

DAMPAK PADI TRANSGENIK MENGEKSPRESIKAN GEN *cryIA(b)* UNTUK KETAHANAN TERHADAP PENGGEREK BATANG DILAPANG TERBATAS TERHADAP SERANGGA BUKAN SASARAN

Enung S. Mulyaningsih¹, Puspita Deswina¹, dan Inez H. Slamet-Loedin¹

ABSTRACT

The impact of transgenic rice expressing cryIA(b) gene for stem borer resistance at limited field to non target insects. Transgenic rice plant Rojolele cultivar (lines 6.11(±), 6.11-48, 6.11, 11.21-39, and 11.21-48) that contain *cryIA(b)* gene from *Bacillus thuringiensis* was obtained. These lines were expected resistance to stem borer that is considered as one of primary pests. At seven (T6) generation, limited field trial was conducted in Karawang-West Java. Cilosari cultivar (medium resistant control) and IR 62 (susceptible control) were included as standars as well as a non transformed cultivar Rojolele isogenic control and border along with other plants in the surrounding area. The testing was done to meet the biosafety requirements as stipulated in Assessment Guidelines of Living Modified Organism Biosafety Plant Series. Observation was carried out on non target insect such as other pest insect and general predator in the field. The results showed that non target pest insect white back planthopper (WBP) and bug rice (*Leptocorisa oratorius* F.) were found in the field with different levels attacks in accordance with their respective population. WBP attacked since the beginning of the planting. WBP population in transgenic plant at the end of the observation indicated the same level of vulnerability as Rojolele control and both were more vulnerable than Cilosari and IR 62. The rice bug attack when plant at tiller filling (immature seed) therefore the data could not be compared with Cilosari and IR 62 because both of cultivars were shorter age than Rojolele. However, the population of *L. oratorius* between transgenic and control were not significant different. There are three genera of generalist predator observed such as *Paederus*, *Coccinella*, and *Cyrtorhinus*. These population were not significant different in all transgenic lines tested (Rojolele control, Cilosari, and IR 62). Thus the results of the experiment proved that transgenic lines tested in Karawang did not have negative impact on the population of other insects.

Key words : transgenic, non target insects, Rojolele, IR 62, Cilosari

PENDAHULUAN

Salah satu kendala dalam produksi suatu komoditas tanaman pangan seperti padi di negara tropis ialah serangan organisme pengganggu tumbuhan (OPT) seperti hama dan penyakit. Kejadian serangan hama atau penyakit secara hebat dapat menurunkan hasil yang tajam. Penggerek batang padi yang disebabkan oleh *Scirpophaga* sp. dari golongan Lepidoptera merupakan salah satu hama utama yang menyerang tanaman padi. Terdapat enam jenis penggerek batang padi di Indonesia, dua diantaranya dominan yaitu penggerek batang putih (*S. innotata* Wlk.) dan penggerek batang kuning (*S. incertulas* Wlk.).

Serangan penggerek di Indonesia dapat dijumpai pada semua ekosistem dengan spesies dan tingkat serangan beragam bergantung pada ekosistemnya. Penurunan produksi padi akibat serangan penggerek berkisar antara 5-10% bahkan dapat mencapai 60-90%

(Wunn *et al.*, 1996). Serangan penggerek terparah dilaporkan terjadi pada musim hujan 1989/1990 yang mencapai 172.933 ha dan 15.000 ha diantaranya mengalami puso (Damayanti *et al.*, 1991). Selanjutnya menurut data Biro Pusat Statistik (2002), dari 112.918 ha luas areal pertanaman padi pada 29 provinsi di Indonesia, menunjukkan intensitas serangan penggerek batang padi sebesar 39,08%. Oleh karena itu, penggunaan varietas tanaman yang tahan terhadap serangan penggerek batang padi sudah selayaknya dilakukan.

Perakitan tanaman tahan penggerek melalui penyilangan belum dapat dilakukan karena sumber gen ketahanan terhadap penggerek belum diperoleh di dalam plasma nutfah padi atau kerabatnya. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mendapatkan tanaman padi ketahanan penggerek batang ialah melalui transformasi genetik. Melalui teknik ini pemindahan gen asing dari sumber gen yang bukan sekerabat dengan tanaman

¹ Pusat Penelitian Bioteknologi LIPI Jl. Raya Bogor KM 46 Cibinong 16911. Email : enungf@yahoo.com

target dapat dilakukan. Dilaporkan bahwa gen *cryIA(b)* dari *B. thuringiensis* adalah penyandi kristal protein Bt yang efektif bersifat racun untuk hama golongan Lepidoptera sehingga dapat digunakan sebagai pengendali hama penggerek batang (Wunn *et al.*, 1996). Pada umumnya kristal Bt di alam bersifat protoksin, karena ada aktivitas proteolisis dalam sistem pencernaan serangga maka Bt-protoksin menjadi toksin. Toksin yang telah aktif berinteraksi dengan sel-sel epithelium di midgut serangga sehingga menyebabkan lubang-lubang kecil di sel membran saluran pencernaan dan mengganggu keseimbangan osmotik dari sel-sel tersebut. Karena keseimbangan osmotik terganggu, sel menjadi bengkak dan pecah dan menyebabkan kematian serangga (Hofte & Whiteley, 1989). Kelompok penelitian padi Pusat Penelitian Bioteknologi LIPI telah berhasil mendapatkan galur-galur tanaman transgenik potensial yang mengandung gen *cryIA(b)* dan tahan terhadap serangan penggerek batang (Slamet Loedin *et al.*, 2003). Secara molekuler dalam galur-galur ini, gen *cryIA(b)* teruji stabil terintegrasi dalam genom tanaman hingga generasi ke enam (*T5*) dan teruji tahan terhadap serangan penggerek batang kuning berdasarkan pengujian *feeding assay* dan *in planta* di rumah kaca (Satoto, 2003).

Selain manfaat dan keuntungan dari padi transgenik yang diperoleh, ada kekhawatiran bahwa padi tersebut akan berdampak negatif terhadap organisme bukan sasaran dan musuh alami. Untuk menjawab kekhawatiran tersebut, studi efikasi diperlukan untuk mengevaluasi keamanan hayati tanaman transgenik termasuk padi yang didasarkan pada evaluasi data berupa informasi genotipe, deskripsi organisme donor, deskripsi modifikasi genetik dan karakterisasi modifikasi genetik. Informasi tentang keamanan hayati tanaman transgenik yang dilakukan oleh Tim Teknis Keamanan Hayati dan Pangan (TTKHP) mencakup kajian ilmiah keamanan hayati seperti dampak terhadap organisme bukan sasaran, pemindahan gen, *weediness*, dan *invasiveness* (KLH & Deptan, 2005). Terkait dengan persyaratan pengkajian keamanan hayati tanaman produk rekayasa genetika maka Pusat Penelitian Bioteknologi LIPI telah melakukan uji lapangan terbatas pada tiga lokasi penanaman di Jawa Barat yang salah satunya ialah Karawang. Pengamatan keberadaan serangga bukan sasaran mengikuti kondisi ekosistem setempat. Tujuan penelitian ialah mengevaluasi pengaruh keberadaan tanaman padi transgenik mengandung gen *cryIA(b)* untuk ketahanan terhadap serangga penggerek batang

terhadap semua serangga lain yang bukan sasaran termasuk hama lain dan musuh alami generalis yang ada di lokasi percobaan Karawang, Jawa Barat.

METODE PENELITIAN

Pengujian dilakukan di lahan petani Kecamatan Tempuran, Kabupaten Karawang pada musim kemarau 2004. Galur tanaman padi transgenik yang digunakan ialah generasi tujuh (*T6*). Galur-galur tersebut ialah 6.11(±), 6.11-48, 6.11, 11.21-39, dan 11.21-48. Sebagai kontrol digunakan kultivar Rojolele yang tidak ditransformasi (kontrol isogenik), cv. Cilosari sebagai kontrol agak tahan penggerek batang padi kuning, dan IR 62 sebagai kontrol rentan. Di sekeliling percobaan ditanam kultivar Rojolele isogenik dengan lebar pertanaman 3 m. Percobaan disusun dalam rancangan acak kelompok dengan empat ulangan yang masing-masing petak berukuran 7 m x 9 m.

Galur dan kultivar ditanam pada 21 hari setelah sebar dengan jarak tanam 25 x 25 cm dan 3 bibit/rumpun. Budidaya dan pemeliharaan tanaman dilakukan seperti anjuran. Pemupukan dilakukan pada waktu tanam dengan 40 kg N/ha dan 40 kg P₂O₅/ha, pemupukan kedua dan ketiga dengan 40 kg N/ha masing-masing saat tanaman berumur 25 dan 50 hari setelah tanam (hst).

Pengamatan dilakukan terhadap keberadaan semua serangga bukan sasaran. Serangga bukan sasaran yang dimaksud terbagi menjadi dua yaitu merupakan kategori hama padi dan katagori musuh alami generalis yang ditemukan dalam petak-petak percobaan selama penelitian berlangsung. Jumlah tanaman sampel yang diamati untuk setiap petak ialah 32 rumpun, serangga yang diperoleh dalam 32 rumpun tersebut dihitung secara langsung (*direct counting*). Data dianalisis dengan sidik ragam (ANOVA) dan perbedaan antar perlakuan dievaluasi dengan uji selang berganda Duncan (DMRT) pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian lapang terbatas di Kecamatan Tempuran, Kabupaten Karawang menunjukkan ada serangan hama yang bukan sasaran dan musuh alami hama generalis pada pertanaman padi transgenik. Hama bukan sasaran yang dapat diidentifikasi antara lain wereng punggung putih (*Sogatella furcifera*) dan walang sangit (*Leptocorisa oratorius*), sedangkan

musuh alami generalis yang teramati saat penelitian berlangsung adalah *Paederus*, *Cyrtorhinus*, dan *Coccinella*.

Hama Wereng Punggung Putih. Berdasarkan pengamatan di lapang terbatas selama pengujian berlangsung terhadap galur-galur padi transgenik menunjukkan bahwa padi transgenik memiliki toleransi berbeda terhadap serangan hama. Secara umum intensitas serangan hama wereng punggung putih (WPP) cukup tinggi pada semua galur tanaman transgenik dan Rojolele control (Tabel 1). Serangan mulai terjadi saat tanaman berumur 2 MST, pada saat itu jumlah populasi WPP untuk semua galur transgenik dan kultivar kontrol

hampir sama. Selanjutnya sejak 4 MST hingga 10 MST, jumlah WPP yang menyerang pada semua galur transgenik, Rojolele kontrol dan Cilosari adalah tidak berbeda secara nyata, kecuali pada IR 62 jumlah populasi WPP selalu lebih sedikit. Pada akhir pengamatan (12 MST), jumlah populasi WPP pada semua galur transgenik dan kontrol Rojolele tidak berbeda nyata, sedangkan pada IR 62 dan Cilosari berbeda nyata. Dengan demikian diduga bahwa galur-galur transgenik memiliki tingkat kerentanan tinggi terhadap WPP dibandingkan IR 62 dan Cilosari. Hal ini karena pada dasarnya kultivar Rojolele secara alami tidak tahan terhadap serangan wereng punggung putih.

Tabel 1. Populasi wereng punggung putih pada galur-galur padi transgenik dan kultivar-kultivar kontrol

Galur/kultivar	Rata-rata populasi WPP (ekor/32 rumpun) pada n MST					
	2	4	6	8	10	12
6.11(+)	52,5 ab	328,3 ab	359,0 ab	299,3 ab	23,0 b	27,5 a
6.11-48	89,0 a	309,5 ab	313,3 b	289,8 ab	35,8 a	22,5 a
6.11	35,8 b	354,8 a	313,0 b	300,0 ab	23,5 a	26,3 a
11.21-39	74,8 ab	311,0 ab	371,3 ab	281,5 ab	25,0 ab	24,0 a
11.21-48	39,5 b	298,5 ab	343,8 ab	278,5 b	23,8 ab	18,8 a
Rojolele	89,5 a	374,0 a	420,8 a	297,3 ab	26,3 ab	30,3 a
IR 62	65,3 ab	193,8 b	118,8 c	90,8 c	30,5 c	0,3 b
Cilosari	85,5 a	347,8 a	389,3 ab	344,0 a	19,5 b	2,8 b

Catatan : MST = minggu setelah tanam

Angka dalam kolom yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT 5%

Tabel 2. Populasi walang sangit pada kultivar Rojolele transgenik dan kontrol isogenik.

Galur/kultivar	Rata-rata populasi walang sangit (ekor/32 rumpun) pada 16 MST
6.11(+)	9,3 a
6.11-48	17,8 a
6.11	8,3 a
11.21-39	15,8 a
11.21-48	12,8 a
Rojolele	10,0 a
IR 62	-
Cilosari	-

Catatan : MST = minggu setelah tanam

Angka dalam kolom yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT 5%

Hama Walang Sangit. Walang sangit merupakan hama yang umum merusak pada saat padi membentuk malai atau pada fase pemasakan. Mekanisme perusakan pada tanaman adalah dengan mengisap cairan dari bulir padi yang sedang mengisi. Pengamatan walang sangit hanya dilakukan terhadap kultivar Rojolele kontrol dan transgenik. Hal tersebut disebabkan kultivar IR 62 dan Cilosari telah dipanen karena keduanya berumur lebih genjah (sekitar 30 hari) dibandingkan kultivar Rojolele.

Populasi hama walang sangit pada galur-galur transgenik relatif lebih banyak ditemukan dibandingkan pada kultivar Rojolele kontrol meskipun secara statistik jumlah populasi yang ditemukan tidak berbeda secara nyata (Tabel 2). Perbedaan umur tanaman antara kultivar Rojolele (transgenik dan kontrol) dengan kultivar IR 62 dan Cilosari yang lebih genjah (sekitar 30 hari) menyebabkan tidak tercatatnya data keberadaan walang sangit ketika serangan terjadi pada kultivar Rojolele. Pada saat pengamatan galur-galur transgenik dan kultivar Rojolele mencapai fase berbunga dan masak susu, sementara IR 62 dan Cilosari pada fase benih masak dan siap panen. Sementara itu, hama walang sangit menyerang bulir padi saat masak susu dan bulir hijau (Kertoseputro, 1998). Adanya serangan hama sasaran mengindikasikan bahwa diduga gen *cryIA(b)* yang telah terintergrasi ke dalam genom tanaman tidak bersifat racun bagi serangga bukan sasaran (hama lain) yang ada di lapangan.

Musuh Alami *Paederus*. Berdasarkan pengamatan di lapangan, diperoleh tiga jenis musuh alami generalis (tidak spesifik) pada saat percobaan berlangsung. Ketiga jenis tersebut ialah *Paederus*, *Coccinella*, dan *Cyrtorhinus*. Pengamatan *Paederus* (Coleoptera) tidak dapat dilakukan saat tanaman berumur 14 MST dan 16 MST untuk kultivar IR 62 dan Cilosari karena perbedaan stadia pertumbuhan kedua kultivar tersebut dengan Rojolele. Pengamatan *Paederus* yang dilakukan saat 12 MST menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang nyata antara semua galur transgenik, kontrol Rojolele, IR 62 dan Cilosari (Tabel 3). Pada 14 MST terjadi perbedaan jumlah *Paederus* dimana pada galur 6.11-48 jumlahnya paling banyak dan paling sedikit pada kultivar Cilosari. Selanjutnya pada 16 MST dan 18 MST jumlah populasi *Paederus* yang teramati tidak berbeda nyata antara semua galur transgenik terhadap Rojolele kontrol. Jika diamati secara keseluruhan grafik perkembangan populasi musuh alami pada semua petak galur transgenik dan Rojolele kontrol sejak 12 MST hingga 18 MST mengalami peningkatan. Diduga hal

tersebut terjadi karena populasi mangsa dari musuh alami ini masih dalam jumlah yang cukup untuk perkembangbiakannya. Sementara pada kontrol IR 62 dan Cilosari jumlah populasi *Paederus* pada 12 MST dan 14 MST mengalami penurunan, diduga populasi mangsa yang menjadi makanannya telah berkurang seiring dengan perkembangan fase tanaman yang lebih tua.

Musuh Alami *Coccinella*. Musuh alami *Coccinella* (Coleoptera) dapat diamati sejak 12 MST hingga 18 MST, kecuali pada IR 62 dan Cilosari pengamatan hanya dilakukan hingga 14 MST karena stadia tanaman yang telah menjelang panen (Tabel 4). Pada 12 MST populasi *Coccinella* tidak berbeda nyata kecuali pada Cilosari yang jumlahnya lebih banyak. Pada 14 MST jumlah populasi *Coccinella* paling sedikit ialah pada galur 6.11 (\pm) sebanyak 12 individu dan paling banyak pada IR 62 sebanyak 26 individu. Selama pengamatan berlangsung untuk semua galur transgenik dan Rojolele kontrol menunjukkan terjadi peningkatan populasi musuh alami *Coccinella* sejak 12 MST hingga 18 MST. Pada akhir pengamatan galur 11.21-48 memiliki jumlah populasi *Coccinella* yang paling tinggi sedangkan galur 11.21-39 adalah yang paling sedikit. Keberadaan kedua jenis musuh alami dari ordo Coleoptera dalam petak-petak percobaan tanaman transgenik membuktikan bahwa masih ada mangsa tersedia bagi perkembangbiakannya dalam populasi tanaman transgenik.

Musuh Alami *Cyrtorhinus*. Keberadaan musuh alami *Cyrtorhinus* teramati saat tanaman masih relatif muda (sejak 4 MST hingga 8 MST) (Tabel 5). Populasi tertinggi terjadi saat tanaman berumur 6 MST pada semua galur transgenik dan kontrol, kecuali pada IR 62 dengan populasi paling sedikit. Keberadaan populasi serangga ini pada tanaman transgenik lebih tinggi dibandingkan pada IR 62 tetapi tidak berbeda dengan Rojolele/kontrol. Populasi *Cyrtorhinus* menurun saat tanaman berumur 8 MST. Keadaan ini diduga karena mangsa yang diperlukan oleh musuh alami *Cyrtorhinus* sudah mulai berkurang.

Berdasarkan pemaparan di atas, diperoleh gambaran bahwa tanaman Rojolele transgenik yang mengandung gen *cryIA(b)* yang diuji di lapangan terbatas Karawang tidak berdampak buruk (membahayakan) bagi serangga bukan sasaran (hama dan musuh alami). Hal ini membuktikan bahwa gen

Tabel 3. Populasi *Paederus* pada galur-galur padi transgenik dan kultivar-kultivar kontrol

Galur/kultivar	Rata-rata populasi <i>Paederus</i> (ekor/32 rumpun) pada n MST			
	12	14	16	18
6.11(±)	8,8 a	9,5 ab	6,8 a	24,3 a
6.11-48	7,8 a	9,8 a	14,8 a	33,5 a
6.11	10,0 a	9,0 abc	7,8 a	28,3 a
11.21-39	11,8 a	8,5 abc	16,5 a	31,8 a
11.21-48	7,3 a	7,3 abc	12,0 a	27,0 a
Rojolele	9,0 a	7,5 abc	9,5 a	28,0 a
IR 62	9,0 a	4,5 bc	-	-
Cilosari	7,0 a	4,0 c	-	-

Catatan : MST = minggu setelah tanam

Angka dalam kolom yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT 5%

Tabel 4. Populasi *Coccinella* pada galur-galur padi transgenik dan kultivar-kultivar kontrol

Galur/kultivar	Rata-rata populasi <i>Coccinella</i> (ekor/32 rumpun) pada n MST			
	12	14	16	18
6.11(±)	12,5 b	12,0 c	90,3 ab	117,8 abc
6.11-48	9,8 b	15,0 bc	104,8 a	102,8 bc
6.11	13,0 b	14,0 bc	72,0 b	137,5 ab
11.21-39	12,5 b	23,0 ab	75,0 b	99,0 c
11.21-48	13,8 b	16,8 abc	100,3 ab	142,0 a
Rojolele	11,5 b	15,8 bc	75,5 b	122,0 abc
IR 62	15,0 b	26,3 a	-	-
Cilosari	22,0 a	23,5 ab	-	-

Catatan : MST = minggu setelah tanam

Angka dalam kolom yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT 5%

Tabel 5. Populasi *Cyrtorhinus* pada galur-galur padi transgenik dan kultivar-kultivar kontrol

Galur/kultivar	Rata-rata populasi <i>Cyrtorhinus</i> (ekor/32 rumpun) pada n MST		
	4	6	8
6.11(±)	20,0 bc	36,0 a	27,5 b
6.11-48	34,3 a	40,5 a	39,0 ab
6.11	26,0 ab	35,8 a	29,5 b
11.21-39	25,0 ab	38,5 a	26,5 b
11.21-48	24,8 ab	48,0 a	30,3 b
Rojolele	22,5 abc	54,5 a	30,5 b
IR 62	12,5 c	10,0 b	5,0 c
Cilosari	30,3 ab	51,5 a	43,0 a

Catatan : MST = minggu setelah tanam

Angka dalam kolom yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT 5%

cryIA(b) yang menyandikan toksin Bt ini hanya akan bersifat racun pada golongan serangga tertentu dalam hal ini golongan Lepidoptera.

Selain memiliki keuntungan tahan terhadap serangan penggerek batang dan tidak berdampak buruk terhadap serangga bukan sasaran, diduga tanaman ini juga memiliki kelemahan. Adanya populasi serangga hama lain yang bukan target seperti WPP dan walang sangit pada petak percobaan transgenik menunjukkan bahwa pada dasarnya tanaman ini tidak tahan untuk semua jenis hama. Keberadaan gen *cryIA(b)* dalam genom tanaman memang bersifat spesifik hanya untuk ketahanan terhadap penggerek batang. Akibatnya tidak menutup kemungkinan bahwa produktivitas tanaman rendah disebabkan oleh serangan hama lain yang bukan target.

Pengujian keamanan lingkungan pada lapangan terbatas di Indonesia juga pernah dilakukan terhadap tanaman transgenik produk impor milik swasta yang mengandung Bt yaitu jagung tahan *Asian Corn Borer* (ACB) dan kapas tahan *Cotton Boll Worm* (CBW). Salah satu hasil pengujian menunjukkan bahwa kedua jenis tanaman tersebut tidak berdampak negatif terhadap serangga berguna seperti musuh alami, parasit dan lebah madu. Kedua jenis tanaman tersebut dinyatakan aman hayati (Herman, 2002).

Secara keseluruhan penggunaan Bt endotoksin baik yang digunakan secara *microbial spray* maupun yang berupa tanaman transgenik mempunyai pengaruh terhadap keberadaan musuh alami. Namun demikian pengaruhnya lebih kecil dari pestisida buatan. Pengaruh ini sangat spesifik tergantung jenis gen ketahanan yang diekspresikan tanaman transgenik, jenis hama, jenis musuh alami/ parasitnya serta fase parasit/predator tersebut sewaktu terekspos Bt (Bahagiawati, 2002). Pada dasarnya, tanaman transgenik seperti halnya tanaman tahan hama yang dirakit dengan sistem pemuliaan klasik yang umumnya berpengaruh terhadap sistem pertanian secara keseluruhan sehingga dapat menurunkan penggunaan pestisida, memperbaiki kualitas tanah, air dan udara. Secara tidak langsung hal tersebut berpengaruh terhadap biodiversitas arthropoda pengendali hayati (Bahagiawati, 2002). Selain itu terjadi penurunan kasus keracunan insektisida serta keuntungan ekonomi bagi petani (Herman, 2002).

Penilaian potensi risiko ekologis dari organisme hasil rekayasa mencakup pengaruhnya terhadap diversitas dan kelimpahan organisme bukan sasaran di

dalam suatu ekosistem dimana organisme tersebut dilepas. Pengaruh yang ditimbulkan bisa diakibatkan karena efek langsung ataupun tidak langsung misalnya melalui rantai makanan. Efek yang ditimbulkan juga mungkin bervariasi antara spesies satu dengan lainnya. Perbedaan ini disebabkan karena perbedaan sensitivitas organisme bukan sasaran terhadap toksin yang dihasilkan organisme hasil rekayasa (Trisyono, 2001).

SIMPULAN

Studi efikasi untuk padi transgenik yang mengandung gen *cryIA(b)* dilakukan untuk mengevaluasi keamanan hayati tanaman transgenik terhadap organisme lain yang bukan sasaran. Hasil pengujian di lapangan terbatas Karawang membuktikan bahwa padi Rojolele transgenik yang mengandung gen *cryIA(b)* tidak berdampak buruk (membahayakan) bagi serangga bukan sasaran. Hal ini sekaligus membuktikan ekspresi gen *cryIA(b)* hanya akan bersifat racun pada golongan serangga tertentu dalam hal ini golongan Lepidoptera.

SANWACANA

Ucapan terimakasih disampaikan kepada kelompok Penelitian Hama dan Penyakit Tanaman Padi, Balai Penelitian Tanaman Padi Sukamandi dipimpin oleh Ir. Hendarsih M.Sc. APU atas kerjasamanya selama kegiatan percobaan lapangan berlangsung. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada Ir. Usyati M.S. yang telah memberikan masukan dalam penulisan makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Bahagiawati. 2002. Penggunaan *Bacillus thuringiensis* sebagai bioinsektisida. *Bull. Agrobio.* 5 (1): 21-28.
- Biro Pusat Statistik. 2002. *Statistik Indonesia*.
- Damayanti, D., E. Soenarjo, Waluyo, & B. Nurbaeti. 1991. Pengendalian alami penggerek batang padi kuning S. incertulas Walket oleh parasitoid telur. *Prosiding Hasil Penelitian Tanaman Pangan. Bogor* (II), 19-20 Februari 1991.

- Herman, M. 2002. Perakitan tanaman tahan serangga hama melalui teknik rekayasa genetika. *Bull. Agrobio.* 5 (1): 1-13.
- Hofte, H. & H. R. Whiteley. 1989. Insecticidal crystal protein of *Bacillus thuringiensis*. *Microbiol. Rev.* 53 : 42-255.
- Kementrian Lingkungan Hidup dan Departemen Pertanian. 2005. *Pedoman Pengkajian Keamanan Hayati Produk Rekayasa Genetika*. Seri tanaman 2005.
- Kertoseputro, D. 1998. Pengujian semi lapang efikasi insektisida ethiprole 100 EC terhadap walang sangit (*Leptocorisa oratorius*) pada tanaman padi. *Laporan Hasil Penelitian*. Balai Penelitian Tanaman Padi.
- Satoto. 2003. Kestabilan, pola pewarisan dan keefektifan gen *gna* dan *cryIA(b)* terhadap wereng coklat dan penggerek batang kuning pada padi rojolele. [Disertasi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Slamet Loedin, I. H., Novalina, Satoto, D. Damayanti, Sutrisno, E.S. Mulyaningsih, P. Christou, & H. Aswidinnoor. 2003. Inheritance of *cryIA(b)* and snowdrop lectin *gna* genes in transgenic javanica rice progenies and bioassay for resistance to brown planthopper and yellow stem borer. *Advance in Rice Genetics*. Khush G.S., D.S Brar, B. Hardy (eds). IRRI. 565-566.
- Trisyono, Y.A. 2001. Risiko ekologis pelepasan organisme hasil rekayasa genetika. *Lokakarya Sistem Keamanan Hayati dan Keamanan Pangan*. Bogor. 9-10 Oktober 2001.
- Wunn, J., A. Kloti, P. K. Burkhardt, C.W.C. Biswas, K. Lauris, V.A. Iglesias, & I. Potrykus. 1996. Transgenic indica rice breeding line IR58 expressing a synthetic *cryIA(b)* gene from *Bacillus thuringiensis* provides effective insect pest control. *Bio.Technology* 14:171-176.