

ISBN 979-96626-6-4

**PEDOMAN PENERAPAN AGENS HAYATI
DALAM PENGENDALIAN OPT
TANAMAN SAYURAN**



85.1/8-29
DIR
p

**DIREKTORAT JENDERAL BINA PRODUKSI HORTIKULTURA
DIREKTORAT PERLINDUNGAN HORTIKULTURA
JAKARTA
2001**

635.148-29
DIR
p
ISBN 979-96626-6-4

**PEDOMAN PENERAPAN AGENS HAYATI
DALAM PENGENDALIAN OPT
TANAMAN SAYURAN**

✓ GPRS / INDEKS	13-5-03
ABSTRAK	M
NFIS	

BELAK / KOLEKSI
PENG. POKOK / AGENS HAYATI
+ BUKU / JILID 1



BK012870

Ygl. terima
No. Induk . 21 MAY 2003
548/D/2003
Asal Bahan Pustaka : Beli / Tukar / Hadiah
Dari

**DIREKTORAT JENDERAL BINA PRODUKSI HORTIKULTURA
DIREKTORAT PERLINDUNGAN HORTIKULTURA
JAKARTA
2001**

PEDOMAN PENERAPAN AGENS HAYATI DALAM PENGENDALIAN OPT TANAMAN SAYURAN

Tim Penyusun :

1. Liliek S. Utami
2. Atje Hikmat
3. Irwan Adam
4. Nadra illiyina Chalid
5. Medirena Railan
6. Daryanto
7. Reny Noerjati

**DIREKTORAT JENDERAL BINA PRODUKSI HORTIKULTURA
DIREKTORAT PERLINDUNGAN HORTIKULTURA**

JAKARTA

2001

KATA PENGANTAR

Dalam program pembangunan pertanian, tanaman hortikultura, khususnya tanaman sayuran diharapkan dapat memberikan sumbangan yang cukup tinggi terhadap pendapatan petani. Akan tetapi dalam memproduksi tanaman sayuran tersebut, terdapat kecemasan mengingat biaya produksi yang sangat tinggi serta kualitas produk yang relatif rendah, terutama yang berkaitan dengan pestisida.

Pengendalian Hama Terpadu (PHT) merupakan suatu cara untuk mengatasi hal tersebut, dimana salah satu komponennya yang sangat ideal adalah penggunaan agens hayati, karena tidak menimbulkan dampak negatif.

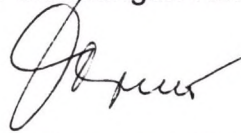
Dalam rangka meningkatkan pengetahuan, kemampuan dan keterampilan petugas lapang maupun petani dalam penggunaan agens hayati, maka disusun buku "Pedoman Penerapan Agens Hayati Dalam Pengendalian OPT Tanaman Sayuran". Buku ini berisi tentang bermacam-macam agens hayati yang dapat dipakai untuk mengendalikan OPT pada tanaman sayuran, cara kerja, cara pembuatan dan cara aplikasinya di lapangan.

Disadari bahwa buku ini masih banyak kekurangan yang memerlukan penyempurnaan. Oleh karena itu diharapkan masukan dari berbagai pihak untuk penyempurnaan buku ini.

Akhirnya, kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan di dalam penyusunan buku ini diucapkan terima kasih.

Jakarta, Desember 2001

Direktur Perlindungan Hortikultura,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Daryanto', written over the printed name.

Ir. Daryanto, MM
NIP. 080036699

DAFTAR ISI

Halaman

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
I PENDAHULUAN	1
1. Latar Belakang	1
2. Peraturan Perundang-Undangan Tentang Pengelolaan Agens Hayati	3
3. Pengertian dan Istilah	4
II PROSEDUR UMUM PENGEMBANGAN AGENS HAYATI	8
1. Eksplorasi	8
2. Isolasi	9
3. Identifikasi	10
III PEMANFAATAN DAN PENGELOLAAN AGENS HAYATI	19
1. Musuh alami	19
1.1 Predator	19
1.2 Parasitoid	20
1.3 Patogen	23

1.4	Contoh penerapan di lapang	35
2.	Biopestisida	43
2.1	Bakteri	44
2.2	Cendawan	50
2.3	Virus	51
IV	TEKNIK APLIKASI	52
1.	Parasitoid	52
2.	Predator	53
3.	Nematoda	53
	DAFTAR PUSATAKA	55

I. PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Dalam upaya memenuhi kebutuhan akan produk hortikultura dalam negeri maupun ekspor, diperlukan usaha peningkatan hortikultura yang mengarah pada peningkatan efisiensi usaha, mutu produk dan produktivitas melalui penguasaan iptek, pemanfaatan sumberdaya alam dan sumberdaya manusia, serta peningkatan partisipasi masyarakat dan swasta. Untuk peningkatan efisiensi usaha, mutu produk dan produktivitas, maka pemanfaatan dan penguasaan teknologi merupakan keharusan, agar produk yang dihasilkan dapat bersaing di pasar domestik maupun internasional.

Tanaman sayuran diharapkan dapat memberikan sumbangan yang cukup tinggi terhadap pendapatan petani. Akan tetapi, dalam memproduksi sayuran, terdapat kecemasan mengingat biaya produksi yang relatif tinggi serta kualitas produk yang relatif rendah, terutama yang berkaitan dengan residu pestisida.

Sebagaimana diketahui, penggunaan pestisida yang berlebihan menyebabkan residu yang membahayakan baik

bagi produsen maupun konsumen. Disamping itu pengaruh terhadap lingkungan juga sangat membahayakan, sehingga perlu cara yang lebih baik dalam mengatasi masalah pencemaran oleh pestisida tersebut. Pengendalian hama terpadu (PHT) merupakan suatu cara untuk mengatasi hal tersebut yang perlu terus dikembangkan dan dimasyarakatkan kepada petani maupun masyarakat pecinta tanaman hortikultura khususnya sayuran.

Salah satu komponen PHT yang sangat ideal adalah penggunaan agens hayati, karena mempunyai beberapa keuntungan yaitu dapat diproduksi oleh petani sendiri, efektif dalam mengendalikan OPT, tidak berdampak negatif baik berupa residu atau dampak negatif lainnya. Disamping itu penggunaan agens hayati jauh lebih murah dibandingkan dengan pestisida, sehingga biaya produksi juga dapat ditekan. Sehubungan dengan hal tersebut, maka pemanfaatan agens hayati pada tanaman sayuran perlu dimasyarakatkan baik kepada petugas perlindungan tanaman maupun kepada petani.

Sehubungan dengan hal tersebut di atas, maka untuk mencapai sasaran dari usaha perlindungan seperti yang diharapkan, perlu adanya peningkatan pengetahuan,

kemampuan dan ketrampilan akan teknologi dan sistem perlindungan tanaman baik untuk petugas perlindungan maupun petani. Salah satu cara untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan menerbitkan bahan informasi/publikasi tentang Pedoman Penerapan Agens Hayati dalam pengendalian OPT Tanaman Sayuran. Diharapkan pedoman ini dapat dijadikan bekal bagi para petugas maupun petani dalam mengatasi permasalahan OPT di tingkat lapang.

2. Peraturan Perundang-Undangan Tentang Pengelolaan Agens Hayati

Sistem PHT telah menjadi dasar kebijakan Pemerintah dalam perlindungan tanaman, maka agar tujuan baik segi pengelolaan maupun konservasi musuh alami dapat berjalan dengan mantap, Pemerintah berkewajiban memonitor perkembangan setiap jenis OPT maupun musuh alami dan faktor yang dapat mempengaruhinya. Pemerintah juga melakukan penelitian dan pengembangan pengendalian OPT untuk menentukan berbagai kebijakan di bidang perlindungan tanaman, khususnya program pengembangan pemanfaatan musuh alami sebagai agens hayati.

Untuk mendukung upaya penerapan PHT, telah dibuat peraturan perundangan yang berkaitan dengan pengelolaan dan konservasi agens hayati yang meliputi :

1. Undang-Undang No. 12 Tahun 1992 Tentang Sistem Budidaya Tanaman.
2. Peraturan Pemerintah No. 6 Tahun 1995 Tentang Perlindungan Tanaman.
3. Surat Keputusan Menteri Pertanian No. 411/Kpts/TP.120/6/95 tentang Pemasukan Agens Hayati ke Dalam Wilayah Negara Republik Indonesia.
4. Surat Keputusan Menteri Pertanian No. 412/Kpts/Kp.150/6/95 tentang Pembentukan Komisi Agens Hayati.

3. Pengertian dan Istilah

1. **Agens Pengendali Hayati (Biological Control Agent)**
setiap organisme yang meliputi species, subspecies, varietas, semua jenis serangga, nematoda, protozoa, cendawan (fungi), bakteri, virus, mikoplasma serta organisme lainnya yang dalam semua tahap perkembangannya dapat digunakan untuk keperluan pengendalian hama dan penyakit atau organisme

pengganggu dalam proses produksi, pengolahan hasil pertanian dan berbagai keperluannya.

2. **Agens antagonis patogen tumbuhan** : mikroorganisme (misalnya bakteri, cendawan, virus dan nematoda) yang menyebabkan terhambat, desintegrasi dan atau matinya patogen tumbuhan.
3. **Augmentasi** : meningkatkan jumlah (populasi) agens hayati yang sudah ada di lapangan dengan cara melepaskan agens hayati yang berasal dari pemeliharaan di laboratorium.
4. **Entomopatogen (patogen serangga)** : mikroorganisme (misalnya bakteri, cendawan, virus dan viroid, nematoda, protozoa, riketsia) yang dapat berkembang, tumbuh dan mempengaruhi kehidupan serangga (menyebabkan serangga menjadi sakit atau menyebabkan kematian serangga).
5. **Inokulasi** : melepaskan agens hayati dalam jumlah relatif sedikit dengan harapan agens hayati tersebut dapat berkembang biak sendiri untuk tujuan mencegah peningkatan populasi hama pada generasi berikutnya.
6. **Introduksi** : agens hayati yang dimasukkan (diimpor) dari luar negeri atau luar daerah.
7. **Inundasi** : melepaskan agens hayati dalam jumlah banyak dengan tujuan dapat menekan populasi hama,

tanpa mengharapkan agens hayati tersebut berkembang biak.

8. **Parasitoid** : serangga yang memarasit serangga lain.
9. **Patogen penyakit** : jasad renik (jamur, virus, bakteri, riketsia, protozoa, nematoda dan mikroba lainnya) yang merusak tanaman.
10. **Pengendalian Hayati (Biological Control)** : pengendalian OPT oleh musuh alami (agens pengendali hayati).
11. **Pengendalian Hayati Alami** : pengendalian OPT di alam oleh agens hayati yang sudah ada di lokasi/daerah yang bersangkutan, tanpa campur tangan manusia.
12. **Pengendalian hayati terapan** : pengendalian OPT dengan menggunakan agens hayati, dalam hal ini diperlukan adanya campur tangan manusia dalam penyediaan dan pelepasan musuh alami tersebut.
13. **Pengendalian hayati klasik** : pengendalian OPT menggunakan agens hayati, dan agens hayati tersebut dimasukkan (diimpor) dari luar daerah atau luar negeri.
14. **Pelestarian (konservasi)** : semua upaya yang bertujuan untuk melestarikan (memelihara) agens hayati yang sudah ada di lapangan.
15. **Predator** : hewan yang memangsa hama.

16. **Pestisida** : zat atau senyawa kimia, zat pengatur tumbuh dan perangsang tumbuhan serta organisme renik atau virus yang digunakan untuk melakukan perlindungan tanaman.
17. **Pestisida biologi (biopestisida)**: pestisida yang bahan aktifnya berasal dari makhluk hidup, yaitu mikroorganisme (pestisida mikroba) dan tanaman (pestisida nabati).
18. **Phylosphere**: lingkungan mikro di seluruh permukaan daun.
19. **Rhizosphere**: lingkungan perakaran.

II. PROSEDUR UMUM PENGEMBANGAN AGENS HAYATI

Langkah-langkah yang perlu dilalui dalam mengembangkan agens antagonis sehingga dapat dikomersialkan:

1. Eksplorasi

Eksplorasi agens hayati dilaksanakan dengan mengumpulkan calon agens antagonis yang dapat diambil dari rhizosphere, phyllospere dan bagian tanaman yang tidak menunjukkan gejala penyakit. Hal penting yang harus diperhatikan adalah pemilihan material baik tanah maupun bahan tanaman yang diharapkan mengandung agens antagonis. Pemilihan sampel tanah atau bahan tanaman di lapangan dapat dilihat dari melihat kebugaran tanaman yang tumbuh di atasnya. Apabila dalam satu hamparan sebagian besar tanaman menunjukkan gejala penyakit dan beberapa tanaman menunjukkan sebaliknya, maka tanaman yang tidak menunjukkan gejala sakit tersebut diasumsikan atau diharapkan banyak mengandung agens antagonis. Kedalaman tanah yang optimum untuk eksplorasi agens antagonis adalah 15-25 cm.

2. Isolasi

Isolasi adalah pemisahan mikroorganisme yang diinginkan dari habitatnya.

Dalam mengisolasi perlu memperhatikan metode isolasi yang dipakai supaya berhasil. Modifikasi media artifisial dengan menambah fungisida/herbisida juga dapat membantu mendapatkan agens antagonis dari golongan mikroba tertentu.

Salah satu cara isolasi bakteri agens antagonis penyakit tumbuhan misalnya, dapat dilakukan dengan metode pengenceran. Secara lengkap prosedur isolasi bakteri antagonis adalah sebagai berikut :

- 10 gram sampel tanah atau bagian tanaman dimasukkan ke dalam 100 ml air steril, kemudian digoyang-goyang secara horizontal selama 20 menit.
- Buat seri larutan dari 10^{-1} s/d 10^{-7} coloni /ml.
- Ambil 1 ml masing-masing pengenceran dan masukkan ke dalam cawan petri yang berisi media NA atau King's B, dan inkubasikan selama 2 hari.
- Murnikan masing-masing isolat bakteri yang didapat, khusus untuk bakteri *Pseudomonas fluorescens* dapat digunakan lampu ultra violet. Koloni *P. fluorescens* di bawah lampu ultra violet akan memancarkan warna

putih kehijauan , sedangkan *Corybacterium* berwarna putih kotor, di bawah lampu ultra violet tidak bereaksi.

Bakteri dan aktinomisetes menyebar lebih baik didalam tanah dibandingkan dengan cendawan. Hal ini karena sel bakteri dan aktinomisetes dapat menyebar lebih efisien melalui gerakan air atau terbawa oleh mikro fauna tanah.

Cendawan dapat tumbuh pada kelembaban yang relatif rendah dibandingkan dengan bakteri, tapi tidak serendah kelembaban yang dibutuhkan oleh aktinomisetes.

Bakteri pembentuk spora cenderung lebih resisten terhadap panas dibandingkan dengan kebanyakan cendawan. Karena sifat tersebut, thermoterapi selektif dapat digunakan untuk mengisolasi suatu agens antagonis tertentu.

3. Identifikasi

Identifikasi bakteri agens antagonis dilaksanakan dengan uji efek antagonisme dengan metode ganda pada media agar (in vitro). Tahapan uji efek antagonisme secara rinci adalah sebagai berikut :

- Siapkan media NA pada cawan petri dengan volume 7-10 ml per cawan petri.
- Siapkan larutan calon antagonis dan patogen tumbuhan yang diuji sehingga kepadatan sel bakteri dalam larutan mencapai 10^6 - 10^7 CFU (Coloni Forming Unit) dengan bantuan Haemocytometer. Untuk mengamati sel bakteri digunakan pembesaran 1000 kali dengan minyak imersi dan pewarnaan gram.
- Siapkan potongan kertas saring steril dengan diameter 0.5 cm, lalu celupkan masing-masing ke dalam larutan calon antagonis dan patogen tumbuhan.
- Letakkan potongan kertas yang telah diperlakukan pada media dengan membentuk satu garis lurus dengan jarak 4 cm.
- Inkubasikan pada suhu ruang (25^0 C) selama 1-7 hari, kemudian amati pertumbuhan masing-masing mikroorganisme pada media buatan tersebut.
- Apabila perkembangan koloni calon agens antagonis berlangsung lebih cepat (membentuk zona penghambatan pertumbuhan patogen, terjadi hyperparasitisme terhadap patogen dan blokade zone tumbuh) maka mikroorganisme uji tersebut merupakan agens antagonis dari patogen.

Uji keefektifan

Uji efektivitas bakteri agens antagonis dilakukan dengan mencampur antara bakteri antagonis dengan patogen tumbuhan dan mengaplikasikannya pada tanaman inang (sehat). Tingkat efektivitasnya dilihat dengan membandingkan kemunculan gejala penyakit dan laju infeksiya dan pada tanaman uji, tanaman dengan patogen dan tanaman tanpa patogen (kontrol).

Tahapan kegiatan dalam uji efektivitas bakteri agens antagonis adalah sebagai berikut :

- Siapkan tanaman uji (inang patogen tumbuhan).
- Siapkan larutan bakteri antagonis dengan konsentrasi 10^6 - 10^7 cfu/ml.
- Siapkan larutan patogen tumbuhan dengan konsentrasi (minimal 10^4 cfu/ml)
- Inokulasi tanaman uji (sehat) masing-masing dengan patogen, campuran patogen dan bakteri antagonis serta kontrol, dan pelihara selama 7-14 hari.
- Amati kemunculan gejala penyakit pada tanaman uji masing-masing dan bandingkan dengan kontrol.
- Lakukan tahap tersebut di atas untuk mengetahui kestabilan efektivitas dari turunan isolat.

Uji keamanan

Uji keamanan perlu dilakukan untuk melindungi pengguna, lingkungan termasuk organisme non target.

Uji kestabilan genetik dari agens antagonis (tidak menurun virulensinya)

Uji kestabilan dilakukan untuk memastikan bahwa bakteri antagonis yang dipergunakan tidak menurun virulensinya setelah disimpan dengan beberapa cara dan lama penyimpanan.

Uji potensi produksi massal

Produksi massal yang dimaksudkan adalah keahlian untuk memproses dan memperbanyak bakteri agens antagonis dengan biaya produksi yang murah, serta efektivitasnya stabil. Langkah pertama dalam uji produksi massal adalah mencari media efektif. Umumnya bakteri lebih mudah diperbanyak dengan menggunakan media buatan. Media selektif lebih menguntungkan karena bisa langsung mengarah pada bakteri agens antagonis yang dikehendaki. Apabila media selektif terlalu mahal, maka langkah kedua adalah produksi massal dengan

menggunakan media umum yang masih bagus untuk perkembangan bakteri antagonis.

Produksi massal bakteri antagonis umumnya dengan menggunakan media buatan (cair) yang terutama mengandung karbohidrat, protein dan bahan kimia tertentu dalam jumlah yang cukup. Tahapan untuk perbanyakan massal adalah sebagai berikut:

- Siapkan media pertumbuhan bakteri (tidak mengandung agar) dalam bejana berukuran masing-masing 2 liter (disesuaikan dengan kondisi setempat).
- Sterilkan media dengan menggunakan autoclave (suhu 120°C , tekanan 1 ATM dan waktu 15 menit), kemudian dinginkan .
- Masukkan 10 ml larutan bakteri (kepadatan 10^6 cfu/ml) kedalam bejana media buatan.
- Inkkubasikan biakan bakteri tersebut dengan menggunakan fermentor sederhana (pada suhu kamar) sampai umur 7 hari.
- Setelah biakan berumur 4 hari, lakukan penghitungan jumlah sel bakteri sampai berumur 7 hari.

Formulasi agens antagonis yang efisien tetapi tetap efektif

Di dalam pengaplikasiannya, agens antagonis harus dicampur dengan bahan lain/diformulasi dalam bentuk cairan, tepung, dll, yang sederhana/tidak mahal tetapi tidak mengganggu cara kerja agens antagonis tersebut sehingga masih tetap efektif.

Uji kestabilan dalam bentuk formulasi dan masa simpannya

Uji kestabilan dilakukan untuk mengetahui efektivitas bakteri antagonis setelah melalui beberapa cara dan lama waktu penyimpanan dengan metode uji efektivitas tersebut di atas.

Potensi pasar

Potensi pasar ini dapat diukur dari tingkat keefektifan suatu agens hayati dan tingkat kemudahan untuk mengaplikasikan di lapangan, serta luasan pertanaman yang mungkin menjadi sasaran OPT tertentu.

Evaluasi biaya produksi

Evaluasi biaya produksi dilakukan dengan membandingkan pengeluaran atau kebutuhan yang diperlukan untuk memproduksi suatu agens hayati dengan biaya yang dapat dihemat dan resiko yang dihadapi bila menggunakan agens hayati tersebut dalam mengendalikan OPT dibandingkan dengan penggunaan pestisida biasa atau cara lain.

Analisis perolehan dari investasi (return on investment)

Analisa perolehan investasi ini dilakukan untuk mengetahui berapa keuntungan yang akan diperoleh jika menggunakan agens hayati tersebut dalam mengendalikan OPT jika dibandingkan dengan pemakaian cara lain.

Pengujian lapang

Uji skala lapang perlu dilakukan terhadap bakteri antagonis sebelum dimasyarakatkan secara luas. Efektivitas agen antagonis di lapang dipengaruhi oleh faktor biotik (makanan, persaingan predasi dan parasitasi, infeksi patogen) dan faktor abiotik (suhu, angin dan kelembaban). Oleh sebab itu dalam melaksanakan uji

efektivitas bakteri antagonis harus dipertimbangkan kedua faktor tersebut.

Tahapan pelaksanaan uji efektivitas bakteri agens antagonis skala lapang sebagai berikut:

- Memilih tempat pengujian di daerah serangan endemis OPT sasaran.
- Membuat rancangan petak uji yang memenuhi standar uji statistik, perlakuan standar yang harus ada dalam rancangan tersebut adalah petak perlakuan bakteri agens antagonis dan kontrol (tanpa perlakuan atau dengan aplikasi pestisida/bakteri agens antagonis yang tetap mantap).
- Pengamatan intensitas penyakit dilakukan 1 (satu) hari sebelum diaplikasi.
- Aplikasi bakteri agens antagonis umumnya dilakukan sore hari untuk menghindari kerusakan akibat faktor lingkungan (khususnya sinar ultra violet dari sinar matahari).
- Efektivitas bakteri antagonis dapat diamati sejak 7 hari setelah aplikasi dengan interval 1 minggu.
- Pengamatan dampak aplikasi bakteri agens antagonis terhadap serangga bukan sasaran, juga diamati pada saat yang bersamaan.

- Hitung semua biaya yang dikeluarkan per unit perlakuan yang dilakukan dengan menghitung kebutuhan bahan, tenaga dan alat yang dibutuhkan untuk aplikasi bakteri agens antagonis.

Membuat hak paten agens pengendali hayati

Hak paten untuk agens pengendali hayati dikeluarkan oleh instansi yang berwenang.

Komersialisasi dan pemasyarakatan produk “biopestisida”

Pemasyarakatan agens antagonis sebagai salah satu komponen pengendalian OPT tanaman hortikultura dapat dilakukan melalui kegiatan seminar, lokakarya, pelatihan, magang, sarasehan, media cetak dan elektronik.

III. PEMANFAATAN DAN PENGELOLAAN AGENS HAYATI

Agens hayati merupakan salah satu alternatif yang dapat dipertimbangkan dalam pengendalian hama dan penyakit pada sayuran. Agens Hayati dapat berupa musuh alami atau biopestisida.

1. Musuh Alami

Berdasarkan cara kerja atau sifatnya, musuh alami dapat dikelompokkan menjadi 4 kelompok, yaitu **predator**, **parasitoid**, **patogen serangga** dan **antagonis patogen tumbuhan**. Patogen antara lain yang berasal dari kelompok virus, bakteri, cendawan, protozoa, nematoda.

1.1 Predator

Predator adalah hewan yang memangsa hama. Pada umumnya serangga predator pradewasa dan dewasa hidup dalam habitat yang sama. Telur-telur predator akan diletakkan di dekat mangsanya atau di dalam habitat mangsanya.

Untuk predator, fase yang aktif melakukan pengendalian adalah fase pradewasa dan dewasa. Tetapi pada umumnya predator mempunyai lebih banyak mangsa dibandingkan parasitoid, sehingga untuk memelihara di laboratorium akan lebih mudah. Untuk melepaskan serangga predator (pradewasa dan dewasa) ke lapangan akan lebih sulit, karena adanya kemungkinan faktor kegagalan saat menyesuaikan diri terhadap lingkungan (mati sebelum mulai memangsa). Sehingga cara yang paling efisien adalah melepaskan predator pada fase kokon. Untuk itu kita sebaiknya memperbanyak kokon, dan kokon tersebut dapat disimpan dalam almari es selama beberapa hari untuk menunda saat keluarnya predator tersebut.

1.2 Parasitoid

Serangga parasitoid dewasa betina penting untuk dipelajari, karena serangga parasitoid dewasa betina inilah yang aktif mencari dan memilih serangga inangnya (OPT) untuk tempat pertumbuhan dan perkembangan keturunannya. Selain itu, parasitoid betina ini efisien, ia mampu mendapatkan inangnya

walaupun dalam populasi inang yang rendah. Sehingga dalam usaha pemanfaatan musuh alami (inokulasi, inundasi dan konservasi), kita harus lebih banyak memikirkan untuk memproduksi serangga parasitoid betina.

Ada beberapa pola reproduksi parasitoid dari serangga ordo *Hymenoptera* yang penting artinya dari segi ekologi dan kebiasaan jenis-jenis bersangkutan. Ciri reproduksi parasitoid ordo ini adalah partenogenesis, yang terdiri dari 3 (tiga) pola reproduksi, yaitu *thelytoki*, *deuterotoki* dan *arrhenotoki*. Pada pola *thelytoki*, parasitoid betina yang tidak berkopulasi dan menghasilkan serangga betina saja. Pada *deuterotoki*, parasitoid betina yang tidak berkopulasi namun mempunyai keturunan betina dan jantan, tetapi keturunan jantan secara biologis tidak berfungsi. Sedangkan untuk *arrhenotoki*, parasitoid betina yang telurnya tidak dibuahi, keturunannya akan menjadi jantan dan yang telurnya dibuahi akan menjadi betina.

Ada beberapa jenis parasitoid, yaitu parasitoid telur (parasitoid yang memarasit telur inang), parasitoid larva (parasitoid yang memarasit larva

inang) dan parasitoid pupa (parasitoid yang memarasit pupa inang).

Untuk aplikasinya di lapangan sebenarnya yang efektif memarasit inang adalah fase pradewasa, tetapi yang aktif meletakkan telur pada inang adalah parasitoid dewasa betina. Untuk melepaskan parasitoid dewasa ke lapangan akan mengalami kesulitan, sehingga cara yang lebih efisien adalah menyiapkan inang yang telah terparasit. Inang-inang yang telah terparasit akan mudah melepaskannya di lapangan, dan hanya dalam beberapa saat parasit akan segera keluar, kemudian akan menyesuaikan diri dengan lingkungan dan akan segera memarasit inang-inang yang telah ada di lapangan. Bila memungkinkan inang terparasit tersebut dapat disimpan untuk beberapa hari di dalam almari es, untuk menunda keluarnya parasit dari inang sebelum dilepaskan ke lapangan.

Ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi dalam memelihara parasitoid, yaitu:

- Harus mengetahui jenis parasitoid tersebut, termasuk parasitoid telur, parasitoid larva atau parasitoid pupa.

- Memelihara inang di laboratorium terlebih dahulu dalam jumlah banyak secara massal. Inang tersebut tidak harus inang utama, tetapi dapat digunakan inang pengganti yang dapat dengan mudah dan ekonomis dipelihara di laboratorium.

1.3 Patogen

Patogen dapat berupa virus, bakteri, protozoa, jamur, rickettsiae, nematoda.

Patogen ini dapat dikelompokkan menjadi 2 kelompok yaitu **patogen serangga dan agens antagonis patogen tumbuhan.**

1). Patogen Serangga

a. Bakteri

Bakteri patogen serangga yang telah banyak dimanfaatkan dan diproduksi secara komersial sebagai insektisida mikroba adalah *Bacillus thuringiensis*.

Deskripsi

Bakteri *B. thuringiensis* (famili *Bacillaceae*) menghasilkan metabolik sekunder yang bersifat antibiotik, toksin maupun enzim. Proses penghasilan metabolik sekunder berlangsung ketika masa pertumbuhan vegetatif atau sporulasi.

B. thuringiensis termasuk golongan pembentuk spora anaerob, merupakan spesies yang kompleks dan terdiri atas lebih dari 20 serotipe atau subspecies.

Serotipe-serotipe ini menghasilkan toksin yang bersifat insektisida (Insectiside Protein Cristal = IPC) diantaranya delta-endotoksin yang dimanfaatkan dalam bidang pertanian. Kristal dapat berbentuk oktahedral, empat persegi panjang, segitiga atau kubus.

Sampai saat ini belum ditemukan teknik yang sederhana dengan biaya murah untuk memperbanyak bakteri entomopatogen di laboratorium. Memperbanyak *B. thuringiensis* tidak dapat

dilakukan pada serangga inang karena bakteri ini tidak dapat tumbuh baik pada tubuh inangnya, sedangkan media buatan untuk pertumbuhan bakteri tersebut mahal.

Proses Infeksi

Pada umumnya saluran makanan adalah organ tubuh yang pertama kali terserang bakteri. Dalam saluran, toksin bakteri akan mengalami penguraian (hidrolisis). Fraksi-fraksi toksik tersebut akan dibebaskan dari kristal, sehingga meracuni sel-sel epithelia saluran makanan.

Gejala Serangan

Pada tahap awal infeksi bakteri, serangga menunjukkan penurunan aktivitas makan dan cenderung mencari perlindungan di tempat tersembunyi (di bawah daun). Selanjutnya larva mengalami diare, mengeluarkan cairan dari mulutnya, mengalami lumpuh (paralisis) pada saluran makanan; sehingga terjadi penurunan

aktivitas gerakan dan berakhir dengan kematian.

b. Cendawan

Cendawan pengendali hayati yang berfungsi sebagai entomopatogen pada umumnya dari kelas *Deuteromycetes*, ordo *Moniliales*, seperti *Beauveria bassiana*, *Metarrhizium anisopliae*, *Hirsutella saussurei*, *Nomuraea riley*, dan *Paecilomyces* sp. Cendawan-cendawan tersebut di Indonesia belum banyak diproduksi secara komersial, tetapi telah banyak dikembangkan di Laboratorium Pengamatan Hama dan Penyakit Tanaman (LPHP).

Deskripsi

Cendawan entomopatogen mempunyai kapasitas reproduksi tinggi, siklus hidup pendek, dapat membentuk spora yang bertahan lama di alam, aman, selektif dan kompatibel dengan berbagai insektisida kimia. Akan tetapi keberhasilan

pemanfaatan cendawan entomopatogenik sebagai pengendali hama di lapangan sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan (suhu, kelembaban, dan sinar matahari), jumlah spora yang disemprotkan, kemungkinan spora sampai pada sasaran dan waktu aplikasi yang tepat.

Proses Infeksi

Masuknya cendawan pada tubuh inang melalui integumen, saluran pencernaan, spirakel dan lubang lainnya. Inokulum cendawan yang menempel pada tubuh serangga inang akan berkecambah dan berkembang membentuk tabung kecambah, kemudian masuk menembus kulit tubuh (integumen). Penembusan dilakukan secara mekanis dan atau kimiawi dengan mengeluarkan enzim atau toksin. Cendawan akan berkembang dalam tubuh inang dan menyerang seluruh jaringan tubuh, sehingga serangga mati. Miselia cendawan menembus keluar tubuh inang, tumbuh menutupi tubuh inang dan

memproduksi konidia. Apabila keadaan kurang menguntungkan perkembangan cendawan hanya berlangsung di dalam tubuh inang tanpa keluar menyerang integumen.

Gejala Serangan

Serangga yang terserang cendawan patogenik akan mati dengan tubuh mengeras seperti mumi (*B. bassiana*), rapuh (*M. anisopliae*) dan cendawan tumbuh menutupi tubuh inang dengan warna cendawan tergantung spesies cendawan, misalnya putih (*B. bassiana*) dan hijau tua (*M. anisopliae*).

c. Virus

Virus serangga yang ditemukan di lapang pada umumnya tergolong famili *Baculoviridae* (*baculovirus*), dan dibagi menjadi 3 subkelompok yaitu :

- Nuclear Polyhedrosis Virus (NPV)
- Granulosis Virus (GV)
- Nonoccluded Baculovirus (NOB)

Deskripsi

Nuclear Polyhedrosis Virus (NPV) memiliki ciri khas, yaitu berupa badan inklusi (inclusion bodies) berbentuk polyhedral yang merupakan kristal protein pembungkus virion, dengan diameter 0,2-20 um yang biasanya dapat terlihat di bawah mikroskop cahaya biasa. Sedangkan virionnya berbentuk batang berukuran 40-70 x 200-400um.

NPV umumnya menyerang larva, mempunyai inang spesifik. Sifat inang spesifik ini layak dikembangkan sebagai pestisida. Saat ini di Indonesia banyak terdapat jenis NPV; seperti Se-NPV yang patogenik terhadap *Spodoptera litura* pada tanaman kedelai, Se-NPV yang patogenik terhadap *S. exigua* pada tanaman bawang merah, dan Ha-NPV yang patogenik terhadap *Helicoverpa armigera* pada tanaman tomat dan jagung.

Proses Infeksi

Polihedra yang menempel pada permukaan tanaman termakan oleh larva, sehingga masuk ke dalam saluran pencernaan. Didalam saluran pencernaan yang bersuasana alkalis (pH 9,0-10,0) selubung polihedral larut, sehingga membebaskan virion. Virion akan menginfeksi sel epitel saluran pencernaan larva, masuk ke dalam inti sel dan memperbanyak diri. Dalam 1-2 hari setelah polihedra termakan, larva yang terinfeksi menunjukkan gejala serangan.

Gejala Serangan

Larva yang terinfeksi menunjukkan gejala tingkah laku yang abnormal, yaitu cenderung bergerak ke bagian atas menuju ke pucuk tanaman. Larva yang semula berwarna pucat keputihan berubah menjadi hitam mengkilat, aktivitas makan berkurang bahkan berhenti, tubuh menjadi lemas, dan kemudian mati dengan mengantung tertumpu pada tungkai palsu.

Badan larva yang terinfeksi bila pecah mengeluarkan cairan berwarna putih seperti susu. Gejala penyakit biasanya muncul apabila infeksi sudah sampai pada tahap lanjut.

2). Agens Antagonis Patogen Tumbuhan

Agens antagonis patogen tumbuhan dalam menekan populasi atau aktivitas patogen tumbuhan dapat berupa hiperparasitisme, kompetisi terhadap ruang dan hara, serta antibiosis dan lisis.

Agens antagonis patogen tumbuhan adalah mikroorganisme yang mengintervensi aktivitas patogen dalam menimbulkan penyakit. Agens tersebut tidak dapat mengejar inang yang telah masuk ke dalam tanaman. Efektivitasnya dapat dilihat dengan tidak berkembangnya penyakit tersebut.

a. Bakteri

Deskripsi

Bakteri *Pseudomonas fluorescens* dapat menghasilkan spora, bersifat aerobik, gram negatif, banyak ditemukan pada daerah rizosfir dan tanah, serta lebih efektif pada tanah netral dan basa. Penanaman pada tanah yang lembab dapat meningkatkan populasi *P. fluorescens*. Kolonisasi akar oleh *P. fluorescens* merupakan persyaratan sebagai agens biokontrol.

Proses Antagonis

Tipe mekanisme antagonis *P. fluorescens* dengan *P. tolaasii* berupa kompetisi unsur hara. Dapat menekan perkembangan *Fusarium* sp. melalui kompetisi terhadap unsur Fe yang tersedia.

Cara Aplikasi

Bakteri *P. fluorescens* dapat diaplikasikan pada benih saat sebelum

tanam. Aplikasi pada benih dapat menekan penyakit rebah kecambah (damping-off) yang disebabkan cendawan *Rhizoctonia solani*

b. Cendawan

Deskripsi

Agens antagonis patogen tumbuhan yang telah banyak dikembangkan saat ini adalah *Trichoderma spp* dan *Gliocladium sp*.

Cendawan *Trichoderma spp.* efektif pada tanah masam. Pada pH netral, perkecambahan propagulnya terhambat dan bahkan tidak berkecambah pada kondisi basa. Penurunan pH tanah sampai 6-6,5 dengan menggunakan belerang pada tanah yang mengandung *Trichoderma spp.* dapat menekan penyakit busuk akar pada bunga lili.

Cendawan ini sangat menyukai bahan yang banyak mengandung selulosa, seperti sisa-sisa batang jagung.

Trichoderma hamatum sensitif terhadap penurunan Fe yang ditimbulkan oleh *P. fluorescens*, sehingga kedua agens antagonis ini tidak kompatibel bila diaplikasikan bersama-sama.

Proses Antagonis

Trichoderma spp. aktif menyerang *Rhizoctonia solani* dan *Pythium sp.*, menghasilkan enzim kitinase dan B-1.3-glukanase, dengan proses antagonis parasitisme. Sedangkan *Gliocladium sp.* yang bersifat antagonis terhadap beberapa patogen tular tanah, seperti *Fusarium moniliforme* dan *Sclerotium rolfsii*, dengan cara kerja antagonis berupa parasitisme, kompetisi, dan antibiosis.

Cara Aplikasi

Cendawan *Gliocladium sp.* dapat diaplikasikan melalui tanah (*G. roseum*), melalui perlakuan benih (*G. virens*), dan melalui kompos.

Trichoderma viride diaplikasikan langsung ke tanah dan *T. harzianum* diaplikasikan 70 hari setelah tanam sebanyak 140 kg/ha.

1.4 Contoh penerapan di lapang

a. Pendayagunaan parasitoid untuk mengendalikan hama pada tanaman sayuran

- *Diadegma semiclausum* merupakan parasitoid penting *Plutella xylostella* pada tanaman kubis. Tingkat parasitasi di lapangan lebih dari 80%.
- *Trichogramma spp.* dan *E. argentiopilosus* merupakan parasitoid penting *H. armigera* pada tanaman tomat. Efikasinya setara dengan penggunaan insektisida Deltametrin.
- *Hemiptarsinus varicornis* merupakan parasitoid penting *Liriomyza huidobrensis* pada tanaman kentang. Tingkat parasitasi *H. varicornis* terhadap *L. huidobrensis* berkisar antara 0,17-97,52 %. 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 %. Perbandingan antara jantan dan betina *H. varicornis* adalah 413:276 tau 1,5 :1.

- *A. cucumeris* merupakan predator penting untuk trips dan tungau pada tanaman cabai. Di laboratorium mampu memangsa 4,6 ekor trips dan 73,9 ekor tungau per hari. Untuk menekan populasi thrips dan tungau kuning, diperlukan ± 25 ekor predator *A. cucumeris* per tanaman. Pelepasan di rumah kaca dilakukan dengan selang waktu 2-3 minggu sekali.

b. Perbanyakan & Aplikasi virus ulat bawang Se- NPV pada tingkat petani

- Siapkan 5-10 baki plastik dengan ukuran 30 x 20 x 8 cm, lubangi bagian tutupnya sebesar 10 x 15 cm, kemudian lubang tersebut ditutupi dengan kain kasa sebagai ventilasi.
- Isilah satu buah baki plastik tersebut dengan 2 gelas air, kemudian ambil 1. sendok teh bibit virus dan campurkan ke dalamnya.

- Masukkan 20-30 daun bawang yang sudah dicuci dan dibersihkan ke dalam larutan tersebut sampai basah dan merata.
- Angkat daun bawang dari larutan virus dan kering anginkan selama 10 menit, kemudian masukkan ke dalam baki masing-masing 5-6 daun.
- Tambahkan 100-150 ulat *Spodoptera exigua* instar 3 atau 4 ke dalam masing-masing baki, dan biarkan makan selama 1 x 24 jam (sehari semalam).
- Setelah 1 x 24 jam, pindahkan ulat dengan kuas halus ke dalam baki lain dan berikan daun segar yang telah dicuci dan dibersihkan.
- Setelah kira-kira 3 sampai 4 hari (untuk daerah dataran rendah seperti Brebes) atau 5 sampai 7 hari (untuk daerah dataran tinggi seperti Puncak) ulat yang terinfeksi akan kelihatan pucat (kuning keputih-putihan) mengkilap, dan biasanya mengumpul di bagian pinggir baki. Waktu yang ideal untuk

memanen virus ini ketika ulat hampir mati (sudah diam) tetapi belum hancur.

- Ambil ulat yang terinfeksi virus dengan sendok teh, masukkan ke dalam botol yang dapat dimasukkan ke dalam kulkas dan dapat ditutup rapat. Jika tersedia kulkas simpan virus pada bagian freezernya, tetapi jika tidak ada simpan dalam termos es, dan ganti es jika telah mencair,
- Jika akan menggunakan, ambil kira-kira setengah sendok teh virus dan larutkan dalam 1 gelas air.
- Saringlah larutan virus tersebut dengan saringan teh, atau yang lainnya, kemudian buanglah partikel yang dapat menyumbat nosel.
- Masukkan 1 gelas larutan virus tersebut ke dalam 1 tangki dan tambahkan air sampai penuh (kurang lebih 17 liter).
- Agar virus tidak tercuci dan dapat kontak lebih lama dengan ulat, sebaiknya tanaman disiram sebelum aplikasi dan besok paginya tidak dilakukan penyiraman lagi.

- Semprotlah OPT sasaran pada tanaman pada sore hari (pukul 5 atau 6 sore).

c. Pendayagunaan pathogen serangga untuk mengendalikan hama pada tanaman sayuran

Bermacam-macam patogen serangga dapat dimanfaatkan untuk mengendalikan hama sayuran. Patogen tersebut adalah virus, bakteri, nematoda, cendawan dan protozoa. Patogen serangga bersifat spesifik, selektif dan tidak persisten, sehingga diharapkan efek negatif sampingan sangat kecil. Di tingkat petani, penggunaan patogen serangga mendapat tanggapan yang positif. Penggunaan secara luas merupakan terobosan dalam rangka mengurangi penggunaan insektisida kimia.

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 pengendalian lain, dan 6) murah (Rp. 4.500,- /kg) dibandingkan dengan insektisida misalnya Karbaril (>Rp50.000,-/kg).

Untuk pertanaman di lapangan digunakan 40 larva *P. operculella* yang telah terinfeksi GV digerus dan dilarutkan dalam 1 liter air. Sedangkan untuk penyimpanan ubi 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 ditempat yang bersih.

BiaRIV-2

BiaRIV-2 mengandung bahan aktif Se NPV (Nuclear Polyhedrosis Virus) dengan konsentrasi $4,8 \times 10^{10}$ PIBs/g efektif untuk mengendalikan *Spodoptera exigua* dan bersifat racun perut. BiaRIV-2 berupa tepung, sehingga mudah disuspensikan dengan air dan dapat langsung disemprotkan pada pertanaman bawang. Penggunaan BiaRIV-2 yang dikombinasikan dengan ambang pengendalian 2,5% kerusakan tanaman dapat menekan penggunaan insektisida kimia sebesar 18,2%. Efikasi ekstrak kasar SeNPV yang berasal dari BiaRIV-2 setara dengan efikasi formulasi BiaRIV-2, yaitu 7 hari setelah penyemprotan >85% larva mengalami kematian. Efikasi keduanya ternyata lebih efektif dibandingkan dengan *Bacillus thuringiensis*.

Keuntungan penggunaan BiaRIV-2 adalah: 1) selektif hanya membunuh *S. exigua*, 2) efektif untuk *S. exigua* yang telah resisten terhadap insektisida kimia, 3) aman bagi manusia, hewan dan lingkungan, 4) dapat dipadukan dengan cara pengendalian yang lain, 5) murah (Rp

15.000,-/kg) dibandingkan insektisida *B. thuringiensis* yang harganya Rp.72.000,-/kg. Untuk setiap penyemprotan pertanaman bawang diperlukan 600 g/ha BiaRIV-2, sedangkan insektisida *B. thuringiensis* diperlukan 1200g/ha.

Kelemahan BiaRIV-2 adalah kerjanya lambat dan tidak tahan terhadap sinar ultraviolet. Untuk mengatasi kelemahan tersebut dianjurkan 1) penyemprotan BiaRIV-2 dilakukan pada sore hari, yaitu sekitar jam 17.00, 2) selesai penyemprotan BiaRIV-2, pertanaman tidak disiram selama 24 jam, dan 3) Untuk mempercepat masa waktu membunuh dianjurkan agar formulasi BiaRIV-2 dicampur dengan insektisida kimia yang berbahan aktif Profenofos atau Deltametrin, masing-masing dengan konsentrasi formulasi setengah konsentrasi formulasi anjuran.

- d. **Virus Ha-NPV** efektif terhadap *H. armigera* pada tanaman tomat. Efikasinya setara dengan insektisida Deltametrin.

- e. **Nematoda *Steinernema*** dapat memarasitir *C. binotalis*, *S. litura*, *S. exigua*, *A. ipsilon* dan *H. armigera*. Kematian larva dimulai pada 3 hari setelah aplikasi, 100% mortalitas larva dicapai pada 7 hari setelah aplikasi (Uhan dan Sastrosiswojo, 1996).
- f. **Cendawan *Cordisep*** mampu mengendalikan *S. exigua* dan *H. armigera*

2. Biopestisida

Pestisida mikroba yang telah dipasarkan sebagai pestisida dapat digolongkan menjadi 3 golongan yaitu bakteri, cendawan dan virus. Namun spesies yang paling banyak digunakan sebagai bahan aktif pestisida pada tanaman hortikultura adalah golongan bakteri.

Contoh dari beberapa jenis formulasi pestisida mikroba yang terdaftar dan diizinkan Menteri Pertanian adalah sebagai berikut :

2.1 Bakteri

Terdapat berbagai macam merek dagang biopestisida yang berbahan aktif varietas/strain *B. thuringiensis* dalam berbagai jenis dan formulasi diantaranya:

Bacillin WP, Bactospeine WP, Bactospeine ULV, Condor WP, Costar OF, Cutlass WP, Delfin WDG, Dipel WP, Florbac FC, Krist WP, Thuricide HP, Turex WP, Xentari WDG.

a. Bacillin WP

- Insektisida racun lambung berbentuk tepung yang dapat disuspensikan.
- Bahan aktif : *B. thuringiensis* varietas Aizawai: 16.000 IU/mg
- Kegunaan : untuk mengendalikan ulat perusak daun *Plutella xylostella* dan perusak krop *Crocicidolomia binotalis* pada kubis.
- Cara aplikasi : penyemprotan volume tinggi dengan dosis 0,5-1 kg/ha.

b. Bactospeine WP

- Insektisida racun lambung berbentuk tepung yang dapat disuspensikan.

- Bahan aktif: *B. thuringiensis* Berliner varietas Kurstaki serotype 3a/3b H. 14:16.000 IU/mg
- Kegunaan : untuk mengendalikan ulat perusak daun kubis.
- Cara aplikasi: penyemprotan volume tinggi dengan konsentrasi 1 g/l.

c. Bactospeine ULV

- Insektisida racun lambung berbentuk suspensi.
- Bahan aktif : *B. thuringiensis* Berliner varietas Kurstaki serotype 3A/3B strain H.14: 13.000 IU/mg.
- Kegunaan : untuk mengendalikan ulat perusak daun kubis .
- Cara aplikasi: penyemprotan volume tinggi dengan konsentrasi 1-2 ml/l

d. Condor WP

- Insektisida racun lambung berbentuk tepung yang dapat disuspensikan.
- Bahan aktif: delta endotoksin dari *B. thuringiensis* varietas Kurstaki strain EG 2348: 10%

- Kegunaan : untuk mengendalikan ulat perusak daun kubis.
- Cara aplikasi : penyemprotan volume tinggi dengan dosis 0,375-0,75 kg/ha.

e. Costar OF

- Insektisida racun lambung berbentuk suspensi
- Bahan aktif: *B. thuringiensis* varietas Kurstaki serotype 3a, 3b, strain SA 12:36.000 IU/mg
- Kegunaan : untuk mengendalikan ulat perusak daun kubis .
- Cara aplikasi : penyemprotan volume tinggi dengan konsentrasi 0,5-1 ml/l

f. Cutlass WP

- Insektisida racun lambung berbentuk tepung yang dapat disuspensikan.
- Bahan aktif: delta endotoksin dari *B. thuringiensis* varietas Kurstaki strain EG 237:10%
- Kegunaan : untuk mengendalikan ulat perusak daun kubis.

- Cara aplikasi : penyemprotan volume tinggi dengan dosis 0,375-0,75 kg/ha.

g. Delfin WDG

- Insektisida racun lambung berbentuk butiran yang dapat didispersikan dalam air
- Bahan aktif: *B. thuringiensis* Berliner varietas Kurstaki serotype 3a, 3b strain SA-11: 6,4%
- Kegunaan : untuk mengendalikan ulat daun bawang merah *S. exigua*.
- Cara aplikasi : penyemprotan volume tinggi dengan dosis 0,5-1 kg/ha.

h. Florbac FC

- Insektisida racun lambung berbentuk pekatan
- Bahan aktif : *B. thuringiensis* varietas Aizawai serotype 7:7500 IU/mg
- Kegunaan: untuk mengendalikan ulat perusak daun kubis .
- Cara aplikasi : penyemprotan volume tinggi dengan konsentrasi 1-2 ml/l

i. Foil 70 F

- Insektisida racun lambung
- Bahan aktif : delta endotoksin pada *B. thuringiensis* varietas Kurstaki strain EG-2424 : 71 g/l
- Kegunaan : untuk mengendalikan ulat grayak *Spodoptera litura*.

j. Kitin AS

- Insektisida racun lambung
- Bahan aktif : *Bacillus coagulan* $181,3 \times 10^{13}$ spora/ml
- Kegunaan : untuk mengendalikan hama pengorok daun *Liriomyza* sp. pada tanaman kentang.

k. Krist WP

- Insektisida racun lambung berbentuk tepung yang dapat disuspensikan.
- Bahan aktif : *B. thuringiensis* varietas Kurstaki strain 8010 : 0,95 %
- Kegunaan : untuk mengendalikan ulat perusak daun kubis .

- Cara aplikasi : penyemprotan volume tinggi dengan konsentrasi 2-4 g/l.

I. Thuricide HP

- Insektisida racun lambung berbentuk tepung yang dapat disuspensikan.
- Bahan aktif : *B. thuringiensis* Berliner varietas Kurstaki serotype 3a, 3b strain HD1 : 16.000 IU/mg.
- Kegunaan : untuk mengendalikan ulat perusak daun dan perusak krop pada kubis.
- Cara aplikasi : penyemprotan volume tinggi dengan konsentrasi 1-1,5 g/l.

m. Turex WP

- Insektisida racun lambung berbentuk tepung yang dapat disuspensikan.
- Bahan aktif : delta endotoksin dari *B. thuringiensis* varietas Azawai strain C-91: 3,8%
- Kegunaan: untuk mengendalikan ulat perusak daun kubis dan ulat penggerek buah tomat.

- Cara aplikasi: penyemprotan volume tinggi dengan konsentrasi 0,5-1 g/l untuk perusak daun kubis dan konsentrasi 1-2 g/l untuk penggerek buah tomat.

n. Xentari WDG

- Insektisida racun lambung berbentuk butiran
- Bahan aktif : *B. thuringiensis* subspesies Aizawai: 10,30%.
- Kegunaan : untuk mengendalikan ulat perusak daun kubis.
- Cara aplikasi : penyemprotan volume tinggi dengan konsentrasi 1-2 ml/l.

2.2 Cendawan

Ada beberapa jenis biopestisida yang berbahan aktif cendawan patogen serangga dan agens antagonis patogen tumbuhan. Yang digunakan untuk tanaman hortikultura antara lain :

a. Saco P

- Fungisida biologi berbentuk tepung
- Bahan aktif: *Trichoderma koningii*, minimal 5.000.000 spora/gram

- Kegunaan : untuk mengendalikan penyakit layu *Fusarium sp.* pada tanaman cabai.
- Cara aplikasi : penaburan di sekitar pangkal batang 5-10 g/tanaman.

b. Ganodium P

- Fungisida kontak berbentuk tepung
- Bahan aktif : *Gliocladium spp.* minimal 15×10^6 spora /gram
- Kegunaan : untuk mengendalikan penyakit busuk akar *Sclerotium rolfsii* pada tanaman cabai.
- Cara aplikasi : penaburan disekitar pangkal batang 5-10 gram / batang.

2.3 Virus

Ada 2 jenis NPV yang telah diformulasikan dalam bentuk insektisida dengan nama dagang Gemstar 7 LC dan Spodex 7 LC, namun masih dalam proses pendaftaran.

IV. TEKNIK APLIKASI

Dalam pemanfaatan agens hayati sebagai sarana pengendalian di lapangan, teknik aplikasinya disesuaikan dengan sifat atau jenis agens hayati, OPT dan jenis komoditi (tanamannya), seperti halnya pada cara pengembang biakannya.

1. Parasitoid

Pelaksanaan pelepasan parasitoid untuk mengendalikan OPT, seperti telah disebutkan di atas bahwa telur, larva atau pupa inang terparasit yang telah disiapkan dilepas pada tanaman, pada bagian atau tempat-tempat yang disukai OPT.

Waktu pelepasan parasitoid bergantung pada keberadaan inang (hama) di lapangan. Dapat pula untuk mencegah peningkatan populasi inang/OPT, parasitoid dilepaskan dalam jumlah sedikit, hal ini disebut inokulasi. Apabila serangan OPT tinggi, parasitoid dapat dilepaskan dalam jumlah banyak untuk menekan serangan hama, seperti halnya penggunaan pestisida. Pelepasan ini disebut inundasi.

2. Predator

Pelaksanaan pelepasan predator untuk mengendalikan OPT dilakukan dengan melepaskan predator fase pradewasa dan dewasa yang telah disiapkan ke tanaman, pada bagian atau tempat-tempat yang disukai oleh OPT.

Untuk pelepasan tersebut perlu pula dipertimbangkan keberadaan mangsanya. Bila populasi mangsa rendah, dapat pula dilepaskan predator dalam jumlah sedikit (inokulasi), dengan tujuan untuk mencegah peningkatan populasi inang/OPT. Apabila serangan OPT tinggi, predator dapat dilepaskan dalam jumlah banyak dengan tujuan untuk menekan serangan hama, seperti halnya penggunaan pestisida. Pelepasan seperti ini disebut inundasi.

3. Nematoda

Metoda aplikasi nematoda bermacam-macam, tergantung pada cara hidup OPT. Pada prinsipnya nematoda harus disebarakan merata dan dekat dengan sasarannya pada kondisi yang memungkinkan nematoda dapat bertahan hidup dalam jangka waktu lama. Pestisida

tertentu diketahui tidak berefek negatif terhadap nematoda, sehingga dapat diaplikasikan secara bersama-sama.

Beberapa cara aplikasi nematoda pada berbagai OPT adalah sebagai berikut :

a. Penggerek batang pada tanaman berkayu.

Lubang-lubang gerakan diinjeksi dengan suspensi nematoda atau disumbat dengan kapas yang telah dicelupkan pada suspensi nematoda.

b. Hama pemakan daun.

Suspensi nematoda disemprotkan dengan sprayer. Untuk memaksimumkan kontak antara nematoda dan sasaran, perlu ditambahkan bahan perekat atau perata. Penyemprotan harus dilakukan pada sore hari untuk menghindari pengaruh radiasi surya.

c. Hama yang hidup di dalam tanah.

Suspensi nematoda dapat diinjeksikan kedalam tanah, atau dapat pula diaplikasikan dalam bentuk umpan.

DAFTAR PUSTAKA

- _____, 1997. Pedoman Pemanfaatan Agens Hayati Dalam Pengendalian Organisme Pengganggu Tumbuhan. Direktorat Jenderal Tanaman Pangan dan Hortikultura, Direktorat Perlindungan Tanaman. 18 hal.
- _____, 1997. Peraturan pemerintah Nomor 6 tahun 1995 tentang Perlindungan Tanaman dalam Direktorat Perlindungan Tanaman, Direktorat Jenderal Tanaman Pangan dan Hortikultura, Departemen Pertanian. 116 hal.
- _____, 2000. Pengenalan Agens Hayati Tanaman Hortikultura. Direktorat jenderap Produksi Hortikultura dan Aneka Tanaman. Direktorat Perlindungan Tanaman. 49 hal
- _____, 2000. Pedoman Pemanfaatan dan Pengelolaan Bakteri Agens Antagonis Penyakit Tanaman Padi Sawah. Direktorat perlindungan Tanaman. 22 hal.

- _____, 2000. Pestisida untuk Pertanian dan Kehutanan. Komisi Pestisida, Departemen Pertanian. 272 hal.
- Setiawati. W, 2001. Efektivitas dan Efisiensi Pemanfaatan Musuh Alami sebagai Komponen Pengendalian OPT Sayuran. Makalah disampaikan dalam "Pertemuan Apresiasi Pendekatan Ekologi dan Ekonomi dalam Pengaturan Pola Tanam Sistem PHT", Lembang, 28 Agustus 2001. 15 hal.
- Sinaga. MS, 2000. Pengembangan dan Pemanfaatan Agens Hayati untuk Pengendalian Hama dan Penyakit Tanaman Hortikultura dan Aneka Tanaman. Makalah disampaikan dalam Rapat Teknis Perlindungan Tanaman, Direktorat Jenderal Produksi Hortikultura dan Aneka Tanaman, Departemen Pertanian. Cisarua, Bogor 3-5 Agustus 2000. 48 hal.

Sinaga. MS, 2001 Pemanfaatan Agens Hayati dalam Pengendalian Patogen Tular Tanah pada Tanaman Hortikultura. Makalah disampaikan pada Gelar teknologi Pengendalian OPT Spesifik Lokasi, Departemen Pertanian, Direktorat Jenderal Bina Produksi Tanaman Pangan, 11-13 September 2001 di Balai Peramalan Hama dan Penyakit Tanaman Pangan dan Hortikultura, Jatisari-Karawang. 9 hal.

