



Keefektifan Padi Transgenik terhadap Hama Penggerek Batang Padi Kuning *Scirpophaga incertulas* (Walker) (Lepidoptera: Crambidae)

N. USYATI¹⁾, DAMAYANTI BUCHORI²⁾, SYAFRIDA MANUWOTO²⁾, PURNAMA HIDAYAT²⁾, INEZ H. SLAMET-LOEDIN²⁾

¹⁾Balai Besar Penelitian Tanaman Padi

²⁾Departemen Proteksi Tanaman, Institut Pertanian Bogor

(diterima November 2008, disetujui Februari 2009)

ABSTRACT

Effectiveness of Transgenic Rice to The Rice Yellow Stemborer *Scirpophaga incertulas* (Walker) (Lepidoptera: Crambidae). Transformation two cry genes (*cryIB-cryIAa*) and transformation with a single the *cry1B* gene under the control of a wound-inducible maize proteinase inhibitor gene (*mpi*) promoter were two approaches that were used to get resistant rice to the rice stemborer which may be had a durable resistance. To obtain information on the effectiveness of seven transgenic rice lines to the rice yellow stemborer *S. incertulas*, a test was conducted in greenhouse. The seven lines were 1) line 4.2.3 and 2) line 4.2.4 both contain fusion of two cry genes (*cryIB-cryIAa*); 3) line 3R9 and 4) line 3R7 lines both contain of *mpi-cry1B* gene; and 5) line 6.11 contains of *cry1Ab* gene by particle bombardment, 6) line DT-*cry* (*Azygous*) that do not contain *cry* gene (null), and 7) DT-*cry* line contains *cry1Ab* gene by *Agrobacterium*, and as a negative control, we used three non transgenic rice varieties i.e., Rojolele, Cilosari, and Ciherang. The result showed that transgenic rice lines, except DT-*cry* and DT-*cry* (*Azygous*) lines were effective to suppress damage by the insect, and showed an inhibition effect on the growth of *S. incertulas*, and had a high level of resistance than non transgenic rice varieties had. There were differences on resistance value/level among transgenic rice lines. Based on the resistance value, 6.11 line was the highest (scale 0) followed by 4.2.4 line and 3R7 line, these lines were categorized as high resistance (scale 1). Transgenic rice-4.2.3 line and 3R9 line were categorized as moderate resistance (scale 3). DT-*cry* and DT-*cry* (*Azygous*) lines were susceptible (scale 7-9).

KEY WORDS: Effectiveness, resistance value, transgenic rice, *S. incertulas*

PENDAHULUAN

Dengan berkembangnya teknologi rekombinan DNA telah membuka pintu untuk merakit tanaman tahan

hama dengan rekayasa genetika. Teknologi ini mempunyai beberapa kelebihan jika dibandingkan dengan teknologi konvensional, yaitu (1) memperluas pengadaan sumber gen resistensi karena dengan teknologi ini

kita dapat menggunakan gen resisten dari berbagai sumber, tidak hanya dari tanaman dalam satu spesies tetapi juga dari tanaman yang berbeda spesies, genus atau famili, dari bakteri, fungi, dan mikroorganisme lain, (2) dapat memindahkan gen spesifik ke lokasi yang spesifik pula di tanaman, (3) dapat menelusuri stabilitas gen yang dipindahkan atau yang diintroduksi ke tanaman dalam setiap generasi tanaman, (4) dapat mengintroduksi beberapa gen tertentu dalam satu *event* transformasi sehingga dapat memperpendek waktu perakitan tanaman *multiple resistant*, dan (5) perilaku gen yang diintroduksi di dalam lingkungan tertentu dapat diikuti dan dipelajari, seperti kemampuan gen tersebut di dalam tanaman tertentu untuk pindah ke tanaman lain yang berbeda spesiesnya (*outcrossing*), dan dampak negatif dari gen tersebut di dalam tanaman tertentu terhadap lingkungan dan organisme bukan target (Bahagiawati 2001). Namun seperti halnya hasil pemuliaan konvensional, ketahanan tanaman transgenik dapat dipatahkan. Ho *et al.* (2006) melaporkan beberapa populasi serangga telah berkembang resisten terhadap gen *cry* tunggal.

Untuk manajemen resistensi, Cohen (2000) menganjurkan untuk menggunakan strategi “*high-dose*” dan refugia, serta menganjurkan untuk mengembangkan tanaman dengan dua toxin *Bt*, karena kultivar dengan dua

toxin memerlukan refugia paling kecil dan memungkinkan untuk dilepas di lapangan. Penggunaan gen *multiple-toxin* dengan cara kerja yang berbeda juga dianjurkan sehingga *cross-resistance* tidak mungkin terjadi, yaitu dengan menggunakan dua gen *cry* untuk toxin yang berbeda reseptor atau kombinasi gen *cry* yang semuanya berbeda dan tidak berkaitan gen toxinnya (Ho *et al.* 2006).

Efikasi dari fusi hibrid gen *cry1Ab-cryIAC* pada padi transgenik *indica* telah berhasil diuji pada kondisi rumah kaca (Wu *et al.* 1997; Datta *et al.* 1998), dan hasilnya menunjukkan mampu melindungi serangan penggerek batang padi kuning. Padi transgenik *Bt-IR72* dengan fusi gen ini menunjukkan konsisten tahan melawan empat serangga lepidoptera, termasuk penggerek batang padi kuning lebih dari 3 generasi di bawah kondisi serangan secara buatan dan alami (Ye *et al.* 2001). Sementara Ho *et al.* (2006) melaporkan bahwa fusi dua gen *cry* (*cryIAB-IB*) pada kultivar padi transgenik elit Vietnam mampu mematikan 100% larva instar-1 penggerek batang padi kuning dalam 1 minggu setelah infestasi.

Di Indonesia, upaya untuk mendapatkan padi tahan penggerek batang padi yang memiliki ketahanan panjang (tidak mudah patah) telah dilakukan dengan 2 pendekatan yaitu: (1) transformasi dua gen *cry* (*cryIB-cryIAa*) yang berbeda *binding site*

dalam sistem pencernaan larva serangga, dan (2) transformasi gen *cryIB* dibawah kendali promotor terinduksi pelukaan yaitu promotor dari gen maize proteinase inhibitor (*mpi*). Dari hasil penelitian pada tahun 2003 dan 2004 pada generasi pertama dan kedua, telah diperoleh 2 galur padi transgenik cv. Rojolele mengandung fusi dua gen *cry* (*cryIB-cryIAa*) dan 4 galur padi transgenik cv. Rojolele mengandung gen *mpi-cryIB* (Rahmawati 2004). Namun demikian, efektivitas galur-galur tersebut terhadap penggerek batang padi kuning *S. incertulas* belum teruji di rumah kaca. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan informasi mengenai tingkat efektivitas padi transgenik terhadap hama penggerek batang padi kuning *S. incertulas* di rumah kaca.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan di Rumah Kaca Khusus Padi Transgenik (Biosafety Containment), Pusat Penelitian Bioteknologi - LIPI, Cibinong-Bogor pada bulan April – September 2008.

Bahan dan Alat

Serangga uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah penggerek batang padi kuning *S. incertulas*. Imago *S. incertulas* diambil dari pertanaman padi di Kecamatan Ciasem, Kabupaten Subang, Jawa

Barat. Selanjutnya imago *S. incertulas* dipelihara pada tanaman padi varietas Ciherang di rumah kaca Balai Besar Penelitian Tanaman Padi Sukamandi-Subang sampai bertelur. Kelompok telur yang dihasilkan selanjutnya diambil dan dimasukkan ke dalam tabung gelas untuk dipelihara sampai menetas menjadi larva instar-1. Larva instar-1 ini yang digunakan untuk pengujian.

Materi penelitian yang digunakan terdiri atas 7 galur padi transgenik, yaitu galur 4.2.3 dan 4.2.4 yang mengandung fusi dua gen *cry* (*cryIB-cryIAa*), galur 3R9 dan 3R7 yang mengandung gen *mpi-cryIB*, galur 6.11 yang mengandung gen *cryIAB* melalui teknik penembakan, galur DT-*cry* (Azygous) yang ikut dalam transformasi tetapi negatif *cry* (*null*), dan galur DT-*cry* yang mengandung gen *cryIAB* melalui *Agrobacterium*, serta tanaman padi bukan transgenik yang meliputi varietas Rojolele, Cilosari, dan Ciherang.

Untuk mendeteksi keberadaan gen pada tanaman padi transgenik yang diuji, dilakukan uji PCR. Tanaman-tanaman yang berdasarkan uji PCR memberikan hasil positif selanjutnya digunakan untuk pengujian, sementara tanaman-tanaman yang berdasarkan uji PCR hasilnya negatif dibuang.

Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan 10 perlakuan

dan 10 ulangan. Perlakuan meliputi: A = galur 4.2.3 (fusi), B = galur 4.2.4 (fusi), C = galur 3R9 (*mpi*), D = galur 3R7 (*mpi*), E = galur 6.11 (*cryIAb-PB*), F = galur DT-*cry* (Azygous), G = galur DT-*cry* (*cryIAb-Agr*), H = varietas Rojolele, I = varietas Cilosari, dan J = varietas Ciherang.

Uji ketahanan terhadap serangga dilakukan dengan menggunakan metode seperti yang dikemukakan oleh Heinrich *et al.* (1985). Tahap-tahap uji ketahanan adalah sebagai berikut: bibit padi berumur 21 hari di tanam di dalam pot sebanyak 1 bibit per pot. Masing-masing galur dan varietas padi ditanam 10 pot dan 1 pot dianggap 1 ulangan. Pot tersebut kemudian diatur dalam tata letak yang mengikuti rancangan acak kelompok. Tanaman padi dikurung dalam kurungan plastik milar segera setelah tanam untuk menghindari serangga lain di area pengujian. Pada umur 45 hari setelah sebar, tanaman padi diberi larva instar-1 *S. incertulas* dengan kepadatan 3 larva per 1 anakan. Larva ditempatkan di dekat *aurikel* daun termuda dan pot ditutup atau dikurung dengan kurungan plastik milar untuk mencegah perpindahan larva antar pot. Persentase sundep untuk masing-masing galur dihitung pada 2 dan 4 minggu setelah infestasi larva menggunakan formula berikut:

$$\text{Serangan sundep} = \frac{\text{Jumlah sundep pada galur yang diamati}}{\text{Jumlah anakan dari galur yang sama}} \times 100\%$$

Persentase sundep tersebut dikonversikan ke dalam nilai D sebagai berikut:

$$D = \frac{\% \text{ sundep dari galur yang diuji}}{\% \text{ sundep dari varietas pembanding rentan}} \times 100\%$$

Nilai D ditransformasikan ke dalam skala 0-9 (0 = 0%; 1 = 1-20%; 3 = 21-40%; 5 = 41-60%; 7 = 61-80%; 9 = 81-100%). Tanaman tahan adalah tanaman yang mempunyai nilai D 0, 1, 3, atau 5, sedangkan tanaman rentan mempunyai nilai D 7 atau 9.

Pada 4 minggu setelah infestasi (MSI), tanaman padi yang diuji pada satu ulangan yang sama sebanyak 1 tanaman per ulangan dibelah untuk mengetahui perkembangan larva. Variabel yang diukur adalah bobot basah pupa.

Data yang diperoleh dianalisis dengan analisis sidik ragam (ANOVA) dan perbedaan antar perlakuan dievaluasi dengan uji wilayah berganda Duncan pada taraf nyata 5% dengan menggunakan program SAS (1990).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tanaman padi transgenik terbukti mempunyai kemampuan untuk menangkal kerusakan yang disebabkan oleh hama penggerek batang padi kuning *S. incertulas*. Hal ini dapat terlihat dari hasil pengamatan pengujian ini pada 2 dan 4 minggu setelah infestasi.

Pada 2 minggu setelah infestasi, intensitas serangan *S. incertulas* pada semua galur padi transgenik yang diuji nyata lebih rendah dibandingkan dengan padi bukan transgenik varietas Rojolele dan Ciherang, serta galur DT-*cry* (Azygous) ($P=0.0001$). Berdasarkan nilai D, pada pengamatan 2 minggu setelah infestasi terlihat bahwa semua galur padi transgenik yang diuji masuk dalam kategori tahan dengan skala 0-3 kecuali galur DT Cry-(Azygous) (Tabel 1). Pada 4 minggu setelah infestasi, intensitas serangan *S. incertulas* pada semua galur padi transgenik yang diuji, kecuali galur DT-*cry* dan DT-*cry* (Azygous), nyata lebih rendah dibandingkan dengan varietas padi bukan transgenik ($P=0.0001$). Berdasarkan nilai D, pada pengamatan 4 minggu setelah infestasi terlihat

bahwa semua galur padi transgenik yang diuji masuk dalam kategori tahan dengan skala 0-3. kecuali galur DT-*cry* dan DT-*cry* (Azygous) masuk kategori rentan dengan nilai ketahanan masing-masing pada skala 7 dan 9 (Tabel 2).

Tanaman padi transgenik selain mempunyai kemampuan untuk menangkal kerusakan juga mempunyai kemampuan untuk menghambat pertumbuhan hama *S. incertulas*. Hal ini terbukti pada semua galur padi transgenik yang diuji tidak ada satu pun *S. incertulas* yang mencapai stadium pupa. Sebaliknya pada semua tanaman padi bukan transgenik, *S. incertulas* mampu mencapai stadium pupa dengan bobot pupa berkisar 0,01–0,02 gram (Tabel 3 dan Gambar 1).

Tabel 1. Rata-rata intensitas serangan *S. incertulas* pada 2 minggu setelah infestasi dan nilai ketahanan tanaman padi pada berbagai perlakuan

Perlakuan	Rata-rata intensitas serangan \pm SE (%) [*]	Nilai D	Skala	Ketahanan
Galur 4.2.3 (fusi)	20,00 \pm 8,17cde	25,81	3	T
Galur 4.2.4 (fusi)	23,33 \pm 7,93cd	30,10	3	T
Galur 3R9 (<i>mpi</i>)	15,00 \pm 7,64de	19,35	1	T
Galur 3R7 (<i>mpi</i>)	15,00 \pm 7,64de	19,35	1	T
Galur 6.11	0,00 \pm 0,00e	0,00	0	T
Galur DT <i>cry</i> -Azygous	60,83 \pm 9,47ab	78,49	7	R
Galur DT- <i>cry</i>	22,50 \pm 6,58cd	29,03	3	T
Rojolele	80,00 \pm 8,17a	103,23	9	R
Cilosari	45,83 \pm 11,33bc	59,14	5	T
Ciherang	77,50 \pm 7,03 a	100,00	9	R

^{*}Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama pada masing-masing perlakuan tidak berbeda nyata pada DMRT taraf nyata 5%. T = Tahan, R = Rentan

Tabel 2. Rata-rata intensitas serangan *S. incertulas* pada 4 minggu setelah infestasi dan nilai ketahanan tanaman padi pada berbagai perlakuan

Perlakuan	Rata-rata intensitas serangan \pm SE (%) [*]	Nilai D	Skala	Ketahanan
Galur 4.2.3 (fusi)	18,33 \pm 7,64b	28,58	3	T
Galur 4.2.4 (fusi)	6,67 \pm 4,44bc	10,40	1	T
Galur 3R9 (<i>mpi</i>)	20,00 \pm 10,18b	31,19	3	T
Galur 3R7 (<i>mpi</i>)	11,67 \pm 6,11bc	18,20	1	T
Galur 6.11	0,00 \pm 0,00c	0,00	0	T
Galur DT <i>cry</i> -Azygous	60,33 \pm 5,05a	94,07	9	R
Galur DT- <i>cry</i>	45,83 \pm 7,58a	71,46	7	R
Rojolele	65,67 \pm 7,76a	102,40	9	R
Cilosari	49,33 \pm 11,49a	76,92	7	R
Ciherang	64,13 \pm 6,91a	100,00	9	R

^{*}) Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama pada masing-masing perlakuan tidak berbeda nyata pada DMRT taraf nyata 5%. T = Tahan, R = Rentan

Tabel 3. Rata-rata bobot pupa *S. incertulas* pada 4 minggu setelah infestasi pada berbagai perlakuan

Perlakuan	Rata-rata bobot pupa \pm SE (gram) [*]
Galur 4.2.3 (fusi)	0,00 \pm 0,00 c
Galur 4.2.4 (fusi)	0,00 \pm 0,00 c
Galur 3R9 (<i>mpi</i>)	0,00 \pm 0,00 c
Galur 3R7 (<i>mpi</i>)	0,00 \pm 0,00 c
Galur 6.11	0,00 \pm 0,00 c
Galur DT <i>cry</i> -Azygous	0,02 \pm 0,01ab
Galur DT <i>cry</i>	0,00 \pm 0,00c
Rojolele	0,02 \pm 0,01a
Cilosari	0,01 \pm 0,01bc
Ciherang	0,02 \pm 0,01ab

^{*}) Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama pada masing-masing perlakuan tidak berbeda nyata pada DMRT taraf nyata 5%



Gambar 1. Pupa *S. incertulas* pada tanaman padi bukan transgenik. [cam:digital]

Berdasarkan hasil pengujian pada tahap ini menunjukkan bahwa semua galur padi transgenik yang diuji, kecuali galur DT-*cry* dan DT-*cry* (Azygous), lebih efektif dalam menangkal kerusakan dan menghambat pertumbuhan hama *S. incertulas* serta mempunyai nilai ketahanan yang tinggi dibandingkan dengan varietas padi bukan transgenik. Hal ini disebabkan oleh sumber ketahanan intrinsik yang berbeda antara padi transgenik dan padi bukan transgenik. Sumber ketahanan intrinsik pada padi transgenik adalah toxin yang berasal dari gen *cryIAB*, fusi dua gen *cry* (*cryIB-cryIAa*), dan gen *mpi-cryIB*. Sumber ketahanan intrinsik pada padi bukan transgenik umumnya berasal dari karakteristik biokimia dan karakteristik biofisik tanaman yang mempengaruhi perilaku atau metabolisme serangga (Kogan 1982).

Selain itu, pada pengujian tahap ini terlihat ada perbedaan nilai ketahanan antar galur padi transgenik. Menurut Schuler (2000) tingkat ketahanan tanaman terhadap hama target tergantung pada tingkat ekspresi dari transgen, sifat toksisitas dari protein yang disandi oleh transgen, dan kerentanan serangga hama target. Padi transgenik galur 6.11 mempunyai nilai ketahanan tertinggi dengan skala 0, hal ini disebabkan galur 6.11 mengandung gen *cryIAB* dengan promoter yang bersifat *constitutive*. Tanaman

transgenik dengan kontrol ekspresi gen seperti ini, gennya akan terekspresi terus menerus diseluruh jaringan tanaman dan sepanjang umur tanaman. Dengan demikian tanaman akan mendapat perlindungan sepanjang umur tanaman tersebut (Datta *et al.* 1998; Fontes *et al.* 2002). Selain itu, galur 6.11 mempunyai toksisitas yang sangat tinggi. Hal ini terbukti pada pengamatan jumlah serangga yang mati *vitro* yang menunjukkan bahwa mortalitas 50% larva instar-1 *S. incertulas* pada galur 6.11 tercapai dalam waktu 12 jam setelah infestasi dan pada 72 jam setelah infestasi mortalitasnya mencapai 94%.

Padi transgenik galur 4.2.4 (fusi) dan 3R7 (*mpi*) mempunyai nilai ketahanan pada skala 1. Hal ini disebabkan galur 4.2.4 (fusi) mengandung dua gen *cry* yaitu *cryIAa-cryIB* yang mempunyai *binding site* berbeda dengan promoter yang bersifat *constitutive*. Tanaman transgenik dengan kontrol ekspresi gen seperti ini, gennya akan terekspresi terus menerus diseluruh jaringan tanaman dan sepanjang umur tanaman. Dengan demikian tanaman akan mendapat perlindungan sepanjang umur tanaman tersebut (Datta *et al.* 1998; Fontes *et al.* 2002). Selain itu, galur 4.2.4 (fusi) mempunyai toksisitas yang tinggi setelah galur 6.11. Hal ini terbukti pada pengamatan mortalitas serangga yang dilakukan pada cawan petri yang menunjukkan bahwa mortalitas 50%

larva instar-1 *S. incertulas* pada galur 4.2.4 (fusi) tercapai dalam waktu 24 jam setelah infestasi dan pada 72 jam setelah infestasi mortalitasnya mencapai 89% (Usyati et al, 2010 in press)

Padi transgenik galur 3R7 (*mpi*) mengandung gen *mpi-cryIB* dengan promoter *maize proteinase inhibitor* yang bersifat *inducible*. Tanaman transgenik dengan kontrol ekspresi gen seperti ini, gennya hanya akan terekspresi apabila ada gigitan serangga. Selain itu, galur 3R7 (*mpi*) mempunyai toksisitas yang tinggi setelah galur 6.11 dan galur 4.2.4 (fusi). Hal ini terbukti pada pengujian mortalitas serangga di cawan petri yang menunjukkan bahwa mortalitas 50% larva instar-1 *S. incertulas* pada galur 3R7 (*mpi*) tercapai dalam waktu 12 jam setelah infestasi dan pada 72 jam setelah infestasi mortalitasnya mencapai 78% (Usyati et al, 2010 in press).

Selain faktor kontrol ekspresi gen dan toksisitas yang menyebabkan padi transgenik galur 6.11, galur 4.2.4 (fusi) dan galur 3R7 (*mpi*) mempunyai nilai ketahanan tinggi, faktor jumlah salinan gen (*copy number*) juga turut berperan. Padi transgenik galur 6.11, galur 4.2.4 (fusi) dan galur 3R7 (*mpi*) mempunyai jumlah salinan gen (*copy number*) cukup banyak (Tabel 4). Dengan jumlah salinan gen (*copy number*) yang banyak tersebut kemungkinan

ekspresi protein menjadi lebih tinggi. Jumlah salinan gen (*copy number*) pada beberapa kasus berkorelasi dengan ekspresi gen, meskipun tidak selalu demikian.

Padi transgenik galur 4.2.3 (fusi) dan galur 3R9 (*mpi*) mempunyai nilai ketahanan pada skala 3. Hal ini diduga disebabkan gennya kurang terekspresi karena situs insersi gen kurang tepat dalam genom tanaman. Menurut Satoto (2003) ekspresi transgen yang dicerminkan oleh tingkat ketahanan diduga ditentukan oleh situs insersi transgen dalam genom tanaman. Selain itu, galur 4.2.3 (fusi) dan galur 3R9 (*mpi*) mempunyai toksisitas moderat. Hal ini terbukti menunjukkan bahwa mortalitas 50% larva instar-1 *S. incertulas* pada galur 4.2.3 (fusi) dan galur 3R9 (*mpi*) tercapai dalam waktu 24 jam setelah infestasi dan pada 72 jam setelah infestasi mortalitasnya masing-masing mencapai 74.5% dan 73.5% (Usyati et al, 2010 in press)

Padi transgenik galur DT-*cry* masuk kategori rentan dengan nilai ketahanan pada skala 7. Hal ini disebabkan jumlah salinan gen (*copy number*) yang sedikit (Tabel 4) dan situs insersi gen kurang tepat dalam genom tanaman. Dengan jumlah salinan gen (*copy number*) yang sedikit kemungkinan ekspresi protein menjadi lebih rendah. Sementara situs insersi gen yang kurang tepat dapat menyebabkan gen kurang terekspresi.

Tabel 4. Jumlah salinan gen (*copy number*) pada berbagai perlakuan

Perlakuan	Jumlah salinan gen (<i>copy number</i>)	Sumber
Galur fusi dua gen <i>cry</i> (<i>cryIB-cryIAa</i>)	1 - 6	Rahmawati (2004)
Galur <i>mpi</i> – <i>cryIB</i>	3 - 6	Rachmat <i>et al.</i> (2007)
Galur 6.11	1 - 10	Satoto (2003)
Galur DT <i>cry</i>	1 - 2	Rachmat (2006)

Selain itu, galur DT-*cry* mempunyai toksisitas yang rendah. Hal ini terbukti pada pengamatan mortalitas serangga di cawan petri yang menunjukkan bahwa mortalitas 50% larva instar-1 *S. incertulas* pada galur DT-*cry* tercapai dalam waktu 48 jam setelah infestasi dan pada 72 jam setelah infestasi mortalitasnya hanya mencapai 69.5% (Usyati *et al.*, 2010 *in press*). Selain itu diduga hal ini disebabkan oleh generasi galur DT-*cry* ini masih generasi awal yaitu generasi ke-2. Menurut Meyer (1995) uji ketahanan galur padi transgenik pada generasi awal mempunyai kelemahan yaitu pada umumnya pada tanaman transgenik generasi 2-3 masih terdapat keragaman antar tanaman yang sangat besar.

Padi transgenik galur 6.11 dan galur DT-*cry* sama mengandung gen *cryIAb*, namun kedua galur tersebut mempunyai nilai ketahanan yang berbeda. Galur 6.11 mempunyai nilai ketahanan tertinggi dengan skala 0 sementara galur DT-*cry* masuk kategori rentan dengan nilai ketahanan pada skala 7. Adanya perbedaan ini kemungkinan disebabkan oleh faktor

jumlah salinan gen (*copy number*) yang berbeda (Tabel 4), posisi integrasi atau situs insersi gen dalam genom tanaman, dan tingkat toksisitas yang berbeda. Perbedaan jumlah salinan gen (*copy number*) pada kedua galur tersebut disebabkan oleh perbedaan teknik transformasi. Galur 6.11 teknik transformasinya melalui penembakan dan galur DT-*cry* melalui *Agrobacterium*. Teknik transformasi genetika melalui penembakan pada umumnya menghasilkan tanaman transgenik dengan salinan transgen ganda yang sangat banyak (Vain *et al.* 2002). Sementara teknik transformasi genetika melalui *Agrobacterium* pada umumnya menghasilkan tanaman transgenik dengan salinan transgen yang relatif sedikit (Maftuchah 2003).

Padi transgenik galur DT-*cry* (Azygous) masuk kategori rentan dengan nilai ketahanan pada skala 9. Hal ini disebabkan galur DT-*cry* (Azygous) hanya ikut dalam transformasi tetapi tidak mengandung gen *cry* (*null*). Dengan demikian sumber ketahanan intrinsik pada galur DT-*cry* (Azygous) ini bukan toxin, tetapi sama dengan padi bukan

transgenik yaitu berasal dari karakteristik biokimia dan karakteristik biofisik tanaman (Kogan 1982).

KESIMPULAN

Semua galur padi transgenik, kecuali galur DT-*cry* dan DT-*cry* (Azygous), lebih efektif dalam menangkal kerusakan dan menghambat pertumbuhan hama *S. incertulas* serta mempunyai nilai ketahanan yang tinggi dibandingkan dengan varietas padi bukan transgenik. Ada perbedaan nilai ketahanan antar galur padi transgenik. Padi transgenik galur 6.11 mempunyai nilai ketahanan tertinggi dengan skala 0. Galur 4.2.4 (fusi) dan 3R7 (*mpi*) mempunyai nilai ketahanan pada skala 1. Sementara galur 4.2.3 (fusi) dan galur 3R9 (*mpi*) mempunyai nilai ketahanan pada skala 3. Galur DT-*cry* dan DT-*cry* (Azygous) masuk kategori rentan dengan nilai ketahanan masing-masing pada skala 7 dan 9.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada tim peneliti dan teknisi Biologi Molekuler Tanaman, Pusat Penelitian Bioteknologi-LIPI, Cibinong-Bogor yang telah membantu dana, materi, dan fasilitas penelitian, serta membantu kelancaran penelitian di rumah kaca. Terima kasih juga disampaikan kepada tim peneliti dan teknisi Kelti Entomologi-Fitopatologi Balai Besar Penelitian Tanaman Padi Sukamandi-

Subang yang telah membantu pemeliharaan serangga uji.

DAFTAR PUSTAKA

- Bahagiawati. 2001. Manajemen resistensi serangga hama pada pertanaman tanaman transgenik Bt. *Buletin AgroBio* 4(1):1-8.
- Cohen MB. 2000. Bt rice: practical steps to sustainable use. *International Rice Research Notes* 25(2):4-10.
- Datta K *et al.*, 1998. Constitutive and tissue-specific differential expression of the *cryIA(b)* gene in transgenic rice plants conferring resistance to rice insect pest. *Theor Appl Genet* 97:20-30.
- Fontes EMG *et al.*, 2002. The environmental effects of genetically modified crops resistant to insect. *Neotropical Entomology* 31(4):497-513.
- Heinrich EA, Medrano FG, Rapusas HR. 1985. *Genetic Evaluation for Insect Resistance in Rice*. Los Banos, Philippines: Intl Rice Res Inst. p 356.
- Ho NH *et al.*, 2006. Translational fusion hybrid *Bt* genes confer resistance against yellow stem borer in transgenic elite vietnamese rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. *Crop Sci* 46:781-789.
- Kogan M. 1982. Plant resistance in pest management. In: Metcalf RL, WH Luckmann, editor. *Introduction to Insect Pest Management*. Second Edition.

- New York: John Wiley and Sons. pp 93-134.
- Maftuchah. 2003. Transformasi genetik padi indica dengan gen *cryIA(b)* dan *cryIB* menggunakan *Agrobacterium tumefaciens* untuk ketahanan terhadap hama penggerek batang kuning (*Scirpophaga incertulas* Walker) [disertasi]. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Meyer P. 1995. Understanding and controlling transgene expression. *TibTech* 13:332-337.
- Rachmat A. 2006. Konstruksi vektor ekspresi gen untuk mengeliminasi gen penyeleksi antibiotik pada tanaman padi (*Oryza sativa* L.) transgenik [tesis]. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Rachmat S *et al.*, 2007. Aplikasi teknologi DNA untuk ketahanan terhadap hama penggerek batang padi serta uji keamanan lingkungan [laporan teknik]. Bogor: Pusat Penelitian Bioteknologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. hal.67-73.
- Rahmawati S. 2004. Introduksi dua gen *cry* dengan “*binding site*” berbeda dan penggunaan promoter terinduksi pelukaan pada padi (*Oryza sativa* L) untuk memperlama ketahanan [laporan riset unggulan terpadu bidang pertanian dan pangan]. Bogor: Kementerian Riset dan Teknologi RI Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. 50 hlm.
- SAS Institute. 1990. SAS/STAT User's Guide, Version 6. Fourth Edition. Volume 2. North Carolina: SAS Institute Inc.
- Satoto. 2003. Kestabilan, pola pewarisan, dan keefektifan gen *gna* dan *cry1Ab* terhadap wereng batang coklat dan penggerek batang kuning pada padi rojolele transgenik [disertasi]. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Usyati N, Buchori D, Manuwoto S, Hidayat P, Loedin IHS. 2010. Efektivitas galur padi Rojolele transgenik terhadap hama penggerekbatang padi kuning *Scirpophaga incertulas* (Walker) (Lepidoptra: Pyralidae) pada tahap in vitro. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* (in press).
- Schuler TH. 2000. The impact of insect resistant GM crops on populations of natural enemies. *Antenna* 24:59-65.
- Vain P, James VA, Worland B, Snape JW. 2002. Transgene behaviour across two generations in a large random population of transgenic rice plants produced by particle bombardment. *Theor Appl Genet* 105:878-889.
- Wu C, Fan Y, Zhang C, Oliva N, Datta SK. 1997. Transgenic fertile japonica rice plants expressing a modified *cryIA(b)* gene resistant to yellow stem borer. *Plant Cell Reports* 17:129-132.

Ye GY, Tu J, Hu C, Datta K, Datta SK. 2001. Transgenic IR72 with fused *Bt* gene *cry1A(b)/cry1A(c)* from *Bacillus thuringiensis* is resistant against four lepidoptera species under field condition. *Plant Biotechnol* 18:125-133.
