

Monografi No. 24
ISBN : 979-8304-43-8



Pemanfaatan Musuh Alami Dalam Pengendalian Hayati Hama Pada Tanaman Sayuran

Oleh:
Wiwin Setiawati, Tinny S. Uhan dan Bagus K. Udiarto



**BALAI PENELITIAN TANAMAN SAYURAN
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN HORTIKULTURA
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN
2004**

Monografi No. 24

ISBN : 979-8304-43-8

**PEMANFAATAN MUSUH ALAMI
DALAM PENGENDALIAN HAYATI
HAMA PADA TANAMAN SAYURAN**

Oleh :

Wiwin Setiawati, Tinny S. Uhan dan Bagus K. Udiarto



**BALAI PENELITIAN TANAMAN SAYURAN
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN HORTIKULTURA
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN
2004**

Monografi No. 24

ISBN : 979-8304-43-8

***Pemanfaatan Musuh Alami Dalam
Pengendalian Hayati Hama
Pada Tanaman Sayuran***

i – x + halaman, 16,5 cm x 21,6 cm, cetakan pertama pada tahun 2004.
Penerbitan buku ini dibiayai oleh APBN Tahun Anggaran 2004.

Oleh :

Wiwin Setiawati, Tinny S. Uhan, dan Bagus K. Udiarto

Dewan Redaksi :

Widjaja W. Hadisoeganda, Sudarwohadi Sastrosiswojo, Azis Azirin
Asandhi, Rofik Sinung-Basuki, Nikardi Gunadi, Iteu M. Hidayat, Eri
Sofiari, dan R.M. Sinaga

Redaksi Pelaksana :

Tonny K. Moekasan, Laksmiwati Prabaningrum, dan
Mira Yusandiningsih

Tata Letak :

Tonny K. Moekasan

Kulit Muka :

Proad Communications Bandung

Percetakan

Proad Communications Bandung

Alamat Penerbit :



BALAI PENELITIAN TANAMAN SAYURAN

Jl. Tangkuban Parahu No. 517, Kotak Pos 8413, Lembang - Bandung
40391

Telepon : 022 – 2786245; Fax. : 022 - 2786416

E.mail : riv@bandung.wasantara.net.id; dir-riv@indo.net.id.

KATA PENGANTAR

Dengan meningkatnya kesejahteraan masyarakat, kesadaran akan kesehatan diri dan lingkungan juga meningkat. Tuntutan pasar akan produk pertanian tidak hanya terhadap kualitas, tetapi juga terhadap keamanan dari residu pestisida atau bahan beracun. Oleh karena itu, kini praktek budidaya tanaman secara benar merupakan aspek yang harus diperhitungkan.

Salah satu upaya untuk mendapatkan produk pertanian yang dapat memenuhi persyaratan kesehatan adalah dengan menerapkan teknologi Pengendalian Hama Terpadu (PHT). Tujuan umum program PHT adalah mengemabngkan sistem pengelolaan hama yang berwawasan lingkungan, untuk mewujudkan pembangunan pertanian yang berkelanjutan. Sehubungan dengan hal itu, maka pengendalian hama yang ramah lingkungan seperti penggunaan musuh alami patut mendapat perhatian dan dukungan.

Tujuan penulisan monografi yang berjudul "Pemanfaatan Musuh Alami dalam Pengendalian Hayati Hama pada Tanaman Sayuran" adalah untuk memberikan informasi bagi petugas, pelaksana lapangan, petani, dan praktisi pertanian yang ingin menerapkan teknologi pengendalian hayati. Untuk menambah pemahaman pembaca, monografi ini dilengkapi dengan gambar-gambar.

Masukan, kritik dan saran yang membangun untuk pebraikan monografi ini sangat kami harapkan.

Kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan monografi ini, kami mengucapkan terima kasih. Semoga monografi ini bermanfaat untuk memperluas wawasan dan pengetahuan bagi mereka yang membutuhkan.

Lembang, September 2004
Kepala Balai Penelitian
Tanaman Sayuran,



Dr.Ir. Udin S. Nugraha, MS
NIP. 080 037 704

DAFTAR ISI

Bab	Halaman
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	Vii
DAFTAR TABEL	Viii
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Kelebihan dan Kekurangan Penggunaan Musuh Alami	2
1.2.1. Beberapa kelebihan penggunaan musuh alami	2
1.2.2. Beberapa kekurangan penggunaan musuh alami	3
II. PENGERTIAN DAN ISTILAH	4
III. ORGANISME PENGANGGU TUMBUHAN SALAH SATU KENDALA PRODUKSI SAYURAN	6
IV. MUSUH-MUSUH ALAMI PENTING HAMA SAYURAN	10
4.1. Parasitoid	12
4.1.1. <i>Cotesia</i> (= <i>Apanteles</i>) <i>ruficrus</i> (Hal.)	12
4.1.2. <i>Diadegma semiclusum</i> Hellen (= <i>Angitia cerophaga</i> Grav)	12
4.1.3. <i>Cotesia plutellae</i> Kurdj. (= <i>Apanteles plutellae</i> Kurdj.)	13
4.1.4. <i>Trichogramma chilonis</i>	14
4.1.5. <i>Eriborus argenteopilosus</i> (Cameron)	15
4.1.6. <i>Hemiptarsenus varicornis</i> Gerault	16
4.1.7. <i>Opius</i> sp.	17
4.2. Predator	18

4.2.1. <i>Cheilomenes sexmaculatus</i> (F.). sin. <i>Menochilus sexmaculatus</i> (Tribus : Coccinellini)	18
4.2.2. <i>Harmonis</i> (= <i>Callineda</i>) <i>sedecimnotata</i> (F.) (Tribus : Coccinellini)	19
4.2.3. <i>Coccinella repanda</i> Thunberg sin. <i>C. transversalis</i> F. (Tribus : Coccinellini)	20
4.2.4. <i>Rhinocoris fuscipes</i> F.	20
4.2.5. <i>Amblyseius cucumeris</i>	21
4.3. Patogen Serangga	22
4.3.1. <i>Phthromiaea opercuella</i> Granulosis irus (BiaRIV 1)	22
4.3.2. <i>Steinernema</i> spp.	23
4.3.3. <i>Beauveria bassiana</i>	24
V. PENGEMBANGAN PENGENDALIAN HAYATI HAMA PADA TANAMAN SAYURAN	26
5.1. Introduksi Musuh Alami	26
5.2. Perbanyak Musuh Alami	27
5.3. Augmentasi	32
5.4. Pelestarian Musuh Alami	34
VI. KENDALA PEMANFAATAN MUSUH ALAMI	41
DAFTAR PUSTAKA	43

DAFTAR GAMBAR

No. Gambar	Halaman
1. <i>Thrips</i> sp. Dan gejala serangan pada tanaman cabai merah	8
2. <i>S. exigua</i> dan gejala serangannya pada tanaman bawang merah	8
3. <i>L. huidobrensis</i> dan gejala serangannya pada tanaman kentang	8
4. <i>P. xylostella</i> dan gejala serangannya pada tanaman kubis	9
5. <i>H. armigera</i> dan gejala serangannya pada tanaman tomat	9
6. <i>Diadegma semiclausum</i>	13
7. <i>D. semiclausum</i> sedang meletakkan telur pada tubuh inang	13
8. Cara pengamatan tingkat parasitasi <i>D. semiclausum</i>	14
9. <i>Trichogramma chilonis</i>	14
10. Pupa dan imago <i>E. argenteopilosus</i>	15
11. <i>E. argenteopilosus</i> sedang meletakkan telur pada tubuh inang	16
12. <i>H. varicornis</i>	17
13. <i>M. sexmaculatus</i>	19
14. <i>H. sedecimnotata</i>	19
15. <i>C. transversalis</i>	20
16. <i>R. fuscipes</i>	21
17. <i>A. cucumeris</i>	22
18. <i>P. operculella</i> terserang PoGV (A), <i>P. operculella</i> sehat (B)	23
19. <i>Steinernema</i> spp.	24
20. Gejala serangan jamur petogen	25

21.	Tempat perbanyak musuh alami	29
22.	Kurungan serangga tempat perbanyak musuh alami	30
23.	Perbanyak musuh alami	30
24.	Perbanyak <i>D. semiclausum</i> di lapangan	31
25.	Tingkat parasitoid <i>E. argenteopilosus</i> pada berbagai umur tanaman	33
26.	Tingkat parasitoid <i>E. argenteopilosus</i> pada Petak Tanpa dan Dengan Pelepasan	33
27.	Tempat pelepasan musuh alami di lapangan	34
28.	Fluktuasi populasi <i>P. xylostella</i> dan <i>D. semiclauseum</i> pada Petak PHT dan Konvensional di Lembang	36
29.	Populasi predator pada Petak PHT dan Konvensional di pertanaman kubis di Lembang dan Pangalengan	37
30.	Pengaruh perlakuan insektisida terhadap tingkat parasitasi <i>E. argenteopilosus</i>	37
31.	Tingkat parasitasi <i>E. argenteopilosus</i> pada tanaman yang ditanam secara tunggal dan tumpang Sari	39
32.	Tumpang Sari tomat dan brokoli	40
33.	Tumpang Sari kubis dan kanola	40

DAFTAR TABEL

No. Tabel	Halaman
1. Jumlah hama dan penyakit utama yang menyerang sayuran	6
2. Persentase kehilangan hasil panen yang diakibatkan oleh OPT pada tanaman sayuran	7
3. Musuh-musuh alami hama penting pada tanaman sayuran	10
4. Makanan buatan untuk perbanyak hama <i>S. litura</i> , <i>P. xylostella</i> dan <i>C. pavonana</i>	28
5. Media untuk pertumbuhan dan penyimpanan agens hayati	29
6. Beberapa jenis insektisida yang selektif terhadap musuh alami	35
7. Tingkat parasitase telur <i>H. armigera</i> pada pertumbuhan tomat	36

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sayuran merupakan salah satu komoditas hortikultura yang di masa depan diharapkan mampu memberikan sumbangan yang lebih besar terhadap pertumbuhan ekonomi di Indonesia. Hal ini didukung oleh nilai ekonominya yang tinggi. Permintaan akan produk sayuran meningkat dari tahun ke tahun. Pasandaran dan Hadi (1994) menyebutkan bahwa menurut estimasi Bank Dunia konsumsi sayuran dan buah di Indonesia akan meningkat rata-rata 3,9% selama periode 1995-2010. Proyeksi permintaan terhadap sayuran secara keseluruhan meningkat 4,1% per tahun, yaitu dari 8,2 juta ton menjadi 12,3 juta ton per tahun (van Liehout, 1992).

Sejalan dengan perubahan struktur perekonomian dunia ntar lain kesepakatan GATT/WTO yang mengarah pada globalisasi, liberalisasi, dan sistem ekolabel, mendorong persaingan pasar yang semakin ketat. Tuntutan pasar akan produk pertanian tidak hanya terhadap kualitasnya, tetapi juga terhadap bebasnya dari kandungan residu pestisida dan bahan kimia lainnya. Adanya ISO seri 9000 mengenai jaminan pengelolaan mutu produk, ISO seri 14000 mengenai pengelolaan lingkungan serta tuntutan terhadap prosedur bercocok tanam secara benar atau *good farming practices* merupakan aspek-aspek yang harus diperhitungkan.

Salah satu upaya untuk meningkatkan daya saing produk sayuran adalah melalui pengembangan dan penerapan teknologi Pengendalian Hama Terpadu (PHT). Dilihat dari sisi perundang-undangan, PHT telah memperoleh dukungan yang kuat dari Pemerintah melalui UU 12/1992 tentang Sistem Budidaya Tanaman, PP No. 6 tahun 1995 tentang Perlindungan Tanaman, dan Keputusan Menpan No. 887/Kpt/OT/9/1997 tentang pedoman Pengendalian Organisme Pengganggu Tumbuhan (OPT). Secara global, PHT atau *Integrated Pest Management* (IPM) telah memperoleh pengakuan sebagai program pertanian berkelanjutan, antara lain dengan dimasukkannya PHT sebagai salah satu program dalam Agenda 21 Hasil KTT Bumi di Rio de Janeiro.

Tujuan umum program PHT adalah pengembangan sistem pengelolaan hama yang diperbaiki dan berwawasan lingkungan untuk mewujudkan pembangunan pertanian yang berkelanjutan. Untuk itu pengendalian OPT yang akrab lingkungan seperti penggunaan musuh alami (parasitoid, predator dan patogen serangga) memperoleh perhatian dan dukungan.

Di Indonesia pengendalian hayati terhadap OPT tanaman telah dilakukan sejak tahun 1925. Salah satu keberhasilan penggunaan musuh alami di Indonesia adalah pengendalian hama *Plutella xylostella* L. pada tanaman kubis dengan parasitoid *Diadegma semiclausum* Hellen.

Di beberapa negara maju, produk musuh alami sudah diperjualbelikan. Sebagai contoh, Koppert BV salah satu perusahaan di Belanda yang memproduksi predator, parasitoid dan produk lainnya telah memproduksi lebih dari 30 macam musuh alami. Utaan musuh alami telah dikirim ke 40 negara diseluruh dunia. Pada tahun 2002 nilai pasar untuk produk musuh alami di dunia lebih besar dari Rp. 700 milyar (Anonim, 2003).

Pemanfaatan musuh alami sebagai agens hayati pada tanaman sayuran mempunyai peluang yang cukup besar dalam pengendalian OPT sayuran. Untuk dapat diterima semua pihak, penggunaan musuh alami untuk pengendalian OPT sayuran perlu terus dikembangkan, sehingga dihasilkan suatu cara pengendalian yang walaupun bersifat alami tetapi efektif dan efisien bila dipalikasikan dan peranannya sebagai agens pengendali hayati semakin nyata dan konsisten.

1.2. Kelebihan dan Kekurangan penggunaan Musuh Alami

1.2.1. beberapa kelebihan penggunaan musuh alami

a). Segi ekonomi

Dalam jangka panjang, penggunaan musuh alami sangat menguntungkan dan relatif murah biayanya. Pada permulaan memang memerlukan biaya yang relatif tinggi, tetapi setelah usaha awal berhasil, tidak memerlukan biaya lagi. Setelah musuh alami mapan, pengaruhnya stabil, karena musuh alami akan terus menerus menyesuaikan diri.

b). Pengaruh samping

Penggunaan musuh alami tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan dan aman terhadap hewan pemeliharaan, organisme berguna dan manusia.

c). Efikasi

Dalam keadaan tertentu, penggunaan musuh alami efektif menekan populasi hama selama bertahun-tahun. Berbeda dengan penggunaan insektisida, musuh alami mampu mencari inangnya walaupun populasi hama relatif rendah dan dapat menjangkau sampai pada tempat-tempat tersembunyi.

d). Efisiensi

Untuk jangka panjang, setelah musuh alami mapan dan berkembangbiak dengan baik, tidak diperlukan ulangan pengendalian. Apabila ekosistemnya stabil, musuh alami akan bekerja dengan sendirinya sehingga menghemat dana.

e). Kompatibilitas

Pengendalian hayati kompatibel dengan cara pengendalian lainnya.

1.2.2. Beberapa kekurangan penggunaan musuh alami**a). Perlu waktu lama**

Pelaksanaan program pengendalian hayati memerlukan waktu yang lama untuk persiapan dan penelitian. Keberhasilan pemanfaatan musuh alami baru dapat dilihat paling tidak setelah 3 sampai 5 tahun.

b). Efikasi

Kelemahan yang mendasar adalah populasi hama akan terus berada pada tingkatan yang ditentukan oleh efikasi musuh alami dan keadaan habitat. Dengan demikian, apabila tingkat populasi hama masih mempunyai potensi merusak, maka masih diperlukan cara pengendalian lainnya secara terpadu.

c). Berspektrum sempit

Pada umumnya, musuh alami mempunyai inang yang spesifik. Oleh karena itu, apabila timbul hama baru, diperlukan usaha pengendalian lainnya.

d). Resistansi hama

Setelah jangka waktu yang lama, kemungkinan akan timbul imunitas (*immunity*) dalam bentuk pengkapsulan (enkapsulasi) atau mekanisme pertahanan hama yang dapat mengurangi efikasi musuh alami.

II. PENGERTIAN DAN ISTILAH

Beberapa pengertian dan istilah yang umum digunakan dalam pengendalian hayati adalah sebagai berikut :

1. Pengendalian hayati adalah penggunaan musuh-musuh alami baik yang diintroduksi maupun yang sudah ada di suatu daerah kemudian dikelola untuk mengendalikan serangan hama.
2. Pengendalian hayati klasik adalah musuh-musuh alami yang dimasukkan (diimpor) dari luar daerah atau negeri.
3. Pengendalian hayati alami adalah musuh-musuh alami sudah ada di daerah tersebut.
4. Musuh alami adalah parasitoid, predator dan patogen hama.
5. Parasit adalah setiap organisme yang hidup pada atau di dalam inang, termasuk mikroba dan organisme bersel banyak (*multicellular*). Istilah parasit banyak digunakan oleh para ahli Parasitoid dalam bidang kesehatan dan veteriner.
6. Parasitoid adalah serangga parasitik (*parasitic insect*), yaitu serangga yang memarasit serangga lain yang lebih besar, khususnya serangga hama. Istilah parasitoid banyak digunakan oleh para ahli Entomologi. Parasitoid dapat menyerang setiap instar serangga meskipun instar dewasa yang paling jarang terparasit.
7. Predator adalah hewan yang memangsa hewan lain. Predator membunuh beberapa individu mangsa selama satu siklus hidup.
8. Patogen serangga adalah organisme yang dapat menyebabkan penyakit pada serangga. Seperti halnya tumbuhan, manusia dan hewan lainnya, serangga dan tungau juga dapat terinfeksi patogen. Yang termasuk dalam patogen serangga antara lain adalah bakteri, cendawan, virus dan nematoda.
9. Introduksi adalah musuh alami yang dimasukkan (diimpor dari luar negeri atau luar daerah).
10. Augmentasi adalah meningkatkan jumlah (populasi) musuh alami yang sudah ada di lapangan dengan cara melepaskan musuh alami yang berasal dari pemeliharaan di laboratorium.
11. Pelepasan inokulatif adalah pelepasan musuh alami dilakukan hanya satu kali dalam satu musim atau satu tahun dengan tujuan agar

musuh alami tersebut dapat mengadakan kolonisasi dan menyebar luas secara alami dan menjaga populasi hama tetap berada pada aras keseimbangannya.

12. Pelepasan suplemen adalah pelepasan musuh alami yang dilakukan setelah dari kegiatan pemercontohan (*sampling*) diketahui bahwa populasi hama mulai meninggalkan populasi musuh alaminya. Tujuannya adalah untuk membantu musuh alami agar kembali berfungsi dan dapat mengendalikan populasi hama.
13. Pelepasan inundatif adalah pelepasan musuh alami pada saat kritis, seperti halnya dengan penggunaan pestisida.
14. Pelestarian (konservasi) adalah semua upaya yang bertujuan untuk melestarikan (memelihara) musuh alami yang sudah ada di lapang.

III. ORGANISME PENGANGGU TUMBUHAN SALAH SATU KENDALA PRODUKSI SAYURAN

Banyak kendala yang dihadapi dalam upaya peningkatan produksi sayuran yang tinggi, bersih dan ekonomis. Di antara masalah teknis yang merupakan kendala produksi, gangguan hama dan penyakit tanaman atau yang lebih lazim disebut Organisme Pengganggu Tumbuhan (OPT) adalah hal penting yang harus segera dicari pemecahannya. Pada tanaman sayuran (misalnya cabai, bawang merah, kentang, kbus dan tomat), meskipun terdapat sekitar 98 jenis OPT yang penting, namun biasanya hanya sekitar 28 jenis yang berstatus sebagai hama/penyakit utama (Tabel 1). Kehilangan hasil panen pada tanaman sayuran akibat serangan hama sekitar 46-100%, sedangkan oleh penyakit berkisar antara 5-90% (Tabel 2).

Tabel 1. Jumlah hama dan penyakit utama yang menyerang sayuran

Jenis tanaman	Jenis hama	Jenis penyakit
Bawang merah	4	8
Cabai	14	21
Kentang	11	11
Kubis	8	6
Tomat	7	8

Gangguan OPT merupakan kendala produksi terpenting. Oleh karena itu untuk menanggulangi hal ini penting akan menggunakan pestisida yang pada umumnya dianggap satu-satunya cara tercepat dan pleing efektif untuk mempertahankan hasil panennya. Pestisida dianggap jaminan produksi, sehingga penggunaannya cenderung kurang bijaksana dengan jumlah dan jenisnya yang berlebihan.

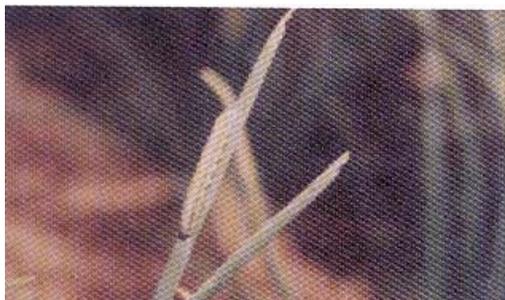
Tabel 2. Persentase kehilangan hasil panen yang diakibatkan oleh OPT pada tanaman sayuran

No.	Jenis hama/penyakit utama		Kehilangan hasil (%)	Sumber pustaka
	Nama umum	Nama ilmiah		
I.	Cabai : 1. Trips 2. Kutudaun persik 3. Lalat buah 4. Kutu kebul 5. Antraknose 6. Virus mosaik	<i>Thrips parvispinus</i> <i>Myzus persicae</i> <i>Bactrocera dorsalis</i> <i>Bemisia tabaci</i> <i>Colletotrichum</i> spp. CMV	36,84% - 41,91% 67,4 % 20-25 % 20-100 % 22-30 % 30-75 %	Omoy (1995) Subagiya (1977) Hidayat dkk. (2002)
II.	Bawang merah : 1. Ulat bawang 2. Penyakit trotol	<i>Spodoptera exigua</i> <i>Alternaria porri</i>	32 % 26-35 %	Setiawati (1996)
III.	Kubis : 1. Ulat daun kubis 2. Ulat krop kubis 3. Akar gada	<i>Plutella xylostella</i> <i>C. pavonana</i> <i>Plasmodiophora brassicae</i>	≤ 100 % 66 % 50-100 %	Sudarwohadi (1975) Uhan (1993) Djatnika (1993)
IV.	Tomat : 1. Ulat buah tomat	<i>Helicoverpa armigera</i>	57%	Setiawati (1991)
V.	Kentang : 7. Penggerek umbi kentang 8. Pengorok daun kentang 9. Virus penggulung daun kentang 10. Busuk daun kentang 11. Layu bakteri 12. Nematoda bengkak akar	<i>Phthorimaea operculella</i> <i>Liriomyza hudobrensis</i> PLRV <i>Phytophthora infestans</i> <i>Ralstonia solanacearum</i> <i>Meloidogyne</i> sp..	36 % 34 % 25-90 % 50 % 19 % 12-20 %	Setiawati dan Tobing (1996) Soeriaatmadja dan Udiarto (1997) Duriat (1988) Suhardi (1982) Wisnuwardhana dan Hutagalung (1982)

Konsekuensi penggunaan pestisida berlebih adalah pemborosan sehingga meningkatkan biaya produksi. Dampaknya berakibat kerugian yang lebih besar lagi seperti terjadinya pencemaran racun pestisida pada hasil panen dan lingkungan, musnahnya musuh alami, timbulnya ketahanan OPT serta terjadinya resurgensi hama tertentu. Salah satu alternatif pengendalian OPT yang dapat digunakan adalah pengendalian hayati dengan memanfaatkan pendekatan kuantitas, kualitas serta diversitas musuh alami dalam upaya mewujudkan pembangunan yang berkelanjutan.



Gambar 1. *Thrips* sp. Dan gejala serangan pada tanaman cabai merah (Foto : Kashiwada dan Setiawati)



Gambar 2. *S. exigua* dan gejala serangannya pada tanaman bawang merah (Foto : Setiawati)



Gambar 3. *L. huidobrensis* dan gejala serangannya pada tanaman kentang (Foto : CIP dan Setiawati)



Gambar 4. *P. xylostella* dan gejala serangannya pada tanaman kubis (Foto : Cannon dan Setiawati)



Gambar 5. *H. armigera* dan gejala serangannya pada tanaman tomat (Foto : Setiawati)

IV. MUSUH MUSUH ALAMI PENTING HAMA SAYURAN

Beberapa musuh alami penting hama sayuran yang telah diketahui efektif dan mempunyai potensi untuk dikembangkan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Musuh musuh alami hama penting pada tanaman sayuran

No.	Jenis komoditi dan hama	Jenis musuh alami		
		Parasitoid	Predator	Patogen serangga
1	Cabai Merah <i>Spodoptera litura</i>	<i>Telenomus spodopterae</i> , <i>Telenomus rowani</i> , <i>Eriborus argenteopilosus</i> , <i>Microplitis similis</i> , <i>Peribaea</i> sp.	Carabidae, <i>Andrallus</i> sp. <i>Rhinocoris fuscipes</i> , <i>Paederus fuscipes</i> , <i>Lycosa pseudoannulata</i>	SINPV, <i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>aizawai</i> strain GC 91, <i>Metarrhizium anisopliae</i>
	<i>Thrips parvispinus</i>	-	<i>Amblyseius cucumeris</i> , <i>Orius</i> sp., <i>Menchilus sexmaculatus</i> , <i>Coccinella transversalis</i> , <i>Chilomenes sexmaculatus</i> , <i>Chilocorus nigrita</i> , <i>Scymnus latermaculatus</i> (Dibyantoro dan Sanjaya, 2001)	-
	<i>Polyphagotarsonemus latus</i>	-	<i>Amblyseius cucumeris</i> <i>Phytoseiulus persimilis</i>	-
	<i>Bactrocera dorsalis</i>	<i>Bioteres ansanus</i> , <i>Opius incise</i>	- <i>Chrysoperla carnea</i> .	<i>B. thuringiensis</i> ,
	<i>Bemisia tabaci</i>	<i>Encarsia adrianae</i> , <i>E. formosa</i> , <i>Eretmocerus corni</i> (Polaszek et al., 1992)	<i>Coccinella septempunctata</i> , <i>Coenosia attenuate</i> , <i>Delphastus pusillus</i> , <i>Deracocoripallens</i> , <i>Euscus hibisci</i> , <i>Fransklinothrips vespiformis</i> , <i>Scymnus syriacus</i> , <i>Geocoris orthopterus</i> , <i>Oriusalbidipennis</i> , <i>Scirengium parcesetosum</i> . (Polaszek et al., 1992)	<i>Eretmocerus</i> , <i>Paecilomyces farinorus</i> , <i>Beauveria bassiana</i> , <i>Verticillium</i> sp.
2	Bawang Merah <i>Spodoptera exigua</i>	<i>Telenomus</i> sp.	-	Mikrosporidia SeNPV, <i>Bacillus thuringiensis</i> serotipe 3, 3b, strain SA 12 <i>Metarrhizium</i> sp., <i>Nomuraea rileyi</i> , <i>Erynia</i> spp.

Tabel 3. Musuh musuh alami hama penting pada tanaman sayuran (lanjutan)

No.	Jenis komoditi dan hama	Jenis musuh alami		
		Parasitoid	Predator	Patogen serangga
	<i>Thrips tabaci</i>	-	<i>Coccinella</i> sp., <i>Cheilomenes sexmaculatus</i> , <i>Maculate</i> , <i>Scymnuslatermaculatus</i> , <i>Amblyseius cucumeris</i> , <i>Orius insidiosus</i> , <i>Lycosa</i> sp.	<i>Beauveria bassiana</i> <i>Verticillium lecanii</i> (Dibiyantoro dan sanjaya, 2001)
3	Kentang <i>Thrips palmi</i>	-	<i>Amblyseius cucumeris</i>	<i>Beauveria bassiana</i> , <i>Verticillium lecanii</i>
	<i>Myzus persicae</i>	<i>Aphidius</i> sp., <i>Diaeretiella</i> sp., <i>Aphelinus</i> sp. (Irsan dan Hidayat, 2003)	<i>Menochilus sexmaculatus</i> , <i>Micromomus pusillus</i>	<i>Entomophthora</i> sp.
	<i>Phthorimaea opercuella</i>	<i>Pristomerus</i> sp., <i>Apanteles</i> sp., <i>Temelucha</i> sp.,	<i>Copidosoma</i> sp.	BiaRiV-1
	<i>Liriomyza huidobrensis</i>	<i>Hemiptarsenus varicornis</i> (Supartha, 2002), <i>Winasa dkk.</i> , 2002), <i>Opius</i> sp., <i>Neochrysocharis</i> sp., <i>Asecodes</i> sp., <i>Chrysocharis</i> sp., <i>Chrysonotomya</i> sp., <i>Gronotoma</i> sp. (Supartha, 2002), <i>Quadrasticus</i> sp. (Winasa dkk., 2001), <i>Diglyphus isaea</i>	<i>Coenosia humilis</i> (Harwanto, dkk., 2001)	
4	Kubis <i>Agrotis ipsilon</i>	Parasitoid larva : <i>Cotesia (=Apanteles) ruficus</i> , <i>Tritaxys braueri</i> , <i>Cuphocera varia</i> (Kalshoven, 1981)	Predator Larva : <i>Cardursia plutellae</i> van, <i>Voria ruralis</i>	<i>Botrytis</i> sp. Dan <i>Metarrhizium</i> sp. (Kalshoven, 1981)
	<i>Plutella xylostella</i>	Parasitoid telur : <i>Trichogrammatoidae bactrae</i> , Parasitoid larva : <i>Diadegma semiclausum</i> , <i>Cotesia plutellae</i> Parasitoid pupa : <i>Diadromus collaris</i> , <i>Oomyzus sokolowskii</i> , <i>Thyraella collaris</i> , <i>Tetrastichinae</i> (Karindah dkk., 2003)	<i>Cadursia plutellae</i> , <i>Voria ruralis</i>	<i>Beauveria bassiana</i> , <i>Paecilomyces fumosoroseus</i> , <i>Zoophthora radicans</i> , <i>Steinernema carpocapsae</i> , <i>Hirsutella</i> spp.

Tabel 3. Musuh musuh alami hama penting pada tanaman sayuran (lanjutan)

No.	Jenis komoditi dan hama	Jenis musuh alami		
		Parasitoid	Predator	Patogen serangga
	<i>Crociodolomia pavonana</i> (= <i>C. binotalis</i>)	Parasitoid larva : <i>Sturmia inconspicuoidea</i> , <i>Eriborus argenteopilosus</i> , <i>Chelonus tabonus</i> , Parasitoid pupa : <i>Cotesia</i> (= <i>Apanteles</i> sp.), <i>Brachymeria</i> sp.	<i>Ropalidia bambusae</i>	Mikrosporidia, <i>Steinernema</i> sp., <i>Nomuraea riley</i>
5	Tomat <i>Helicoverpa armigera</i>	Parasitoid telur : <i>Trichogramma chilonis</i> , Parasitoid larva : <i>Apanteles</i> sp., <i>Eriborus argenteopilosus</i>	Mantaedae, Asetidae Vespidae,	HaNPV, <i>Bacillus thuringiensis</i> , Mikrosporidia, <i>Metarrhizium</i> sp., <i>Nomuraea</i>

4.1. Parasitoid

4.1.1. *Cotesia* (= *Apanteles*) *ruficrus* (Hal.)

C. ruficrus merupakan tabuhan Braconidae yang mempunyai sifat kosmopolitan. *C. ruficrus* memarasit larva *A. ipsilon* instar ke-2 dan ke-3 dan meninggalkan inangnya pada instar ke-4. Dalam satu ekor larva *A. ipsilon* yang terparasit dapat ditemukan sampai 60 kokon. Tingkat parasitasi larva *A. ipsilon* oleh *C. ruficrus* dapat mencapai 50% (Kalshoven 1981).

4.1.2. *Diadega semiclausum* Hellen (= *Angitia cerophaga* Grav)

D. semiclausum merupakan parasitoid yang paling penting bagi hama *P. xylostella* pada tanaman kubis. Serangga dewasa berwarna hitam, bersayap transparan dantipis (Gambar 6).

Serangga betina mempunyai organ peletk telur (ovipositor) pada ujung abdomen dan dapat meletakkan telur pada semua inastar larva *P. xylostella* (Gambar 7). Siklus hidup *D. semiclausum* dari telur sampai dewasa lamanya 18 20 hari di datarn tinggi dan 14 hari di dataran rendah. Masa telur, larva dan pupa masing-masing 2 hari, 8 hari dan 8 10 hari. Seekor betina mampu memarasit sampai 117 ekor larva *P. xylostella*. Penagmatan tingkat parasitasi dapat dilakukan dengan membedah tubuh inang (Gambar 8). Tingkat parasitasi pada larva *P. xylostella* : instar 1 = 49%, instar 2 = 76%, instar 3 = 66% dan pada instar 4 = 47% (Vos, 1953).

4.1.3. *Cotesia plutellae* Kurdj. (= *Apanteles plutellae* Kurdj.)

Di Malaysia, tingkat parasitasi larva *P. xylostella* oleh *C. plutellae* dilaporkan dapat mencapai 29,6% (Yusof dan Lim, 1992). Kemampuan

pencarian larva *P. xylostella* oleh parasitoid *C. plutellae* lebih rendah jika dibandingkan dengan *D. semiclausum*. Keberadaan parasitoid *C. plutellae* di Indonesia hampir punah karena kalah bersaing dengan *D. semiclausum*. Tampaknya parasitoid *C. plutellae* lebih cocok hidup di daerah yang suhunya relatif tinggi seperti di daerah dataran rendah, sedangkan *D. semiclausum* di daerah dingin (dataran tinggi). Total daur hidup *C. plutellae* lamanya 10-16 hari, rata-rata 13 hari (Yusof dan Lim, 1992). Lamanya perkembangan telur, larva dan pupa *C. plutellae* masing-masing adalah 2 hari, 6,6 hari dan 4,5 hari.



Gambar 6. *Diadegma semiclausum* (Foto : Anonim, 1993)



Gambar 7. *D. semiclausum* sedang meletakkan telur pada tubuh inang (Foto : Anonim, 1990)



Gambar 8. Cara pengamatan tingkat parasitasi *D. semiclausum* (Foto : Anonim, 1990)

4.1.4. *Trichogramma chilonis*

T. chilonis merupakan parasit telur *H. armigera* (Ordo : Hymenoptera : Famili : Trichogrammatidae) Serangga dewasa berbentuk tabuhan kecil, panjang tubuhnya sekitar 0,5 mm (Gambar 9).

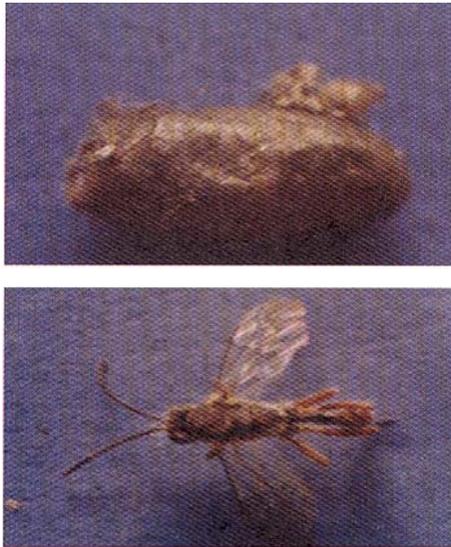


Gambar 9. *Trichogramma chilonis* (Foto : Nakazawa)

Serangga betina dapat berkembang biak secara partenogenesis. Seekor betina mampu menghasilkan telur sebanyak 20-50 butir. Lamanya daur hidup 10-11 hari. Tingkat parasitasi berkisar antara 6.6 68.8%. Inang yang paling disukai adalah *Corcyra* sp.

4.1.5. *Eriborus argenteopilosus* (Cameron)

E. argenteopilosus termasuk ke dalam ordo Hymenoptera, famili Ichneumonidae. Telur berwarna keputih-putihan dan berbentuk seperti kacang buncis. Telur diletakkan secara tunggal di dalam tubuh larva inang. Larva berwarna keputih-putihan, lama perkembangan larva 10 hari. Setelah menyelesaikan instar terakhir larva keluar dari tubuh inang kemudian membentuk kokon disekitarnya (Gambar 10).



Gambar 10. Pupa dan imago *E. argenteopilosus* (Foto : W. Setiawati)

Awalnya pupa berwarna merah muda, kemudian berubah menjadi coklat gelap. Lama perkembangan pupa 7-9 hari. Imago memiliki toraks berwarna hitam dan abdomen berwarna coklat kemerahan (Gambar 10). Serangga betina lebih besar dibandingkan dengan serangga jantan. Seekor betina mampu meletakkan telur sejumlah 160 butir. Lamanya daur hidup 17-18 hari (Gambar 11).



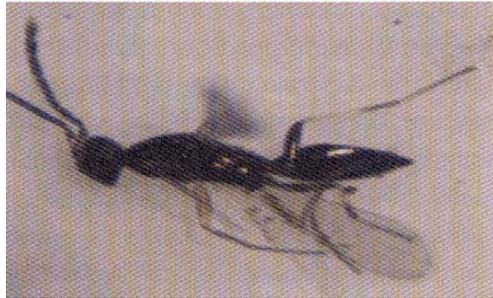
Gambar 11. *E. argenteopilosus* sedang meletakkantelur pada tubuh inang (Foto : Anonim, 2002)

Aktivitas parasitoid *E. argenteopilosus* pada inang *H. armigera*, *C. binotalis* dan *S. litura* sebagian besar terjadi pada pagi hari (pukul 8.00-11.00). Dalam waktu 12 jam, seekor parasitoid *E. argenteopilosus* mampu memarasit sebanyak 9,98-17,8 ekor larva inang.

Tanaman inang yang paling disukai oleh parasitoid *E. argenteopilosus* adalah brokoli, tomat, kubis, kubis bunga dan cabai. *E. argenteopilosus* mampu memarasit keempat instar inang *H. armigera*, *C. binotalis* dan *S. litura*. Instar muda (1 dan 2) lebih disukai dibandingkan dengan instar tua (3 dan 4). *H. armigera* dan *S. litura* lebih sesuai untuk perkembangan parasitoid *E. argenteopilosus* dan mempunyai nisbah kelamin yang lebih tinggi. Parasitoid *E. argenteopilosus* lebih memilih tanaman brokoli dibandingkan dengan kubis, kubis bunga, tomat ataupun cabai. Senyawa kimia yang berperan untuk menarik parasitoid *E. argenteopilosus* adalah octadevanol acid. Phytol dan sulfuric acid 5, 8, 11 hepta decatrienyl methyl ester (Setiawati, 2003 dan 2004).

4.1.6. *Hemiptarsenus varicornis* Gerault

H. varicornis (Hymenoptera : Eulophidae) merupakan parasitoid penting pada hama *L. huidobrensis* (Gambar 12). Parasitoid tersebut dapat ditemukan di seluruh areal pertanaman kentang dan sayuran lainnya yang terserang *L. huidobrensis*.



Gambar 12. *H. varicornis* (Foto : Setiawati)

Tingkat parasitasi *H. varicornis* terhadap *L. huidobrensis* pada tanaman kentang, kacang-kacangan, seledri, tomat dan caisin rata-rata adalah 37.22%, 40.63%, 35.71%, 24.69% dan 31.68%. Nisbah kelamin antara jantan dan betina adalah 1.5:1 (Setiawati dan Suprihatno, 2000). Siklus hidup *H. varicornis* berkisar antara 12-16 hari. Masa telur, larva dan pupa masing-masing 1-2 hari, 5-6 hari dan 6-8 hari. Masa hidup betina berkisar antara 8-22 hari. Satu ekor betina mampu menghasilkan telur sebanyak 24-42 telur (Hindrayani dan Rauf, 2002).

4.7.1. *Opius* sp.

Opius sp. (Hymenoptera : Braconidae) merupakan salah satu parasitoid penting pada hama *L. huidobrensis*. Telur berbentuk lonjong, dengan salah satu bagian ujungnya sedikit lebih membengkak dibandingkan dengan ujung yang lain. Siklus hidup *Opius* sp. Berkisar antara 13-59 hari. Masa telur, larva dan pupa masing-masing 2,0 hari, 6 hari dan 6 hari. Satu ekor betina mampu menghasilkan telur sebanyak 49-187 telur. Instar yang paling cocok untuk perkembangan parasitoid *Opius* sp. Adalah instar ke-3. Pada instar tersebut masa perkembangan parasitoid lebih singkat dan keturunan yang dihasilkan lebih banyak dengan proporsi betina yang lebih tinggi. Nisbah kelamin antara jantan dan betina adalah 1 :1 (Rustam *dkk.*, 2002).

4.2. Predator

4.2.1. *Cheilomenes sexmaculatus* (F.) sin. *Menochilus sexmaculatus* (Tribus : Coccinellini)

Kumbang ini sangat umum dijumpai di dataran rendah. Badannya berukuran kecil, bulat, warna bervariasi dari merah sampai kuning tetapi biasanya kuning, panjang badan 3,00-3,50 mm. Kepala kecil, tersembunyi di bawah pronotum. Pronotum berwarna kuning tua dengan dua pita hitam melintang ke arah sisi lateral. Elytra berwarna kuning, pita median hitam, satu totol hitam pada tiap elytra, di belakangnya ada pita hitam bengkok, serta sebuah totol hitam kecil di posterior elytra (ambar 13).

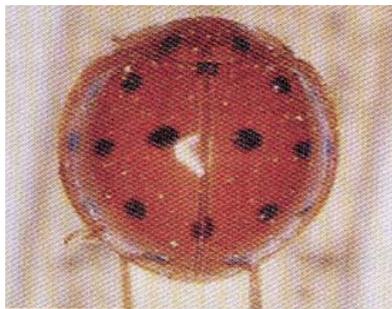
Kumbang ini hidup sebagai pemangsa berbagai jenis kutu daun. Kumbang betina meletakkan telur pada batang dan daun tumbuhan, misalnya kacang-kacangan, biasanya yang terdapat pada kutu daun. Telur oval, tertata seperti rokok panjang sekitar 0,3 mm, berwarna kuning pucat. Dalam 4-5 hari larva menetas, larva muda berwarna hitam, panjang 1,20 mm, tungkai panjang, badan meruncing ke depan dan belakang. Jika larva menjadi besar akan muncul bercak-bercak putih pada abdomen. Sejak menetas larva dapat bergerak aktif dan segera mencari mangsa kutu daun. Larva yang telah masak dapat memangsa *B. tabaci* 200-400 larva/hari atau memangsa trips sebanyak 17-20 ekor/hari. Aktivitas *M. sexmaculatus* terjadi antara pukul 09.00-13.00. Aktivitas *M. sexmaculatus* terjadi antara pukul 09.00-13.00, Aktivitas *M. sexmaculatus* selain dipengaruhi oleh cahaya, ternyata juga oleh keadaan lapar. *M. sexmaculatus* yang diberi mangsa berlebihan lebih aktif daripada yang diberi mangsa terbatas (Wagiman, 1997). Kebanyakan predator bersifat kanibalistik atau memakan temannya sendiri. Perilaku ini ada baiknya, karena dapat menjamin bahwa meskipun dalam keadaan tanpa mangsa di lapangan masih terdapat beberapa predator yang tetap hidup dan melanjutkan siklusnya. Di Indonesia penyebaran kumbang ini sangat luas meliputi Jawa, Kalimantan, Sumatera, Sulawesi, Flores, Halmahera dan Papua (Amir, 2002).



Gambar 13. *M. sexmaculatus* (Foto : Setiawati)

4.2.2. *Harmonis* (= *Callineda*) *sedecimnotata* (F.). (tribus : Coccinellini)

Serangga ini berbadan bulat, berwarna kecoklatan, dan permukaan badan sangat cembung. Kepalanya kecil, tersembunyi di bawah pronotum, Berwarna coklat, labrum relatif besar, sisi depannya berambut, dan bermata besar. Pronotum relatif besar, berwarna coklat kekuningan, sis lateral membulat, pada permukaan pronotum terdapat dua totol hitam kecil, dan berwarna hitam. Elytra amat cembung, berwarna coklat kekuningan dengan 16 totol hitam, ukuran totol kecil dan tersebar di permukaan elitra (Gambar 14).



Gambar 14. *H. sedecimnotata* (Foto : Amir, 2002)

Serangga ini hidup sebagai pemangsa berbagai jenis kutudaun. Kumbang ini dijumpai antara lain di P. Jawa dan Sumatera. Di P. Jawa banyak dijumpai di perkebunan jagung dan kubis di daerah pegunungan.

Siklus hidup kumbang lembing (= kumbang macan) ini berlangsung 4-6 minggu. Serangga dewasa dapat hidup sampai 3 bulan, dan menghasilkan sampai lebih dari 3000 butir telur (Amir, 2002).

4.2.3. *Coccinella repanda* Thunberg *sin.* *C. transversalis* F. (Tribus : Coccinellini)

Badan agak lonjong, berwarna merah coklat, panjang badan sekitar 6 mm, dengan bercak-bercak dan pita hitam pada elitra (ambar 15). Pronotum hitam, pada sudut-sudut depannya berwarna kuning. Elitra berwarna kuning coklat, pada elitra kanan kiri terdapat dua pasang pita besar berwarna hitam, dan garis median hitam besar. Pada bagian depan dan belakang garis median terdapat satu totol hitam agark besar (Amir, 2002).



Gambar 15. *C. transversalis* (Foto : Amir, 2002)

4.2.4. *Rhinocoris* spp.

Imago betina *Rhinocoris* spp. mampu menghasilkan telur sebanyak 5-30 butir. Warna telur kecoklatan dan menempel pada daun atau batang cabai. Lama hidup telur berkisar antara 8-10 hari. Nimfa berwarna hitam tidak bersayap, ukuran 0,1-0,9 cm. Lama hidup nimfa berkisar antara 60-70 hari. Imago *Rhinocoris* spp. berukuran 1,1-1,3 cm. Imago betina biasanya lebih besar dibandingkan dengan imago jantan. Lama hidup 12 minggu satu ekor mampu memangsa 9-10 ekor larva *S. litura* (Gambar 16).

Imago sangat aktif menyerang mangsa dengan cara menjepit bagian tubuh mangsa dengan tungkai-tungkai depan dan peran rostrumnya yang kuat menekankan bagian alat stylet masuk ke dalam tubuh mangsa. Selanjutnya seluruh tubuh mangsa dihisap olehnya hingga tubuh mangsa menjadi mengkerut dan mengering. Kemungkinan terdapat toksin disekresikan yang mengakibatkan larv lumpuh. Dalam waktu 4-5 menit tubuh larva dihisap sehingga mengakibatkan larva mengkerut, kering dan akhirnya mati.



Gambar 16. *R. fuscipes* (foto : Laksanawati)

4.2.5. *Amblyseius cucumeris*

A. cucumeris (Phytoseiidae : Acarina) adalah tungau predator yang merupakan salah satu musuh alami trips yang penting. Telur berwarna putih transparan, menempel di rambut tulang daun permukaan bawah. Fase muda berwarna putih transparan, fase dewasa berwarna merah muda-coklat muda (gambar 17). Siklus hidup berkisar antara 6-9 hari.

Seekor betina mampu menghasilkan 47 butir telur. Tungau predator tersebut memiliki kemampuan mencari mangsa yang tinggi dan potensi reproduksi yang tinggi serta tahan terhadap pestisida. Hasil percobaan Prabaningrum *dkk.* (1997) menunjukkan bahwa *A. cucumeris* mampu bertahan hidup pada kisaran suhu 17-25% dan kelembaban udara 59-90%. Kemampuan pemangsaan terhadap *T. parvispinus* dan *P. latus* masing-masing adalah sebesar 4,6 dan 73,9 ekor. Predator genus *Amblyseius* dapat berkembang menjadi tahan terhadap beberapa insektisida golongan organofosfat dan karbamat (Croft dan Nelson, 1972; Croft dan Meyer, 1973 dalam Parabningrum *dkk.*, 1999).



Gambar 17. *A. cucumeris* (Foto : Wada)

4.3. Patogen Serangga

4.3.1. *Phthorimaea operculella* Granulosis Virus (BiaRIV-1)

BiaRIV-1 (Bio agent of Research Institute for Vegetable No. 1) dibuat dengan bahan aktif PoGV (*Phthorimaea operculella* Granulosis Virus) sebanyak 10^5 PIBs/kg. Bio pestisida ini berupa tepung dan bersifat sebagai racun perut yang akan membunuh larva *P. operculella* dalam waktu 2-10 hari. Beberapa keuntungan menggunakan BiaRIV-1 adalah : (1) selektif, hanya membunuh *P. operculella*, (2) efektif untuk *P. operculella* termasuk strain Bandung yang telah resisten terhadap insektisida kimia, (3) persisten (bertahan lama) pada tanaman dan tanah, (4) aman bagi manusia, hewan dan lingkungan, (5) dapat dipadukan dengan cara insektisida kimia misalnya Karbaril (> Rp. 50.000,-/kg) (Setiawati *dkk.*, 1998).



Gambar 18. *P. opercuella* terserang PoGV (A), *P. opercuella* sehat (B) (Foto : CIP)

Untuk pertanaman di lapangan digunakan 40 larva *P. opercuella* yang telah terinfeksi GV digerus dan dilarutkan dalam 1 liter air. Untuk penyimpanan umbi di gudang, setiap 25 kg umbi bibit kentang dimasukkan ke dalam karung goni. Ke dalam karung goni tersebut dimasukkan 125 gram formulasi BiaRIV-1 yang diaduk dengan umbi sampai merata, kemudian umbi kentang disimpan di tempat yang bersih (Setiawati *dkk.*, 1998).

4.2.3. *Steinernema* spp.

Steinernema spp. merupakan golongan nematoda dengan siklus hidup sederhana, yaitu telur, larva (juvenil) dan dewasa. Larva mempunyai 4 stadia yang ditandai dengan pergantian kulit. *Steinernema* spp. tidak mempunyai stilet. (Gambar 19). Panjang tubuh juvenil 438-950 μ m, dan dewasanya 1200-1500 μ m (Choo dan Kaya, 1993). *Steinernema* spp. bersimbiosis dengan bakteri *Xenorhabdus* spp. masuk ke dalam tubuh serangga melalui integumen, spirakel, anus dan mulut (Tanda dan Kayu, 1993). Setelah masuk tubuh serangga, *Steinernema* spp. akan melepaskan bakteri *Xenorhabdus* spp. yang dapat membunuh serangga secara septisemia dan membuat kondisi yang cocok untuk pertumbuhan dan reproduksi nematoda di dalam tubuh serangga yang mati (Dunphy *et al.*, 1985).

Gejala serangan : Warna inang berubah menjadi coklat kekuningan dan tubuhnya menjadi lembek. Hal tersebut disebabkan oleh eksotoksin yang dihasilkan oleh bakteri simbiosis.

Konsentrasi 400 juvenil III/ml efektif terhadap larva *Crocidolomia binotalis* (= pavonana) pada kubis, dengan tingkat mortalitas 70% (Uhan, 2001). Konsentrasi 2000 juvenil III/ml efektif terhadap *Spodoptera litura* pada cabai merah, dengan tingkat mortalitas 70% (Uhan, 2003). Konsentrasi 4000 juvenil III/ml dan dosis 60 ml/m² efektif terhadap *S. exigua*, dengan tingkat mortalitas 90% (Wagimen dkk., 2002). Aplikasi 5 x 10⁸ juvenil III/ha efektif terhadap *Liriomyza huidobrensis* pada krisan dan kentang dengan tingkat mortalitas 75% (Julensri dkk., 2000).



Gambar 19. *Steinernema* spp. (Foto : Anonim)

4.3.3. *Beauveria bassiana*

B. bassiana adalah jenis jamur yang tergolong dalam kelas Deuteromycetes, ordo Monihialis, famili Moniliaceae. Konidiofor yang fertil bercabang-cabang secara zig-zag. Konidia bersel satu, berbentuk bulat sampai oval berukuran 2-3 mikron. Hifa *B. bassiana* hialin, dalam koloni berwarna putih seperti kapas.

B. bassiana masuk ke tubuh serangga melalui kulit di antara ruas-ruas tubuh. Penetrasinya dimulai dengan pertumbuhan spora pada kutikula. Hifa fungi mengeluarkan enzim kitinase, lipase dan protease yang mampu menguraikan komponen penyusun kutikula serangga. Di dalam tubuh serangga hifa berkembang dan masuk ke dalam pembuluh darah. Di samping itu *B. bassiana* juga menghasilkan toksin seperti beauverisin, beauverolit, bassianaliti, isorolit dan asam oksalat yang menyebabkan darah serta merusak saluran pencernaan, otot, sistem syaraf dan pernafasan yang pada akhirnya menyebabkan kematian (Cheung dan Gula, 1982).

Gejala yang terlihat adalah larva menjadi kurang aktif kemudian kaku dan diikuti oleh perubahan warna tubuh karena dinding tubuhnya sudah ditutupi oleh hifa dan hibrida yang berwarna putih seperti kapas (Gambar 20).

Aplikasi di lapang berupa suspensi (biakan jagung blender) dalam air, langsung disemprotkan di habitat hama pagi hari atau sore hari. Dosis 1 kg/ha cukup efektif terhadap *Aphid* dan *Thrips* sp. (Ellyda, 1993). Dosis 2 kg/ha cukup efektif terhadap *P. xylostella* pada kubis.



Gambar 20. Gejala serangan jamur patogen (Foto : Anonim)

V. PENGEMBANGAN PENGENDALIAN HAYATI HAMA PADA TANAMAN SAYURAN

Praktek pengendalian hayati dengan menggunakan musuh alami yang dilakukan sampai saat ini dapat dikelompokkan menjadi 3 kategori, yaitu introduksi, augmentasi dan konservasi. Meskipun katiga teknik pengendalian hayati tersebut berbeda dalam sasaran dan tekniknya, tetapi dalam pelaksanaan pengendalian hayati sering digunakan secara bersama.

5.1. Introduksi Musuh Alami

Teknik introduksi atau importasi musuh alami seringkali disebut sebagai praktek klasik pengendalian hayati. Ada dua prinsip pengendalian hayati yaitu mengimpor (mengintroduksi) musuh-musuh alami dari luar negeri dan kedua adalah mengimpor musuh alami untuk mengendalikan hama sasaran di suatu daerah yang sebelumnya belum ada. Di Indonesia, introduksi parasitoid dan predator yang telah dilakukan antara lain adalah introduksi parasitoid *D. semiclausum* diketahui berkembang baik di Pacet, Sindanglaya, Kopeng, Tawamangu dan Bukit Singgalang. Tahun 1968 diketahui berkembang baik di Lembang dan pada tahun 1987, parasitoid tersebut diketahui sudah mapan dengan baik di daerah-daerah yang merupakan pusat pertanaman kubis di dataran tinggi di Indonesia dengan tingkat parasitasi berkisar antara 59 sampai 82% (Sastrosiswojo, 1987). Pada tahun 1988, *D. semiclausum* diintroduksi ke Sulawesi Selatan dan Sulawesi Utara. Pada tahun 1991, parasitoid *D. semiclausum* dilepaskan di daerah Majalangka dan Magelang dengan tujuan untuk meningkatkan populasi parasitoid *D. semiclausum* di dataran medium. Parasitoid tersebut ternyata mampu hidup di daerah tersebut dengan tingkat parasitasi berkisar antara 25-50% dan pada tahun 1995 meningkatkan menjadi 86.4% . (setiawati dan Sastrosiswojo, 1996).

Cotesia plutellae merupakan salah satu parasitoid larva *P. xylostella*. Pertama kali diintroduksi pada tahun 1989 dari Vegetable Research and Development Center (AVRDC), Taiwan (Maryam dan Omoy, 1996).

Parasitoid tersebut berhasil dikebangbiakkan di Indonesia dan dilepaskan di dataran medium (< 700 m dpl).

Pada tahun 1996, tungau predator *A. cucumeris* (Phytoseiidae : Acarina) diintroduksi dari Belanda ke Indonesia (Prabaningrum *et al.*, 1997). Kemampuan pemangsaan *A. cucumeris* terhadap *T. parvispinus* dan *P. latus* masing-masing adalah sebanyak 4.6 dan 73.9 ekor.

5.2. Perbanyak Musuh Alami

Perbanyak musuh alami secara masal sangat diperlukan untuk meningkatkan populasi musuh alami di lapangan. Beberapa kegiatan yang dilakukan adalah menyediakan makanan yang cukup bagi hama sasaran untuk inang musuh alami tersebut. Hal yang penting adalah menyediakan jumlah populasi stadium hidup hama sasaran yang disukai oleh musuh alami pengendali hayati. Bila inang tidak mencukupi akan mengancam proses perbanyak musuh alami tersebut. Musuh alami dapat diperbanyak di laboratorium atau rumah kaca dan di lapangan. Beberapa alat dan bahan yang diperlukan untuk proses perbanyak antara lain kurungan serangga, serangga inang, tanaman inang, madu, dan sebagainya (Gambar 21, 22, 23). Tanaman inang dapat diganti dengan makanan buatan (Tabel 4 dan 5). Cendaawan antagonis dapat diperbanyak dengan media buatan yang cocok, baik media padat atau cair.

Contoh proses atau cara perbanyak musuh alami *D. semiclausum* dan *C. plutellae* di sajikan pada skema perbanyak musuh alami.

Bila dilihat dari segi kepraktisan dan efisiensi ekonomi, parasitoid *D. semiclausum* lebih baik diperbanyak di lapangan sehingga langsung dapat dilepas (Gambr 24).

Perbanyak parasitoid *D. semiclausum* di lapangan dengan 10 pasang imago *P. xylostella* + 10 pasang *D. semiclausum* per sungkup (p = 150 cm, l = 140 dan t = 100 cm) adalah efektif dan efisien. Hasil kokon 200 ekor *D. semiclausum*/sungkup. Pelepasan cukup dilakukan tiga kali yaitu pada 14 HST, 35 HST dan 56 HST. Dari hasil penelitian ternyata perbanyak parasitoid dapat meningkatkan daya parasitasi sebesar 10% (Prabaningrum, 1994).

Tabel 4. Makanan buatan untuk perbanyak hama *S. litura*, *P. xylostella* dan *C. pavonana*

No.	<i>S. litura</i>		<i>P. xylostella</i>		<i>C. pavonana</i>	
	Bahan	Berat/vol g/ml	Bahan	Berat/vol g/ml	Bahan	Berat/vol g/ml
1.	Kacang merah	75	Casein	3.5	Casein	10.5
2.	Wheat germ	100	Alphacel	0.5	Selulosa	6.0
3.	Dry yeast	40	Wesson's salt mix	1.0	Wesson's salt mix	2.4
4.	Sorbic acid	1.4	Sucrose	3.5	Sucrose	15.0
5.	Sodium ascorbate	4	Wheat germ	300	Ragi roti/ebios	12.0
6.	Agar batang	12	Methyl-p-hydrobenzoat	0.15	Methyl-p-hydrobenzoat	0.15
7.	Methyl paraben	2.8	Choline choride	0.1	Choline choride	0.6
8.	Air	800	Ascorbic acid	0.4	Ascorbic acid	1.0
9.	Vitamin mix.	9.5	Aureomycin	0.015	Folic acid	0.1
10.	Benlate	1	Serbuk daun kubis	3.0	Serbuk daun kubis	12.0
11.	-	-	Cholesterol	0.25	Cholesterol	0.3
12.	-	-	i-Inositol	0.018	Sorbic acid	0.15
13.	-	-	Agar	2.5	Agar	12.0
14.	-	-	Aquadest	87.0	Aquadest	290.0
15.	-	-	KOH (4M)	0.5	Tween 20	0.3
16.	-	-	Vitamin B cair	1.0	Formalin 4 %	6.0
17.	-	-	Linseed oil	-	Rape seed oil	2.4
18.	-	-	-	-	Acetic acid	0.5

Sumber : Anonim (1997)

Tabel 5. Media untuk pertumbuhan dan penyimpanan agens hayati

No.	Musuh alami	Media	
		Pertumbuhan	Penyimpanan
1.	<i>Gliocladium</i> sp.	PDA	Dedak, jagung, media kompos
2.	<i>Trichoderma</i> sp.	PDA	Dedak, media kompos
3.	<i>P. fluorescens</i>	KB	Cair
4.	<i>Fusarium</i> spp. Avirulen	PDA, PCNB	Kentang (stater)
5.	<i>Verticillium</i> spp.	PSDA, Malt agar	PDA
6.	<i>Beauveria</i> spp.	PDAY	PDAY
7.	<i>Metarrhizium anisopliae</i>	PDA	PDa

Sumber : Nuryani dan Djatnika (2000)



Gambar 21. Tempat perbanyakan musuh alami (Foto : Setiawati)

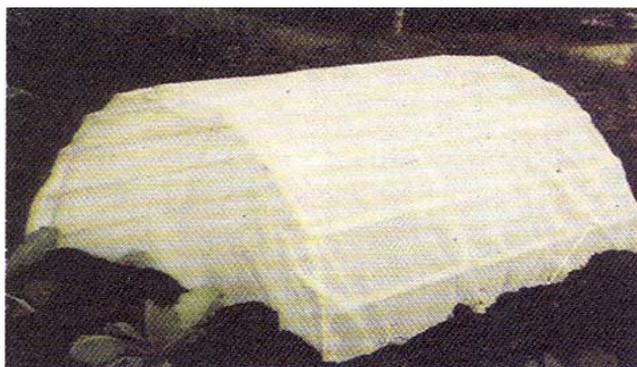
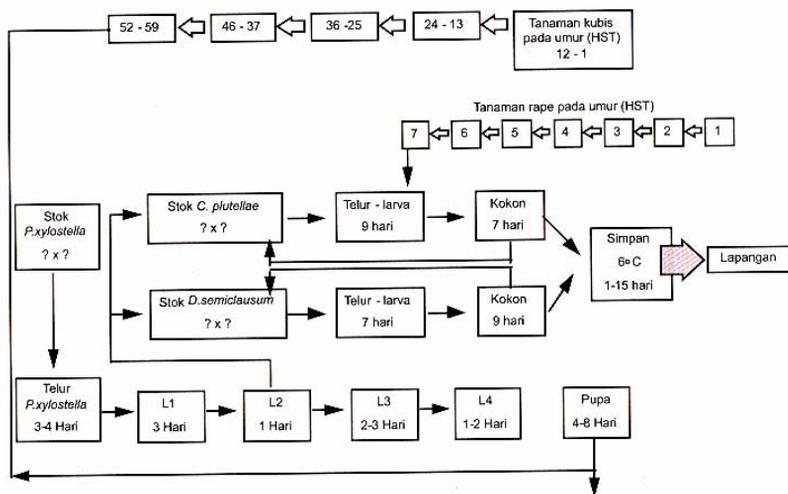


Gambar 22. Kurungan serangan tempat perbanyakan musuh alami (Foto : Setiawati)



Gambar 23. Perbanyakan musuh alami (Foto : Setiawati)

Skema Perbanyakan Musuh Alami



Gambar 24. Perbanyakan *D. semiclausum* di lapangan (Foto : Prabaningrum)

5.3. Augmentasi

Augmentasi adalah usaha untuk mempertinggi daya guna musuh alami yang telah ada, misalnya dengan melakukan pembiakan secara masal dan menyebarkan kembali ke alam. Augmentasi dibagi menjadi dua yaitu inokulasi dan inundasi. Inokulasi adalah pelepasan musuh alami dalam jumlah terbatas yang bertujuan untuk meningkatkan populasi, sedangkan inundasi adalah pelepasan musuh alami dalam jumlah besar.

Berbagai upaya untuk meningkatkan populasi musuh alami di ekosistem sayuran sudah dilakukan. Pelepasan *D. semiclausum* di berbagai tempat di Indonesia telah dilakukan, ternyata parasitoid tersebut efektif untuk mengendalikan hama *P. xylostella* pada tanaman kubis-kubisan. Sastrosiswojo (1989) menyatakan bahwa, pada satu hektar pertanaman kubis (28.400 tanaman) dibutuhkan kira-kira 12.000 kokon *D. semiclausum*. Bila tingkat parasitasi larva *P. xylostella* ≤ 25 %, maka perlu dilakukan parasitoid *D. semiclausum* (400 kokon atau 200 pasang imago/1000 tanaman kubis).

Pelepasan parasitoid *H. varicornis* pada pertanaman kentang dikombinasikan dengan penggunaan insektisida seletif ternyata mampu menekan populasi hama *L. huidobrensis* (Asandhi dan Setiawati, 2000).

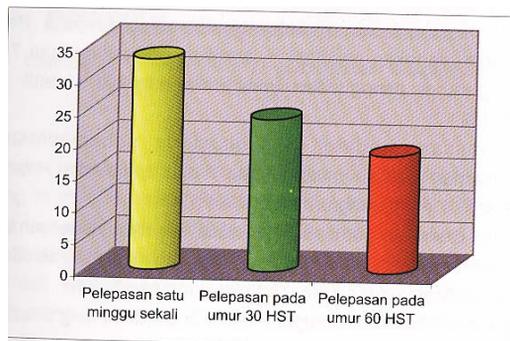
Trichogramma sp. Merupakan parasitoid yang potensial untuk mengendalikan *H. armigera*. Usyati dkk. (2003) menyatakan bahwa pelepasan) cukup efektif dalam menekan populasi *H. armigera*. Parasitoid tersebut dapat menekan populasi *H. armigera* sampai dengan 75 % dan dapat mengurangi penggunaan insektisida piretroid sintetik sampai dengan 65.6%.

Pelepasan predator *A. cucumeris* sebanyak 25 ekor predator/tanaman efektif menekan hama *T. parvispinus* dan *P. latus* pada tanaman paprika (Prabaningrum *et al.*, 1999).

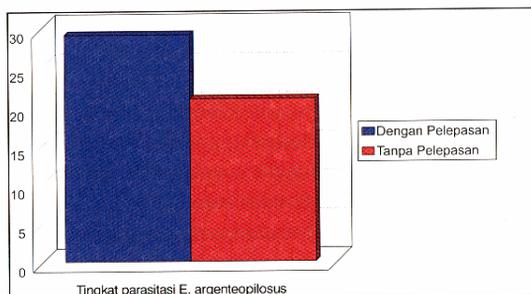
Untuk menekan populasi kutu kebul, *B. tabaci* di daerah endemik penyakit Gemini Virus, yaitu di Lampung dan Yogyakarta telah dilepaskan predator *M. sexmaculatus* sebanyak 1 ekor/tanaman/bulan.

Encarsia formosa merupakan musuh alami penting *B. tabaci* satu ekor *E. formosa* mampu menghasilkan telur 100-200 telur. Cara pelepasan untuk tanaman cabai atau tomat : 1 ekor *E. formosa* 4 tanaman/minggu selama 8-10 minggu. Untuk luasan 1 hektar diperlukan 10.000 ekor *E. formosa* (Hoddle, 2003).

Parasitoid *E. argenteopilosus* telah dilepaskan pada ekosistem sayuran dalam upaya untuk mengendalikan hama *H. armigera* pada tanaman tomat, *C. pavonana* pada tanaman kubis-kubisan dan *S. litura* pada tanaman cabai merah. Pelepasan parasitoid tersebut mampu menekan populasi ketiga jenis hama tersebut. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa petak yang dilepasi parasitoid populasinya meningkat sekitar 32% dan pelepasan yang dilakukan satu minggu sekali dapat meningkatkan populasi parasitoid *E. argenteopilosus* di lapangan (gambar 25 dan 26) (Setiawati, 2003 dan 2004).



Gambar 25. Tingkat parasitasi parasitoid *E. argenteopilosus* pada berbagai umur tanaman



Gambar 26. Tingkat parasitasi parasitoid *E. argenteopilosus* pada Petak Tanpa dan Dengan Pelepasan



Gambar 27. Tempat pelepasan musuh alami di lapangan (Foto : Setiawati)

Musuh alami dilepaskan di tengah-tengah petak pertanaman sayuran, agar dapat menyebar ke seluruh areal tanaman sayuran (Gambar 27).

Salah satu cara untuk menyebarluaskan virus entomopatogen pada ekosistem sayuran adalah dengan autodiseminasi atau penyebaran sendiri melalui feromonoid seks. Autodiseminasi merupakan salah satu metode baru dalam mengaplikasikan virus entomopatogen. Autodiseminasi didefinisikan sebagai penyebar entomopatogen secara langsung oleh satu individu kepada individu lain pada satu populasi. Beberapa penelitian yang telah dilakukan adalah autodiseminasi untuk *P. xylostella* pada tanaman kubis, *S. exigua* pada tanaman bawang merah dan BiaRIV-1 untuk *P. operculella* pada tanaman kentang.

5.4. Pelestarian Musuh Alami

DeBach (1979) menyatakan bahwa konservasi atau pelestarian musuh alami mutlak diperlukan jika pengendalian hayati diharapkan bekerja secara berkelanjutan. Teknik pelestarian bertujuan untuk menghindari tindakan-tindakan yang dapat menurunkan populasi musuh alami. Pelestarian menyangkut manipulasi lingkungan yang menguntungkan kehidupan musuh alami, yaitu meniadakan atau setidaknya tidaknya mengurangi faktor-faktor yang merugikan, dan atau menyediakan faktor-faktor yang diperlukan. Gulma dan tanaman yang mengandung polen dapat digunakan untuk pelestarian parasitoid dan predator sebagai sumber makanan, tempat berlindung dan berkembang

biak sebelum inang utama hadir. Menurut van Driesche dan Bellows (1996) tindakan-tindakan konservasi yang dapat dilakukan adalah :

1) Penggunaan pestisida secara terbatas dan selektif

Penggunaan pestisida seletif untuk menghindari gangguan terhadap musuh-musuh alami dapat dilakukan dengan cara : (1) Penggunaan pestisida selektif dengan dosis minimal; (2) Penggunaan pestisida pada serah/ tempat pertanaman secara terbatas, yaitu tempat terjadinya ledakan hama; (3) Penggunaan umpan beracun; dan (4) Aplikasi pestisida berdasarkan Ambang Pengendalian hama sasaran. Beberapa jenis insektisida yang diketahui selektif terhadap musuh alami penting disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Beberapa jenis insektisida yang selektif terhadap musuh alami

No.	Jenis musuh alami	Insektisida
A.	Parasitoid	
1.	<i>H. varicornis</i>	Siromasin, Bensulfat dan Abamektin
2.	<i>D. semiclausum</i>	<i>B. thuringiensis</i> , Sipermetrin, Profenofos, Klorfluazuron, Teflubenzuron, Spinosad, Abamektin
3.	<i>E. argenteopilosus</i>	Protiofos, <i>B. thuringiensis</i> var. <i>aizawai</i> , ekstrak daun <i>Lantang</i> sp., ekstrak daun <i>Aglalia odorata</i> , dan ekstrak biji sirsak
B.	Predator	
1.	<i>Coccinella</i> sp.	Spinosad, Sihalotrin, Tiakloprid

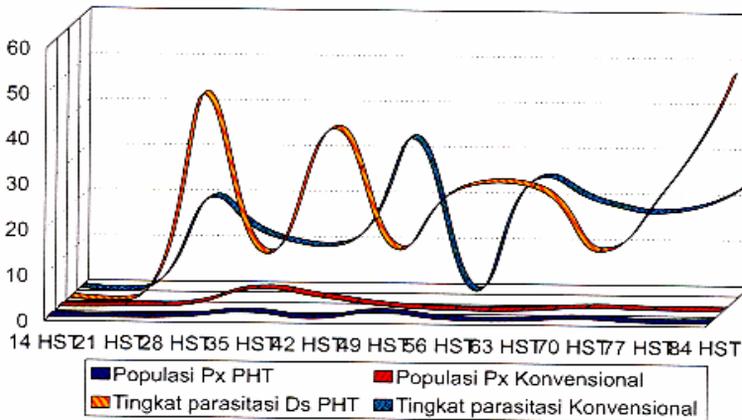
Penggunaan insektisida yang sering dan terus menerus dapat menekan populasi musuh alami di lapangan. Santoso *dkk.* (1996) melaporkan bahwa tingkat populasi parasitoid telur *T. chilonis* pada tanaman tomat sangat rendah pada petak yang dipalikasi dengan insektisida dibandingkan dengan pertanaman yang tidak dilakukan aplikasi (Tabel 7).

Tabel 7. Tingkat parasitasi telur *H. armigera* pada pertanaman tomat

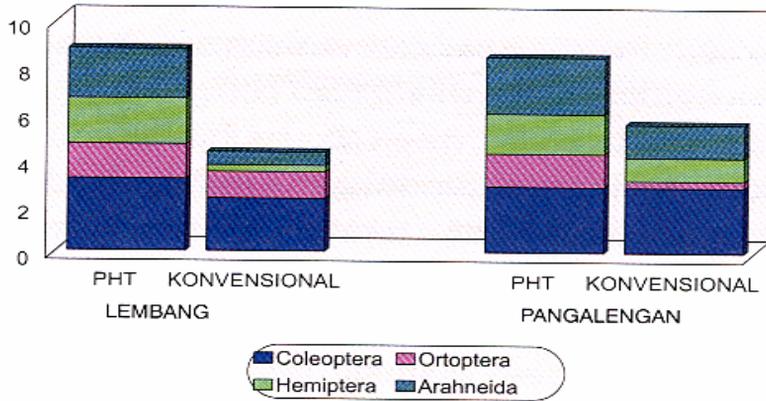
Umur tanaman (HST)	Parasitasi (%)	
	Lahan tanpa insektisida	Lahan petani
43/55	14.91 (n = 68)	1.54 (n = 65)
50/62	5.62 (n = 89)	0.00 (n = 75)
57/67	15.66 (n = 83)	0.00 (n = 59)
64/76	68.82 (n = 93)	(0.00 = 74)
71	31.25 (n = 32)	-
78	11.76 (n = 17)	-
Rata-rata	27.22 (n = 382)	0.37 (n = 273)

Sumber : Santosa dkk. (1996)

Dalam penerapan PHT pada tanaman kubis, ternyata bahwa dengan memasukan tingkat parasitasi parasitoid *D. semiclausum* dan penggunaan parasitoid dan predator (Setiawati dan Sastrosiswojo, 1996) (Gambar 28 dan 29).

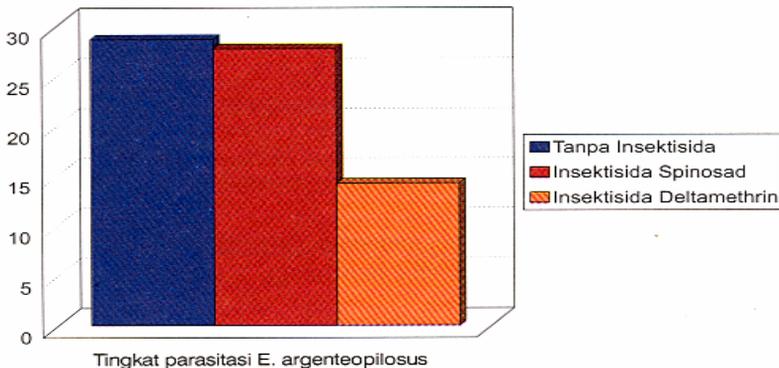


Gambar 28. Fluktuasi populasi *P. xylostella* dan *D. semiclausum* pada Petak PHT dan Konvensional di Lembang



Gambar 29. Populasi predator pada Petak PHT dan Konvensional di pertanaman kubis di Lembang dan Pengalengan

Penggunaan insektisida yang tidak selektif seperti Deltametrin ternyata dapat menurunkan populasi parasitoid *E. argenteopilosus* sebesar 52% (Setiawati, 2003) (Gambar 30).



Gambar 30. Pengaruh perlakuan insektisida terhadap tingkat parasitasi *E. argenteopilosus*

2) Menyediakan tempat perlindungan (*refuges*) di sekitar pertanaman inang alternatif, tumbuhan produsen nektar dan tumpangsari)

Parasitoid dan predator yang mempunyai sifat polifag dapat menggunakan serangga inang alternatif, jika serangga inang utama tidak ada. Gulma tumbuh di sekitar tanaman utama umumnya dianggap mengganggu tanaman utama. Beberapa jenis gulma bermanfaat bagi parasitoid dan predator, karena gulma dapat digunakan sebagai tempat berlindung serangga inang dan tempat bertelur bagi parasitoid dan predator.

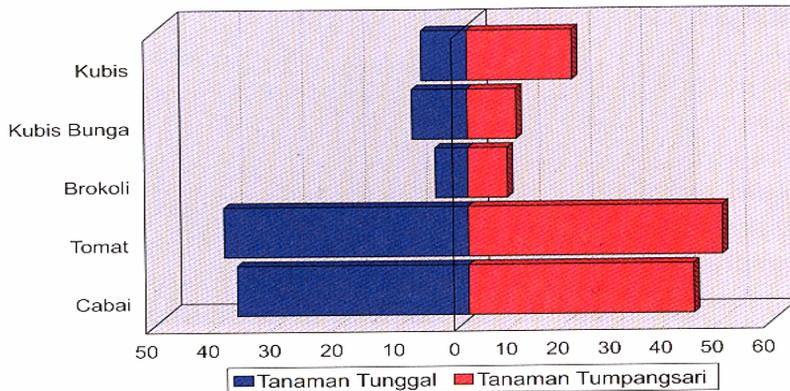
Parasitoid dan predator khususnya serangga dewasa memakan madu atau gula untuk memnuhi kebutuhan hidupnya. Dengan terpanuhinya makanan tersebut diharapkan populasi parasitoid dan predator akan meningkat. Saad dan Bishop (1977) menyatakan bahwa penyemprotan embun madu buatan pada tanaman kentang dapat meningkatkan beberapa jenis predator seperti *Coccinella* sp., *C. carnea* dan *Hippodamia* sp. Penyemprotan ekstrak brokoli pada tanaman tomat ternyata dapat meningkatkan populasi parasitoid *E. argenteopilosus* (Setiawati, 2003 dan 2004).

3) Memodifikasi system budidaya tanaman (menanam tanaman penutup tanah, pola tumpangsari)

Secara ekologis, kemungkinan keberhasilan pelepasan parasitoid dan predator dalam pengendalian hama akan lebih tinggi bila diterapkan pada ekosistem sayuran yang mempunyai keanekaragaman hayati yang lebih tinggi dibandingkan dengan ekosistem sayuran yang keanekaragaman hayatinya rendah. Sebaliknya penerapan dan pengembangan parasitoid dan predator akan meningkatkan keanekaragaman hayati pada suatu tempat. Dengan demikian system pola tanam sayuran polikultur akan lebih menentukan keberhasilan dan keberlanjutan pelepasan parasitoid dan predator dibandingkan dengan system pola tanam sayuran monokultur.

1. Eksositem tanaman kubis tanpa penyiangan gulma dapat membantu melestarikan parasitoid dan pemangsa yang hidup dalam habitat tersebut.
2. Tumpangsari antara tomat dan jagung, kubis dan sawi jabung dapat meningkatkan populasi parasitoid.

3. Tumpangsari antara kentang dan kacang-kacangan dapat meningkatkan populasi parasitoid *H. varicornis*.
4. Tumpangsari terbaik untuk konservasi musuh alami *E. argenteopilosus* adalah dengan cara menanam brokoli, tomat dan cabai secara bersamaan dan brokoli di tanam dua minggu setelah tomat dan cabai, peningkatan musuh alami lebih dari 32 %. Tumpangsari antara tanaman tomat dengan brokoli mampu meningkatkan populasi parasitoid *E. argenteopilosus*.
5. *E. argenteopilosus* merupakan parasitoid polifag yang memarasit larva *C. binotalis*, *S. litura* dan *H. armigera*. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa proporsi parasitoid berbeda antara tanaman monokultur dan tumpangsari, Proporsi parasitoid paling tinggi ditemukan pada tanaman tomat, cabai, kubis, kubis bunga dan brokoli dengan tingkat parasitasi tertinggi sebesar 49.37% dan terendah 7.75%. Sistem tanam tumpangsari ternyata mampu meningkatkan persentase parasitasi sebesar 32% (Gambar 31). Tersedianya tanaman selain yang menjadi inang alternative hama juga dapat membantu keberadaan parasitoid tersebut. Oleh karena itu system tanam tumpangsari ataupun pergiliran tanaman akan membantu meningkatkan populasi musuh alami (Gambar 32 dan 33).



Gambar 31. Tingkat parasitasi *E. argenteopilosus* pada tanaman yang ditanam secara tunggal dan tumpangsari



Gambar 32. Tumpangsari tomat dan brokoli (Foto : Setiawati)



Gambar 33. Tumpangsari kubis dengan kanola (Foto : Setiawati)

VI. KENDALA PEMANFAATAN MUSUH ALAMI

Penggunaan agens hayati yang dirakit dalam komponen teknologi PHT yang dihasilkan oleh Balitsa pada komoditas sayuran seperti bawang merah, cabai merah, kentang, kubis dan tomat ikut berperan dalam mengatasi OPT sayuran secara mantap, efisien sekaligus mempertahankan kelestarian lingkungan. Secara umum hasil panen sayuran meningkat, frekuensi penyemprotan pestisida berkurang dan keuntungan usahatani meningkat. Namun demikian, disadari bahwa masih terdapat beberapa kesulitan dan kendala yang terjadi dalam penerapan dan pengembangan pengendalian hayati antara lain :

1. Modal investasi pemuliaan yang besar yang harus dikeluarkan untuk kegiatan eksplorasi, penelitian, pengujian dan evaluasi. Karena menyangkut biaya yang mahal maka dalam pelaksanaannya diperlukan suatu kerjasama dengan pengusaha. Sampai saat ini masih sedikit pengusaha yang tertarik untuk mengembangkan musuh alami.
2. Kebiasaan petani (social budaya) dalam menggunakan pestisida sintetik. Petani lebih memilih menggunakan pestisida sintetik karena masih terdapat kesan bahwa cara pengendalian dengan memanfaatkan musuh alami dianggap lambat dalam menekan perkembangan hama, sehingga kurang diminati petani.
3. Fasilitas dan sumberdaya manusia. Diperlukan penyuluhan dan pelatihan petugas pertanian melalui instansi terkait. Untuk mendukung program PHT secara menyeluruh tetap diperlukan penelitian dan pengembangan musuh alami yang berkesinambungan, sehingga secara bertahap teknologi PHT sayuran dapat disempurnakan.
4. Tantangan yang perlu diperhitungkan adalah bila keseimbangan alami yang ada diubah (agroekosistem buatan manusia) akan berakibat hilangnya beberapa organisme pendukung komunitas alami dan meledaknya OPT lainnya yang lebih diuntungkan. Dalam hal ini perlu adanya pengertian di antara pihak pengguna sumber daya alam dan sumber daya alamnya sendiri (tanaman, lahan, lingkungan dan jasad biotik di sekitarnya). Konsep PHT menawarkan

konsep yang akrab dengan alam. Yang perlu dicari atau dipilih adalah keakraban yang harmonis yang dapat memberikan keuntungan bagi berbagai pihak. Bukan saja bagi pengguna, tetapi juga bagi alam yang merupakan sumber kehidupan. Tantangan lain yang akan ditemukan adalah keselarasan antara rakitas yang dipadu dengan kelaikan pelaksanaannya di dareal yang lebih luas (skala agribisnis). Perubahan dari eksoistem penelitian kepada ekosistem yang lebih kompleks akan menimbulkan kendala-kendala baru yang sebelumnya tidak diketahui. Kerjasama antara peneliti dengan para pengusaha agribisnis adalah salah satu jalan keluar untuk sama-sama memecahkan masalah yang akan dan sudah timbul.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1990. AVRDC to host 2nd Workshop on IPM of the Diamondback Moth. Centerpoint 8 : 1-2.
- Anonim. 1993. Integrated Pest Management Reduces Insecticide Cost by 80 %. Centerpoint 1 : hal 8.
- Anonim. 1997. Diet Preparation for Diamondback Moth. *Plutella xylostella*, *Crociodolomia binotalis* dan *Spodoptera litura*, Colony. SIT Training. Japan Philippines. 6 pp.
- Anonim. 2002. Classification and Systematics of the Ichneumonidae (Hymenoptera).
<http://www.botany.utoronto.ca/reseachlabs/thalerlab/photo.htm>
- Anonim. 2003. Proyek Integrated Pest Management. PT Rian. Joro, Koppert dan Jortech Nederland B.V.
- Amir, M. 2002. Kumbang Lembing Pemangsa Coccinellidae (Coccinellidae) di Indonesia. JICA. Biodiversity Conservation Project. 47 hal.
- Asandhi, A.A. dan W. Setiawati. 2000. Pelepasan Parasitoid *Hemiptarsenus varicornis* pada Tanaman Kentang. Lap. Perc. APBN TA. 2000/2001. 9 hal.
- Cannon, R. 1992. Bioinsecticides Shell and Mycogen Forge Ahead. Shell Agriculture. 13 : p. 15.
- Cheung P.Y.K. and E.A. Gula. 1982. In vivo events associated with entomopathology of *Beauveria bassiana* for the com car worm (*Heliothis zea*). J. Invert 39 (3) : 303-313.

- Choo and H.K. Kaya. 1993. Insect Pathology. Academic Press. San Diego. California, USA. 689: 456-448.
- De Bach, P. 1979. Biological Control by Natural Enemies. Cambridge University Press, London. 323 pp.
- Dibiyantoro, A.L. dan Y. Sunjaya. 2001. Peranan agens hayati pada pengendalian thrips mendukung pengelolaan ekosistem sayuran berkelanjutan. Hal. 107-112. *Dalam* : Baehaki S.E., E. Santosa, Hendarsih S., T. Suryana, N. Widiarta dan Sukirno (eds.). Prosiding Simposium Pengendalian Hayati Serangga di Sukamandi, 14-15 Maret 2001. Kerjasama Balitpa Fak. Pertanian UNPAD Ditlin Tanaman Pangan PEI Cabang Bandung.
- Djatnika, I. 1993. Penyakit-penyakit tanaman kubis dan cara pengendalian. Hal. 51-61. *Dalam* : A.H. Permadi dan S. Sastrosiswojo (Penyunting). Kubis, Buku. Edisi Pertama. Kerjasama : Balihort Lembang dengan Program Nasional PHT, BAPPENAS. Jakarta.
- Dunphy, G.B, T.A. Rutherford and J.M. Webster, 1985. Growth and virulence of *Steinernema gloseri* influenced by different subspecies of *Xenorhabdus nematophilus*. J. of Nematology 17(4) : 366-370.
- Duriat, A.S., S. Tirtawidjaja, R. Suseno dan G. Satari. 1988. Pengaruh pemusnahan batang dan pemberian insektisida terhadap gejala Potato Leaf Roll Virus (PLRV). Bull.Penel.Hort. 16(2 : 122-129.
- Harwanto, A. Rauf, N. Maryana dan D. Hindayana. 2001. Lalat Predator *Coenosia humilis* Meigen (Diptera : Anthomyiidae) di Pertanaman Kentang : Kelimpahan, Pemangsaan dan Pengaruh Budidaya Tanaman. Research Reports. ACIAR. P. 85-92.
- Hidayat, S.H., Rusli E.S. dan Aidawati, N. 1999. Penggunaan primer universal dalam polymerase chain reaction untuk mendeteksi virus Gemini pada cabai. Prosiding Kongres Nasional XV dan Seminar Ilmiah PFI, Purwokerto, 16-18 September 1999.

- Hidayani dan A. Rauf. 2002. The biology of the Leafminer Parasitoid *Hemiptarsenus varicornis* (Girault) (Hymenoptera : Eulophidae). Research Reports. ACIAR. P. 69-71.
- Hoddle, M.S. 2003. The Biology and management of Silverleaf Whitefly, *Bemisia argentifolii* Bellow and Perring (Homoptera : Aleyrodidae) on Greenhouse Grown Ornamental. <http://www.biocontrol.ucr.edu/bemisia.html>.
- Irsan., C dan P. Hidayat. 2003. Perilaku *Dieeretiella* sp. (Hymenoptera : Aphididae) dan *Aphelinus* sp. (Hymenoptera : Aphelinidae) dalam Memarasit Kutu Daun *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera : Aphididae). Kongres PEI dan Simposium Entomology VI. Hal : A113.
- Julensri, T. Santoso. A. Rauf dan Chaerani. 2000. Uji Keefektifan Nematode Entomopatogen *Heterohabditis indicus* dan *Steinernema riobravus* terhadap Hama Pengorok Daun *Liriomyza huidobrensis*. Laporan Penelitian Kerjasama IPB dan Balitbio. Bogor.
- Kalshoven, L.G.E. 1981. Pests of Crops in Indonesia. Revisi oleh P.A. van der Laan. PT Icthiar Baroe-van Hoeve. Jakarta. 701 pp.
- Kashiwada, Y. 1996. BestGuard^R (nitenpyram, TI-304). A New Systemic Insecticides. Agrochemicals. Japan. 68 : p. 19.
- Karindah., S; E. Siswanto, Sultanto, dan L. Susistyowati. 2003. Parasitoid Larva Pupa Tetrastichinae (Hymenoptera : Eulophidae) pada *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera : Yponomeutidae) di Daerah batu dan Kabupaten Malang. Kongres PEI dan Simposium Entomology VI. Hal : A5.

- Maryam A. dan T.R. Omo. 1996. Evaluasi parasitisme *Cotesia plutellae* terhadap hama perusak daun kubis *Plutella xylostella* dan pengaruhnya terhadap *Diadegma semiclausum*. Hal : 373-384. Dalam : Duriat. A., R.S. Basuki, R.M. Sinaga, Y. Hilman dan Z. Abidin (eds.). Prosiding Ilmiah Nasional Komoditas Sayuran. Lembang 24 Oktober 1995. balitsa Kerjasama dengan PFI Komda Bandung dan Ciba Plant Protection. 733 hal.
- Nakazawa, H. and R. Akunama. 1993. Insect Pests and Diseases Control of Cabbages in Japan. *Agrochemicals Japan*. 63 : P.18.
- Nuryani, W. dan I. Djatnika. 2000. Pemanfaatan Agens hayati pada Tanaman Hias. Makalah disampaikan pada Gelar Teknologi Penerapan PHT dan temu teknis Pemanfaatan Agens Hayati. 8 hal.
- Omoy, T.R. 1995. Kehilangan Hasil Panen dan Pengendalian Hama *Thrips parvispinus* (Thysanoptera : Thripidae) pada Cabai (*Capsicum annum*) di Dataran Tinggi. Prosiding Seminar Nasional Peranan Entomologi dalam Pengendalian hama yang Ramah Lingkungan dan Ekonomis. PEI Cabang Bogor. Hal : 769-773.
- Pasandaran, E. dan P.U. Hadi. 1994. Prospek Komoditi Hortikultura di Indonesia dalam Kerangka Pembangunan Ekonomi. Makalah pada penyusunan Prioritas dan Desain Penelitian Hortikultura, Solok, 17-19 Nopember 1994.
- Prabaningrum, L. 1994. Perbanyak Parasitoid *Diadegma semiclausum* di Lapangan dan Pelepasannya. Prosiding Seminar Hasil Penelitian Pendukung Pengendalian Hama Terpadu. Hal 287-296.
- Prabaningrum, L., S. Sastrosiswojo dan T. Rubiati. 1997. Efikasi predator *Amblyseius cucumeris* terhadap *Thrips parvispinus* dan *Polyphagotarsonemus latus* pada komunitas cabai. *J. Hort.* 9(3) : 220-225.

- Polaszek, A., G.A. Evans and F.D. Bennett. 1992. *Encarsia* parasitoids of *Bemisia tabaci* (Hymenoptera : Aphelinidae, Mohoptera : Aleyrodidae) : A preliminary guide to identification. Bull.Entomol.Res. 82:375-392.
- Rustam. R., A. Rauf dan N. Maryana. 2002. Biologi *Opius* sp. (Hymenoptera : Braconidae), Parasitoid lalat Pengorok Daun Kentang, Research Reports. ACIAR. Hal 59-67.
- Saad, A.A., Ben and G.W. Bishop. 1977. Attraction on insects to potato plants thught use of artificial honeydews and aphid juice. Entomophaga 22 (1) : 47-59.
- Santosa., T., La Daha dan D. Priyono. 1996. Perkembangan Parasitasi Telur dan Ulat *Helicoverpa armigera* pada Pertanaman Tomat dan Upaya Pengendalian Ulat tersebut dengan NPV dan Ekstrak Biji sarikaya. Makalah disampaikan dalam seminar "Temu Teknologi dan Persiapan Pemasaryakatan PHT, Lembang 26-29 Mei 1996. 16 hal.
- Sastrosiwojo, S. 1987. Perpaduan Secara Hayati dan Kimia Hama Ulat Daun Kubis (*Plutella xylostella* L.; Lepidoptera : Yponomeutidae) pada Tanaman Kubis. Disertasi, UNPAD, bandung. 388 hal.
- Sastrosiswojo, S. 1989. Mass-rearing of *Diadegma eucerothaga*. Use of Diamondback Moth as a Host. DBM-IPM Training Course. AVRDC. Taipei. Taiwan.
- Setiawati, W. 1991. Kerusakan dan kehilangan hasil buah tomat akibat serangan *Heliothis armigera* Hubner (Lepidoptera : Noctuidae). Bul.Penel.Host. 19(4) : 14-17.

- Setiawati, W. 1996. Kerusakan dan kehilangan hasil bawang merah akibat serangan ulat perusak daun (*Spodoptera exigua* Hbn.). Hal : 418-425. *Dalam* : Duriat. A., R.S. basuki, R.M. Sinaga, Y. Hilman dan . Abidin (eds.). Prosiding Ilmiah Nasional Komoditas Sayuran. Lembang 24 Oktober 1995. balitsa Kerjasama dengan PFI Komda bandung dan Ciba Plant Protection. 733 hal.
- Setiawati, W. and S. Sastrosiswojo. 1996. Potential of *Diadegma semiclausum* for biological control of diamondback moth in warmer areas. P. 141-143. *In* : Libas (ed). Collaborative Vegetable Research in Southeast Asia. Proceeding of the AVNET-II Final Workshop Bangkok, Thailand 1-6 September 1996. AVRDC ADB.
- Setiawati, S., W. R.E. Soeriaatmadja, T. Rubiati dan E. Chujoy. 1998. Pengendalian Hama Penggerek Umbi/Daun Kentang (*Phthorimaea operculella* Zell.) dengan Menggunakan Insektisida Mikroba Granulosis Virus (PoGV). Monografi No. 18 : 20 hal.
- Setiawati, W., R.E. Soeriaatmadja, S. Sastrosiswojo, L. Prabaningrum, T.K. Moekasan, I. Sulastrini, dan Z. Abidin. 2000. Dampak Penerapan Cara PHT terhadap Keanekaragaman Fauna pada pertanaman Kubis. Hal. 349-354. *Dalam* : E. Soenarjono, S. Sosromarsono, S. Wardojo, dan I. Prasadja (eds.). Prosiding Simposium Keanekaragaman Hayati Artropoda pada Sistem Produksi pertanian. Cipayung, 16-18 Oktober 2000. Kerjasama PEI dengan KHATI, Bogor.
- Setiawati. W dan B. Suprihatno. 2000. Pemanfaatan Agens Hayati pada Tanaman Sayuran. Makalah disampaikan pada Temu Teknis Pemanfaatan Agens Hayati, Cisarua Bogor, 20-22 September 2000. 15 hal.
- Setiawati. W. 2003. Pemberdayaan dan Pelestarian Parasitoid dan Predator dalam Kerangka Pengelolaan Hama Terpadu Sayuran. Laporan Akhir Proposal. Balitsa.

- Setiawati. W. 2004. Pemberdayaan dan Pelestarian Parasitoid dan Predator dalam Kerangka Pengelolaan Hama Terpadu Sayuran. Laporan Akhir Proposal. Balitsa.
- Soeriaatmadja, R.E. dan B.K. Udiarto. 1997. Kehilangan Hasil Kentang Akibat Serangan Hama *Liriomyza* sp. Laporan Proyek APBN TA. 1996/1997. Balitsa, Lembang. (Tidak dipublikasikan).
- Subagiya. 1997. Penetapan ambang ekonomi *Myzus persicae* pada tanaman lombok berdasarkan pendekatan model persamaan Seinhorst. Hal. 244. *Dalam* : Hidayat (Ed.). Pengelolaan Serangga Secara Berkelanjutan. Prosiding Kongres PEI dan Symposium Entomologi.
- Sudarwohadi, S. 1975. Hubungan antara waktu tanam kubis dengan dinamika populasi *Plutella maculipennis* Curt. Dan *Crociodolomia binotalis* Zell. Bull.Penel.Hot. 3(3) : 3-14.
- Suhardi. 1982. some aspects of late blight problems on potato in Indonesia. P. 278-283. *In* : L.Y. Harmsworth, J.A.T. Woofodr & M.E. Marvel (eds.). Potato Production in the Humid Tropics. Proceedings of the Thrid International Symposium on Potato Production for the Southeast Asian and Pacific Regions. Bandung, 12-17 Oct. 1980.
- Supartha. I.W. Surveys of parasitoid Associated with *Liriomyza huidobrensis* and *L. sativa* in Bali and Lombok. Research Reports. ACIAR. Hal 3-5.
- Tanada dan Kaya. 1993. Entomophatogenus Nematodes for Insect Control in IPM System. Academic Press. New York. 238 pp.
- Uhan, T.S. 1993. Kahilangan hasil panen kubis karena ulat krop kubis (*Crociodolomia bonotalis* Zell.) dan Cara pengendaliannya. J. Hort. 3(2 : 22-26.

- Uhan, T.S. 2001. Kemangkusan Nematoda Entomopatogen *Steinernema* spp. Isolat Lembang terhadap Mortalitas larva *Crocidolomia binotalis* Zell. Pada Tanaman Kubis di Rumah Kaca. Laporan APBN 2001.
- Uhan, T.S. 2002. Pengaruh Campuran *Steinernema* spp. Dan Bio Pestisida *Bacillus thuringiensis* terhadap Mortalitas Isolat Lembang dan terhadap Mortalitas *Spodoptera litura* pada Tanaman Cabai Merah di Rumah Kasa. Laporan APBN 2002.
- Untung, K. 1996. Pengantar Pengelolaan Hama Terpadu. Gajah Mada Universitas Press. 273 hal.
- Usyati., N., D. Buchori dan P. Hidayat. 2003. Pelepasan *Trichogrammatoidae armigera* Nagaray (Hymenoptera : richogrammatidae) dengan Teknik Spot Release dan Penyebarannya di Lapangan. KONGRES PEI dan Simposium Entomology VI. Hal : A8.
- Van Lieshout. O. 1992. Consumption of Fresh Vegetables in Indonesia. Internal Communication no 48. ProjectATA 395/LEHRI.
- Van Driesche dan G.T. Bellows. 1996. Biological Control. Chapman. Hall.
- Vos, H.C.C.A.A. 1953. Introduction in Indonesia of *Agritia cerophaga* Grav., a Parasite of *Plutella maculipennis* Curt. Pemberitaan Balai Besar penyelidikan Pertanian Bogor. No. 134/32 hal.
- Wada. T. 1998. New Pesticide. Development of Cucumeris^R and Its Future Prospect. Agrochemicals Japan. 73 : hal 17.
- Wagiman F.X. 1997. Ritme aktivitas Harian *Menochilus sexmaculatus* memangsa *Aphis craccivora*. Hal 278-280. Dalam : Hidayat (ed). Pengelolaan Serangga Secara Berkelanjutan. Prosiding Kongres PEI dan Symposium Entomologi.

- Winasa. I.W., T. Tapahilah and A. Rauf. 2002. Survey of *Liriomyza* and its parasitoid in highland, midland and lowland in West Java. Research Reports. ACIAR. P. 7-13.
- Wisnuwardana, A.W. & L. Hutagalung. 1982. Preliminary studies on root-knot nematodes of potato and other vegetable crops in Indonesia. P. 316-329. *In* : L.Y. Harmsworth, J.A.T. Woodford & M.E. Marvel (eds.). Potato Production in the Humid Tropics. Proceedings of the Thripd International Symposium on Potato Production for the Southeast Asian and Pacific Regions. Bandung, 12-17 Oct. 1980.
- Yusof, M.R. and G.S. Lim. 1992. Biological control : Principles, techniques and implementation. P. 9-13. *In* : Malaysia Agricultural Research and Development Institute. Training Manual on Integrated Pest management of Diamondback Moth in Cabbage in Malaysia. MARDI, Malaysia.

MONOGRAFI YANG TELAH DITERBITKAN OLEH BALITSA:

MONOGRAFI NO. 15, 1998

**SeNPV, INSEKTISIDA MIKROBA UNTUK MENGENDALIKAN
HAMA ULAT BAWANG, *Spodoptera exigua*
(Tonny K. Moekasan)**

MONOGRAFI NO. 16, 1998

**PEMASARAN BAWANG MERAH DAN CABAI
(Thomas Agoes Soetiarso)**

MONOGRAFI NO. 17, 1998

**PERBAIKAN KUALITAS SAYURAN BERDASARKAN PREFERENSI KONSUMEN
(Mieke Ameriana)**

MONOGRAFI NO. 18, 1998

**PENGENDALIAN HAMA PENGGEREK UMBI / DAUN KENTANG
(*Phthorimaea operculella* Zell.) DENGAN MENGGUNAKAN INSEKTISIDA
MIKROBA GRANULOSIS VIRUS (PoGV)
(W. Setiawati, R.E. Soeriaatmadja, T. Rubiati, dan E. Chujoy)**

MONOGRAFI NO. 19, 2000

**PENERAPAN PHT PADA SISTEM TANAM TUMPANGGILIR
BAWANG MERAH DAN CABAI
(Tonny K. Moekasan, Laksmiawati Prabaningrum, dan Meitha Lussia Ratnawati)**

MONOGRAFI NO. 20, 2000

**BIJI BOTANI KENTANG (TRUE POTATO SEED = TPS):
BAHAN ALTERNATIF DALAM PENANAMAN KENTANG
(Nikardi Gunadi)**

MONOGRAFI NO 21, 2000

**PENERAPAN TEKNOLOGI PHT PADA TANAMAN KUBIS
(Sudarwohadi Sastrosiswojo, Tinny S. Uhan dan Rachmat Sutarya)**

MONOGRAFI NO 22, 2000

**Stat-RIV 2.0, PROGRAM KOMPUTER PENGOLAH DATA ANALISIS
PROBIT DAN PETUNJUK PENGGUNAANNYA
(Tonny K. Moekasan dan Laksmiawati Prabaningrum)**

MONOGRAFI NO 23, 2001

**PENERAPAN TEKNOLOGI PHT PADA TANAMAN TOMAT
(Wiwin Setiawati, Ineu Sulastrini dan Neni Gunaeni)**

MONOGRAFI NO 24, 2004

**PEMANFAATAN MUSUH ALAMI DALAM PENGENDALIAN HAYATI HAMA
PADA TANAMAN SAYURAN
(Wiwin Setiawati, Tinny S. Uhan dan Bagus K. Udiarto)**