

# ***Lecanicillium lecanii* sebagai Bioinsektisida untuk Pengendalian Telur Hama Kepik Coklat pada Kedelai**

Yusmani Prayogo<sup>1</sup>

## **Ringkasan**

Kepik coklat (*Riptortus linearis*) merupakan salah satu hama pengisap polong kedelai yang sangat penting karena mampu menurunkan hasil hingga 80%. Aplikasi pestisida hanya dapat membunuh stadia nimfa dan imago, sedangkan stadia telur masih bertahan dan berkembang sehingga populasi kepek coklat di lapangan masih sulit dikendalikan. *Lecanicillium lecanii* merupakan salah satu jenis cendawan entomopatogen yang bersifat ovisidal terhadap telur kepek coklat dan cukup efektif untuk mengendalikan hama ini pada stadia telur. Kelebihan cendawan tersebut adalah mampu menginfeksi seluruh stadia kepek coklat, mulai dari telur, nimfa, hingga imago. Telur kepek coklat merupakan stadia yang prospektif jika dikendalikan dengan cendawan *L. lecanii* dibandingkan dengan stadia nimfa maupun imago, karena telur tidak bergerak sehingga suspensi konidia yang diaplikasikan mudah mengenai sasaran. Cara memperoleh isolat *L. lecanii* virulen dapat dilakukan melalui isolasi dari serangga yang terinfeksi, dari dalam tanah, dan menggunakan metode pengumpanan serangga (*insect baiting*). Efikasi *L. lecanii* dipengaruhi oleh virulensi isolat, kerapatan konidia yang diaplikasikan, umur telur setelah diletakkan imago, dan sumber isolat cendawan. Cendawan *L. lecanii* mudah ditumbuhkan pada berbagai jenis media alami seperti beras, jagung, biji kacang-kacangan termasuk kedelai, kacang hijau, dan kacang tanah. Pada umur 21 hari setelah ditumbuhkan pada media alami, koloni cendawan sudah cukup untuk memproduksi konidia yang dapat digunakan sebagai organ infeksi pengendalian hama sasaran. Biakan cendawan harus dicampur dengan air untuk merontokkan konidia yang terbentuk, selanjutnya ditambahkan bahan perekat untuk melindungi viabilitas cendawan di lapangan. Pengendalian telur kepek coklat dianjurkan pada telur yang baru diletakkan imago (0-2 hari) menggunakan kerapatan konidia *L. lecanii* 10<sup>8</sup>/ml. Pada varietas Wilis, kondisi tersebut di lapangan umumnya terjadi pada tanaman yang berumur di atas 35 hari setelah tanam (HST). Aplikasi cendawan *L. lecanii* tidak berdampak negatif terhadap kelangsungan hidup serangga predator di pertanaman kedelai, khususnya *Oxyopes javanus* Thorell. Fakta ini ditunjukkan oleh aplikasi suspensi konidia *L. lecanii* yang diaplikasikan tidak mematikan imago predator hingga 30 hari setelah aplikasi. *O. javanus* merupakan salah satu predator yang mempunyai kemampuan predasi cukup tinggi dalam memangsa beberapa jenis hama utama kedelai, terutama kepek coklat. Ditinjau dari beberapa kelebihan dan keunggulan, *L. lecanii* prospektif dikembangkan sebagai bioinsektisida dalam komponen pengelolaan hama terpadu (PHT), khususnya kepek coklat pada kedelai.

---

<sup>1</sup> Peneliti pada Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian, Malang

## Hama Kepik Coklat *Riptortus linearis*

Salah satu masalah dalam usaha peningkatan produksi kedelai di Indonesia adalah adanya serangan hama. Kepik coklat *Riptortus linearis* merupakan salah satu hama pengisap polong kedelai selain kepek hijau *Nezara viridula* dan kepek hijau pucat *Piezodorus hybneri*. Serangan hama kepek coklat, baik nimfa maupun imago, dapat menyebabkan kehilangan hasil hingga mencapai 80%. Hama tersebut ditemukan hampir di seluruh sentra produksi kedelai di Indonesia (Tengkano *et al.* 2006). Hama tersebut memiliki kisaran inang yang cukup luas sehingga populasi kepek coklat di lapangan mampu bertahan sepanjang musim dan sulit dikendalikan. Pengendalian kepek coklat menggunakan insektisida kimia belum memperlihatkan hasil yang memuaskan. Hal ini disebabkan karena insektisida kimia hanya mampu membunuh stadia nimfa dan imago, sedangkan stadia telur mampu bertahan sehingga populasi di lapangan selalu tumpang tindih dan perkembangan populasi terus meningkat.

Aplikasi insektisida kimia pada stadia imago juga kurang efektif karena mobilitas serangga cukup tinggi, sehingga penyemprotan tidak mengenai hama sasaran. Meskipun petani sudah meningkatkan konsentrasi dan frekuensi aplikasi insektisida, kepek coklat masih menjadi masalah utama dalam usaha peningkatan produksi. Beberapa kasus seperti resistensi hama sasaran, resurgensi, terbunuhnya musuh alami dan serangga berguna lainnya, serta pencemaran lingkungan merupakan akibat dari penggunaan pestisida yang berlebihan (Badji *et al.* 2007). Untuk menekan penggunaan insektisida kimia dalam pengendalian hama, perlu dikembangkan pengendalian biologis dengan mengedepankan peran agens hayati.

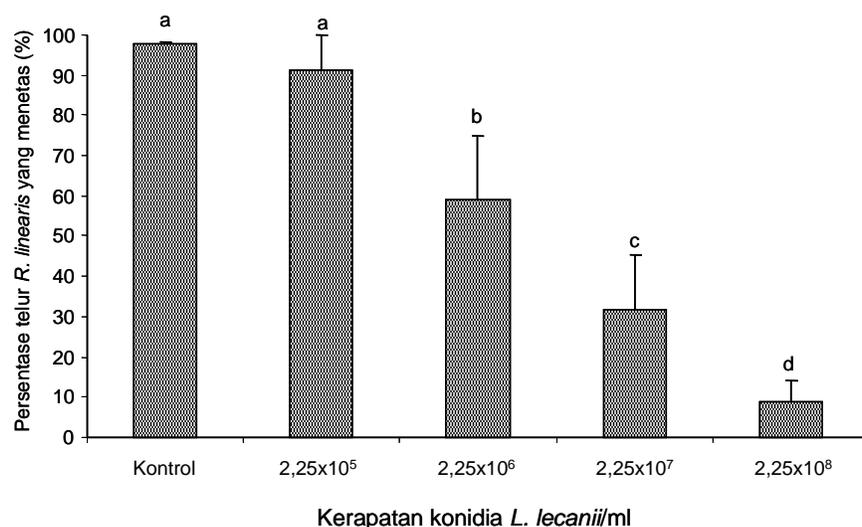
Beberapa agens hayati yang dapat dikembangkan untuk mengendalikan kepek coklat adalah predator, parasitoid, dan patogen serangga. Cendawan entomopatogen termasuk salah satu patogen serangga yang cukup penting karena dapat menekan populasi hama di lapangan. Menurut Sopp *et al.* (2006), *Lecanicillium lecanii* merupakan cendawan yang prospektif untuk mengendalikan beberapa jenis hama tanaman. Penelitian Prayogo (2009) menunjukkan bahwa *L. lecanii* dapat menginfeksi kepek coklat pada stadia telur. Kolonisasi miselium *L. lecanii* pada telur kepek coklat mampu menggagalkan penetasan telur hingga di atas 80%. Selain itu, telur-telur yang sudah terinfeksi *L. lecanii* mampu menetas, tetapi nimfa yang terbentuk tidak dapat berganti kulit (*moulting*) sehingga akhirnya nimfa mati. Oleh karena itu, cendawan *L. lecanii* sangat prospektif digunakan untuk mengendalikan hama kepek coklat pada stadia telur karena populasi hama sudah tertekan sejak stadia awal.

Pengendalian pada stadia telur lebih efektif menekan perkembangan populasi kepik coklat dibandingkan dengan stadia nimfa maupun imago. Hal ini disebabkan karena stadia telur tidak bergerak sehingga lebih mudah dibidik. Dengan demikian, aplikasi yang diberikan berpeluang besar dapat mengenai sasaran. Mobilitas stadia nimfa dan imago cukup tinggi sehingga peluang aplikasi mengenai sasaran di bawah 50% dibandingkan dengan stadia telur. Stadia telur belum mampu merusak polong kedelai. Keuntungan lainnya adalah stadia telur dapat dikendalikan menggunakan cendawan entomopatogen, sedangkan insektisida kimia belum ada yang bersifat ovisidal terhadap telur kepik coklat.

## Efikasi Cendawan *L. lecanii* terhadap Telur Kepik Coklat

### Pengaruh Kerapatan Konidia *L. lecanii* terhadap Efikasi Cendawan

Aplikasi di laboratorium menunjukkan bahwa semakin tinggi kerapatan konidia *L. lecanii* yang diaplikasikan semakin banyak jumlah telur yang diinfeksi (Gambar 1). Aplikasi dengan kerapatan konidia  $10^5$ /ml, jumlah telur kepik coklat yang menetas 91%, sedangkan aplikasi kerapatan konidia  $10^6$ /ml, maka jumlah telur menetas hanya menjadi 59%. Untuk mencapai hasil yang optimal dan menekan terjadinya ledakan (*outbreak*) kepik coklat di lapangan dianjurkan untuk mengaplikasikan dengan kerapatan konidia  $10^8$ /ml.



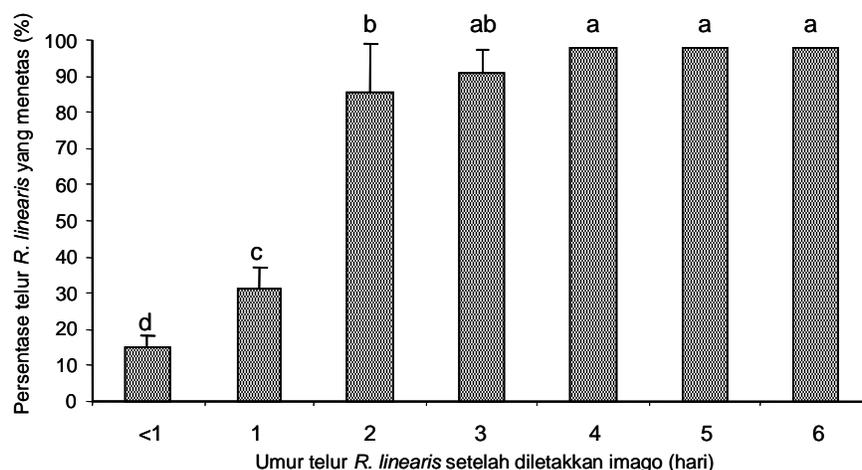
Gambar 1. Jumlah telur kepik coklat yang menetas setelah terinfeksi *L. lecanii* pada beberapa konsentrasi konidia yang diaplikasikan. Sumber: Prayogo (2009).

## Efikasi *L. lecanii* pada Berbagai Umur Telur Kepik Coklat

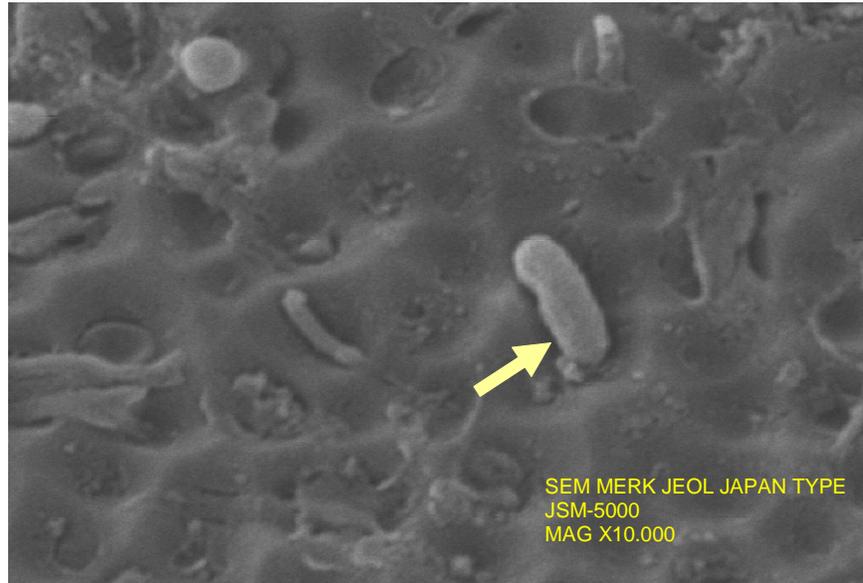
Perbedaan umur telur kepik coklat setelah diletakkan imago mempunyai kerentanan yang berbeda terhadap infeksi *L. lecanii*. Semakin tua umur telur semakin toleran terhadap infeksi *L. lecanii*. Telur kepik coklat yang berumur empat, lima, dan enam hari setelah diletakkan imago sangat toleran terhadap infeksi *L. lecanii* (Gambar 2). Pada umur tersebut struktur jaringan kulit telur (*chorion*) sudah mengalami melanisasi, sehingga konidia yang sudah menempel sulit berkecambah dan melakukan penetrasi ke dalam telur. Proses melanisasi merupakan faktor yang sangat berperan dalam meningkatkan ketahanan serangga terhadap patogen.

Pengamatan menggunakan mikroskop elektron pada konidia yang diaplikasikan di permukaan korion telur yang berumur enam hari, setelah 24 jam tidak ada konidia yang berkecambah (Gambar 3). Terdapat sejumlah konidia yang mampu berkecambah pada korion yang berumur empat, lima, dan enam hari, namun tabung kecambah akhirnya mati karena gagal menembus struktur korion yang keras akibat melanisasi. Telur yang berumur enam hari pada bagian struktur ujung telur sudah pecah sehingga telur segera menetas dan nimfa sudah terbentuk (Gambar 4). Pada kondisi tersebut telur kurang rentan, namun cendawan masih berpeluang menginfeksi nimfa yang sudah terbentuk karena *L. lecanii* juga mampu menginfeksi stadia nimfa dan imago selain stadia telur (Prayogo 2004).

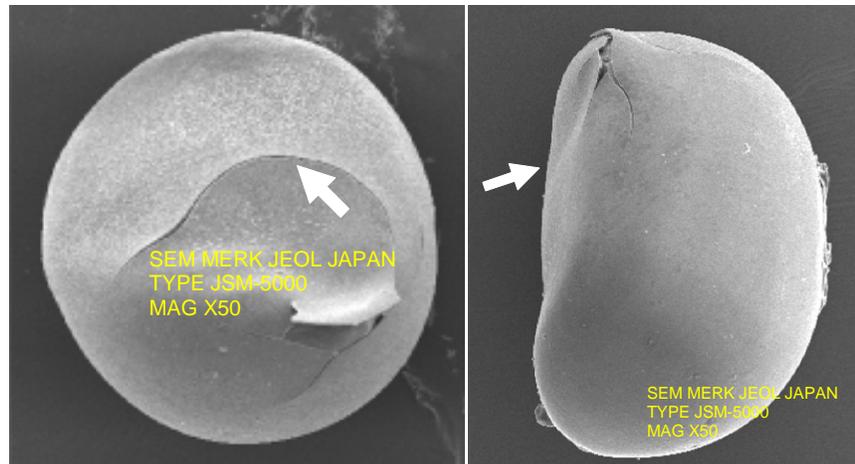
Umur telur kepik coklat yang sangat rentan terhadap infeksi cendawan *L. lecanii* kurang dari satu hari hingga satu hari. Pada umur tersebut, telur berwarna hijau dengan struktur korion sangat lentur. Dengan bertambahnya



Gambar 2. Jumlah telur kepik coklat pada beberapa umur yang menetas setelah terinfeksi *L. lecanii*. Sumber: Prayogo *et al.* (2009) dan Prayogo (2009).



Gambar 3. Konidia *L. lecanii* yang tidak berkecambah setelah 24 jam inokulasi pada permukaan korion telur kepik coklat yang berumur 6 hari. Sumber: Prayogo (2009).



Gambar 4. Struktur korion telur kepik coklat yang akan menetas pada umur 6 hari setelah diletakkan imago tanpa aplikasi *L. lecanii*. Sumber: Prayogo (2009).

umur maka struktur kulit telur mulai melanisasi dan mengalami perubahan warna menjadi hijau gelap bahkan cenderung berwarna coklat setelah empat hari. Struktur korion telur yang masih lentur akan mempermudah konidia *L. lecanii* menempel pada korion. Konidia yang menempel kemudian berkecambah dan berkembang membentuk apesorium (Gambar 5), selanjutnya melakukan penetrasi ke dalam korion menggunakan perangkat enzim yang dimiliki oleh cendawan atau melalui lubang mikropil. Di sekitar lubang mikropil terdapat lapisan gel yang diproduksi oleh kelenjar asesori imago betina yang berfungsi sebagai sarana untuk melekatkan telur pada substrat. Gel tersusun dari gliserol yang mengandung gula, sehingga merupakan senyawa yang sangat dibutuhkan oleh cendawan. Di lapangan, gel tersebut berfungsi untuk melekatkan telur pada organ tanaman di sekitar sumber makanan yang tersedia.

Telur serangga terdiri atas tiga lapisan, yaitu (1) eksokorion yang mengandung karbohidrat, (2) endokorion tersusun dari protein, dan (3) lapisan kristalin paling dalam mengandung protein. Beberapa senyawa yang terkandung pada lapisan korion tersebut merupakan senyawa yang dibutuhkan oleh konidia meskipun harus melalui perombakan terlebih dahulu. Cendawan *L. lecanii* menghasilkan beberapa jenis enzim, meliputi protease, lipase, amilase, dan kitinase yang berfungsi sebagai perombak struktur dinding sel yang tersusun dari protein, lemak, karbohidrat, dan kitin (Wang *et al.* 2005).

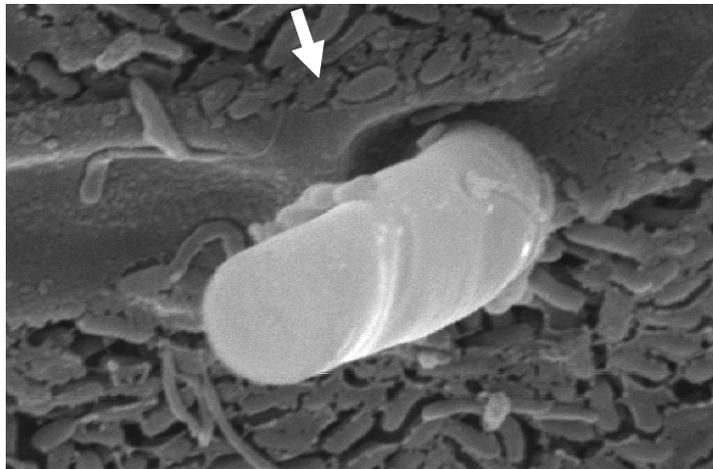
Karbohidrat dan protein merupakan sumber nutrisi utama yang dibutuhkan untuk pertumbuhan cendawan entomopatogen. Setelah miselium terbentuk, cendawan dapat mengeksploitasi sumber nutrisi yang ada di dalam telur. Pada kondisi tersebut telur sudah tidak normal atau embrio yang terbentuk di dalam telur sudah mati, sehingga cendawan dalam fase saprogenesa. Fase



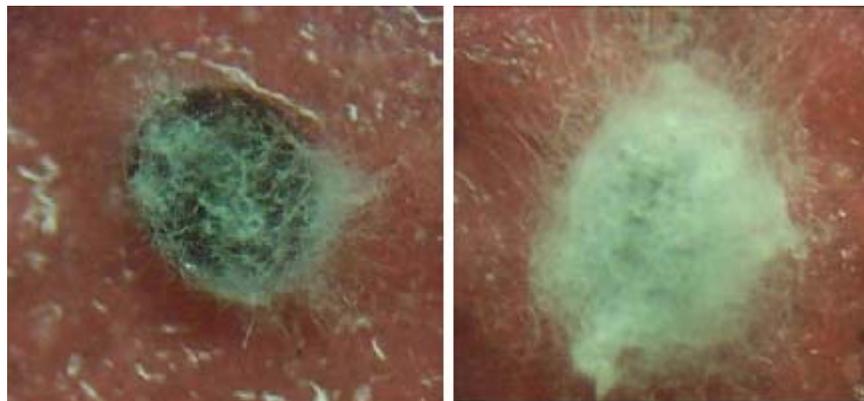
Gambar 5. Apesorium *L. lecanii* yang terbentuk sebelum penetrasi ke dalam telur kepik coklat pada 13 jam setelah aplikasi. Sumber: Prayogo (2009).

selanjutnya, miselium tumbuh keluar menembus korion telur (Gambar 6), kemudian mengkolonisasi seluruh permukaan telur dan bersporulasi (Gambar 7) yang berfungsi untuk transmisi patogen ke inang yang sehat.

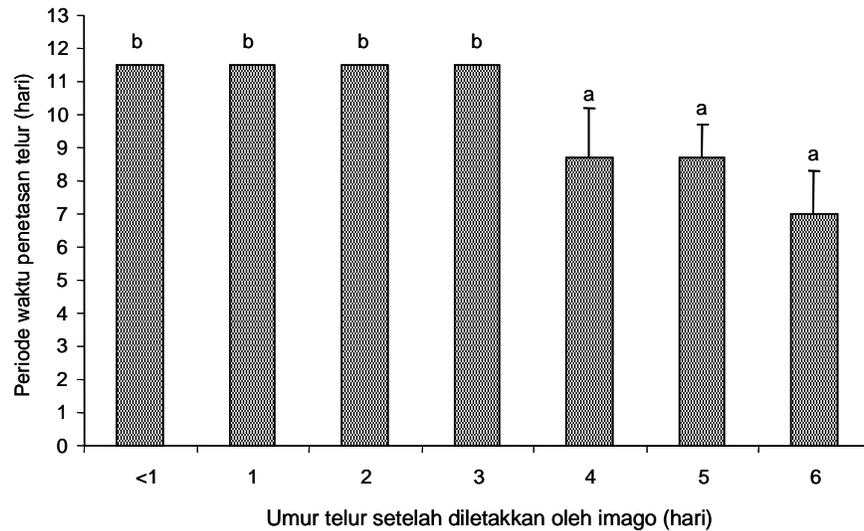
Aplikasi cendawan *L. lecanii* menyebabkan waktu penetasan telur kepik coklat terlambat. Telur kepik coklat yang terinfeksi *L. lecanii* pada umur kurang dari satu hari akan menetas pada hari ke-11 (Gambar 8) atau lebih lambat berkisar empat hari. Telur normal (tanpa infeksi) akan menetas tujuh hari setelah imago diletakkan. Keterlambatan waktu penetasan telur juga terjadi pada telur kepik coklat yang terinfeksi *L. lecanii* pada umur satu, dua, dan tiga hari. Telur kepik coklat yang terinfeksi *L. lecanii* pada umur empat dan lima hari akan menetas pada hari ke-9 atau terlambat dua hari.



Gambar 6. Miselium *L. lecanii* yang menembus keluar struktur korion telur kepik coklat pada 4 HSA. Sumber: Prayogo (2009).



Gambar 7. Telur kepik coklat yang tidak menetas setelah terkolonisasi miselium *L. lecanii* pada 7 HSA (a) dan 10 HSA (b). Sumber: Prayogo (2009)



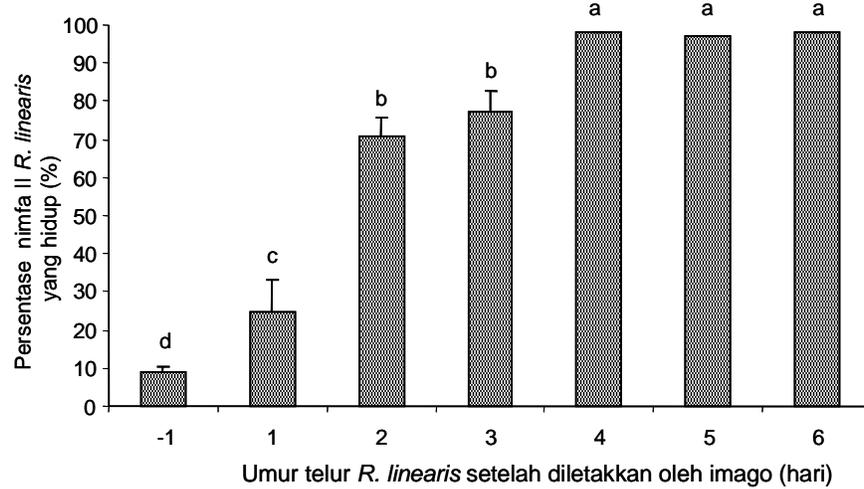
Gambar 8. Periode waktu penetasan telur kepik coklat setelah terinfeksi *L. lecanii*. Sumber: Prayogo (2009).

Penundaan waktu penetasan telur akan mengakibatkan bergesernya perkembangan stadia kepik coklat yang terbentuk. Di lapangan, kondisi tersebut sangat menguntungkan keselamatan polong dan biji kedelai yang terbentuk, karena perkembangan stadia serangga tidak sesuai dengan perkembangan polong kedelai. Dengan demikian, nimfa yang masih bertahan hidup sulit mendapatkan polong yang masih muda karena polong yang ada sudah mengalami proses pemasakan biji, sehingga polong mengeras dan stilet serangga tidak berhasil menjangkau biji di dalam polong.

### **Peluang Kelangsungan Hidup Nimfa Kepik Coklat yang Sudah Terinfeksi *L. lecanii***

Tidak semua telur kepik coklat yang terinfeksi *L. lecanii* berhasil menetas, dan bahkan telur yang telah menetas menjadi nimfa I akhirnya tidak dapat berkembang lebih lanjut. Telur yang berumur kurang dari satu hari jika terinfeksi *L. lecanii* hanya sekitar 9% yang berhasil berkembang menjadi nimfa II (Gambar 9), karena nimfa I tidak dapat berganti kulit menjadi nimfa II (Gambar 10). Diduga embrio di dalam telur sudah terinfeksi cendawan sebelum telur menetas, sehingga perkembangan embrio terganggu dan tidak dapat bertahan lebih lama.

Telur yang terinfeksi *L. lecanii* dan menetas membentuk nimfa I akhirnya tidak dapat berkembang menjadi nimfa II, meskipun pada tubuh serangga



Gambar 9. Rata-rata persentase nimfa II kepik coklat yang mampu hidup dari telur terinfeksi *L. lecanii* p. Sumber: Prayogo *et al.* (2009).



Gambar 11. Nimfa I kepik coklat yang gagal berkembang menjadi nimfa II setelah terinfeksi *L. lecanii* (a) dan struktur abdomen nimfa I kepik coklat yang mengalami lisis akibat infeksi *L. lecanii*. Sumber (Prayogo 2009).

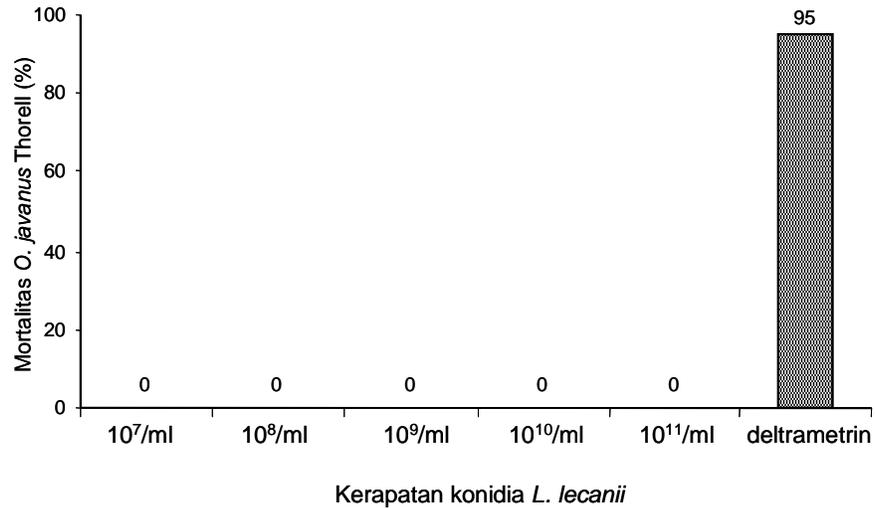
tidak tampak adanya kolonisasi miselium. Kematian serangga ditandai oleh pembengkakan dan rusaknya organ tubuh serangga, khususnya pada bagian abdomen yang cenderung berubah warna menjadi hitam (Gambar 10). Kejadian ini disebabkan karena serangga mengalami lisis pada struktur abdomen bagian dalam. Kerusakan struktur organ tersebut merupakan akibat dari reaksi toksin *beauvericin*, *dipicolinic acid*, *hydroxycarboxylic acid*, dan *cyclosporin* yang dihasilkan *L. lecanii* yang mampu mendegradasi dinding kutikula serangga.

Kerentanan telur terhadap infeksi *L. lecanii* dipengaruhi umur telur. Telur yang baru diletakkan imago (<1–1 hari) sangat rentan terhadap infeksi *L. lecanii*. Oleh karena itu, untuk menekan perkembangan *R. linearis* di lapangan dianjurkan aplikasi *L. lecanii* segera setelah imago datang di pertanaman kedelai. Pengamatan yang dilakukan oleh Tengkanó *et al.* (1992) menunjukkan bahwa awal peletakan telur *R. linearis* di pertanaman kedelai varietas Wilis terjadi pada umur sekitar 35 hari setelah tanam (HST). Oleh karena itu, pada waktu tersebut aplikasi *L. lecanii* merupakan saat yang paling tepat untuk menekan perkembangan populasi *R. linearis*.

### **Pengaruh Aplikasi *L. lecanii* terhadap Predator *Oxyopes javanus* Thorell**

Predator yang banyak ditemukan pada ekosistem kedelai tergolong ke dalam beberapa ordo, meliputi Hemiptera yang terdiri atas famili Pentatomidae, Reduviidae, Nabidae; Coleoptera dari famili Staphylinidae, Carabidae, Coccinellidae; Orthoptera yang meliputi Gryllidae; Odonata, dan laba-laba dari famili Oxyopidae. Salah satu spesies dari famili Oxyopidae adalah *Oxyopes javanus* Thorell yang banyak ditemukan pada pertanaman kedelai di Indonesia. Jenis mangsanya sangat luas, meliputi *S. litura*, *Piezodorus hybneri*, *R. linearis*, *Nezara viridula*, *Helicoverpa armigera*, *Etiella zinckenella*, dan *Ophimyia phaseoli*. Kemampuan predasi *O. javanus* terhadap hama utama kedelai khususnya kepik coklat sangat tinggi, mencapai 13 ekor/hari (Tengkanó & Bedjo 2002). Semua stadia *R. linearis*, baik nimfa dan imago maupun telur merupakan mangsa predator *O. javanus*.

Aplikasi cendawan *L. lecanii* pada konsentrasi konidia  $10^7$ /ml tidak menunjukkan *O. javanus* terinfeksi cendawan (Prayogo & Suharsono 2005). Meskipun konsentrasi konidia *L. lecanii* ditingkatkan hingga  $10^{11}$ /ml, kelangsungan hidup *O. javanus* tidak terganggu sampai 30 HSA (Gambar 11). Ada indikasi bahwa tubuh *O. javanus* mengandung lapisan (*wax*) lilin yang tebal sehingga konidia sulit menembus dinding tubuhnya dan akhirnya konidia mati sebelum menginfeksi. Nimfa kepik coklat yang sudah terinfeksi *L. lecanii* juga tidak disukai oleh predator *O. javanus*, sehingga peluang predator terinfeksi cendawan sangat rendah. Peluang predator mati lebih besar jika memangsa telur, nimfa, dan imago kepik coklat yang telah terinfeksi cendawan. *L. lecanii* dengan predator *O. javanus* berpeluang besar untuk dipadukan dalam konsep pengelolaan hama terpadu (PHT), khususnya kepik coklat pada pertanaman kedelai.



Gambar 11. Rata-rata mortalitas *O. javanus* Thorell setelah diaplikasi dengan cendawan *L. lecanii*. Sumber: Prayogo dan Suharsono (2005).

## Prospek Pemanfaatan *L. Lecanii* sebagai Biopestisida

Cendawan entomopatogen *L. lecanii* memiliki efikasi yang tinggi untuk mengendalikan kepik coklat, selain itu juga dapat digunakan sebagai agens pengendalian terhadap hama lainnya, khususnya ordo Homoptera, Coleoptera, Orthoptera, Diptera, Hymenoptera. *L. lecanii* dilaporkan dapat memparasit beberapa jenis spora cendawan penyebab penyakit kedelai, meliputi downy mildew (*Peronospora manshurica*), powdery mildew (*Microsphaera diffusa*), dan karat daun *Phakopsora pachyrhizi*. Laporan lain menyebutkan *L. lecanii* juga dapat digunakan sebagai agens pengendalian penyakit karat pada kopi (*Hemileia vastatrix*) dan embun tepung *Sphaerotheca fuliginea* pada tanaman hortikultura. *L. lecanii* mempunyai prospek untuk dikembangkan menjadi biopestisida dalam program pengelolaan hama terpadu (PHT) terkait dengan (1) tingginya tuntutan masyarakat tentang hidup sehat, sehingga seluruh produk pertanian harus bebas residu pestisida kimia, (2) harga pestisida kimia mahal, (3) cara perbanyak cendawan mudah, (4) kompatibel dengan cara pengendalian hama lainnya termasuk predator dan beberapa jenis insektisida kimia, (5) aman terhadap lingkungan, tidak meracuni sumber daya air dan tidak toksik terhadap manusia maupun mamalia, dan (6) dapat digunakan untuk mengendalikan beberapa jenis penyakit utama kedelai.

## Kesimpulan

- (1). Cendawan *L. lecanii* bersifat ovisidal (merusak telur), yang mampu menggagalkan penetasan telur kepik coklat.
- (2). Aplikasi cendawan *L. lecanii* efektif mengendalikan hama kepik coklat bila telur baru diletakkan imago atau pada saat telur berumur 0-2 hari. Kondisi ini di lapangan umumnya terjadi pada tanaman kedelai berumur di atas 35 HST.
- (3). Aplikasi cendawan *L. lecanii* tidak berdampak negatif terhadap kelangsungan hidup predator *O. javanus* dan dapat digunakan untuk mengendalikan beberapa jenis penyakit utama kedelai, sehingga prospektif untuk dikembangkan menjadi salah satu komponen pengendalian dalam PHT kedelai.

## Pustaka

- Alavo, T. B. C., H. Serman, and H. Bochow. 2004. Virulence of strains of the entomopathogenic fungus *Verticillium lecanii* to aphids: strain Improvement. *Agricultural and Biological Science and Biocontrol & Plant Science* 34;6:379-398.
- Badji, C. A., R. N. C. Guedes, A. A. Silva, A. S. Correa, M. E. L. R. Queiroz, and M. Michereff-Filho. 2007. Non-target impact of deltamethrin on soil arthropods of maize fields under conventional and no-tillage cultivation. *J. Appl Entomol* 131(1):50-58.
- Fatiha, L., S. Ali, S. Ren, and M. Afzal. 2007. Biological characteristics and pathogenicity of *Verticillium lecanii* against *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) on eggplant. *J. Pak Entomol* 29(2):63-72.
- Kouvelis, V. N., R. Zare, P. D. Bridge, and M. A. Typas. 1999. Differentiation of mitochondrial subgroups in the *Verticillium lecanii* species complex. *Letters in Appl. Microbiol.* 28:263-268.
- Kouvelis, V. N., A. Sialakouma, and M. A. Typas. 2008. Mitochondrial gene sequences alone or combined with ITS region sequences provide firm molecular criteria for the classification of *Lecanicillium* species. *Mycol. Res.* 112:829-844.
- Olivares-Bernabeu, C.M. and L.V. Lopez-Llorca. 2002. Fungal egg-parasites of plant-parasitic nematodes from Spanis soils. *Rev. Iberoam Micol.* 19: 104-110.
- Prayogo, Y. 2004. Keefektifan lima jenis cendawan entomopatogen terhadap hama pengisap polong kedelai *Riptortus linearis* F. (Hemiptera: Alydidae)

dan dampaknya terhadap predator *Oxyopes javanus* Thorell (Araneida: Oxyopidae). [tesis]. Departemen Proteksi Tanaman, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.

- Prayogo, Y. dan Suharsono. 2005. Integrasi antara cendawan entomopatogen *Verticillium lecanii* dengan predator *Oxyopes javanus* Thorell (Araneida: Oxyopidae) untuk mengendalikan hama pengisap polong kedelai *Riptortus linearis*. Jurnal Ilmiah Habitat 16(4):241-250.
- Prayogo, Y. 2009. Kajian cendawan entomopatogen *Lecanicillium lecanii* (Zimm.) (Viegas) Zare & Gams untuk menekan perkembangan telur hama pengisap polong kedelai *Riptortus linearis* F. (Hemiptera: Alydidae). [disertasi]. Departemen Proteksi Tanaman, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Quesada-Moraga, E., J.A. Carrasco-Diaz, and C. Santiago-Alvarez. 2006. Insecticidal and antifeedant activities of proteinase secreted by entomopathogenic fungi against *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae). J. Appl. Entomol. 130(8):442-452.
- Shinya, R., D. Aiuchi, A. Kushida, M. Tani, K. Kuramochi, and M. Koike. 2008. Pathogenicity and its mode of action in different sedentary stages of *Heterodera glycines* (Tylenchida: Heteroderidae) by *Verticillium lecanii* hybrid strains. J. Appl. Entomol. Zool. 43(2):227-233.
- Sopp, P. I., A. T. Gillespie, and A. Palmer. 2006. Application of *Verticillium lecanii* for the control of *Aphis gossypii* by a low-volume electrostatic rotary atomiser and a high-volume hydraulic sprayer. BioControl 34(3):417-428.
- Tengkano, W., M. Arifin, dan A.M. Tohir. 1992. Bioekologi, serangan, dan pengendalian hama pengisap dan penggerek polong kedelai. *Dalam: Marwoto, N. Saleh, Sunardi, dan A. Winarto (eds). Risalah Lokakarya Pengendalian Hama Terpadu Tanaman Kedelai. Malang, 8-10 Agustus 1991. Balitkabi. p. 117-153.*
- Tengkano, W. dan Bedjo. 2002. Potensi *Oxyopes javanus* Thorell (Oxyopidae: Araneae) memangsa hama utama kedelai. Seminar Nasional Perkembangan Terkini Pengendalian Hayati di Bidang Pertanian dan Kesehatan. Institut Pertanian Bogor, 5 September 2002.
- Tengkano, W., Sri Hardaningsih, Sumartini, Y. Prayogo, Bedjo, dan Purwanto. 2006. Evaluasi status hama penyakit kedelai dan musuh alami sebagai agens hayati untuk pengendalian OPT pada kedelai. Laporan Hasil Penelitian Tahun 2006 C-1. Balitkabi. Malang.
- Vey, A., R.E. Hoagland, and T.M. Butt. 2001. Toxic metabolites of fungal biocontrol agents. *In: T. Butt, M., C.W. Jackson, N. Magan (eds).* Fungi as biocontrol agents: progress, problem, and potential. CABI International Wallingford, Oxon. p. 311-346.

- Wang, L., J. Huang, M. You, X. Guan, and B. Liu. 2005. Effects of toxins from strains of *Verticillium lecanii* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) on bioattributes of a predatory ladybeetle *Delphastus catalinae* (Coleoptera: Coccinellidae). *J. Appl. Entomol.* 129(1):32-38.
- Wilson, K., S.C. Cotter, A.F. Reeson, and J.K. Pell. 2008. Melanism and disease resistance in insects. *Ecol. Letters* 4(6):637-649.
- Zare, R. and W. Gams. 2008. A revision of the *Verticillium* spp. complex and its affinity with the genus *Lecanicillium*. *Mycol. Res.* 112(7):811-824.