

MUSUH ALAMI SERANGGA HAMA KAPAS

Nurindah dan I G.A.A. Indrayani^{*)}

PENDAHULUAN

Musuh alami serangga hama merupakan agensia hayati yang berperan sebagai salah satu faktor pembatas perkembangan populasi serangga hama. Dalam pengendalian hama secara hayati, musuh alami serangga hama merupakan agensia yang dimanfaatkan untuk menekan populasi hama. Secara ekologi, pengertian pengendalian hayati adalah pengaturan yang dilakukan oleh musuh alami dalam mengendalikan populasi serangga hama pada tingkat yang rendah. Dengan demikian, musuh alami merupakan faktor mortalitas biotik utama bagi perkembangan populasi serangga hama.

Musuh alami serangga hama terdiri atas tiga kelompok, yaitu parasitoid, predator, dan patogen serangga. Parasitoid merupakan serangga yang hidupnya memarasit kehidupan inangnya, yang akhirnya menyebabkan kematian inangnya tersebut. Predator merupakan pemangsa, memakan mangsa secara langsung, sehingga segera menyebabkan kematian. Patogen serangga merupakan mikro-organisme yang menginfeksi dan menyebabkan serangga menjadi sakit dan kemudian mati. Parasitoid dan predator disebut sebagai musuh alami serangga hama dari kelompok arthropoda, sedangkan patogen serangga juga disebut sebagai musuh alami serangga hama dari kelompok mikro-organisme.

Untuk dapat memanfaatkan musuh-musuh alami serangga hama kapas secara optimal, pengetahuan bioekologi serta potensi musuh alami tersebut merupakan hal yang perlu dipahami. Dengan memahami hal-hal tersebut, maka strategi pengendalian hayati dengan memanfaatkan musuh-musuh alami tersebut dapat disusun dengan baik. Tulisan ini membahas tentang bioekologi musuh-musuh alami serangga hama kapas dari kelompok arthropoda dan mikro-organisme, serta potensinya untuk digunakan dalam program pengendalian hayati.

MUSUH ALAMI DARI KELOMPOK ARTHROPODA

Arthropoda merupakan kelompok binatang yang badannya beruas-ruas. Musuh alami serangga hama dari kelompok Arthropoda ini pada umumnya merupakan serangga dan laba-laba. Kedua kelompok Arthropoda tersebut banyak yang berasosiasi dengan tanaman kapas dan berperan sebagai parasitoid dan predator. Serangga parasitoid pada tanaman kapas di Indonesia terdiri atas 26 spesies, sedangkan predator serangga hama terdiri atas 69 spesies (Nurindah dan Bindra, 1988).

Untuk dapat memanfaatkan potensi parasitoid dan predator yang berpotensi tinggi sebagai faktor mortalitas biotik serangga hama kapas, perlu pemahaman tentang kedua kelompok musuh alami tersebut. Pada bagian ini akan dibahas pengertian parasitoid dan predator, spesies-spesiesnya, deskripsi dan perannya dalam pengendalian serangga hama kapas.

^{*)} Masing-masing Peneliti pada Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat, Malang.

PARASITOID DAN PREDATOR

Perbedaan karakter parasitoid dan predator telah banyak dihimpun oleh para pekerja pengendalian hayati. Perbedaan ini terutama ditekankan pada pola interaksi antara parasitoid atau predator dengan inang atau mangsanya. Pada Tabel 1 disajikan perbedaan antara parasitoid dan predator.

Tabel 1. Perbedaan karakter antara parasitoid dan predator

Parasitoid	Predator
1. Terdiri hanya dari kelompok serangga.	1. Terdiri atas berbagai macam kelompok hewan tidak bertulang belakang (Invertebrata) dan hewan bertulang belakang (Vertebrata).
2. Hanya menyerang serangga.	2. Memangsa bermacam-macam kelompok hewan.
3. Bersifat spesifik inang (biasanya hanya satu atau beberapa spesies inang).	3. Biasanya tidak bersifat spesifik mangsa, tetapi spesifik terhadap tipe mangsa.
4. Berukuran lebih kecil atau sama dengan inangnya.	4. Berukuran sama atau lebih besar daripada mangsanya.
5. Memarasit hanya satu inang untuk melengkapi siklus hidupnya.	5. Memangsa lebih dari satu mangsa untuk melengkapi siklus hidupnya.
6. Inang mati setelah beberapa waktu.	6. Mangsa mati seketika.

1. Parasitoid

Batasan umum dari istilah parasitoid adalah serangga yang untuk melengkapi siklus hidupnya memerlukan serangga lain sebagai inangnya. Parasitoid hidup dan berkembang di dalam atau pada inangnya selama masa pradewasanya. Pada waktu dewasa, serangga parasitoid hidup bebas dan memakan nektar. Pada umumnya parasitoid bersifat spesifik inang, yaitu menyerang satu atau beberapa spesies inang. Pada umumnya parasitoid dikelompokkan berdasarkan hubungannya dengan inangnya.

Berdasarkan jumlah parasitoid yang dapat berkembang pada inangnya, parasitoid dikelompokkan sebagai parasitoid gregarious atau soliter. Parasitoid gregarious adalah parasitoid yang meletakkan telur lebih dari satu di dalam satu inang, sehingga di dalam satu inang dapat berkembang lebih dari satu individu parasitoid. Sedangkan parasitoid soliter adalah parasitoid yang meletakkan satu atau beberapa telur di dalam/pada satu inang, tetapi yang dapat berkembang hanya satu individu parasitoid.

Berdasarkan tempat meletakkan telur, parasitoid dikelompokkan menjadi endoparasitoid dan eksoparasitoid. Endoparasitoid adalah parasitoid yang berkembang di dalam tubuh inangnya. Sebaliknya, eksoparasitoid adalah parasitoid yang berkembang di luar tubuh inangnya.

Berdasarkan stadia inang yang diserang, parasitoid dikelompokkan menjadi parasitoid telur, larva atau pupa. Parasitoid telur adalah parasitoid yang menyerang telur. Parasitoid larva adalah parasitoid yang menyerang larva. Parasitoid pupa adalah parasitoid yang menyerang pupa. Walaupun demikian, ada parasitoid yang menyerang pada waktu inangnya pada stadium larva, tetapi inang tersebut mati pada stadium pupa. Parasitoid yang seperti ini disebut sebagai parasitoid larva-pupa.

Berdasarkan cara membunuh inangnya, parasitoid dikelompokkan sebagai parasitoid idiobion dan koinobion. Parasitoid idiobion adalah parasitoid yang membunuh atau menyebabkan inangnya

berhenti berkembang sesaat setelah terjadi oviposisi parasitoid. Spesies parasitoid dari kelompok ini merupakan spesies yang banyak dikembangkan untuk program pengendalian hayati. Sedangkan parasitoid koinobion adalah parasitoid yang membiarkan inangnya tetap hidup dan berkembang setelah parasitoid oviposisi. Karena inangnya tetap hidup dan berkembang, inang tersebut masih memerlukan makanan. Oleh karena itu spesies parasitoid larva instar awal merupakan spesies yang sering dipertimbangkan untuk dikembangkan sebagai agensia hayati.

Parasitoid Serangga Hama Kapas

Pada pertanaman kapas telah diinventarisasi spesies-spesies parasitoid serangga hama kapas. Pada Tabel 2 disajikan nama-nama spesies, inang yang diserang, dan klasifikasinya.

Tabel 2. Parasitoid serangga hama kapas di Indonesia

Ordo	Famili	Spesies	Inang (stadia) ^{*)}	Referensi ^{**)}
Diptera	Tachinidae	<i>Blepharella lateralis</i>	<i>Helicoverpa</i> (L-P)	1
		<i>Carcelia illota</i>	<i>Helicoverpa</i> (L-P)	
		<i>Carcelia kockiana</i>	<i>Helicoverpa</i> (L-P)	1
		<i>Compsilura concinnata</i>	<i>Helicoverpa</i> (L-P)	1
		<i>Cuphocera varia</i>	<i>Agrotis</i> (L)	2
		<i>Exorista</i> sp.	<i>Helicoverpa</i> (L-P)	1, 2
		<i>Peribaea orbata</i>	<i>Spodoptera</i> (L-P)	
		<i>Sisyropa</i> sp.	<i>Cosmophila</i> (L-P)	
		<i>Winthemia</i> sp.	<i>Cosmophila</i> (L-P)	
		<i>Trytaxis braueri</i>	<i>Agrotis</i> (L)	2
Hymenoptera	Aphelinidae	<i>Aphelinus gossypii</i>	<i>Aphis</i> (D)	1
		<i>Aphelinus</i> sp.	<i>Aphis</i> (D)	2
		<i>Aphidius</i> sp.	<i>Aphis</i> (D)	1, 2
		<i>Encarsia</i> sp.	<i>Anomis</i> (T); <i>Bemisia</i> (N)	1, 3
	Bethylidae	<i>Goniozus</i> sp.	<i>Pectinophora</i> (L)	1, 2
	Braconidae	<i>Apanteles hyposidrae</i>	<i>Cosmophila</i> (L)	
		<i>Apanteles phytometrae</i>	<i>Earias</i> (L), <i>Anomis</i> (L);	
		<i>Apanteles ruficrus</i>	<i>Agrotis ipsilon</i> (L)	2
		<i>Apanteles sauroa</i>	<i>Rapala</i> (L)	
		<i>Bracon hebetor</i>	<i>Pectinophora</i> (L)	
		<i>Chelonus</i> sp.	<i>Helicoverpa</i> (L)	1, 2
		<i>Diaeretiella rapae</i>	<i>Aphis</i> (D)	1
		<i>Glypapanteles artonae</i>	<i>Anomis</i> (L)	1, 2
		<i>Macrocentrus</i> sp.	<i>Syllepte</i> (L)	1, 2
		<i>Microplitis demolitor</i>	<i>Helicoverpa</i> (L)	1
		<i>Microgaster similis</i>	<i>Spodoptera</i> (L)	1, 2
	Cherapronidae	<i>Cheraphron</i> sp.	<i>Syllepte</i> (L)	1, 2
	Chalcididae	<i>Brachymeria lasus</i>	<i>Anomis</i> (L); <i>Earias</i> (L);	
			<i>Syllepte</i> (L)	1
		<i>Brachymeria</i> sp.	<i>Pectinophora</i> (L)	1
	Elasmidae	<i>Elasmus brevicornis</i>	<i>Syllepte</i> (L)	2
		<i>Yatsumatsuiola</i> sp.	<i>Ferrisia</i> (L)	1
	Encyrtidae	<i>Anastatus dasyni</i>	<i>Nezara</i> (T)	1, 2

Ordo	Famili	Species	Inang (stadia) ^{*)}	Referensi ^{**)}
		<i>Aphidencyrus</i> sp.	<i>Aphis</i> (D)	2
		<i>Comperiella unifasciata</i>	<i>Bemisia</i> (N)	2
		<i>Copidosoma</i> sp.	<i>Anomis</i> (L); <i>Syllepte</i> (L)	1, 2
		<i>Oencyrtus malayensis</i>	<i>Nezara</i> (E)	2
	Ichneumonidae	<i>Ammauromorpha accepta</i>	<i>Earias</i> (L)	2
		<i>Diadegma</i> sp.	<i>Helicoverpa</i> (L); <i>Earias</i> (L)	1, 2
		<i>Ecithromorpha agrestoria</i>	<i>Anomis</i> (L)	1
		<i>Enicospilus dolosus</i>	<i>Helicoverpa</i> (L)	
		<i>Eriborus argenteopilosus</i>	<i>Helicoverpa</i> (L)	1, 2
		<i>Goryphus</i> sp.	<i>Earias</i> (L)	2
	Scelionidae	<i>Telenomus spodopterae</i>	<i>Spodoptera</i> (T)	1, 2
	Sphecidae	<i>Ammophila insolita</i>	<i>Helicoverpa</i> (L)	1
	Vespidae	<i>Antepipona</i> sp.	Larva Lepidoptera	1
		<i>Delta campaniforme</i>	<i>Anomis</i> (L)	1
	Trichogrammatidae	<i>Trichogrammatoidea bactrae</i>	<i>Pectinophora</i>	
		<i>Trichogramma chilonis</i>	<i>Helicoverpa</i> (T)	1
		<i>Trichogramma chilotrae</i>	<i>Helicoverpa</i> (T)	1
		<i>Trichogrammatoidea armigera</i>	<i>Helicoverpa</i> (T)	1
		<i>Trichogrammatoidea gua-mensis</i>	<i>Helicoverpa</i> (T)	1

^{*)} Stadia inang: T = Telur; L = Larva; P = Pupa; D = Dewasa; N = Nimfa; L-P = Larva-Pupa

^{**) 1:} Nurindah dan Bindra (1988); ^{2:} Kalshoven (1981); ^{3:} Beingolea (1987).

Parasitoid serangga hama kapas yang banyak diamati adalah parasitoid penggerek buah kapas *Helicoverpa armigera*. Dari hasil survei di daerah-daerah pertanaman kapas di Jawa dan Nusa Tenggara yang dilakukan oleh Nurindah *et al.* (1994), dilaporkan bahwa serangga hama ini banyak diserang oleh parasitoid telur dan larva dengan tingkat parasitasi masing-masing mencapai 71% dan 31%. Parasitoid telur didominasi oleh *Trichogramma* sp. dan *Trichogrammatoidea* sp. (Gambar 1), sedangkan parasitoid larva didominasi oleh *Eriborus argenteopilosus* (Gambar 2) dan *Carcelia illota* (Gambar 3). Satu spesies parasitoid larva *Microplitis demolitor* (Gambar 4), hanya ditemukan di pertanaman kapas Nusa Tenggara Barat. Spesies *Microplitis* yang lain juga banyak ditemui menyerang *Spodoptera litura* dan *Pectinophora gossypiella*.

Parasitoid serangga hama lain yang juga berperan penting sebagai pembatas perkembangan populasi serangga hama adalah parasitoid kutu daun, ulat pemakan dan penggulung daun, serta penggerek buah merah jambu. *Aphelinus gossypii* merupakan parasitoid kutu daun kapas *Aphis gossypii* yang menyebabkan tubuh kutu daun mengeras seperti mumi (Gambar 5). *Apanteles* spp. merupakan parasitoid gregarious yang banyak menyerang ulat pemakan daun *Anomis flava* atau *P. gossypiella* (Gambar 6). *Macrocentrus* sp. merupakan parasitoid ulat penggulung daun *Syllepta derogata* yang banyak ditemukan jika populasi inangnya tinggi. *Brachymeria* spp. (Gambar 7) merupakan parasitoid larva *P. gossypiella* dan *Earias vittella* yang sering ditemukan pada pertanaman kapas.

Mortalitas telur oleh *T. armigera* yang cukup tinggi merupakan fenomena yang menguntungkan. Parasitoid telur dari famili Trichogrammatidae telah banyak dimanfaatkan dalam program

pengendalian hayati dengan teknik inundasi terhadap serangga hama pertanian maupun kehutanan (Andow dan Prokrym, 1991; Duffield, 1994; Hassan, 1998). Pelepasan parasitoid telur dapat dikatakan berhasil jika telah dapat menimbulkan parasitasi sedikitnya 80% (S.P. Singh, IHCRI India - Komunikasi pribadi). Dengan adanya parasitasi alami yang cukup tinggi (65%), maka untuk meningkatkan parasitasi hingga 80% dengan program pelepasan massal, merupakan hal yang tidak terlalu sulit untuk dicapai.

Tingkat parasitasi larva yang tinggi oleh *E. argenteopilosus* maupun *C. illota* menambah tingginya tingkat mortalitas *H. armigera* baik oleh predator maupun oleh faktor mortalitas abiotik (misalnya, curah hujan yang tinggi, dsb.). Tingkat parasitasi tersebut merupakan fenomena yang selalu terjadi. Dengan demikian, potensi parasitoid ini dapat diandalkan untuk menekan populasi larva *H. armigera* secara alami. Tingkat parasitasi telur atau larva *H. armigera* tidak dipengaruhi oleh aplikasi insektisida maupun ekstrak serbuk biji nympha (SBM). Hal ini dapat terjadi karena parasitoid-parasitoid tersebut merupakan endoparasitoid yang berkembang di dalam tubuh inangnya. Selain itu, dewasa parasitoid merupakan individu-individu yang bebas dan tidak mengkonsumsi bagian-bagian tanaman yang dilapisi oleh senyawa toksik insektisida atau ekstrak SBM.

Pemanfaatan parasitoid telur untuk mengendalikan *H. armigera* pada kapas telah dilakukan dengan melepas secara massal *Trichogrammatoidea armigera* (Nurindah *et al.*, 1991; 1993). Pelepasan *T. armigera* sebanyak 200.000 parasitoid/ha/pelepasan, dengan 5—7 kali pelepasan per musim tanam kapas dapat menekan populasi larva *H. armigera* hingga 40% dan mengurangi kehilangan hasil kapas berbiji hingga 24%. Pelepasan parasitoid dilakukan dengan menggantungkan pias-pias *Trichogramma* pada stasiun-stasiun pelepasan. Stasiun pelepasan terbuat dari separuh tempurung kelapa atau separuh buku bambu yang digantungkan dengan tali plastik pada tiang bambu (tinggi 1,5—2 m) yang dipasang agak miring. Tiang bambu untuk stasiun pelepasan parasitoid dipasang agak miring dan tali plastik digunakan untuk menggantungkan tempurung/buku bambu dimaksudkan untuk menghindari parasitoid dari serangan semut atau predator lainnya yang merangkak. Tinggi tempurung/buku bambu hendaknya 20—30 cm lebih tinggi dari tanaman kapas.

2. Predator Serangga Hama Kapas

Serangga predator adalah serangga yang memangsa serangga lain untuk kelangsungan hidupnya. Dengan demikian, diperlukan banyak mangsa untuk perkembangan satu ekor predator. Ukuran predator biasanya lebih besar dari ukuran mangsanya. Biasanya yang bersifat pemangsa adalah stadia aktif (larva/nimfa dan dewasa). Beberapa predator, terutama dewasanya, memakan nektar atau embun madu sebagai makanan tambahan, bahkan beberapa kepik pemangsa juga mengisap cairan tanaman, tetapi tidak menyebabkan kerusakan yang berarti.

Serangga predator atau pemangsa sering dijumpai pada pertanaman kapas dalam jumlah banyak, sehingga berperan penting dalam mengendalikan populasi hama. Keberadaan predator pada suatu pertanaman sangat membantu dalam menekan populasi serangga hama, karena sifatnya yang aktif mencari mangsa dan relatif lebih toleran terhadap insektisida. Oleh karena itu, tindakan pelestarian (dengan tidak menyemprotkan insektisida pada pertanaman terlalu awal) dapat meningkatkan populasi predator, sehingga pemangsa-pemangsa tersebut dapat berperan sebagai faktor mortalitas biotik yang potensial. Pada Tabel 3 disajikan spesies-spesies serangga predator serangga hama kapas yang telah diidentifikasi (Nurindah dan Bindra, 1988).

Tabel 3. Predator serangga hama kapas di Indonesia

Ordo	Famili	Spesies	Mangsa (stadia)*	Referensi**
Coleoptera	Carabidae	<i>Chlaenius flaviguttatus</i>	<i>Syllepte</i> (L)	
	Coccinellidae	<i>Brumoides suturalis</i>	<i>Aphis</i> (N, D); <i>Helicoverpa</i> (T)	2
		<i>Coccinella repanda</i>	<i>Aphis</i> (N, D); <i>Helicoverpa</i> (T)	1, 2
		<i>Coleophora inaequalis</i>	<i>Aphis</i> (N, D)	1, 2
		<i>Cryptolaemus montozieri</i>	<i>Aphis</i> (N, D); <i>Helicoverpa</i> (T)	1, 2
		<i>Harmonia arcuata</i>	<i>Aphis</i> (N, D); <i>Helicoverpa</i> (T)	1, 2
		<i>Hysia endomysina</i>	<i>Aphis</i> (N, D); <i>Helicoverpa</i> (T)	1
		<i>Menochilus sexmaculatus</i>	<i>Aphis</i> (N, D); <i>Helicoverpa</i> (T)	1, 2
		<i>Scymus apiciflavus</i>	<i>Aphis</i> (N, D)	1, 2
		<i>Scymus roepkei</i>	<i>Aphis</i> (N, D)	1, 2
		<i>Veranea discolor</i>	<i>Aphis</i> (N, D); <i>Helicoverpa</i> (T)	1, 2, 3
		<i>Verania lineata</i>	<i>Aphis</i> (N, D); <i>Helicoverpa</i> (T)	1, 2, 3
	Nitidulidae	<i>Cybocephalus</i> sp.	<i>Earias</i> (T); <i>Helicoverpa</i> (T)	1
	Staphylinidae	<i>Paederus fasciatus</i>	<i>Aphis</i> (N, D); <i>Helicoverpa</i> (T, L)	1, 2
Dermaptera	Carcinophoridae	<i>Euboriella annulipes</i>	<i>Helicoverpa</i> (L); <i>Spodoptera</i> (L)	1
	Forficulidae	<i>Exypnus pulchripennis</i>	<i>Helicoverpa</i> (L); <i>Spodoptera</i> (L)	1
Diptera	Asilidae	<i>Philodicus javanus</i>	<i>Sundapteryx</i> (N, D)	2
		<i>Bactria</i> sp.	<i>Sundapteryx</i> (N, D)	
Hemiptera	Syrphidae	<i>Ischiodon scutellaris</i>	<i>Aphis</i> (N, D)	1, 2
	Anthocoridae	<i>Orius tantilus</i>	<i>Helicoverpa</i> (T, L); <i>Spodoptera</i> (L); <i>Aphis</i> (N, D)	1
		<i>Geocoris ochropterus</i>	<i>Helicoverpa</i> (T, L); <i>Spodoptera</i> (L); <i>Aphis</i> (N, D)	1
		<i>Germalus sobrinus</i>	<i>Helicoverpa</i> (T, L); <i>Spodoptera</i> (L); <i>Aphis</i> (N, D)	1
		<i>Campylomma deversiconis</i>	<i>Helicoverpa</i> (T, L); <i>Aphis</i> (N, D)	1
	Miridae	<i>Cyrtopeltis tenuis</i>	<i>Helicoverpa</i> (T, L); <i>Spodoptera</i> (L); <i>Aphis</i> (N, D)	1
		<i>Ragmus</i> sp.	<i>Helicoverpa</i> (T, L); <i>Aphis</i> (N, D)	1
		<i>Hyalopeplus</i> sp.	<i>Helicoverpa</i> (T, L); <i>Aphis</i> (N, D)	1
		<i>Deraeocoris indianus</i>	<i>Helicoverpa</i> (T, L); <i>Spodoptera</i> (L); <i>Aphis</i> (N, D)	1
	Pentatomidae	<i>Andrallus spinides</i>	Larva Lepidoptera	
		<i>Cantheconidea javana</i>	<i>Helicoverpa</i> (L); <i>Spodoptera</i> (L)	
		<i>Eocanthecona furcellata</i>	<i>Helicoverpa</i> (L); <i>Spodoptera</i> (L)	1
		<i>Eocanthecona rufescens</i>	<i>Helicoverpa</i> (L); <i>Spodoptera</i> (L)	1
	Pyrrhocoridae	<i>Antilochus coquebertii</i>	<i>Dysdercus</i> (N, D)	1, 2
		<i>Antilochus discipher</i>	<i>Dysdercus</i> (N, D)	1
	Reduviidae	<i>Rhinocoris fuscipes</i>	<i>Helicoverpa</i> (L); <i>Spodoptera</i> (L)	1, 2
Neuroptera	Chrysopidae	<i>Amphysiche parva</i>	<i>Ferrissia</i> (D)	
		<i>Chrysopa carnea</i>	<i>Helicoverpa</i> (T, L); <i>Spodoptera</i> (L); <i>Aphis</i> (N, D)	1
		<i>Chrysopa ramburi</i>	<i>Helicoverpa</i> (T, L); <i>Spodoptera</i> (L); <i>Aphis</i> (N, D)	1
		<i>Mallada boninensis</i>	<i>Helicoverpa</i> (T, L); <i>Spodoptera</i> (L)	1

Ordo	Famili	Spesies	Mangsa (stadia) ^{*)}	Referensi ^{**)}
Araneida	Hemerobiidae	<i>Micromus pucillus</i>	<i>Aphis</i> (N, D)	1, 2
	Arachnidae	Laba-laba	Predator umum	1

^{*)} Stadia mangsa: T = Telur; L = Larva; P = Pupa; D = Dewasa; N = Nimfa

^{**) 1:} Nurindah dan Bindra (1988); ^{2:} Kalshoven (1981); ^{3:} Beingolea (1987).

Pada pertanaman kapas, predator-predator yang sering dijumpai adalah kumbang Coccinellid, kumbang Staphylinid, kepik mirid, dan laba-laba. Pada umumnya, populasi predator dipengaruhi oleh aplikasi insektisida kimia. Penekanan populasi predator karena aplikasi insektisida kimia dapat mencapai 59%, yang mengakibatkan populasi larva *H. armigera* meningkat hingga 457% (Nurindah *et al.* 2000). Dengan demikian, pada dasarnya predator dapat berfungsi sebagai penekan populasi serangga hama, jika diberikan kesempatan untuk mengembangkan populasinya.

Kumbang Coccinellid (Gambar 8) adalah pemangsa kutu daun *Aphis gossypii*, wereng kapas *A. biguttula*, serta telur dan larva *H. armigera*. Yang berperan aktif sebagai pemangsa adalah stadia larva dan dewasanya. Larva Coccinellid biasanya lebih lahap dalam memangsa daripada dewasanya. Kumbang Staphylinid merupakan pemangsa umum, yaitu dapat memangsa serangga-serangga berukuran kecil (misalnya aphid dan thrips) atau telur Lepidoptera (misalnya telur *H. armigera*). Kumbang Staphylinid yang banyak dijumpai pada pertanaman kapas adalah *Paederus fasciatus* (Gambar 9). Predator ini dapat memangsa telur dan larva instar I *H. armigera* sebanyak 45 butir dan 18 larva per hari (Soebandrijo *et al.*, 1998). Konsumsi mangsa yang cukup tinggi tersebut menunjukkan besarnya peran predator ini sebagai penekan populasi *H. armigera*.

Kepik mirid biasanya terdapat pada pucuk tanaman. Ada dua jenis kepik mirid yang biasanya terdapat pada tanaman kapas, yaitu kepik mirid cokelat *Deraerocoris indianus* (Gambar 10) dan kepik mirid hijau *Campylomma lividicornis* (Gambar 11). Kepik ini dapat memangsa telur dan larva kecil *H. armigera* serta aphid. Kedua kepik mirid predator ini berperan besar dalam mengendalikan populasi *H. armigera* pada kapas. Keberadaan kepik mirid ini pada pertanaman kapas sejak tanaman berumur 20 hari dan populasinya terus meningkat, terutama pada pertanaman yang tidak mendapatkan perlakuan insektisida. Kedua kepik predator ini sangat peka terhadap insektisida. Oleh karena itu, jika pada pertanaman kapas terdapat populasi kepik mirid yang tinggi, maka aplikasi insektisida (kalau terpaksa harus dilakukan) hendaknya tidak diarahkan ke bagian atas tanaman. Dengan demikian, keberadaan serangga hama yang terdapat pada pucuk tanaman dapat dibatasi oleh predator ini.

Selain serangga predator, laba-laba juga merupakan pemangsa serangga hama yang cukup besar peranannya dalam menekan populasi serangga hama. Laba-laba pada pertanaman kapas banyak sekali jenisnya dan sebagian besar bersifat sebagai pemangsa umum (Gambar 12). Berdasarkan cara menangkap mangsanya, laba-laba pada pertanaman kapas dapat digolongkan atas dua kelompok, yaitu laba-laba pembuat jaring dan laba-laba pemburu.

Laba-laba pembuat jaring biasanya membuat jaring di antara tanaman kapas atau ranting untuk memerangkap mangsanya. Laba-laba ini tidak memilih mangsa, sehingga dapat memangsa semua jenis serangga yang terperangkap di jaringnya. Laba-laba pemburu mencari mangsanya dengan memburu dan beberapa diantaranya dapat meloncat. Laba-laba jenis ini biasanya terdapat pada pucuk tanaman dan mangsanya adalah telur dan larva kecil *H. armigera* serta wereng kapas.

Optimalisasi peran predator sebagai faktor mortalitas biotik serangga hama dilakukan dengan memberikan kondisi lingkungan yang sesuai untuk perkembangannya, misalnya dengan menyediakan serasah pada pertanaman yang dapat berfungsi sebagai penarik serangga-serangga ekor pegas (*springtail*) Collembola, yang telah dilaporkan dapat meningkatkan populasi predator di pertanaman kapas, atau tidak menyemprotkan insektisida yang dapat membunuh serangga-serangga predator. Tanaman palawija, terutama kacang hijau, yang ditumpangsarikan dengan kapas juga telah dilaporkan dapat menarik populasi predator.

Sebagai faktor mortalitas biotik bagi serangga hama kapas yang terpenting, keberadaan predator pada populasi yang tinggi pada umumnya terjadi pada waktu kapas dalam puncak pembentukan badan buah (55—85 HST.) Oleh karena itu, untuk dapat mengoptimalkan peran predator sebagai faktor mortalitas biotik, perlu dilakukan dukungan maksimal untuk meningkatkan populasinya, terutama pada waktu tanaman mencapai tahap pembentukan badan buah yang maksimal.

MUSUH ALAMI DARI KELOMPOK MIKRO-ORGANISME

Musuh alami serangga hama dari kelompok mikro-organisme yang juga disebut patogen serangga (entomopatogen) terdiri atas empat kelompok, yaitu: virus, bakteri, cendawan, dan nematoda. Pemanfaatan entomopatogen dalam program pengendalian hayati adalah digunakannya entomopatogen tersebut dalam suatu formulasi bioinsektisida. Untuk serangga hama utama kapas, pada masing-masing kelompok mempunyai satu spesies kandidat yang paling berpotensi untuk digunakan sebagai bioinsektisida.

1. Virus

Nuclear polyhedrosis virus (NPV) merupakan entomopatogen yang paling berpotensi untuk digunakan sebagai bioinsektisida dalam pengendalian serangga hama kapas. NPV termasuk famili Baculoviridae, genus Baculovirus subkelompok A (Ignoffo dan Couch, 1981). NPV mengandung virion yang didalamnya membawa nukleokapsid yang bersifat racun terhadap serangga. Virion, secara tunggal maupun berkelompok, terbungkus di dalam matriks protein yang disebut polyhedral inclusion bodies (PIB), yang berbentuk segi banyak dan tidak beraturan. Setiap PIB rata-rata mempunyai 27 virion (Ignoffo dan Couch, 1981). Masing-masing virion dibungkus oleh semacam lapisan yang disebut *envelope* (Gambar 13). Virion yang mengandung satu nukleokapsid disebut *singly-enveloped nucleocapsid* (SEN), sedangkan yang mempunyai lebih dari satu nukleokapsid disebut *multiply-enveloped nucleocapsid* (MEN). NPV dengan tipe morfologi SEN inanganya lebih spesifik dibandingkan yang bertipe MEN. Misalnya, NPV yang diisolasi dari larva *H. armigera* disebut HaNPV, spesifikasi inanganya tinggi terhadap *H. armigera*.

Scrangan NPV pada kelompok serangga Lepidoptera terjadi pada stadia larva. Mekanisme infeksi melalui mulut dan berkembang biak di dalam saluran pencernaan. Di dalam saluran pencernaan yang bersifat alkalis, PIB terurai dan melepas virion yang langsung menyebar dan menginfeksi sel-sel peka, khususnya lapisan epitel ventrikulus dan hemosit yang berada di dalam hemokul.

Selama proses menginfeksi, NPV memperbanyak diri di dalam tubuh inanganya, sehingga seluruh organ internal larva akan terserang, termasuk sel darah (leukosit dan limfosit), trakhea, hipodermis, dan badan lemak, sehingga akhirnya mengakibatkan inanganya mati (Deacon, 1983; Ignoffo dan Couch, 1981).

Gejala serangan yang ditimbulkan setelah larva terinfeksi NPV adalah gerakannya semakin lambat, aktivitas makan berkurang, dan terjadi perubahan warna. Perubahan warna tersebut dimulai dari bagian integumen, mula-mula berwarna keputih-putihan, kemudian putih pucat yang disertai pembengkakan. Di samping itu, akibat serangan NPV menyebabkan larva berusaha menjauhi sumber infeksi (menggantung) (Gambar 14). Pada serangan lebih lanjut, semua jaringan tubuh yang terinfeksi NPV akan berubah menjadi massa cair yang banyak mengandung PIB. Kematian ulat biasanya terjadi 3—7 hari setelah infeksi.

NPV dari *Helicoverpa* spp. telah diisolasi dari ulat *H. armigera* dari pertanaman kapas di Jawa Timur, Jawa Tengah, dan NTB. Setelah dilakukan uji banding terhadap potensinya, maka virus dari Jawa Timur (Asembagus) merupakan NPV yang paling virulen dibanding NPV dari daerah yang lain. Teknologi perbanyakan NPV secara sederhana telah dikembangkan di Balittas (diuraikan dalam bagian lain monograf ini).

Di lapangan, pengendalian *H. armigera* pada kapas dapat menekan kerusakan hingga 12,8% (Indrayani dan Gothama, 1991). Efektivitas HaNPV terhadap larva *H. armigera* pada kapas mulai menurun dalam dua hari setelah aplikasi. Umumnya temperatur di lapangan berkisar antara 20—50°C. Temperatur optimum yang dapat menyebabkan infeksi, tumbuh, dan berkembangnya patogen secara normal adalah 10—30°C. Meskipun demikian, temperatur 15—45°C tidak berpengaruh terhadap stabilitas NPV (Bell dan Romine, 1980). Dalam penyimpanan, NPV mampu bertahan hingga lebih dari 10 tahun apabila temperaturnya diatur dalam kisaran - 20° hingga 5°C.

2. Bakteri

Bacillus thuringiensis Berliner merupakan entomopatogen dari kelompok bakteri yang banyak digunakan sebagai bioinsektisida, yang biasanya disebut Bt. *B. thuringiensis* merupakan bakteri entomopatogen yang mempunyai kisaran inang luas. Bakteri ini memiliki kurang lebih 20 varietas, yang salah satunya adalah varietas *kurstaki* yang telah diproduksi secara komersial oleh berbagai industri pestisida dan juga menjadi bahan utama dalam transfer gen pada kapas di Amerika Serikat.

Bakteri entomopatogen diklasifikasikan menjadi golongan bakteri yang berspora dan tidak berspora. Selain itu, ada pula yang membagi menjadi bakteri obligat dan non-obligat. Sedangkan Gaugler dan Finney (1982) menggolongkan bakteri menjadi empat, yaitu: (1) bakteri obligat, (2) bakteri kristal-spora, (3) bakteri fakultatif, dan (4) bakteri potensial. *B. thuringiensis* termasuk bakteri fakultatif, mempunyai kristal dan spora yang sebagian besar inangnya dari kelompok serangga Lepidoptera.

Bt mematikan inangnya melalui alat pencernaan. Pada saat mengalami fase sporulasi di dalam tubuh serangga, Bt membentuk spora pada salah satu ujung dan kristal protein pada ujung lainnya (Fast, 1981). Kristal yang terbentuk ini juga disebut paraspora atau delta endotoksin, yang merupakan komponen bersifat racun bagi serangga sasaran. Serangga yang peka terhadap Bt mempunyai saluran pencernaan yang bersifat alkali dan menghasilkan mineral dan enzim yang dapat menguraikan kristal menjadi racun. Toksin tersebut akan menyebar ke hemokul dan seluruh jaringan tubuh serangga, sehingga menyebabkan kematian. Masa inkubasi di dalam tubuh serangga lebih singkat, namun kemampuan membunuhnya lebih cepat.

Di Indonesia, Bt sudah cukup populer digunakan untuk mengendalikan hama sayur-sayuran. Saat ini Bt yang tersedia secara komersial berasal dari strain bukan lokal dan tersedia dalam berbagai nama dagang, seperti Thuricide HP, Dipel, dan Bactospeine. Meskipun demikian, bukan tidak mungkin strain lokal Bt juga akan dieksplorasi dan apabila virulensinya tinggi, tentunya dapat dijadikan kandidat biopestisida yang baru.

3. Cendawan

Nomuraea rileyi (Farlow) Samson merupakan cendawan entomopatogen adalah salah satu mikroorganisme yang efektif dalam pengendalian hama. Lebih dari 500 spesiesnya ditemukan berasosiasi dengan serangga, dan beberapa diantaranya secara serius menyebabkan penyakit. Cendawan ini ditemukan pertama kali oleh seorang Jepang yang bernama Nomura, dan kemudian nama tersebut digunakan sebagai nama genus.

Cendawan *N. rileyi* termasuk subdivisi Deuteromycotina atau *Fungi imperfecti* (cendawan tidak sempurna) dari kelas Hypomycetes. Spora atau konidia merupakan bagian yang aktif yang menginfeksi inangnya. Bentuk konidia adalah lonjong, tegak, pendek, berwarna hijau, dan berukuran $3\text{--}5 \times 2\text{--}3 \mu\text{m}$. Konidia tertata rapi pada konidiospora (Gambar 15) yang panjangnya $160 \mu\text{m}$ dan memiliki diameter $2\text{--}5 \mu\text{m}$ (Kish *et al.*, 1974). Sebagian besar cendawan Hypomycetes menyebabkan penyakit *muscardine* pada serangga, yang berarti menyerupai buah pir.

Penularan penyakit oleh cendawan ini adalah melalui spora atau konidia yang dapat terjadi secara kontak fisik atau melalui angin. Konidia mula-mula menempel pada bagian integumen serangga kemudian dibantu oleh kondisi lingkungan yang baik menyebabkan konidia mengalami fase sporulasi dengan membentuk benang-benang hipa yang tumbuh dan menyerang ke seluruh jaringan tubuh serangga. Di dalam tubuh inang, cendawan ini merusak jaringan tubuh dengan menggunakan toksin yang dikeluarkan pada saat menginfeksi (Deacon, 1983). Hal ini mengakibatkan proses metabolisme serangga terganggu, aktivitas makan menurun, kehilangan koordinasi tubuh, dan akhirnya mengakibatkan kematian (McCoy *et al.*, 1988). Ciri khas yang biasa ditunjukkan oleh serangga yang terserang cendawan adalah terjadi munifikasi (pengerasan). Biasanya cendawan ini efektif menyerang pada serangga yang baru melakukan pergantian kulit dan juga pada pupa muda, karena lapisan kutikulanya masih lunak (Kurisu dan Manabe, 1978). Dibanding dengan NPV, kematian serangga akibat serangan *N. rileyi* cenderung lebih lambat, yaitu 5—7 hari setelah infeksi. Hal ini disebabkan cendawan membutuhkan masa inkubasi yang lebih lama di dalam tubuh inangnya.

Perkembangan cendawan *N. rileyi* dipengaruhi oleh sinar ultraviolet, temperatur, dan kelembaban. Umumnya, cendawan membutuhkan temperatur optimum untuk pertumbuhan dan perkembangan konidia adalah $20\text{--}25^\circ\text{C}$. Kelembaban yang tinggi ($> 90\%$) sangat diperlukan oleh konidia cendawan untuk berkecambah dan pembentukan konidia baru. Dengan kondisi lingkungan yang sesuai, menyebabkan populasi konidia meningkat dan efektivitasnya dapat dipertahankan. Secara umum, temperatur mempengaruhi interaksi patogen dan inangnya. Biasanya, temperatur tinggi akan mempercepat perkembangan penyakit, sehingga inangnya juga lebih cepat mati. Pada kebanyakan penyakit serangga yang ditularkan melalui pencernaan, dengan meningkatnya temperatur lingkungan menyebabkan aktivitas makan serangga juga semakin tinggi. Sebaliknya, pada temperatur rendah ($8\text{--}10^\circ\text{C}$) biasanya aktivitas makan serangga lebih lambat atau berhenti. Sedangkan penyakit yang menginfeksi melalui integumen (kulit), seperti cendawan, akan membutuhkan temperatur yang relatif lebih rendah dibanding patogen lain, karena cendawan membutuhkan kelembaban rendah dan waktu yang cukup lama untuk menumbuhkan sporanya pada inang.

Hasil penelitian terhadap cendawan *N. rileyi* menunjukkan bahwa cendawan ini berpotensi besar untuk dikembangkan menjadi agensia pengendali hama. Uji potensi di laboratorium memperlihatkan efektivitas *N. rileyi* yang tinggi terhadap inang sasaran. Kematian ulat *H. armigera* dan *S. litura* berturut-turut mencapai 64% dan 73% (Indrayani dan Gothama, 1999; Indrayani *et al.*, 1999). Patogen ini dapat menginfeksi semua instar larva, asalkan saat penularannya tepat. Biasanya cendawan ini lebih cepat menyerang inangnya yang baru melakukan pergantian kulit atau pada saat

stadia pupa muda. Kematian larva akibat serangan *N. rileyi* dapat terjadi pada ulat kecil maupun besar.

4. Nematoda

Secara umum, nematoda adalah mikro-organisme yang memiliki habitat yang sangat heterogen, karena patogen ini dapat ditemukan mulai dari wilayah gurun yang kering hingga pegunungan yang bersalju, mulai dari perairan tawar hingga perairan bergaram, atau dari musim semi yang panas sampai ke wilayah kutub yang beku (Poinar, 1990). Nematoda hidup sebagai organisme bebas dan juga sebagai parasit fakultatif atau obligat pada sejumlah hewan, termasuk kelompok Arthropoda.

Nematoda memiliki beberapa keunggulan sebagai kandidat bioinsektisida, diantaranya: (1) efektif terhadap beberapa spesies serangga hama, (2) mampu membunuh serangga dalam waktu singkat (2 hari), (3) dapat diproduksi secara massal, baik *in vivo* maupun *in vitro*, (4) daya adaptasi tinggi terhadap lingkungan, (5) aman bagi hampir semua makhluk hidup, dan (6) kompatibel dengan entomopatogen lain.

Nematoda *Steinernema* spp. merupakan entomopatogen dari golongan nematoda yang banyak digunakan sebagai agensia pengendali serangga hama. *Steinernema* spp. termasuk kelas Secernentea (= Phasmidia), ordo Rhabditida, famili Steinernematidae (Poinar, 1990). Genus *Steinernema*, terdiri atas beberapa spesies, antara lain: *S. carpocapsae* (= *S. feltiae*), *S. glasseri*, *S. bibionis*, dan *S. kraussei* (Woodring dan Kaya, 1988). Asosiasi nematoda *Steinernema* spp. dengan inangnya sangat dibantu oleh bakteri *Xenorhabdus* spp. yang hidup di dalam tubuh nematoda.

Steinernema umumnya mempunyai siklus hidup yang sederhana, yaitu telur, juvenil (larva), dan dewasa (Gambar 16), dan lamanya berkisar antara 7—14 hari (Poinar, 1990). Stadia juvenil terdiri atas empat instar (fase pergantian kulit sebelum menjadi nematoda dewasa). Pada kondisi tertentu membentuk infeksi juvenil (Ij) yang merupakan instar ketiga dari *Steinernema* spp. Instar ini tidak melepas kutikula lama, sehingga mempunyai dua lapis kutikula (Woodring dan Kaya, 1988)

Steinernema spp. menginfeksi melalui lubang-lubang alami tubuh inangnya (misalnya, spirakel) dan integumen, dengan menggunakan stiletnya dan kemudian menembus usus tengah menuju hemokoele. Infeksi pada hemokoele menyebabkan inangnya mengalami beberapa perubahan fisiologis, fertilitas (kesuburan) dan fekunditas (kemampuan bertelur) menurun, dan akhirnya mengalami kematian yang lebih cepat. Gangguan-gangguan tersebut diakibatkan oleh aktivitas bakteri simbiosis, *Xenorhabdus* spp., yang hidup di dalam intestinum nematoda. Kematian inang biasanya disebabkan oleh inangnya mengalami septisemia (keracunan hemolimfa). Nematoda yang aktif menginfeksi kemudian akan menjadi nematoda dewasa di dalam tubuh inangnya karena memperoleh makanan dari tubuh inangnya. Apabila makanan tersedia secara terus menerus, maka dapat dihasilkan beberapa generasi baru nematoda.

Di Indonesia, strain lokal nematoda *Steinernema* spp. baru saja ditemukan, termasuk di Balit-tas. Meskipun demikian, beberapa uji potensi sudah dilakukan dan ternyata *Steinernema* efektif untuk mengendalikan beberapa spesies hama, seperti: *H. armigera*, *S. litura*, *Achaea janata*, *P. gossypiella*, dan *Sylepte derogata*. Perbanyakannya mudah dengan menggunakan ulat beras *Corcyra cephalonica*.



Gambar 1. *Trichogramma* sp. sedang meletakkan telur (memarasit) pada telur *H. armigera*



Gambar 2. *Eriborus argentiopilosus*



Gambar 3. *Carcelia illota*



Gambar 4. Larva *H. armigera* diserang oleh *Microplitis demolitor*. Kokon parasitoid terbentuk di sebelah larva yang mati



Gambar 5. *A. gossypii* terparasit oleh *Aphelinus gossypii*



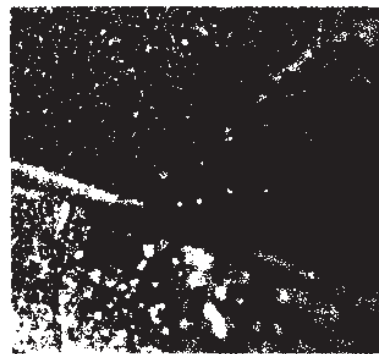
Gambar 6. Kokon *Apanteles* sp.



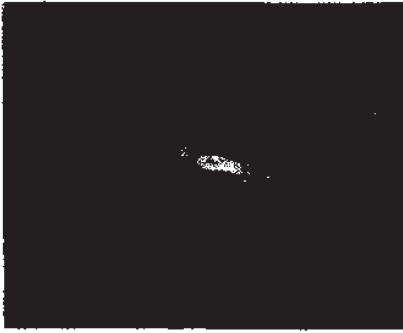
Gambar 7. *Brachymeria* sp.



Gambar 8. Kumbang *Coccinellid*



Gambar 9. *Paederus fasciatus*



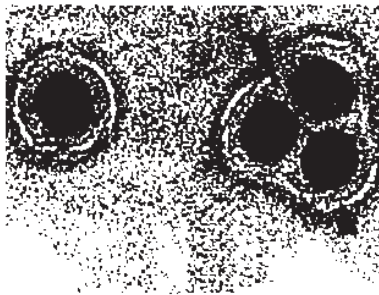
Gambar 10. *Deraerocoris indianus*



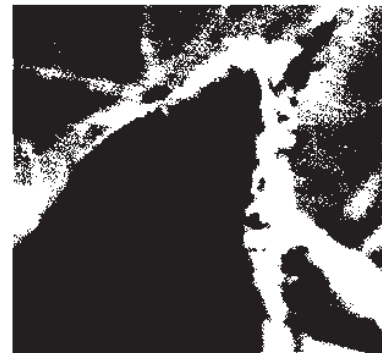
Gambar 11. *Campylomma lividicornis*



Gambar 12. Laba-laba



Gambar 13. *Envelope*, lapisan yang membungkus *virion*



Gambar 14. Larva terserang NPV



Gambar 15. Konidia *N. rileyi*



Gambar 16. Nematoda *Steinernema*

KESIMPULAN

Musuh alami serangga hama kapas mempunyai potensi yang tinggi untuk dimanfaatkan sebagai agensia pengendali hayati. Pemanfaatan parasitoid dan patogen serangga dapat dilakukan dengan program pelepasan massal. Misalnya pelepasan parasitoid telur *Trichogramma* dan HaNPV, karena kedua agensia hayati ini memungkinkan untuk diproduksi massal dengan teknik perbanyakan secara sederhana. Peran predator dapat dimanfaatkan secara optimal dengan melakukan usaha-

usaha yang dapat mendukung perkembangan populasinya, misalnya tidak menyemprotkan insektisida pada awal pertumbuhan tanaman, menyediakan media yang dapat mendatangkan serangga pengurai bahan organik atau menyediakan tanaman yang dapat menarik predator.

DAFTAR PUSTAKA

- Andow, D.A. and Prokrym, D. R. 1991. Release, density, efficiency, and disappearance of *Trichogramma nu-bilalae* for control of European corn borer. *Entomophaga* 36: 105—113.
- Beingolea, O.D. 1987. Consultant report on biological control of cotton pests. Project on Development of Inte-grated Cotton Pest Control Programme in Indonesia. 34 p.
- Bell, M.R. and C.L. Romine. 1980. Tobacco budworm field-evaluation of microbial control in cotton using Bt and NPV with a feeding adjuvan. *J. Econ. Entomol.* 73: 427—430.
- Deacon, J.W. 1983. Microbial control of plant, pest, and diseases. VanRostrand Reinhold (VK) Co. Ltd. Berkshire, England. 88 p.
- Duffield, S.J. 1994. *Trichogramma* egg parasitism of *Helicoverpa armigera* on short-duration pigeon-pea in-tercultured with sorghum. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 72: 289—296.
- Fast, P.G. 1981. The cristal toxin of *Bacillus thuringiensis*. In. *Microbial Control of Pest and Plant Diseases 1970—1980*. H.D. Burges (Ed.) Academic Press Inc. Ltd. London.
- Gaugler, R. and J.R. Finney. 1982. A review of *Bacillus thuringiensis* var. *Israelensis* (serotype 14) as a bio-logical control agent of black flies (Simuliidae). *Misc. Publ. Entomol. Soc. Amer.* 12: 1—17.
- Gaugler, R. and H.K. Kaya. 1990. Entomopathogenic nematodes in biological control. CRC Press. Boca Ra-ton. 365 pp.
- Granados, R.R. and B.A. Federici. 1986. The biology of Baculoviruses. Vol I. CRC Press. Inc. 275 pp.
- Hassan, S.A. (Ed.). 1998. *Trichogramma* News, Vol. 14. Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry, Braunschweig. 32 pp.
- Ignoffo, C.M. and T.L. Couch. 1981. The nucleopolyhedrosis virus of *Heliothis* spp. as a microbial insecticide. In. H.P. Burges (Ed.). *Microbial Control of Pest and Plant Diseases 1970—1980*. Academic Press, Lon-don and New York. p. 329—362.
- Indrayani, I G.A.A. dan A.A.A. Gothama. 1991. Efisiensi pengendalian *Helicoverpa armigera* (Hubner) de-ngan nuclear polyhedrosis virus dan insektisida pada kapas. *Pemberitaan Penelitian Tanaman Industri* XVII(2): 37—42.
- Indrayani, I G.A.A. dan A.A.A. Gothama. 1999. Pengaruh konsentrasi konidia *N. rileyi* (Farlow) Samson ter-hadap mortalitas larva *Helicoverpa armigera* (Hubner). Makalah dipresentasikan pada Seminar Peranan Entomologi dalam Pengendalian Hama Ramah Lingkungan dan Ekonomis. 8 pp.
- Indrayani, I G.A.A., A.A.A Gothama, dan Soebandrijo. 1999. Kepekaan larva *Spodoptera litura* (F.) terhadap cendawan entomopatogen *Nomuraea rileyi* (Farlow) Samson. Makalah dipresentasikan pada Seminar Nasional Pengendalian Hayati PSPHBUGM. 7 pp.
- Kalshoven, L.G.E. 1981. Pests of crops in Indonesia (Edisi terjemahan dan revisi). P.A. van der Laan. PT Ichtiar Baru-van Hoeve. Jakarta. 701 pp.
- Kish, L.P., R.A. Samson, and G.E. Allen. 1974. The genus *Nomuraea rileyi* Moubanc. *J. Invertebr. Pathol.*, 24: 154—158.
- Kurisu, K. and Y. Manabe. 1978. Histopathological study on the relationship between the fungus invasion of *Aspergillus flavus* and the renewel of the cuticle in the mature silkworm larvae of *Bombyx mori*. *Bull. Fac. Text. Sci. Kyoto Univ. Ind. Arts. Tet. Fiber* 8: 34—40.

- McCoy, C.W., R.A. Samson, and D.G. Boucias. 1988. Entomogenous fungi. *In*. CRC Handbook of Natural Pesticides Microbial Insecticides, part A. Entomogenous Protozoa and Fungi. (C.M. Ignoffo, ed.), 5: 15—236.
- Nurindah dan O.S. Bindra. 1988. Studies on biological control of cotton pest. *Industrial Crops Research Journal* Vol.I (1): 59—43.
- Nurindah, Soebandrijo, dan D.A. Sunarto. 1991. Pengendalian *Helicoverpa armigera* (Hubner) dengan parasitoid telur *Trichogrammatoidea armigera* N. pada kapas. *Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat* Vol.6(2): 86—93.
- Nurindah, Subiyakto, dan Soebandrijo. 1993. Pengaruh tumpang sari kapas dengan palawija terhadap populasi predator serangga hama kapas. *Seri Pengembangan*, No.7, *Prosiding Diskusi Panel Budidaya Kapas + Kedelai*, Balai Penelitian Tembakau dan Tanaman Serat. p: 55—60.
- Nurindah, Sunarto, D.A., dan Sujak. 1994. Survei parasitoid *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) di beberapa daerah pengembangan kapas di Indonesia. *Buletin Tembakau dan Serat* No.03/06: 39—42.
- Nurindah, D.A Sunarto, I G.A.A. Indrayani, M. Rizal, S. Hadiyani, Subiyakto, dan Sujak. 2000. Optimalisasi pemanfaatan musuh alami dalam pengendalian hama utama kapas. *Laporan Hasil Penelitian*, Bagpro Penelitian PHT ADB- 2 Malang. 13 p.
- Poinar, G.O., Jr. 1990. Biology and taxonomy of Steinernematidae and Heterorhabditidae, pp. 230—262. *In*. B. Gaugler and H.K. Kaya (eds.). *Entomopathogenic nematodes in biological control*. CRC Boca Raton, Florida.
- Porter, R. 1979. Micobial processes: Promising technologies for developing countries. *National Academy of Sciences*. 195 pp.
- Soebandrijo, B. Yanuwiyadi, Nurindah, S.A. Wahyuni, Sujak, Suprpto, dan Sukadji. 1998. Potensi predator *Paederus fasciatus* Curt. (Staphylinidae, Coleoptera) memangsa *Helicoverpa armigera* Hbn. penggerek buah kapas. *Laporan Hasil Penelitian TA 1997/1998*, Bagian Proyek Penelitian PIIT Perkebunan (IPMSECP) ADB-2 Malang. 15 pp.
- Woodring, J.L. and H.K. Kaya. 1988. Steinernematid dan Heterorhabditid nematodes. *A Handbook of Techniques*, Fayetteville, Arkansas.

Foto:

Gambar 1, 4 oleh Nurindah.

Gambar 2 oleh O.S. Bindra.

Gambar 3, 5, 6, 8, 9 dari slide file of cotton pests, diseases, predators, parasites, and IPM. Project for Development of Integrated Cotton Pest Control in Indonesia (INS/83/025).

Gambar 7 dari Kalshoven (1981) hal. 578.

Gambar 13 dari Granados dan Federici (1986).

Gambar 14 oleh Adi Kuncoro.

Gambar 15 dari Porter (1979).

Gambar 16 dari Gaugler dan Kaya (1990).