasil amplifikasi PCR: A) *N-term end* dan B) *C term-end* pada biji hasil persilangan yang lolos seleksi kanamisin. M: 1 Kb DNA ladder, 1-3: biji lolos seleksi kanamisin 50 mg/l, 4–6: biji lolos seleksi kanamisin 75 mg/l, 7: transgenik Katahdin SP951, 8: Atlantic, 9: H₂O.

Tabel 1 Seleksi cepat biji hasil persilangan alami tanaman kentang transgenik dengan non transgenik pada berbagai jarak isolasi

Jarak isolasi (m)	Jumlah buah	Jumlah biji	Biji berkecambah yang diseleksi*	Seleksi kanamisin 50 mg/l			
				Tunas daun hijau**	Tunas daun kuning**	Tunas daun putih**	Tidak tumbuh tunas daun**
0.8 -1.6	20	2234	1139 (50.98)	157 (13.78)	93 (8.17)	138 (12.12)	751 (65.94)
2.4 - 4.0	28	2708	1639 (60.52)	179 (10.92)	184 (11.23)	212 (12.93)	1064 (64.92)
4.8 - 6.4	24	2805	996 (35.08)	38 (3.82)	50 (5.02)	89 (8.94)	819 (82.23)
7.2 - 8.0	1	25	9 (36)	0 (0)	1 (11.11)	3 (33.33)	5 (55.56)

*: Persentase dihitung dari jumlah biji, **: Persentase dihitung dari biji berkecambah yang diseleksi

Kajian Pendahuluan: Perpindahan Gen dari Tanaman Kentang

yang ditandai dengan tidak adanya pertumbuhan lebih lanjut, dan tidak dapat membentuk tunas daun. Sebanyak 5 sampai 33% biji dapat tumbuh membentuk tunas daun hijau, namun demikian dalam perkembangannya tunas daun mengalami *bleaching* menjadi kuning atau putih setelah 1 sampai 2 minggu dalam seleksi kanamisin. Hal ini mengindikasikan bahwa biji tersebut tidak tahan. Sebaliknya, biji berkecambah yang mampu bertahan, akan tumbuh membentuk tunas daun yang tetap berwarna hijau,

setelah 4 sampai 6 minggu dalam media seleksi kanamisin.

Persentase tingkat persilangan alami untuk mengetahui terjadinya perpindahan gen dari tanaman kentang transgenik *RB* ke tanaman kentang non transgenik dengan metode seleksi cepat, ditentukan berdasarkan biji berkecambah yang dapat tahan atau lolos seleksi kanamisin dengan membentuk tunas daun hijau. Pada jarak isolasi 0.8 sampai 1.6 m dari tanaman transgenik ke tanaman non transgenik, terjadi persilangan alami sebesar 13.78% (Tabel 2). Pada jarak isolasi 2.4 - 4 m



Gambar 4. Seleksi biji hasil persilangan alami. Perkecambahan biji pada media MS0 cair (a), Biji berkecambah yang diseleksi dalam media MS0 cair + kanamisin 50 mg/l, dengan tunas daun hijau, kuning atau putih (b) atau tidak dapat membentuk tunas daun (c) dan semaian yang ditanam dan dipelihara dalam media arang sekam dan pupuk kandang (d).

Tabel 2 Perpindahan gen melalui persilangan alami berdasarkan seleksi kanamisin pada berbagai jarak isolasi

Jarak isolasi (m)	Biji berkecambah yang diseleksi	Lolos seleksi kanamisin*	Tumbuh jadi tanaman**
0.8 -1.6	1139	157 (13.78)	5 (3.18)
2.4 - 4.0	1639	179 (10.92)	4 (2.23)
4.8 - 6.4	996	38 (3.82)	1 (2.63)
7.2 - 8.0	9	0 (0)	0 (0)

*: Persentase dihitung dari biji berkecambah yang diseleksi,

** : Tanaman berasal dari tunas lolos seleksi kanamisin

dan 4.8 - 6.4 m, berturut-turut terjadi persilangan alami sebesar 10.92% dan 3.82%, dan pada jarak isolasi 7.2 - 8 m tidak ada lagi persilangan alami karena tidak ada biji berkecambah yang lolos seleksi kanamisin. Persentase tingkat persilangan alami semakin kecil dengan bertambah jauhnya jarak isolasi. Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa tidak semua biji berkecambah yang lolos seleksi kanamisin dapat tumbuh menjadi tanaman dengan akar dan daun. Dapat dikatakan bahwa terjadinya perpindahan gen melalui persilangan alami dapat mempengaruhi viabilitas dan menghambat pertumbuhan tanaman.

PEMBAHASAN

Seleksi introgresi gen melalui persilangan alami dilakukan menggunakan media MS0 cair dengan kanamisin 50 mg/l karena sudah bisa menyeleksi biji yang tahan dan tidak tahan. Pertimbangan pemakaian ini mengacu pada proses transformasi tanaman kentang. Seleksi transformasi *RB* dilakukan dengan media ZIG (Cheng & Veilleux 1991) yang mengandung kanamisin 50 mg/l. Plasmid biner pCLD04541 yang digunakan untuk transformasi kentang, selain mengandung gen *RB* juga membawa gen *nptII*, sehingga tanaman yang lolos seleksi kanamisin akan mengandung gen *RB* (Song *et al.* 2003).

Seleksi cepat dan simpel untuk introgresi gen dilakukan oleh Weide *et al.* (1989) di rumah kaca menggunakan marka seleksi kanamisin. Tanaman transgenik tomat muda dengan tiga sampai empat daun, disemprot larutan

kanamisin. Daun tanaman yang tidak tahan berubah menjadi putih dalam waktu 7 hari, sedangkan tanaman dengan daun tetap hijau dan tidak ada nekrosis menunjukkan tanaman tahan dan mengandung produk gen seleksi. De Block *et al.* (1984) menguji ketahanan biji F1 hasil penyerbukan tanaman tembakau transgenik, yang diseleksi pada media padat B5 dengan penambahan 100 mg/l kanamisin. Biji yang tahan dapat berkecambah dan membentuk semaian setelah 3 minggu, biji yang peka meskipun dapat berkecambah, tetapi setelah 1 minggu kecambah tidak dapat tumbuh, mengalami etiolasi dan mati setelah 2 minggu dalam media seleksi. Skrining ketahanan pada biji dari persilangan alami tanaman kentang transgenik varietas Desiree dengan non transgenik dilakukan oleh McPartlan & Dale (1994). Biji disterilisasi dan ditanam pada media MS0 padat dengan 200 mg/l kanamisin. Semai dikategorikan sebagai peka apabila mengalami *bleaching* atau memutih, sedangkan tanaman yang tahan masih tetap hijau setelah 2 bulan dalam media seleksi.

Perpindahan gen melalui persilangan alami pada penelitian ini adalah sebesar 0 – 13.78%. Menurut Plaisted (1980) perkiraan tingkat penyerbukan silang tanaman kentang pada kondisi lapang berkisar dari 0 sampai 20%, meskipun beberapa penelitian lain menunjukkan bahwa potensi terjadinya penyerbukan silang relatif kecil, dan penyebaran serbuk sari pada umumnya terbatas (Harding & Harris 1994). Kemungkinan terjadinya transfer gen melalui persilangan alami ditentukan oleh

jarak fisik antara spesies donor dan spesies penerima (McPartlan & Dale 1994) serta sistem perkawinan dan model penyerbukan (Messegueur 2003; Lu 2008). Menurut Treu dan Emberlin (2000) tingkat penyebaran serbuk sari pada tanaman kentang berhubungan dengan jenis serangga penyerbuk atau polinator. Bumblebees, seperti *Bombus funebris* di Peru dan *Bombus impatiens* di Amerika Serikat merupakan polinator yang baik untuk kentang (OECD 1997), yang bergerak atau berpindah hanya pada jarak yang pendek diantara bunga, sehingga sebagian besar serbuk sari tertahan atau tersimpan disekitar sumber serbuk sari (Skogsmyr 1994).

McPartlan & Dale (1994) mengamati frekuensi perpindahan gen pada berbagai jarak isolasi antara tanaman kentang transgenik Desiree toleran herbisida dengan non transgeniknya. Pada kentang transgenik ditanam secara berseling dengan non transgenik, atau pada jarak tanam dimana daunnya saling bersinggungan, frekuensi progeni tanaman non transgenik yang mengandung gen ketahanan kanamisin berkisar dari 23.1 sampai 28.8%. Pada jarak isolasi 3 dan 10 m, frekuensinya berkurang masing-masing menjadi 2% dan 0.017%. Dengan bertambah jauhnya jarak isolasi sampai 20 m, tidak lagi terjadi penyerbukan silang antara tanaman kentang transgenik dan non transgenik.

Pengujian dispersal transgen melalui serbuk sari dari tanaman kentang transgenik toleran herbisida klorsulfuron ke tanaman non transgenik yang dilakukan di New Zealand (Tynan *et al.* 1990), menunjukkan pada jarak isolasi

1.5 sampai 3 m frekuensi hibrida yang mengandung marka transgen sebesar 1%, dan pada jarak 3-4.5 m, frekuensinya turun menjadi 0.05%. Pada jarak isolasi 4.5 - 6 m dan 9 sampai 10 m tidak dijumpai hibrida yang toleran klorsulfuron, atau tidak ada perpindahan gen. Beberapa penelitian lapang pada tanaman kentang transgenik yang mengandung transgen sebagai penanda, menunjukkan bahwa penyebaran transgen oleh serbuk sari ke tanaman kentang lainnya sangat terbatas dan tidak terjadi pada jarak lebih dari 10 m (Conner & Dale 1996).

Tindakan manajemen untuk meminimalkan pindahnya transgen yang dimediasi serbuk sari, dapat dilakukan dengan pembatas fisik, meliputi isolasi spasial, yaitu menanam spesies lain diantara plot tanaman transgenik dengan non transgenik, isolasi temporal yaitu dengan perbedaan waktu tanam antara transgenik dengan non transgenik serta pembatas biologi, seperti penggunaan tanaman transgenik mandul jantan (Lu 2008). Disamping itu, informasi mengenai jarak isolasi minimal yang disyaratkan dari tanaman transgenik ke non transgenik, diperlukan untuk strategi manajemen perpindahan gen (Conner 2006).

KESIMPULAN

Perpindahan gen terjadi melalui persilangan alami dari tanaman kentang transgenik *RB* ke tanaman kentang non transgenik, berdasarkan metode seleksi secara cepat dengan marka kanamisin 50 mg/l.

Perpindahan gen melalui persilangan alami pada jarak isolasi (0.8 - 1.6 m), (2.4-

4 m), dan (4.8–6.4 m) dari tanaman kentang transgenik *RB* ke tanaman non transgenik, berturut-turut 13.78, 10.92, dan 3.82%. Pada jarak isolasi (7.2 – 8 m) sudah tidak terjadi persilangan alami (0%).

Persentase perpindahan gen melalui persilangan alami semakin menurun dengan bertambah jauhnya jarak isolasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Celis, C., M. Scurrah, S. Cowgill, S. Chumbiauca, J. Green, J. Franco, G. Main, D. Kilzebrink, RGF. Visser, & HJ. Atkinson. 2004. Environmental biosafety and transgenic potato in a centre of diversity for this crop. *Nature* 432: 222-225.
- Conner, AJ. & PJ. Dale. 1996. Reconsideration of pollen dispersal data from field trials of transgenic potatoes. *Theor. Appl. Genet.* 92(5): 505-508.
- Conner, AJ. 2006. Biosafety evaluation of transgenic potatoes: Gene flow from transgenic potatoes. International Symposium, Ecological and Environmental Biosafety of Transgenic Plants. 127-140.
- Chasseray, E. & J. Duesing. 1992. Field trials of transgenic plants an overview. *Agro-Food-Industry Hi-Tech* 3(4):5-10.
- Cheng, J. & RE. Veilleux . 1991. Genetic analysis of protoplast cultureability in *Solanum phureja*. *Plant Science.* 75: 257-265.
- De-Block, M., L. Herrera-Estrella, M. Van Montagu, J. Schell, & P. Zambryski. 1984. Expression of foreign genes in regenerated plants and in their progeny. *The EMBO J.* 3(8):1681-1689.
- Fulton, TM., J. Chunwongse, & SD. Tanksley. 1995. Microprep protocol for extraction of DNA from plants. *Plant Mol. Biol. Rep.* 13(3):207-209.
- Goy, PA. & JH. Duesing. 1995. From pots to plots: genetically modified plants on trial. *Bio/Technology* 13:454-458.
- Harding, K. & PS. Harris. 1994. Risk assessment of the release of genetically modified plants. A review. MAFF.
- Herman, M. 2009. Pengaturan keamanan tanaman PRG di Indonesia. Dalam: Purwantara B & M. Thohari (eds.). *Tanaman Produk Rekayasa Genetik dan Kebijakan Pengembangannya. Volume 2. Status global tanaman produk rekayasa genetik dan regulasinya.* Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumber Daya Genetik Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian. 105-132.
- Howe, AR. & PCC. Feng. 2004. Assay for the detection of selectable marker expression in plants. *Patent Application Publication.* 1-10.
- Latta, RG., YB. Linhart, D. Fleck, & M. Elliot. 1998. Direct and indirect estimates of seed versus pollen movement within a population of ponderosa pine. *Evolution* 52:61-67.

- Love, SL. 1994. Ecological risk of growing transgenic potatoes in the United States and Canada. *Amer. Potato J.* 71:647-658.
- Lu, BR. 2008. Transgene escape from GM crops and potential biosafety consequences: An environmental perspective. *Collection of Biosafety Reviews* 4:66-141.
- Messeguer, J. 2003. Gene flow assessment in transgenic plants. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 73:201-212.
- McPartlan, HC. & PJ. Dale. 1994. An assessment of gene transfer by pollen from field grown transgenic potatoes to non transgenic potatoes and related species. *Transgenic Research* 3:216-225.
- [OECD] Organization for Economic Cooperation and Development. 1997. Consensus Document on the Biology of *Solanum tuberosum* subsp. *tuberosum* (Potato). *OECD Environmental Health Safety Publications, Series on Harmonization of Regulatory Oversight in Biotechnology*. No 8. Environment Directorate. Paris. 27.
- Purwito, A., H. Aswidinnoor, & N. Amin. 2001. Gene flow kapas transgenik di Sulawesi Selatan: Jarak dan frekuensi persilangan luar pada kapas transgenik. Laporan Kajian Kapas Bt sub bidang Analisis Risiko Lingkungan. Makalah dipresentasikan dalam Diskusi Ilmiah tentang Evaluasi Pelepasan Terbatas Kapas Bt di Sulawesi Selatan. Bogor, 21 November 2001.
- Plaisted, RL. 1980. Potato. In : Fehr WR. & HH. Hadley (eds.). *Hybridisation of crop plants*. American Society of Agronomy, Madison. 483-494.
- Song, J., JM. Bradeen, SK. Naess, JA. Raasch, SW. Wielgus, GT. Haberlach, J. Liu, H. Kuang, S. Austin-Phillips, CR. Buell, JP. Helgeson, & J. Jiang. 2003. Gene *RB* cloned from *Solanum bulbocastanum* confers broad spectrum resistance to potato late blight. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 100: 9128-9133.
- Skogsmyr, I. 1994. Gene dispersal from transgenic potatoes to conspecifics: A field trial. *Theor. App. Gen.* 88:770-774.
- Treu, R. & J. Emberlin. 2000. Pollen dispersal in the crops Maize (*Zea mays*), Oil seed rape (*Brassica napus* ssp *oleifera*), Potatoes (*Solanum tuberosum*), Sugar beet (*Beta vulgaris* ssp *vulgaris*) and Wheat (*Triticum aestivum*). Soil Association.
- Tynan, JL., MK. Williams, & AJ. Conner. 1990. Low frequency of pollen dispersal from a field trial of transgenic potatoes. *J. Gen. Breed.* 44:303-306.
- Weide, R., M. Koornneef, & P. Zabel. 1989. A simple, nondestructive spraying assay for the detection of an active kanamycin resistance gene in transgenic tomato plants. *Theor. Appl. Genet.* 78:169-172.

Memasukkan: Maret 2011

Diterima: Juni 2011