

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.)

Sawi termasuk tanaman sayuran daun dari keluarga *Cruciferae* yang mempunyai nilai ekonomi tinggi setelah kubis-krop, kubis-bunga dan broccoli. Sawi berkembang pesat di daerah satu sub-tropis maupun tropis. Menurut klasifikasi dalam tatanama (sistematika) tumbuhan sawi termasuk ke dalam Divisi: *Spermatophyta*, Kelas: *Angiospermae*, Sub Kelas: *Dicotyledonae*, Ordo: *Papavorales*, Famili: *Cruciferae* atau *rassicaceae*, Genus: *Brassica*, Spesies: *B. Juncea* L. (Rukmana, 1994).

Sistem perakaran tanaman sawi memiliki akar tunggang (*radix primaria*) dan cabang-cabang akar yang bentuknya bulat panjang (*silindris*) menyebar ke semua arah pada kedalaman antara 30—50 cm. Akar-akar ini berfungsi antara lain mengisap air dan zat makanan dari dalam tanah, serta menguatkan berdirinya batang tanaman. Batang sawi pendek sekali dan beruas-ruas, sehingga hampir tidak kelihatan. Batang ini berfungsi sebagai alat pembentuk dan penopang daun. Penyerbukan bunga sawi dapat berlangsung dengan bantuan serangga lebah maupun tangan manusia. Hasil penyerbukan ini terbentuk buah yang berisi biji. Buah dari sawi termasuk tipe buah polong, yakni bentuknya panjang dan berongga. Tiap polong berisi 2-8 butir biji. Biji sawi bentuknya bulat kecil berwarna coklat atau coklat kehitam-hitaman (Rukmana, 1994).

Tanaman sawi dapat tumbuh dengan baik di tempat yang berhawa panas maupun berhawa dingin, sehingga dapat diusahakan dari dataran rendah maupun dataran tinggi. Daerah penanaman yang cocok adalah mulai dari ketinggian 5 meter sampai dengan 1.200 meter di atas permukaan laut. Tanah yang cocok untuk ditanami sawi

adalah tanah gembur, banyak mengandung humus, subur, serta pembuangan airnya baik. Derajat keasaman (pH) tanah yang optimum untuk pertumbuhannya adalah antara pH 6-7 (Zuldesains, 2009 *cit.* Putri, 2009).

Salah satu hama paling penting yang menyerang tanaman sawi adalah ulat *Spodoptera* sp. Hama tersebut mampu menyerang bahkan menghabiskan tanaman sawi dalam waktu yang cepat. Berikut ini adalah penjelasan mengenai *Spodoptera* sp.

### **B. *Spodoptera litura***

*Spodoptera* adalah ngengat yang termasuk dalam suku *Noctuidae*. Larvanya (ulatnya) dikenal sebagai hama yang sangat merusak. Ulat yang tidak berbulu oleh awam biasa disebut ulat tentara atau ulat grayak. Di Indonesia, ulat grayak utama adalah *Spodoptera exigua* (larva berwarna coklat kehijauan) dan *Spodoptera litura* (larva berwarna coklat). Ulat grayak tinggal di bawah permukaan tanah di siang hari dan aktif memakan tajuk tumbuhan pada malam hari. Serangannya dapat sangat hebat sehingga dalam waktu semalam dapat menghabiskan suatu pertanaman, dan oleh sebab itu dikenal sebagai "ulat tentara" (Wikipedia, 2011).

Pada stadia larva *Spodoptera* sp. terdiri dari lima instar dengan setiap instar memiliki ciri tersendiri. Lama stadia larva antara 20-46 hari. Larva yang baru saja menetas biasanya hidup dengan memakan bekas kulit telurnya. Setelah itu larva berkelompok dan sebagian menyebar bahkan menggantungkan diri dan jatuh ke tanah (Mardiningsih & Baringbing, 1997).

Pada instar pertama tubuh larva berwarna hijau kuning, panjang 2,00 sampai 2,75 mm dan tubuh berbulu-bulu halus, kepala berwarna hitam dengan lebar 0,2-0,3 mm. Instar kedua, tubuh berwarna hijau dengan panjang 3,75-10,00 mm, bulu-bulunya tidak terlibat lagi dan pada ruas abdomen pertama terdapat garis hitam meningkat pada

bagian dorsal terdapat garis putih memanjang dari toraks hingga ujung abdomen, pada toraks terdapat empat buah titik yang berbaris dua-dua. Larva instar ketiga memiliki panjang tubuh 8,0-15,0 mm dengan lebar kepala 0,5-06 mm. Pada bagian kiri dan kanan abdomen terdapat garis zig-zag berwarna putih dan bulatan hitam sepanjang tubuh. Instar keempat dan kelima agak sulit dibedakan. Panjang tubuh instar keempat 13-20 mm dan instar kelima 25-35 mm. Mulai instar keempat warna ulat bermacam-macam dan memiliki ciri yang khas yaitu pada ruas perut yang keempat dan kesepuluh terdapat bentuk bulan sabit berwarna hitam, dibatasi garis kuning pada samping dan punggungnya (Pracaya, 2005).

*Spodoptera* sp. merupakan hewan *nocturnal*, aktif pada malam hari untuk mencari makanan dan perilaku kawin. Selama siang hari mereka akan bersembunyi di balik daun. Sifat perilaku serangga herbivora yang penting dalam kaitannya dengan interaksi serangga dan tanaman adalah tentang bagaimana langkah-langkah serangga dalam memberikan tanggapan terhadap rangsangan dari tanaman sehingga serangga herbivora datang dan memakan tanaman tersebut (Untung, 1993).

Sistem pencernaan larva *Spodoptera* sp. menyesuaikan diri dengan kelangkaan makanan. Jika makanan langka, sistem pencernaan mereka mencerna dan memproses nutrisi secara efisien. Ketika makanan melimpah, makanan cepat habis, tidak efisien dan larva mengkonsumsi lebih banyak makanan daripada kebutuhan hidup yang diperlukan (Elis, 2004).

Larva yang masih muda merusak daun dengan meninggalkan sisa-sisa epidermis bagian atas (transparan) dan sisa-sisa daun dan kadang-kadang menyerang polong. Larva instar lanjut merusak tulang daun. Biasanya larva berada di permukaan bawah daun dan menyerang secara serentak dan berkelompok (Direktorat Perlindungan

Tanaman Pangan, 1985). Serangan berat menyebabkan tanaman gundul karena daun

dan buah habis dimakan ulat. Serangan berat pada umumnya terjadi pada musim kemarau dan menyebabkan defoliasi daun yang sangat berat.

Ulat *Spodoptera* sp. bersifat *polifag* atau bersifat mampu menyerang berbagai jenis tanaman pangan, sayuran dan buah-buahan. Hama ini tersebar luas di daerah dengan iklim panas dan lembab dari subtropis samapai daerah tropis. Kerusakan dan kehilangan hasil akibat serangan ulat grayak ditentukan oleh populasi hama, fase perkembangan serangga, fase pertumbuhan tanaman dan varietas tanaman (Marwoto dan Suharsono, 2008).

### C. *Bacillus thuringiensis*

*Bacillus thuringiensis* adalah bakteri gram positif yang berbentuk batang, aerobik dan berbentuk spora. Banyak strain bakteri ini yang menghasilkan protein yang beracun bagi serangga. Sejak diketahuinya potensi dari protein kristal *Bacillus thuringiensis* sebagai agen pengendali serangga, berbagai isolat *Bacillus thuringiensis* dengan berbagai jenis protein kristal yang dikandungnya telah teridentifikasi. Sampai saat ini telah teridentifikasi protein kristal yang beracun terhadap larva dari berbagai ordo serangga yang menjadi hama pada tanaman pangan dan hortikultura. Kebanyakan dari protein kristal tersebut lebih ramah lingkungan kerana mempunyai target spesifik, sehingga tidak mematikan serangga bukan sasaran dan mudah terurai (Rowel and Bessin, 2005).

*Bacillus thuringiensis* berhasil digunakan secara luas sebagai insektisida mikrobial. Sebagai contoh *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* telah digunakan secara luas untuk mengendalikan serangga *Lepidoptera*. Sampai sekarang sudah terdaftar lebih dari seratus produk *Bacillus thuringiensis* subsp. *Kurstaki* (sering disingkat sebagai Bt). Selain spesies *kurstaki* beberapa subspesies lain juga telah dikembangkan

sebagai insektisida mikrobial, misalnya *Bacillus thuringiensis* subsp. *aizawai* yang digunakan untuk mengendalikan serangga *Lepidoptera* lain yang tidak rentan terhadap *Bt.k.* *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* digunakan untuk mengendalikan nyamuk dan lalat, dan *Bacillus thuringiensis* subsp. *tenebrionis* yang digunakan untuk mengendalikan kumbang daun dalam family Chrysomelidae. Spesies lain yaitu *Bacillus sphaericus*, digunakan untuk mengendalikan nyamuk (Yuwono, 2006).

*Bacillus thuringiensis* adalah bakteri aerob yang tersebar di banyak habitat tanah, membentuk spora dan menghasilkan toksin yang dapat membunuh serangga target, yaitu toksin- $\beta$ , eksotoksin- $\delta$ , dan endotoksin- $\delta$ . Toksin-toksin tersebut dapat diperoleh dalam bentuk Kristal. Toksin *Bacillus thuringiensis* dikode oleh gen *cry* yang ada pada plasmid yang ada di dalam sel bakteri tersebut. Toksin yang dihasilkan oleh *Bacillus thuringiensis* berupa kristal parasporal yang masih berupa protoksin yang belum aktif. Pada waktu toksin tersebut dimakan oleh serangga yang rentan, maka protoksin tersebut akan larut ke dalam system pencernaan serangga yang bereaksi alkaline dan mengalami pemrosesan oleh enzim protease yang ada di pencernaan serangga. Toksin yang sudah diaktifkan akan menembus matriks peritrophik dan menempel pada suatu reseptor yang sangat spesifik. Toksin tersebut kemudian menginduksi pembentukan pori-pori litik pada membran epitel. Pembentukan pori-pori tersebut menyebabkan terjadinya ketidakseimbangan konsentrasi ion sehingga terjadi lisis sel, pengurangan makan oleh larva dan akhirnya terjadi kematian larva. Sisa-sisa tubuh serangga yang mati tersebut dapat digunakan sebagai substrat untuk pertumbuhan *Bacillus thuringiensis* dari sporanya. Bakteri yang tumbuh kemudian membentuk spora lagi dan melepaskannya ke alam/tanah sehingga dapat mengulangi siklus pertumbuhannya (Yuwono, 2006).

Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi viabilitas dan stabilitas bakteri

*Bacillus thuringiensis* adalah faktor abiotik. Spora bakteri yang diperlakukan dengan

sinar ultraviolet secara langsung dalam 1 menit di laboratorium, viabilitasnya akan berkurang 12% dan lama penyinaran 10 menit akan berkurang 99,99%, sedang penyinaran matahari selama 30 menit pengaruhnya berkurang 80%. Suhu yang paling baik untuk aplikasi di lapangan adalah 18-20° C (Kalshoven, 1981 *cit.* Aini, 1997).

Produk komersil yang mengandung *B. thuringiensis* banyak beredar di pasar khususnya di toko-toko produk pertanian, antara lain merek 'Dipel'. Produk tersebut berbahan aktif *Bacillus thuringiensis* varietas Kurstaki, strain HD – 7; 16.000 IU/mg. Produk tersebut berbentuk tepung yang dapat disuspensikan, berwarna cokelat kekuning-kuningan dan bersifat selektif untuk mengendalikan hama serangga. Hama sasaran: 1. *Plutella xilostella*, 2. *Crocidolomia binotalis*, 3. *Spodoptera* sp., 4 *Heliothis* sp., 5. *Thosea asigna*, dll. Konsentrasi formulasi yaitu 1–2 g/l dan volume semprot 400–500 l/ha. Waktu penyemprotan dilakukan apabila ditemukan populasi rata-rata 5 larva/10 tanaman interval 5–10 hari.

Agar *Bacillus thuringiensis* dapat disimpan serta diaplikasikan, perlu adanya formulasi *Bacillus thuringiensis* dengan bahan pembawa atau medium *carrier*. Berikut ini merupakan penjelasan mengenai formulasi dan medium *carrier*.

#### **D. Formulasi dan Medium Carrier Biopestisida *Bacillus thuringiensis***

Formulasi merupakan pencampuran suatu bahan baku dengan perbandingan yang telah ditentukan dengan tujuan agar diperoleh produk yang mempunyai komposisi lebih lengkap. Dojosumarto, (2008) menyatakan bahwa medium *carrier* digunakan untuk menurunkan konsentrasi produk pestisida tergantung pada cara penggunaan yang digunakan. Syarat medium yaitu mengandung semua zat makanan yang mudah digunakan untuk mikroba, memiliki tekanan osmosis, tidak mengandung zat-zat

pembawa berupa air (pada *water based formulation*), minyak (pada *oil based formulation*), talk, altopulgit, bentonit, tepung diatomae (pada formulasi tepung), pasir (pada formulasi butiran), POC, debu vulkanik Merapi (DVM) dan sebagainya.

Beberapa pertimbangan lain untuk memilih medium *carrier* adalah kemampuan dalam mempertahankan viabilitas dan efektivitas mikroba serta yang tak kalah penting adalah pertimbangan ekonomi. Mungkin saja bahan pembawanya sangat bagus, akan tetapi kalau harganya mahal jadi tidak bisa dijual. Untuk menguji viabilitasnya biasanya diukur jumlah populasi mikroba dalam rentang waktu penyimpanan. Bisa setiap bulan, stiap tiga bulan hingga satu tahun lamanya. Waktu penyimpanan satu tahun sudah cukup bagus, kemudian pengujian efektivitas mikroba tersebut terhadap tanaman target.

Dalam penelitian ini menggunakan pupuk organik cair (POC) dan debu vulkanik Merapi (DVM) sebagai medium *Carrier*. POC sudah terbukti efektif digunakan sebagai medium *carrier Bacillus thuringiensis* (Putri, 2009). Sedangkan DVM, dalam penelitian Dwiyantores (2012) dapat digunakan sebagai media pengembangan *B. thuringiensis*. DVM yang ditambah 15% (v/b) air kelapa dan 0,1% (v/b) bahan perekat pestisida menghasilkan sel hidup *B. thuringiensis*  $32,7 \times 10^9$  CFU/g.

#### **a. Pupuk Organik Cair (POC)**

Pupuk organik cair (POC) adalah pupuk yang berbahan alami atau dari bahan organik yang berbentuk cair, yang mengandung unsur-unsur hara tertentu yang dibutuhkan oleh tanaman. Nilai lebih dari POC yaitu: (1) POC mudah untuk diaplikasikan ke tanaman, yaitu dengan menyemprotkan cairan tersebut dengan alat (*Sprayer*) atau menyiramkannya langsung ke tanaman, (2) Mudah diserap oleh akar tanaman, serta mampu masuk ke dalam stomata daun (Pranata, 2004).

POC banyak dikomersialkan oleh perusahaan-perusahaan pemroduksi pupuk.

Kualitas antara merek dengan POC satu dengan yang lainnya berbeda-beda.

dari kandungan yang terdapat pada POC yang dibuat oleh masing-masing industri atau perusahaan. Ada POC yang dibuat mengandung unsur hara makro dan mikro saja, akan tetapi ada juga POC yang diberi tambahan ZPT, asam amino dan mikroorganisme-mikroorganisme bermanfaat bagi tanaman seperti mikroorganisme penambat N, pendekomposisi bahan organik, pelarut P, osmotoleran dan masih banyak lagi yang lainnya. Akan lebih menariknya lagi kalau POC dikombinasikan dengan agens hayati dari jenis mikrobial yang mampu mengendalikan hama-hama tertentu, hal tersebut bisa menjadi salah satu alternatif dalam mengupayakan pertanian organik yang berkelanjutan.

Sampai saat ini penyusun belum menemukan data-data hasil penelitian tentang digunakannya POC sebagai media *carrier* untuk jamur atau bakteri pembunuh hama, akan tetapi dari informasi yang diperoleh bahwa dalam POC yang dibuat oleh Pranata mengandung unsur-unsur hara mikro dan makro serta ZPT seperti giberelin, zeatin dan IAA mampu dijadikan sebagai media *carrier* bagi mikroorganisme seperti: *Saccharomyces* sp. , *Azotobacter* sp. , *Azospirillum* sp. , *Mycorrhiza* sp. , *Rhizobium* sp. , dan *Aspergillus* sp. (Pranata, 2004).

#### **b. Debu Vulkanik Merapi (DVM)**

Debu Vulkanik Merapi adalah debu yang berasal dari letusan Gunung Merapi di Kab. Sleman DIY. Debu vulkanik Gunung Merapi yang diambil pada Juli 2008 mengandung Al, Mg, Si dan Fe yang dianalisis dengan metode Analisis Aktivasi Neutron (AAN) berturut-turut berkisar antara 1,8-15,9 % Al, 0,1-2,4% Mg, 2,6-28,7% Si dan 1,4-9,3% Fe (Sudaryo dan Sutjipto, 2009). Sedangkan menurut Zuarida (1999), abu vulkanik Gunung Kelud Jawa Timur mengandung 45,9% SiO<sub>2</sub> dan mineral yang dominan adalah plagioklas intermedier. Abu vulkanik Gunung Kelud dapat meningkatkan pH tanah, meningkatkan tinggi tanaman, berat kering tanaman dan akar



jagung. Semakin halus abu vulkanik semakin efektif terhadap pertumbuhan tanaman jagung. Abu G. Merapi saat ini umumnya bertekstur agak kasar sehingga dampak kerusakan terhadap tanaman cukup besar.

DVM sudah diketahui dapat digunakan sebagai media pengembangan *B. thuringiensis*. DVM yang ditambah 15% (v/b) air kelapa dan 0,1% (v/b) bahan perekat pestisida menghasilkan sel hidup *B. thuringiensis*  $32,7 \times 10^9$  CFU/g. Formulasi tersebut yang diinkubasikan selama 24 jam mampu membunuh 80% dari 15 ulat *Spodoptera* sp. yang diujikan pada uji *bioassay* di laboratorium (Dwiyantores, 2012).

Dalam penelitian ini diberikan air kelapa pada formulasi DVM sebagai tambahan nutrisi dan kelembaban. Dalam penelitian terdahulu, air kelapa dapat digunakan untuk mengembangkan *B. thuringiensis* (Blondine *et al*, 1997). Komposisi air kelapa adalah gula sebanyak 4,4%, Natrium 42 mg%, Kalium 290 mg%, Kalsium 44 mg%, Magnesium 10 mg%, Besi 106 mg% dan Tembaga 26 mg%. Terdapat 12 jenis protein penting yang terdapat di dalam air kelapa muda antara lain alanin, arginin, asam aspartat, asam glutamat, histidin, fenilalanin, tirosin dan lain-lain. Jenis vitamin yang terdapat dalam air kelapa muda adalah golongan vitamin B, yang merupakan koenzim dalam metabolisme sumber energi baik karbohidrat, lemak, maupun protein dan pembentukan sel. Terdapat 7 jenis vitamin B yang terdapat dalam air kelapa muda yaitu asam nikotik, asam pantotenat, biotin, ribovlavin (B2), asam folat, tiamin (B1) dan piridoksin (B6) (Prastowo, 2008).

Dari penelusuran terhadap sumber pustaka, maka dalam penelitian ini diduga formulasi *Bacillus thuringiensis* dalam POC dengan penambahan gula jawa 0,2% dan Urea 0,3% dengan frekuensi 2 kali semprot akan mampu mengendalikan *Spodoptera*