

Perkembangan Pradewasa dan Kemampuan Hidup Predator *Verania lineata* Thurnberg (Coleoptera: Coccinellidae) pada Tanaman Padi Varietas Rojolele Transgenik

*Larvae Development and Survival of Predatorial Insect *Verania lineata* on the Transgenic Rojolele Rice Variety*

N. Usyati¹, Damayanti Buchori², Syafrida Manuwoto², Purnama Hidayat², dan Inez H. Slamet-Loedin³

¹Peneliti Balai Besar Penelitian Tanaman Padi

Jl. Raya 9-Sukamandi, Subang 41256, Jawa Barat. Telp. 08159816014

E-mail: n_usyati06@yahoo.co.id

²Pengajar Pada Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian IPB

Jl. Kamper, Kampus IPB Darmaga Bogor 16680, Jawa Barat. Telp. 08121105362; 081381212995; 08121110303

E-mail: damibuchori@yahoo.com; purnamahidayat@gmail.com

³Peneliti Pusat Penelitian Bioteknologi LIPI, Cibinong-Bogor

Jl. Raya Bogor Km 46, Cibinong 16911, Bogor-Jawa Barat. Telp. 08128016681

E-mail: ihsloedin@gmail.com

Naskah diterima 29 September 2014 dan disetujui diterbitkan 1 September 2015

ABSTRACT. The use of transgenic varieties on the agricultural production system may provide some agronomical benefits. However, uses of transgenic variety have raised some debates about their potential negative impact on the environment, such as on the decreasing of natural enemies. To study the impact of transgenic variety to the natural enemies, study was conducted on larvae development, and the survival of predatorial insect (*V. lineata*) on the transgenic Rojolele rice variety. Test was conducted at the laboratory of Molecular Biology, Research Centre for Biotechnology of Indonesian Institute of Science, from January to October 2009. Completely randomized design with 8 treatments and 30 replications were employed. The treatments were transgenic Rojolele rice as follow: 4.2.3-28-15-2-7 and 4.2.4-21-8-16-4 lines contained fusion of two cry genes (*cryIB-cryIAa*). The 3R9-8-28-26-2 and 3R7-8-15-2-7 lines contained *mpi::cryIB* gene, the T9-6.11-420 line contained *cryIAb* gene obtained by particle bombardment, *DTcry* (azygous) is a segregate and does not contain cry gene (*null*), *DTcry-13* line contained *cryIAb* gene by *Agrobacterium*, and non transgenic rice (Rojolele variety). Results showed that there were differences of larvae development and survival of insect predator *V. lineata* fed on the among transgenic rice lines. On transgenic line T9-6.11-420 and on *DTcry-13* line the life time, developmental stages, the number eclosion of adult female, adult insect weight, and survival of the preimaginal and the adult of insect predator were consistently low. On the transgenic line 4.2.3-28-15-2-7; 3R9-8-28-26-2; and 3R7-8-15-2-7 each had no consistent effect on the larvae development and the survival of insect predator. *DTcry* (azygous) line had no effect on the larvae development and the survival of insect predator. Whereas transgenic line 4.2.4-21-8-16-4 had an effect on the adult weight of insect predator.

Keywords: Rojolele rice, transgenic, predator *V. lineata*.

ABSTRAK. Penggunaan varietas transgenik dalam sistem produksi pertanian memberikan beberapa keuntungan, namun tanaman transgenik sering diperdebatkan, tentang pengaruh negatifnya terhadap lingkungan, terutama terhadap musuh alami. Untuk memperoleh informasi mengenai pengaruh penanaman varietas transgenik terhadap musuh alami, dilakukan penelitian perkembangan pradewasa dan kemampuan hidup predator *V. lineata* pada padi varietas Rojolele transgenik di Laboratorium Biologi Molekuler Tanaman, Pusat Penelitian Bioteknologi-LIPI, Cibinong, Bogor, dari bulan Januari sampai Oktober 2009. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap, delapan perlakuan dan 30 ulangan. Perlakuan meliputi galur padi Rojolele transgenik, yaitu galur 4.2.3-28-15-2-7 dan 4.2.4-21-8-16-4 yang mengandung fusi dua gen *cry* (*cryIB-cryIAa*), galur 3R9-8-28-26-2 dan 3R7-8-15-2-7 yang mengandung gen *mpi::cryIB*, galur T9-6.11-420 yang mengandung gen *cryIAb* melalui teknik penembakan, galur *DTcry* (azygous) yaitu segregan yang mengalami proses kultur jaringan dan tidak mengandung gen *cry* (*null*), dan galur *DTcry-13* yang mengandung gen *cryIAb* melalui *Agrobacterium*, serta tanaman padi varietas Rojolele nontransgenik. Hasil penelitian menunjukkan terdapat perbedaan perkembangan pradewasa dan kemampuan hidup predator *V. lineata* antargalur padi Rojolele transgenik. Pada galur transgenik T9-6.11-420 dan *DTcry-13*, lama perkembangan, keberhasilan dalam mencapai tahap akhir setiap stadium perkembangan, kemunculan imago betina, berat imago, dan kemampuan hidup pradewasa dan dewasa predator *V. lineata* konsisten rendah dibandingkan dengan padi varietas Rojolele nontransgenik. Pada galur 4.2.3-28-15-2-7 (*fusi*), 3R9-8-28-26-2 (*mpi*), dan 3R7-8-15-2-7 (*mpi*), perkembangan pradewasa dan kemampuan hidup predator *V. lineata* tidak konsisten. Pada galur *DTcry* (azygous), perkembangan pradewasa dan kemampuan hidup predator *V. lineata* konsisten tidak berbeda dibandingkan dengan varietas Rojolele nontransgenik. Padi Rojolele transgenik galur 4.2.4-21-8-16-4 (*fusi*) hanya berpengaruh terhadap berat imago predator *V. lineata*.

Kata kunci: Padi Rojolele, transgenik, predator *V. lineata*.

PENDAHULUAN

Penggunaan tanaman transgenik dalam sistem produksi pertanian memberikan beberapa keuntungan, diantaranya mengurangi penggunaan insektisida konvensional yang berspektrum luas, menekan perkembangan hama target, meningkatkan hasil, mengurangi biaya produksi untuk meningkatkan keuntungan, dan meningkatkan kesempatan untuk pengendalian secara biologi (Naranjo 2005). Namun tanaman transgenik masih diperdebatkan, terutama pengaruhnya terhadap lingkungan. Isu yang sering menjadi perdebatan adalah pengaruhnya terhadap biodiversitas, terutama organisme bukan sasaran, termasuk serangga herbivor bukan sasaran, musuh alami, dan mikrobiota tanah. Isu lainnya adalah serangga yang berkembang menjadi tahan dan perpindahan gen yang diinsersikan dari tanaman ke tanaman liar atau gulma (Fontes *et al.* 2002; Naranjo 2005).

Musuh alami seperti predator dan parasitoid adalah regulator populasi hama. Kemampuan hidup musuh alami bergantung pada suplai serangga inang (hama). Artinya, berkurangnya jumlah hama yang makan pada tanaman transgenik akan mempengaruhi kerapatan populasi musuh alami (O'Callaghan *et al.* 2005). Tanaman transgenik dapat mempengaruhi musuh alami melalui tiga cara yaitu: (1) langsung makan pada jaringan tanaman transgenik seperti polen, akar; (2) makan pada inang yang makan pada tanaman transgenik; dan (3) melalui pengurangan populasi inang (Losey *et al.* 2004; O'Callaghan *et al.* 2005). Menurut Dutton *et al.* (2003) dan Fontes *et al.* (2002), pengaruh tanaman transgenik terhadap musuh alami dapat terjadi secara langsung maupun tidak langsung. Pengaruh langsung disebabkan oleh pengaruh toxin secara langsung terhadap musuh alami. Pengaruh tidak langsung terjadi karena reduksi dari jumlah dan kualitas inang atau mangsa dan secara tidak sengaja introgresi gen menyebabkan perubahan sifat fisik dan kimia tanaman, sehingga tanaman tidak menarik untuk dikunjungi musuh alami.

Coleoptera penting dalam penelitian agroekologi karena jumlah spesiesnya besar, distribusinya kosmopolitan, dan berperan sebagai agen pengendali hayati. Coleoptera seperti kumbang *Coccinellid* selain sebagai predator juga makan polen tanaman dan nektar bunga. Kegunaannya sebagai makanan alternatif yang penting untuk potensi reproduksi *Coccinellid* dan untuk bertahan hidup ketika makanan utamanya jarang. Dalam pertanian, kumbang Coleoptera penting karena sebagai spesies indikator kunci yang digunakan untuk memonitor perubahan ekologi atau lingkungan, termasuk biodiversitas (Ferry *et al.* 2007).

Banyak studi agroekologi yang telah mencoba menentukan pengaruh tanaman transgenik terhadap predator dari ordo Coleoptera maupun predator dari ordo lain, namun hasilnya berbeda-beda dan tidak konsisten, bergantung pada jenis predatornya. Pilcher *et al.* (1997) melaporkan tidak ada pengaruh negatif dari polen tanaman transgenik (protein *cryIAb*) terhadap perkembangan pradewasa dan kemampuan hidup predator *Coleomegilla maculata* DeGeer (Coleoptera: Coccinellidae), *Orius insidiosus* Say (Heteroptera: Anthracoridae), dan *Chrysoperla carnea* Stephens (Neuroptera: Chrysopidae). Ferry *et al.* (2007) juga melaporkan bahwa tanaman yang mengandung gen *Bt cry3A* tidak berpengaruh negatif terhadap reproduksi dan aktivitas kumbang *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) dan *Nebria brevicollis* (Coleoptera: Carabidae).

Hilbeck *et al.* (1998) mengamati mortalitas larva *C. carnea* yang memangsa *Ostrinia nubilalis* dan *Spodoptera littoralis* pada tanaman jagung *Bt* dan non-*Bt*. Mereka menemukan persentase mortalitas larva *C. carnea* yang memangsa *O. nubilalis* yang diperbanyak pada tanaman jagung *Bt* lebih tinggi (62%) daripada mortalitas larva predator pada jagung non-*Bt* (37%). Hal serupa tidak terjadi pada *C. carnea* yang memangsa *S. littoralis*, baik pada tanaman jagung *Bt* maupun non-*Bt*.

Dutton *et al.* (2002) melaporkan bahwa *C. carnea* yang makan *Tetranychus urticae* yang mengandung toxin *cryIAb* atau yang makan *Rhopalosiphum padi* yang tidak mencerna toxin tidak mempengaruhi kemampuan hidup, perkembangan, atau berat *C. carnea*. Sebaliknya, secara nyata meningkatkan mortalitas dan memperlambat perkembangan predator *C. carnea* ketika makan *S. littoralis*. Di Indonesia, studi mengenai pengaruh tanaman transgenik khususnya tanaman padi transgenik terhadap predator *V. lineata* belum pernah dilakukan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perkembangan pradewasa dan kemampuan hidup predator *V. lineata* pada tanaman padi Rojolele transgenik.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di Laboratorium Biologi Molekuler Tanaman, Pusat Penelitian Bioteknologi-LIPI, Cibinong, Bogor, pada bulan Januari-Oktober 2009. Serangga uji yang digunakan adalah predator *V. lineata* dan wereng cokelat. Imago predator *V. lineata* diambil dari pertanaman padi yang sedang berbunga di Kecamatan Ciasem, Kabupaten Subang, Jawa Barat. Selanjutnya imago predator *V. lineata* dipelihara pada tanaman padi

varietas Ciherang di rumah kaca Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, di Sukamandi, sampai bertelur dan kembali menghasilkan keturunan baru (generasi ke-2). Telur yang dihasilkan imago predator *V. lineata* generasi ke-2 ini selanjutnya dibagi dua, sebagian digunakan untuk memperbanyak dan sebagian lagi untuk pengujian.

Imago wereng cokelat diambil dari pertanaman padi di Cibinong, Bogor. Selanjutnya imago wereng cokelat dipelihara pada tanaman padi varietas Rojolele di rumah kaca Pusat Penelitian Bioteknologi, LIPI, Cibinong, Bogor, sampai bertelur dan kembali menghasilkan keturunan baru (generasi ke-2). Nimfa instar-2 wereng cokelat generasi ke-2 ini digunakan untuk pakan predator *V. lineata* dalam pengujian.

Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap dengan delapan perlakuan dan 30 ulangan. Perlakuan meliputi: A = Rjl trans galur 4.2.3-28-15-2-7 (fusi), B = Rjl trans galur 4.2.4-21-8-16-4 (fusi), C = Rjl trans galur 3R9-8-28-26-2 (*mpi*), D = Rjl trans galur 3R7-8-15-2-7 (*mpi*), E = Rjl trans galur T9-6.11-420 (*cryIAb* melalui teknik penembakan), F = galur *DTcry* (azygous), G = Rjl trans galur *DTcry-13* (*cryIAb* melalui *Agrobacterium*), H = varietas Rojolele (kontrol).

Penelitian menggunakan metode Pilcher *et al.* (1997). Tahap-tahap pengujian adalah sebagai berikut: larva instar-1 predator *V. lineata* ditempatkan pada tabung gelas berukuran 3 cm x 20 cm. Ke dalam tabung gelas tersebut dimasukkan polen dan anter sesuai perlakuan, wereng cokelat instar-2, madu, dan air sebagai pakan predator. Polen dan anter yang diberikan sebagai pakan instar-1 dan 2 adalah 0,01 g; untuk instar-3, 4, dan imago masing-masing 0,02 g; 0,03 g; dan 0,04 g. Banyaknya wereng coklat yang diberikan adalah lima ekor untuk setiap perlakuan. Madu diberikan melalui kapas basah yang dicelupkan pada larutan madu 10%, dan air diberikan dalam bentuk kapas basah yang dicelupkan dalam air. Pergantian pakan dilakukan setiap dua hari sekali.

Pengamatan perkembangan predator *V. lineata* dilakukan setiap hari mulai dari instar-1 sampai imago mati. Parameter yang diamati adalah: (1) lama perkembangan pada setiap stadia perkembangan; (2) individu yang gagal mencapai perkembangan; (3) individu yang berhasil mencapai perkembangan; (4) imago jantan yang muncul; (5) imago betina yang muncul; (6) berat imago total; (7) berat imago jantan; (8) berat imago betina; (9) kemampuan hidup pradewasa; dan (10) kemampuan hidup dewasa.

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

HASIL DAN PEMBAHASAN

Lama Perkembangan Predator *V. lineata*

Hasil analisis menunjukkan terdapat perbedaan lama perkembangan predator *V. lineata* pada setiap stadium perkembangan antargalur padi Rojolele transgenik. Perbedaan mulai terlihat pada stadium perkembangan instar-2 sampai imago (Tabel 1).

Lama perkembangan predator *V. lineata* dari instar-3 sampai imago pada galur transgenik T9-6.11-420 (*cryIAb* melalui teknik penembakan) dan *DTcry-13* (*cryIAb* melalui *Agrobacterium*) konsisten nyata lebih rendah dibandingkan dengan varietas Rojolele nontransgenik ($P=0,0001$). Pada galur transgenik 4.2.3-28-15-2-7 (fusi), 3R9-8-28-26-2 (*mpi*), dan 3R7-8-15-2-7 (*mpi*), lama perkembangan predator *V. lineata* pada setiap stadium tidak konsisten. Sebaliknya, perkembangan predator *V. lineata* mulai instar-1 sampai imago (kecuali pada stadia pupa) pada galur transgenik 4.2.4-21-8-16-4 (fusi) dan *DTcry* (azygous) terlihat konsisten tidak berbeda dibandingkan dengan varietas nontransgenik (Tabel 1).

Tabel 1. Rata-rata lama perkembangan predator *V. lineata* pada tujuh galur padi transgenik dan Rojolele nontransgenik (kontrol), pada berbagai stadia perkembangan predator. Cibinong, Bogor, Januari-Oktober, 2009.

Galur/varietas	Rata-rata lama perkembangan $\pm$ SE (hari)*						
	Instar-1	Instar-2	Instar-3	Instar-4	Pupa	Imago	Total
Rjl trans 4.2.3-28-15-2-7 (fusi)	2,00 $\pm$ 0,00 d	3,43 $\pm$ 0,35 de	2,53 $\pm$ 0,38 cd	3,80 $\pm$ 0,59 c	3,33 $\pm$ 0,67 b	23,37 $\pm$ 7,02 a	38,47 $\pm$ 7,85 bc
Rjl trans 4.2.4-21-8-16-4 (fusi)	2,40 $\pm$ 0,09 bc	3,87 $\pm$ 0,13 abcd	2,83 $\pm$ 0,24 abc	6,70 $\pm$ 0,64 ab	2,73 $\pm$ 0,31 b	25,10 $\pm$ 5,58 a	43,63 $\pm$ 6,02 ab
Rjl trans 3R9-8-28-26-2 (<i>mpi</i>)	2,17 $\pm$ 0,07 cd	4,90 $\pm$ 0,19 a	2,20 $\pm$ 0,18 bcd	9,17 $\pm$ 1,41 ab	3,63 $\pm$ 1,15 bc	2,50 $\pm$ 0,82 b	24,57 $\pm$ 3,02 bc
Rjl trans 3R7-8-15-2-7 (<i>mpi</i>)	2,30 $\pm$ 0,09 bc	3,67 $\pm$ 0,26 bcde	2,90 $\pm$ 0,36 bc	5,73 $\pm$ 0,87 bc	2,93 $\pm$ 0,57 bc	10,07 $\pm$ 2,89 a	27,60 $\pm$ 4,07 bc
Rjl trans T9-6.11-420 (<i>cryIAb</i>)	2,67 $\pm$ 0,12 a	3,27 $\pm$ 0,25 cde	1,93 $\pm$ 0,33 d	5,50 $\pm$ 1,12 c	1,37 $\pm$ 0,39 c	1,73 $\pm$ 0,59 b	16,47 $\pm$ 2,18 c
<i>DTcry</i> (azygous)	2,37 $\pm$ 0,09 bc	4,40 $\pm$ 0,15 ab	3,07 $\pm$ 0,22 ab	8,27 $\pm$ 0,82 ab	2,87 $\pm$ 0,35 b	20,53 $\pm$ 6,19 a	41,50 $\pm$ 6,74 ab
Rjl trans <i>DTcry-13</i> (<i>cryIAb</i>)	2,43 $\pm$ 0,09 ab	3,13 $\pm$ 0,29 e	1,73 $\pm$ 0,23 d	6,13 $\pm$ 1,51 c	1,43 $\pm$ 0,42 c	4,30 $\pm$ 2,92 b	19,17 $\pm$ 4,14 c
Rojolele (kontrol)	2,17 $\pm$ 0,07 cd	3,87 $\pm$ 0,08 abc	3,43 $\pm$ 0,10 a	8,77 $\pm$ 0,44 a	5,50 $\pm$ 0,64 a	21,23 $\pm$ 6,07 a	44,97 $\pm$ 6,29 a

*Angka selajur yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% DMRT.

Predator *V. lineata* yang Gagal Berkembang

Pada setiap stadium perkembangan terlihat predator *V. lineata* yang gagal berkembang pada padi Rojolele transgenik galur T9-6.11-420 (*cryIAb* melalui teknik penembakan) dan *DTcry-13* (*cryIAb* melalui *Agrobacterium*) konsisten nyata lebih tinggi dibandingkan dengan varietas Rojolele nontransgenik ($P=0,0001$). Pada galur transgenik 4.2.3-28-15-2-7 (fusi), 3R9-8-28-26-2 (*mpi*), dan 3R7-8-15-2-7 (*mpi*), predator *V. lineata* yang gagal berkembang pada setiap stadium terlihat tidak konsisten. Sebaliknya, pada galur transgenik 4.2.4-21-8-16-4 (fusi) dan *DTcry* (azygous), predator *V. lineata* yang gagal berkembang konsisten tidak berbeda dibandingkan dengan varietas Rojolele nontransgenik (Tabel 2).

Predator *V. lineata* yang Berhasil Berkembang

Terdapat perbedaan keberhasilan predator *V. lineata* dalam mencapai setiap stadium perkembangan antargalur padi Rojolele transgenik. Perbedaan perkembangan ini mulai terlihat pada stadium instar-1 sampai imago (Tabel 3).

Pada setiap stadium perkembangan terlihat predator *V. lineata* yang berhasil berkembang pada galur

transgenik T9-6.11-420 (*cryIAb* melalui teknik penembakan) dan *DTcry-13* (*cryIAb* melalui *Agrobacterium*) konsisten nyata lebih rendah dibandingkan dengan varietas Rojolele nontransgenik ($P=0,0001$). Keberhasilan perkembangan predator *V. lineata* pada setiap stadium pada galur transgenik 4.2.3-28-15-2-7 (fusi), 3R9-8-28-26-2 (*mpi*), dan 3R7-8-15-2-7 (*mpi*) terlihat tidak konsisten. Pada galur transgenik 4.2.4-21-8-16-4 (fusi) dan *DTcry* (azygous), predator *V. lineata* yang berhasil berkembang secara konsisten tidak berbeda dibandingkan dengan varietas Rojolele nontransgenik.

Imago Predator *V. lineata* yang Muncul

Persentase imago predator *V. lineata* jantan yang muncul pada semua padi Rojolele transgenik, kecuali pada galur *DTcry-13* (*cryIAb* melalui *Agrobacterium*) tidak berbeda nyata dibandingkan dengan varietas Rojolele nontransgenik ($P=0,0640$). Sebaliknya, persentase imago predator *V. lineata* betina yang muncul berbeda nyata antarpadi Rojolele transgenik ($P=0,0105$). Pada galur transgenik *DTcry-13* (*cryIAb* melalui *Agrobacterium*), T9-6.11-420 (*cryIAb* melalui teknik penembakan), dan 3R9-8-28-26-2 (*mpi*), imago predator

Tabel 2. Persentase individu predator *V. lineata* yang gagal mencapai perkembangan pada tujuh galur padi transgenik dan Rojolele nontransgenik (kontrol), pada berbagai stadia perkembangan predator. Cibinong, Bogor, Januari-Oktober, 2009.

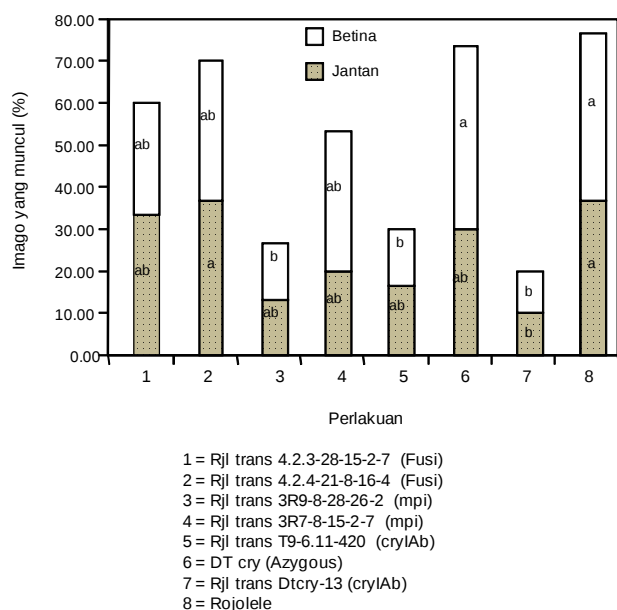
Galur/varietas	Individu predator yang berhasil $\pm$ SE (%) [*]					
	Instar-1	Instar-2	Instar-3	Instar-4	Pupa	Imago
Rjl trans 4.2.3-28-15-2-7 (fusi)	0,00 $\pm$ 0,00 a	33,33 $\pm$ 8,75 a	36,67 $\pm$ 8,95 ab	36,67 $\pm$ 8,95 bc	40,00 $\pm$ 9,09 c	40,00 $\pm$ 9,09 c
Rjl trans 4.2.4-21-8-16-4 (fusi)	0,00 $\pm$ 0,00 a	3,33 $\pm$ 3,33 cd	3,33 $\pm$ 3,33 d	26,67 $\pm$ 8,21 bc	30,00 $\pm$ 8,51 c	30,00 $\pm$ 8,51 c
Rjl trans 3R9-8-28-26-2 (<i>mpi</i>)	0,00 $\pm$ 0,00 a	10,00 $\pm$ 5,57 bcd	16,67 $\pm$ 6,92 bcd	70,00 $\pm$ 8,51 a	73,33 $\pm$ 8,21 a	73,33 $\pm$ 8,21 a
Rjl trans 3R7-8-15-2-7 (<i>mpi</i>)	0,00 $\pm$ 0,00 a	20,00 $\pm$ 7,43 abc	33,33 $\pm$ 8,75 abc	46,67 $\pm$ 9,26 ab	46,67 $\pm$ 9,26 bc	46,67 $\pm$ 9,26 bc
Rjl trans T9-6.11-420 (<i>cryIAb</i>)	0,00 $\pm$ 0,00 a	30,00 $\pm$ 8,51 a	50,00 $\pm$ 9,28 a	66,67 $\pm$ 8,75 a	70,00 $\pm$ 8,51 ab	70,00 $\pm$ 8,51 ab
<i>DTcry</i> (azygous)	0,00 $\pm$ 0,00 a	3,33 $\pm$ 3,33 cd	13,33 $\pm$ 6,31 cd	20,00 $\pm$ 7,43 c	26,67 $\pm$ 8,21 c	26,67 $\pm$ 8,21 c
Rjl trans <i>DTcry-13</i> (<i>cryIAb</i>)	0,00 $\pm$ 0,00 a	26,67 $\pm$ 8,21 ab	50,00 $\pm$ 9,28 a	70,00 $\pm$ 8,51 a	80,00 $\pm$ 7,43 a	80,00 $\pm$ 7,43 a
Rojolele (kontrol)	0,00 $\pm$ 0,00 a	0,00 $\pm$ 0,00 d	6,67 $\pm$ 4,63 d	16,67 $\pm$ 6,92 c	23,33 $\pm$ 7,85 c	23,33 $\pm$ 7,85 c

^{*}Angka selajur yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% DMRT.

Tabel 3. Persentase individu predator *V. lineata* yang berhasil mencapai perkembangan pada tujuh galur padi transgenik dan Rojolele nontransgenik (kontrol) pada berbagai stadia perkembangan predator. Cibinong, Bogor, Januari-Oktober, 2009.

Galur/varietas	Individu predator yang berhasil $\pm$ SE (%) [*]					
	Instar-1	Instar-2	Instar-3	Instar-4	Pupa	Imago
Rjl trans 4.2.3-28-15-2-7 (fusi)	100,00 $\pm$ 0,00 a	66,67 $\pm$ 8,75 d	63,33 $\pm$ 8,95 cd	63,33 $\pm$ 8,95 ab	60,00 $\pm$ 9,09 a	60,00 $\pm$ 9,09 a
Rjl trans 4.2.4-21-8-16-4 (fusi)	100,00 $\pm$ 0,00 a	96,67 $\pm$ 3,33 ab	96,67 $\pm$ 3,33 a	73,33 $\pm$ 8,21 ab	70,00 $\pm$ 8,51 a	70,00 $\pm$ 8,51 a
Rjl trans 3R9-8-28-26-2 (<i>mpi</i>)	100,00 $\pm$ 0,00 a	90,00 $\pm$ 5,57 abc	83,33 $\pm$ 6,92 abc	30,00 $\pm$ 8,51 c	26,67 $\pm$ 8,21 c	26,67 $\pm$ 8,21 c
Rjl trans 3R7-8-15-2-7 (<i>mpi</i>)	100,00 $\pm$ 0,00 a	80,00 $\pm$ 7,43 bcd	66,67 $\pm$ 8,75 bcd	53,33 $\pm$ 9,26 bc	53,33 $\pm$ 9,26 ab	53,33 $\pm$ 9,26 ab
Rjl trans T9-6.11-420 (<i>cryIAb</i>)	100,00 $\pm$ 0,00 a	70,00 $\pm$ 8,51 d	50,00 $\pm$ 9,28 d	33,33 $\pm$ 8,75 c	30,00 $\pm$ 8,51 bc	30,00 $\pm$ 8,51 bc
<i>DTcry</i> (azygous)	100,00 $\pm$ 0,00 a	96,67 $\pm$ 3,33 ab	86,67 $\pm$ 6,31 ab	80,00 $\pm$ 7,43 a	73,33 $\pm$ 8,21 a	73,33 $\pm$ 8,21 a
Rjl trans <i>DTcry-13</i> (<i>cryIAb</i>)	100,00 $\pm$ 0,00 a	73,33 $\pm$ 8,21 cd	50,00 $\pm$ 9,28 d	30,00 $\pm$ 8,51 c	20,00 $\pm$ 7,43 c	20,00 $\pm$ 7,43 c
Rojolele (kontrol)	100,00 $\pm$ 0,00 a	100,00 $\pm$ 0,00 a	93,33 $\pm$ 4,63 a	83,33 $\pm$ 6,92 a	76,67 $\pm$ 7,85 a	76,67 $\pm$ 7,85 a

^{*}Angka selajur yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% DMRT.



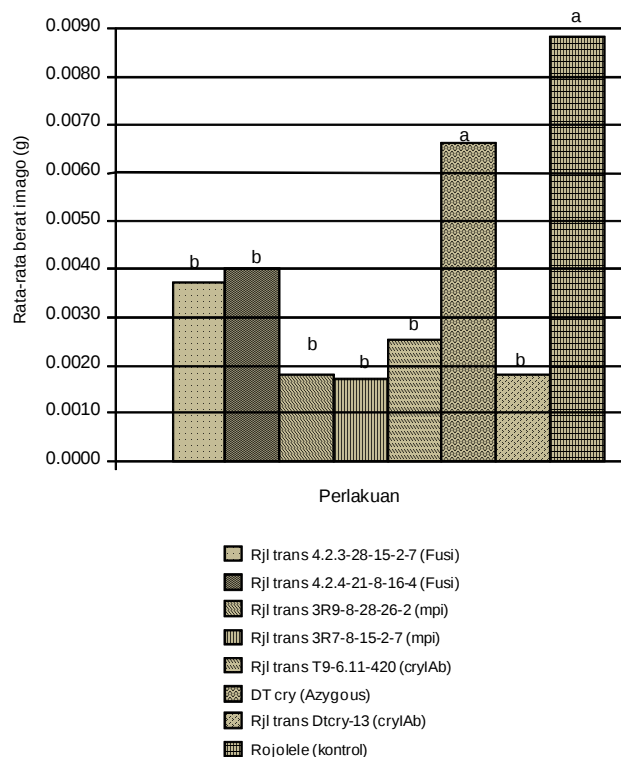
Huruf yang sama pada warna diagram yang sama pada masing-masing perlakuan tidak berbeda nyata pada taraf 5% DMRT.

Gambar 1. Persentase imago predator *V. lineata* yang muncul pada tujuh galur padi Rojolele transgenik dan nontransgenik (kontrol). Cibinong, Bogor, Januari-Oktober 2009.

V. lineata betina yang muncul nyata lebih rendah (10-13,33%) dibandingkan dengan varietas Rojolele nontransgenik (40%). Pada galur transgenik 3R7-8-15-2-7 (mpi), 4.2.4-21-8-16-4 (fusi), 4.2.3-28-15-2-7 (fusi), dan DTcry (Azygous) tidak terlihat perbedaan persentase imago predator *V. lineata* betina yang muncul dibandingkan dengan varietas Rojolele nontransgenik. Tingkat kemunculan imago predator *V. lineata* betina berkisar antara 26,67-43,33% (Gambar 1).

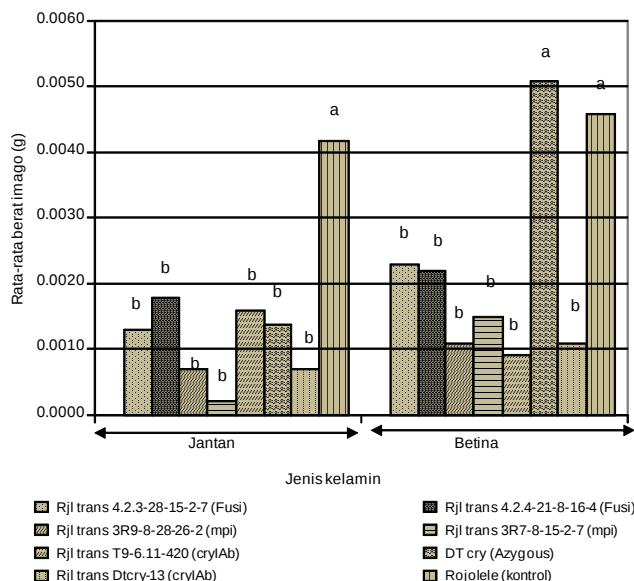
Berat Imago Predator *V. lineata*

Semua galur padi Rojolele transgenik berpengaruh terhadap berat imago predator *V. lineata*. Hal ini terlihat pada berat total, berat imago jantan dan betina pada semua galur padi Rojolele transgenik yang nyata lebih rendah dibandingkan dengan varietas Rojolele nontransgenik ($P=0,0001$; $P=0,0004$; $P=0,0002$). Namun antargalur padi Rojolele transgenik tidak terlihat perbedaan berat imago. Kisaran berat imago total, berat imago jantan, dan berat imago betina pada padi Rojolele transgenik masing-masing 0,0018-0,0040 g; 0,0002-0,0018 g; dan 0,0009-0,0023 g. Kisaran berat imago total, berat imago jantan, dan berat imago betina pada galur DTcry (azygous) dan varietas Rojolele nontransgenik masing-masing adalah: 0,0066-0,0088 g; 0,0014-0,0042 g; dan 0,0046-0,0051 g (Gambar 2 dan 3).



Huruf yang sama pada warna diagram yang sama pada masing-masing perlakuan tidak berbeda nyata pada taraf 5% DMRT.

Gambar 2. Rata-rata berat (g) imago predator *V. lineata* (total jantan dan betina) yang muncul pada tujuh galur padi Rojolele transgenik dan nontransgenik (kontrol). Cibinong, Bogor, Januari-Oktober 2009.



Huruf yang sama pada warna diagram yang sama pada masing-masing perlakuan tidak berbeda nyata pada taraf 5% DMRT.

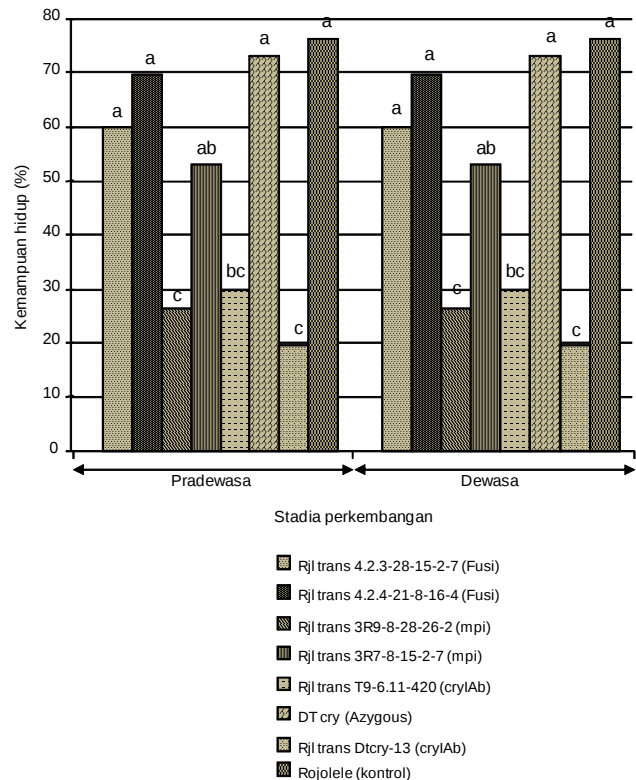
Gambar 3. Rata-rata berat (g) imago predator *V. lineata* jantan dan betina yang muncul pada tujuh galur padi Rojolele transgenik dan nontransgenik (kontrol). Cibinong, Bogor, Januari-Oktober 2009.

Kemampuan Hidup Predator *V. lineata*

Berdasarkan hasil analisis terlihat perbedaan kemampuan hidup predator *V. lineata*, baik pada pradewasa maupun dewasa, antargalur padi Rojolele transgenik (Gambar 4). Pada galur transgenik *DTcry-13* (*cryIAb* melalui *Agrobacterium*), T9-6.11-420 (*cryIAb* melalui teknik penembakan), dan 3R9-8-28-26-2 (*mpi*), kemampuan hidup pradewasa dan dewasa predator *V. lineata* nyata lebih rendah dibandingkan dengan varietas Rojolele nontransgenik ($P=0,0001$). Hal ini menunjukkan padi Rojolele transgenik galur *DTcry-13* (*cryIAb* melalui *Agrobacterium*), T9-6.11-420 (*cryIAb* melalui teknik penembakan), dan 3R9-8-28-26-2 (*mpi*) berpengaruh terhadap kemampuan hidup pradewasa dan dewasa predator *V. lineata*. Pada galur transgenik 3R7-8-15-2-7 (*mpi*), 4.2.4-21-8-16-4 (fusi), galur 4.2.3-28-15-2-7 (fusi), dan *DTcry* (azygous) tidak terlihat perbedaan kemampuan hidup pradewasa dan dewasa predator *V. lineata* dibandingkan dengan varietas Rojolele nontransgenik (Gambar 4).

Secara keseluruhan terlihat perkembangan pradewasa dan kemampuan hidup predator *V. lineata* berbeda antargalur padi Rojolele transgenik. Pada galur transgenik T9-6.11-420 (*cryIAb* melalui teknik penembakan) dan *DTcry-13* (*cryIAb* melalui *Agrobacterium*), lama perkembangan, keberhasilan mencapai setiap stadium perkembangan, kemunculan imago betina, berat imago, dan kemampuan hidup pradewasa dan dewasa predator *V. lineata* konsisten lebih rendah dibandingkan dengan varietas Rojolele nontransgenik. Perkembangan pradewasa dan kemampuan hidup predator *V. lineata* pada galur transgenik 4.2.3-28-15-2-7 (fusi), 3R9-8-28-26-2 (*mpi*), dan 3R7-8-15-2-7 (*mpi*) tidak konsisten. Pada galur *DTcry* (azygous), perkembangan pradewasa dan kemampuan hidup predator *V. lineata* konsisten tidak berbeda dibandingkan dengan varietas Rojolele nontransgenik. Sebaliknya, padi Rojolele transgenik galur 4.2.4-21-8-16-4 (fusi) hanya berpengaruh terhadap berat imago predator *V. lineata*.

Berdasarkan data tersebut dapat dikatakan tidak semua padi Rojolele transgenik berpengaruh terhadap perkembangan pradewasa dan kemampuan hidup predator *V. lineata*. Selain itu, pada padi Rojolele transgenik yang menunjukkan pengaruh terhadap perkembangan pradewasa dan kemampuan hidup predator *V. lineata* diduga bukan disebabkan oleh toxin. Hal ini disebabkan oleh perbedaan spesifikasi kristal protein gen yang digunakan. Pada penelitian ini, gen yang digunakan adalah gen *cryIAb*, fusi dua gen *cry* (*cryIB-cryIAa*), dan gen *mpi::cryIB* yang spesifik untuk Lepidoptera, dan tidak spesifik untuk Coleoptera (Coccinellidae) seperti *V. lineata*.



*Huruf yang sama pada warna diagram yang sama pada masing-masing perlakuan tidak berbeda nyata pada taraf 5% DMRT.

Gambar 4. Persentase kemampuan hidup predator *V. lineata* pada tujuh galur padi Rojolele transgenik dan nontransgenik (kontrol), pada stadia pradewasa dan dewasa. Cibinong, Bogor, Januari-Oktober 2009.

Faktor utama yang menentukan kisaran inang kristal protein adalah perbedaan pH pada *midgut* larva yang mempengaruhi proses kelarutan (*solubilization*) dan pengubahan kristal yang tidak aktif menjadi aktif, dan lokasi penempelan (*binding site*) yang spesifik dari protoxin dalam sistem pencernaan serangga (Lereclus *et al.* 1993; Bahagiawati 2005; Manyangarirwa *et al.* 2006). Nilai pH pada *midgut* Coleoptera (Coccinellidae) adalah 6 pada larva dan 5,5 pada imago (Walker *et al.* 1998), sementara pH pada *midgut* Lepidoptera berkisar antara 8-10 (Nation 2002). Enzim protease pada *midgut* Coleoptera terutama adalah cystein dan protease aspartat, sementara pada Lepidoptera adalah protease serin (Evans 2002). Dengan kondisi *midgut* pada Coleoptera (Coccinellidae) yang bersifat asam dan enzim protease yang berbeda maka protoxin tidak larut dan tidak berubah menjadi toxin aktif (Manjunath 2005). Selain itu, pada Coleoptera (Coccinellidae) seperti *V. lineata* tidak ada lokasi penempelan yang spesifik (*receptor*) dari protoxin tersebut.

Adanya pengaruh padi Rojolele transgenik terhadap perkembangan pradewasa dan kemampuan hidup predator *V. lineata* diduga disebabkan oleh beberapa hal. Pertama, gen untuk protein *B. thuringiensis* dimodifikasi untuk meningkatkan tingkat ekspresi pada tanaman. Modifikasi ini mempengaruhi tingkat ekspresi *B. thuringiensis* dan cara pengiriman pada tanaman, sehingga ada potensi tanaman transgenik *B. thuringiensis* mempengaruhi serangga non-Lepidoptera. Selain itu, karena modifikasi protein ini mungkin predator tidak mau makan polen yang mengandung protein *B. thuringiensis* karena kecocokan polen sebagai sumber makanan telah berubah (Pilcher *et al.* 1997). Alasan bahwa gen untuk protein *B. thuringiensis* dimodifikasi untuk meningkatkan tingkat ekspresi pada tanaman, karena jika urutan gen lengkap yang mengkode protoxin diklon dan disisipkan ke dalam tanaman maka aras ekspresi protoxin sangat rendah (sekitar 0,0001% ng/mg protein total), sehingga menjadi tidak efektif memberikan perlindungan terhadap tanaman. Oleh karena itu, yang dilakukan kemudian adalah mengklon dan mengekspresikan sebagian gen protoxin, yaitu hanya bagian ujung-N protein yang mengandung urutan toxin yang aktif.

Molekul toxin yang dihasilkan dalam tanaman transgenik dapat mencapai aras 0,01% protein total, sehingga meningkatkan ketahanan terhadap serangga hama. Ekspresi protein toxin *B. thuringiensis* dalam tanaman transgenik masih lebih rendah dibanding aras ekspresi protein rekombinan yang lain. Hal ini disebabkan oleh dua hal yaitu: (1) faktor penggunaan kodon yang berbeda antara bakteri dengan tanaman karena genom bakteri banyak mengandung nukleotida A+T, sedangkan tanaman mempunyai kandungan G+C yang tinggi sehingga translasi mRNA menjadi tidak efisien, dan (2) kandungan A+T yang tinggi pada bakteri menghasilkan mRNA yang tidak lengkap sehingga tidak dapat ditranslasi menjadi protein yang fungsional. Oleh karena itu, kemudian dilakukan rekayasa terhadap urutan gen toxin *Bt* dengan cara membuat gen sintetik yang mengkode protein yang sama tetapi dengan pola penggunaan kodon yang sesuai untuk tanaman. Hasil ekspresi gen sintetik ini dapat mencapai 0,3% protein total jika diekspresikan pada tanaman transgenik (Yuwono 2006).

Kedua, diduga terkait dengan hilangnya susunan makanan yang diperlukan dalam polen seperti asam amino. Menurut Geng *et al.* (2006), polen mengandung nutrisi dengan berat molekul kecil yang meliputi asam amino, sementara nektar mengandung karbohidrat dengan konsentrasi tinggi yang dapat menyediakan energi. Polen dan nektar dapat menyediakan diet yang komplis untuk keberhasilan pertumbuhan,

perkembangan, dan reproduksi sebagian besar serangga.

Ketiga, insersi gen baru ke dalam tanaman melalui rekayasa genetik dapat mengubah kualitas nutrisi tanaman (Dutton *et al.* 2002). O'Callaghan *et al.* (2005) dan Riudavets *et al.* (2006) menyatakan manipulasi genetik dapat menyebabkan perubahan dalam karakteristik tanaman, seperti C:N rasio, kandungan lignin, nitrogen, dan karbohidrat.

Implikasi dari hasil penelitian ini adalah tidak semua tanaman transgenik memberikan dampak negatif terhadap lingkungan. Namun untuk menjaga kelestarian lingkungan maka prinsip kehati-hatian dalam pengembangan tanaman transgenik tetap harus diutamakan. Untuk itu, pengujian keamanan lingkungan secara komprehensif dari berbagai disiplin ilmu perlu dilaksanakan sebelum tanaman transgenik dilepas ke lingkungannya.

KESIMPULAN

Terdapat perbedaan perkembangan pradewasa dan kemampuan hidup predator *V. lineata* antargalur padi Rojolele transgenik yang diuji. Pada galur transgenik T9-6.11-420 (*cryIAb* melalui teknik penembakan) dan *DTcry-13* (*cryIAb* melalui *Agrobacterium*), lama perkembangan, keberhasilan mencapai setiap stadium perkembangan, kemunculan imago betina, berat imago, dan kemampuan hidup pradewasa dan dewasa predator *V. lineata* konsisten rendah dibandingkan dengan varietas Rojolele nontransgenik.

Pada galur transgenik 4.2.3-28-15-2-7 (fusi), 3R9-8-28-26-2 (*mpi*), dan 3R7-8-15-2-7 (*mpi*), perkembangan pradewasa dan kemampuan hidup predator *V. lineata* tidak konsisten.

Pada galur *DTcry* (azygous), perkembangan pradewasa dan kemampuan hidup predator *V. lineata* konsisten tidak berbeda dibandingkan dengan varietas Rojolele nontransgenik. Galur transgenik 4.2.4-21-8-16-4 (fusi) hanya berpengaruh terhadap berat imago predator *V. lineata*.

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 laboratorium. Terima kasih juga disampaikan kepada tim peneliti dan

teknisi Kelompok Peneliti Proteksi Tanaman Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, Sukamandi, yang telah membantu penyediaan serangga uji.

DAFTAR PUSTAKA

- Bahagiawat, A.H.. 2005. Ulasan: dampak tanaman transgenik Bt terhadap populasi serangga pengendali hayati. J. Agro Biogen. 1(2):76-84.
- Dutton, A., H. Klein, J. Romeis, and F. Bigler. 2002. Uptake of Bt-toxin by herbivores feeding on transgenic maize and consequences for the predator *Chrysoperla carnea*. Ecol. Entomol. 27:441-447.
- Dutton, A., J. Romeis, and F. Bigler. 2003. Assessing the risks of insect resistant transgenic plants on entomophagous arthropods: Bt-maize expressing *cry1Ab* as a case study. BioControl. 48:611-636.
- Evans, H.F. 2002. Environmental impact of Bt exudates from roots of genetically modified plants [final report]. Forest Research Alice Holt Lodge Wrecclesham Farnham, Surrey GU104LH. pp.1-130.
- Ferry, N., E.A. Mulligan, M.E.N. Majerus, and A.M.R. Gatehouse. 2007. Bitrophic and tritrophic effects of Bt *Cry3A* transgenic potato on beneficial, non target, beetles. Transgenic Res. 16:795-812.
- Fontes, E.M.G., C.S.S. Pires, E.R. Sum, and A.R. Panizzi. 2002. The environmental effects of genetically modified crops resistant to insect. Neotropical Entomology 31(4):497-513.
- Geng, J.H., Z.R. Shen, K. Song, and L. Zheng. 2006. Effect of pollen of regular cotton and transgenic Bt+CpTI cotton on the survival and reproduction of the parasitoid wasp *Trichogramma chilonis* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in the laboratory. Environ. Entomol. 35(6):1661-1668.
- Hilbeck, A., M. Baumgartner, P.M. Fried, and F. Bigler. 1998. Effects of transgenic *Bacillus thuringiensis* corn-fed prey on mortality and development time of immature *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). Environ. Entomol. 27(2):480-487.
- Lereclus, D., A. Delecluse, and M.M. Lecaded. 1993. Diversity of *Bacillus thuringiensis* toxins and genes. *Bacillus thuringiensis*, an environmental biopesticides: theory and practices. John Willey and Sons, New York.
- Losey, J.E., J.J. Obrycki, and R.A. Huffbauer. 2004. Biosafety considerations for transgenic insecticidal plants: non-target predators and parasitoids. Encyclopedia of Plant and Crop Science. Marcel Dekker Inc, New York. pp. 156-159.
- Manjunath, T.M. 2005. A decade of commercialized transgenic crops-analyses of their global adoption, safety and benefits. <http://www.americanscientist.org/template/AssetDetail/assetid/14323?fulltext=true> [5 Mei 2008].
- Manyangarirwa, W., M. Turnbull, G.S. Mc.Cutcheon, and J.P. Smith. 2006. Gene pyramiding as a Bt resistance management strategy: How sustainable is this strategy? Afr. J. Biotechnol. 5(10):781-785.
- Naranjo, S.E. 2005. Long-term assessment of the effects of transgenic Bt cotton on the abundance of nontarget arthropod natural enemies. Environ. Entomol. 34(5):1193-1210.
- Nation, J.L. 2002. Digestion in: Insect Physiology and Biochemistry. CRC Press LLC, United States of Amerika. pp. 27-63.
- O'Callaghan, M., T.R. Glare, E.P.J. Burgess, and L.A. Malone. 2005. Effects of plants genetically modified for insect resistance on nontarget organisms. Annu. Rev. Entomol. 50:271-292.
- Pilcher, C.D., J.J. Obrycki, M.E. Rice, and L.C. Lewis. 1997. Preimaginal development, survival, and field abundance of insect predators on transgenic *Bacillus thuringiensis* corn. Environ. Entomol. 26(2):446-454.
- Riudavets, J., R. Gabarra, M.J. Pons, and J. Messeguer. 2006. Effect of transgenic Bt rice on the survival of three nontarget stored product insect pests. Environ. Entomol. 35(5):1432-1438.
- SAS Institute. 1990. SAS/STAT User's Guide, Version 6. Fourth Edition. Volume 2. SAS Institute Inc, North Carolina.
- Van Heusden, A.W., I.W. van Doijen, R. Vrieling van Ginkel, W.H.J. Verbeek, W.A. Wietsma, and C. Kik. 2000. A genetic map of interspecific locus cross in *Alium* based on amplified fragment length polymorphism (AFLP™) marker. Theor. Appl. Genet. 100:118-126.
- Walker, A.J., L. Ford, M.E.N. Majerus, I.E. Geoghegan, N. Birch, J.A. Gatehouse, and A.M.R. Gatehouse. 1998. Characterisation of the midgut digestive proteinase activity of the two-spot ladybird (*Adalia bipunctata* L.) and its sensitivity to proteinase inhibitors. Insect Biochem. Molec. Biol. 28(3):173-180.
- Yuwono T. 2006. Bioteknologi Pertanian. Cetakan pertama. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta. 284 hal.