

# ENTOMOPATOGEN POTENSIAL UNTUK PENGENDALIAN HAMA PENGGEREK BUAH, *Helicoverpa armigera* HUBNER PADA KAPAS SECARA HAYATI

IG.A.A. Indrayani<sup>\*)</sup> dan Deciyanto Soetopo<sup>\*\*)</sup>

## PENDAHULUAN

Salah satu faktor pembatas utama produktivitas kapas adalah serangan serangga hama. Terdapat tiga serangga hama utama yang potensial menyerang tanaman kapas, yaitu wereng kapas (*Amrasca biguttula* Ishida) dan penggerek buah (*Helicoverpa armigera* Hubner dan *Pectinophora gossypiella* Saunder). Wereng kapas menyerang selama fase vegetatif sedangkan penggerek buah merusak seluruh komponen produksi, yaitu kuncup bunga, bunga, dan buah. Sesuai dengan program pengendalian hama terpadu yang telah diterapkan selama ini pada tanaman kapas, penggunaan varietas tahan + *seed treatment* cukup efektif mengendalikan serangan *A. biguttula*. Sedangkan untuk *H. armigera* dan *P. gossypiella* diterapkan pengendalian dengan musuh alami, khususnya parasitoid telur *Trichogramma* spp. Selain parasitoid telur, masih ada musuh alami lain yang dapat dimanfaatkan dalam pengendalian hama kapas, yaitu patogen serangga (entomopatogen).

Di beberapa negara Eropa dan Amerika kesadaran masyarakatnya terhadap lingkungan yang bebas polusi racun pestisida kimia memang sangat tinggi. Hal ini terbukti dengan dilakukannya secara terus-menerus eksplorasi sumber daya alam untuk dimanfaatkan sebagai bahan substitusi pestisida kimia yang telah dimulai 30–50 tahun lalu (Knipling 1971), sebelum hal yang sama juga baru dilakukan di Indonesia sekitar tahun 1986 (Indrayani *et al.* 1988). Eksplorasi yang pada waktu itu dibiayai oleh Proyek FAO, dilakukan terutama untuk mendapatkan entomopatogen yang berpotensi dalam pengendalian ulat penggerek buah kapas, *H. armigera*. Dari hasil eksplorasi di beberapa lokasi pengembangan kapas di Jawa Timur dan Jawa Tengah tersebut diperoleh beberapa isolat virus dan jamur yang menginfeksi ulat *H. armigera* pada tanaman kapas. Hasil identifikasi menunjukkan bahwa virus yang ditemukan tersebut berasal termasuk famili Baculoviridae dari genus Baculovirus, terutama dari kelompok *nuclear polyhedrosis virus* (NPV). Hasil eksplorasi juga menunjukkan bahwa ada satu jamur entomopatogen yang sangat infeksiif terhadap ulat *H. armigera*, yaitu *Nomuraea rileyi*.

---

Masing-masing \*) Peneliti pada Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat, Malang dan

\*\*\*) Peneliti pada Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, Bogor

Entomopatogen sudah banyak dimanfaatkan dalam pengendalian serangga hama di berbagai negara. Virus, bakteri, jamur, dan nematoda merupakan kelompok patogen serangga yang paling banyak dimanfaatkan dalam pengendalian berbagai serangga hama pertanian maupun perkebunan. Prospek entomopatogen sebagai bioinsektisida untuk menyubsitusi insektisida kimia sangat baik karena secara teori maupun praktek menawarkan cara-cara penanganan serangan hama secara lebih bijaksana, ekonomis, dan ramah lingkungan. Selain memiliki efektivitas yang hampir setara dengan insektisida kimia, keunggulan entomopatogen yang utama adalah tidak mengganggu perkembangan serangga-serangga berguna, tidak mengakibatkan resistensi hama, dan aman bagi lingkungan (Mandal *et al.* 2003). Hasil-hasil penelitian di luar negeri banyak membuktikan bahwa penggunaan bioinsektisida berbahan aktif entomopatogen selain efektif juga dapat meningkatkan efisiensi pengendalian hama karena kompatibel dengan teknik pengendalian hama yang lain (Biradar *et al.* 2002; Gerhardson 2002; Mishra *et al.* 2004).

Entomopatogen yang telah diformulasi sebagai bioinsektisida adalah *nuclear polyhedrosis virus* (NPV) untuk ulat *H. armigera* (HaNPV) dan *S. litura* (SiNPV). Selain sudah dilisensikan, bioinsektisida NPV tersebut juga sedang diproses patennya. Selain virus, ada dua spesies jamur entomopatogen yang cukup potensial terhadap *H. armigera*, yaitu *Beauveria bassiana* dan *Nomuraea rileyi*, dan satu nematoda entomopatogen, *Steinernema* spp. Teknik perbanyakannya cukup sederhana, yaitu hanya dengan menggunakan media beras. *B. bassiana* cukup mudah diperbanyak pada media beras dengan produksi konidia sekitar 90–110 g konidia kering/1 kg beras (Indrayani dan Prabowo 2010), sedangkan perbanyakannya *N. rileyi* pada beras masih perlu disempurnakan karena laju pertumbuhannya cenderung lebih lambat dibandingkan dengan *B. bassiana*.

Tulisan ini menginformasikan tentang pemanfaatan entomopatogen dalam pengendalian serangga hama kapas secara hayati.

## ENTOMOPATOGEN POTENSIAL UNTUK PENGENDALIAN HAMA KAPAS

### *Nuclear Polyhedrosis Virus* (NPV)

*Nuclear polyhedrosis virus* (NPV) termasuk famili Baculoviridae dari genus Baculovirus. Sebagai parasit obligat, NPV hanya dapat berkembang pada sel-sel hidup, sedangkan pada sel mati hanya bisa hidup tetapi tidak dapat memperbanyak diri. Menurut Tanada dan Kaya (1993), NPV memiliki beberapa keunggulan antara lain: inangnya spesifik, persisten di alam (tanah, air, tanaman), kompatibel dengan cara pengendalian hama yang lain, dan yang terpenting aman bagi lingkungan (Mandal *et al.* 2003; Binay dan Devendra 2002).

NPV merupakan racun perut yang hanya bisa menginfeksi apabila tertelan bersama-sama pakannya. Infeksi dimulai dari usus tengah kemudian menyebar ke seluruh organ dalam serangga hingga menjadi massa cair. Gejala serangan NPV mulai terlihat 3–4 hari setelah ulat terinfeksi. Ulat kecil lebih mudah terinfeksi dibanding ulat besar, namun demikian infeksi pada ulat besar dapat juga menyebabkan kematian atau abnormalitas (Kukan dan Myers 1997). Keefektifan NPV dalam pengendalian hama terbukti dari sejumlah hasil-hasil penelitian baik di laboratorium maupun lapangan. Selain menular secara horizontal dari ulat sehat yang memakan ulat sakit, infeksi NPV juga berpotensi diturunkan ke generasi berikutnya melalui telur (Indrayani *et al.* 2003). Telur-telur *H. armigera* yang terinfeksi NPV dari induknya sangat efektif membunuh ulat yang baru menetas (neonate) (Rothman dan Myers 1994). Hal ini terbukti pada pemeliharaan *H. armigera* di laboratorium yang menunjukkan bahwa sebagian besar ulat neonate mati karena infeksi NPV, terutama yang tidak disterilisasi.

Penurunan efektivitas NPV lebih sering terjadi pada saat aplikasi di lapangan. Hal ini disebabkan NPV mudah terdegradasi oleh sinar ultraviolet, sehingga untuk mempertahankan efektivitasnya, sebaiknya aplikasi dilakukan pada sore hari (>pukul 14.00). Keunggulan pengendalian *H. armigera* dengan NPV atau entomopatogen lain adalah karena persisten di alam, khususnya di dalam tanah. Meskipun persisten, entomopatogen tidak dapat memperbanyak diri jika tidak menemukan serangga inangnya dan hal ini menyebabkan entomopatogen kurang efektif mengendalikan hama karena jumlah propagul/inokulumnya tidak mencukupi untuk dapat membunuh inang. Selain diaplikasikan secara tunggal, NPV juga sinergis dengan teknik pengendalian hama yang lain, seperti pestisida botani atau musuh alami lainnya. Kompatibilitas NPV dengan pestisida botani serbuk biji mimba (SBM) untuk mengendalikan *H. armigera* pada kapas dapat mengurangi biaya pengendalian hingga  $\pm 60\%$  dan meningkatkan pendapatan sebesar 32,7% (Indrayani *et al.* 2004). NPV sudah diformulasi dalam bentuk tepung (WP) untuk memudahkan penyimpanan jika sewaktu-waktu akan digunakan. Penyimpanan pada suhu ruang (27–30°C) masih mampu mempertahankan keefektifannya 4–6 bulan. Tetapi penyimpanan pada suhu  $\pm 5^\circ\text{C}$  (almari es) dapat bertahan hingga >2 tahun (Lewis dan Rollinson 1978). Selain NPV untuk pengendalian *H. armigera* (HaNPV) telah dikembangkan pula NPV untuk pengendalian ulat pemakan daun tembakau atau jarak kepyar, *Spodoptera litura*. Saat ini lisensi kedua produk entomopatogen (bioinsektisida) tersebut telah dipegang pihak swasta untuk tujuan komersial.

### **Jamur *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin**

Berdasarkan klasifikasinya, jamur *B. bassiana* termasuk klas Hypomycetes, ordo Hypocreales dari famili Clavicipitaceae (Hughes 1971). Jamur penyebab penyakit pada serangga ini pertama kali ditemukan di Perancis oleh Agostino bassi (Steinhaus 1975). *B. bassiana* atau *white muscardine* dikenal memiliki konidia (spora) berwarna putih bersih,

kisaran inang luas meliputi beberapa ordo serangga, antara lain: Coleoptera, Lepidoptera, dan Hemiptera. *B. bassiana* ini juga ditemukan menyerang serangga Diptera (McCoy *et al.* 1988), seperti: kutu pengisap (aphid dan kutu kebul), belalang, ulat, kumbang, trips, tungau, dan uret (Plate 1976).

Mekanisme infeksi dimulai dari kontak konidia jamur pada integumen serangga, kemudian tumbuh apresoria yang menembus ke dalam tubuh inang. Kondisi lingkungan yang sesuai akan mempercepat infeksi. *B. bassiana* dengan memproduksi toksin yang disebut beauvericin. Senyawa antibiotik ini dapat mengakibatkan gangguan fungsi hemolimfa pada serangga yang terinfeksi, sehingga menyebabkan pembengkakan yang disertai pengerasan (mumifikasi) pada serangga hama yang terinfeksi. Cheung dan Grula (1982) mengatakan bahwa infeksi *B. bassiana* pada *Heliothis zea* menyebabkan gangguan keseimbangan nutrisi hingga kematian. Biasanya tahap lanjut infeksi *B. bassiana* pada serangga inang selain mumifikasi, juga diikuti gejala mikosis, yaitu tumbuhnya miselia disertai pembentukan konidia.

Penggunaan jamur *B. bassiana* dalam pengendalian hama telah berkembang pesat di berbagai negara yang dibuktikan dengan banyaknya tersedia produk komersial bioinsektisida berbahan aktif *B. bassiana*. Skrining terhadap 12 isolat *B. bassiana* yang dilakukan pada tahun 2009 di Balittas hanya menghasilkan satu isolat yang paling efektif terhadap ulat *H. armigera* (BB 08). Isolat tersebut berasal dari hama trips yang kemudian diinokulasi ulang pada ulat *H. armigera*. Isolat unggulan ini kemudian diperbanyak pada media *sabouraud dextrose agar* (SDA). Pengujian potensi *B. bassiana* untuk pengendalian *H. armigera* dimulai tahun 2009 dengan hasil antara lain: (1) menyebabkan mortalitas ulat *H. armigera* sekitar 80–87%, (2) menyebabkan terhambatnya perkembangan ulat melalui penurunan bobot ulat hidup sekitar 30–50% dibanding dengan kontrol, dan (3) tercapai kestabilan produksi pada media beras dengan jumlah konidia terbanyak mencapai  $2,3 \times 10^{10}$  konidia/gram formulasi dengan bahan pembawa kaolin (Indrayani dan Prabowo 2010). Selain itu, perbanyakkan *B. bassiana* dengan media beras menghasilkan sekitar 95–110 g konidia kering/1 kg beras.

Perkembangan pemanfaatan *B. bassiana* dalam pengendalian hama beberapa komoditas penting Indonesia cukup pesat. *B. bassiana* telah digunakan dalam pengendalian hama kedelai (*Riptortus linearis* dan *Spodoptera litura*), hama walang sangit pada padi (*Leptocoriza acuta*) (Prayogo 2006), *Plutella xylostella* pada tanaman sayur-sayuran (Hardiyanti 2006), hama bubuk buah kopi (*Helopeltis antonii*) dan penggerek buah kakao (*Hyphotenemus hampei*) (Prayogo 2006). Mengingat hasil-hasil penelitian di luar negeri yang mengungkapkan keberhasilan penggunaan *B. bassiana* dalam pengendalian sejumlah serangga hama, maka jamur ini juga berpeluang untuk dimanfaatkan dalam pengendalian *H. armigera* kapas. Di Brasil, pengendalian ulat pemakan daun kapas, *Alabama argillace* cukup berhasil dilakukan dengan jamur *B. bassiana* (Filho *et al.* 2002). Pengendalian hama kelapa di Indonesia cukup berhasil melalui penyemprotan jamur *B. bassiana* (Ho-

sang 1995). Hama pada tanaman kelapa sawit (*Darna catenata*) di Sulawesi Selatan juga berhasil dikurangi serangannya setelah dikendalikan dengan *B. bassiana* (Saranga dan Daud 1993). Meskipun telah terbukti efektif terhadap sejumlah serangga hama berdasarkan hasil-hasil penelitian terdahulu, namun pengujian terhadap potensinya dalam pengendalian *H. armigera* pada kapas masih terus dilakukan, terutama untuk menemukan teknik perbanyakannya yang efektif dan efisien serta menemukan bahan formulasi yang tepat.

### **Jamur *Nomuraea rileyi* (Farlow) Samson**

*Nomuraea rileyi* merupakan jamur kedua yang sedang diteliti potensinya untuk pengendalian *H. armigera*. Jamur ini termasuk dalam keluarga besar jamur *imperfecti* yang sebagian besar perkembangbiakannya secara aseksual (anamorfik) dengan menggunakan spora pasif yang disebut konidia. *N. rileyi* termasuk salah satu spesies yang telah dikarakterisasi secara lengkap, terutama yang berkaitan erat dengan perannya sebagai pengendali hama. Jamur ini lebih efektif untuk pengendalian hama ulat (Lepidoptera). Infeksi *N. rileyi* bisa terjadi pada ulat yang berukuran kecil (instar muda) hingga ulat berukuran besar (instar tua). Gejala infeksi pada ulat biasanya diawali dengan proses melanisasi (*melanization*) atau pengerasan setelah ulat mati yang diikuti oleh pertumbuhan miselium dan produksi konidia (spora).

Jamur *N. rileyi* dikenal sangat efektif menginfeksi berbagai spesies serangga hama (Srisukchayakul *et al.* 2005; Suwannakut *et al.* 2005). Lebih dari 30 spesies Lepidoptera yang tergolong serangga polifagus telah teridentifikasi peka terhadap infeksi *N. rileyi* (Vimala Devi *et al.* 2003; Shah dan Pell 2003), khususnya dari genus *Helicoverpa*, *Heliothis*, *Spodoptera*, *Pseudoplusia*, *Trichoplusia*, *Plutella*, dan *Rachiplusia* yang dikenal sebagai inang sangat sensitif terhadap infeksi entomopatogen (Sanchez-Pena 2000; Martins *et al.* 2005). Uma Devi *et al.* (2003) mengatakan bahwa pada kondisi lingkungan yang sesuai bagi *N. rileyi* sangat efektif menginfeksi dan menurunkan populasi serangga hama noctuid di beberapa negara, seperti Amerika Serikat, Meksiko, Equador, Brasil, Argentina, India, dan Australia. Virulensi setiap strain *N. rileyi* sangat dipengaruhi oleh kondisi geografi wilayah isolat jamur tersebut pertama kali ditemukan. Hal ini dibuktikan melalui hasil penelitian bahwa isolat *N. rileyi* yang diisolasi dari inang serangga dan lokasi geografis yang berbeda biasanya memiliki karakter biologi yang juga berbeda-beda (Boucias *et al.* 2000; Molina-Ochoa *et al.* 2003).

Penyebaran konidia *N. rileyi* biasanya dilakukan melalui angin atau aliran air. Mengawali proses infeksi pada inang, konidia akan menempel pada bagian integumen (kulit) serangga dan berkecambah dalam waktu  $\pm$  24 jam. Kematian ulat biasanya terjadi sekitar 5–7 hari setelah infeksi, karena adanya gangguan fisiologis akibat pengaruh mikotoksin yang diproduksi jamur. Pada Lepidoptera, *N. rileyi* dapat menginfeksi semua stadia ulat. Infeksi pada ulat instar I–III biasanya kematian ulat terjadi pada instar III–V, tetapi infeksi pada ulat instar IV–V akan menyebabkan pupa atau imago abnormal (cacat), sehingga

ga tidak mampu bereproduksi. Perbedaan virulensi *N. rileyi* terhadap stadia inang selain karena perbedaan strain juga dapat dipengaruhi oleh metode inokulasi. Inokulasi *N. rileyi* dengan cara penyemprotan massal menggunakan *mini hand sprayer* terhadap ulat instar II memungkinkan seluruh integumen ulat kontak dengan konidia jamur, sehingga peluang ulat terinfeksi lebih tinggi. Tetapi inokulasi pada ulat *H. armigera* instar III–V sebaiknya secara individu dengan metode tetes (penetasan) pada media pakan, terutama untuk menghindari perilaku kanibalnya. Faktor lingkungan, seperti suhu, cahaya, dan kelembapan sangat menentukan tingkat patogenisitas jamur. Kelembapan tinggi biasanya dibutuhkan dalam proses perkecambahan inokulum jamur yang kontak dengan kutikula serangga. Sedangkan kelembapan rendah diperlukan untuk membentuk konidia (spora) dan melakukan penyebaran secara horizontal pada inang lain. Meskipun kondisi lingkungan mendukung, tetapi spesifikasi inang tetap menentukan kemampuan infeksi *N. rileyi*. Umumnya *N. rileyi* yang diisolasi dari ulat *H. armigera* cenderung lebih patogenik pada ulat *H. armigera* dibanding pada spesies serangga lainnya.

Beberapa uji pendahuluan terhadap potensi jamur *N. rileyi* sudah dilakukan, terutama di laboratorium. Hasil uji daya tumbuh pada beberapa media agar menunjukkan bahwa laju pertumbuhan *N. rileyi* tercepat mencapai 1,26 cm/hari pada media *sabouraud maltose agar* + ekstrak *yeast* (SMAY), sedangkan pada komposisi media agar lainnya lebih rendah (<1,00 cm/hari). Produksi konidia *N. rileyi* juga rata-rata lebih tinggi pada media SMAY ( $1,7 \times 10^9$  konidia/ml) dibanding pada media lainnya ( $0,5\text{--}2,4 \times 10^8$  konidia/ml) (Hidayah dan Indrayani 2011). Hasil penelitian ini menunjukkan kesesuaian antara laju pertumbuhan dan produksi konidia. Strain-strain jamur entomopatogen yang patogenik umumnya menunjukkan karakter demikian karena dibutuhkan dalam menginfeksi dan membunuh inang secara cepat. Jamur entomopatogen dengan laju pertumbuhan yang tinggi pada perbanyakan secara *in vitro* (media agar) juga menunjukkan kecepatan tumbuh yang sama pada saat menginfeksi serangga inang (*in vivo*) (Ansari *et al.* 2004; Damir 2006).

Meskipun dilaporkan bahwa jamur-jamur entomopatogen dapat menginfeksi semua anggota ordo serangga, tetapi setiap strain isolatnya memiliki kepekaan hanya terhadap inang-inang tertentu saja (Martins *et al.* 2005). Hasil uji pendahuluan terhadap karakter biologi strain lokal *N. rileyi* (NB 01) menunjukkan bahwa infeksi terhadap ulat *H. armigera* instar II menyebabkan mortalitas  $\pm 82\%$  pada konsentrasi  $1 \times 10^9$  konidia/ml. Sedangkan  $LC_{50}$  mencapai  $7,2 \times 10^7$  konidia/ml dalam waktu ( $LT_{50}$ ) 4,8–6,7 hari. Perilaku inang mempengaruhi metode inokulasi jamur. Inang yang aktif bergerak akan membutuhkan konidia dalam konsentrasi tinggi untuk memperbesar peluang terjadinya kontak antara jamur dan inang.

Umumnya jamur entomopatogen berkembang baik di lingkungan dengan suhu rendah dengan kelembapan tinggi. Namun, dengan berkembangnya epizootik jamur di lingkungan yang kering dengan tingkat virulensi tinggi, maka strain seperti ini berpotensi menjadi bahan aktif biopestisida jamur yang potensial. Sasaran utama *N. rileyi*, termasuk ja-

mur entomopatogen lainnya adalah stadia ulat. Setiap strain *N. rileyi* dapat menginfeksi instar ulat yang berbeda dari spesies serangga yang juga berbeda-beda. Perbedaan kepekaan terhadap infeksi jamur tersebut ada kaitannya dengan interaksi antara masa inkubasi jamur dan ketebalan kutikula serangga. Kutikula ulat instar muda lebih lunak dibanding kutikula ulat instar tua yang menyebabkan jamur lebih mudah penetrasi dan berkembang dalam tubuh serangga. Dalam pengendalian *H. armigera*, kepekaan ulat instar muda terhadap infeksi jamur *N. rileyi* cukup menguntungkan karena lebih awal dapat menurunkan populasi hama, sehingga potensi untuk merusak tanaman lebih rendah.

Saat ini sudah ada tiga strain *N. rileyi* yang menjadi koleksi Laboratorium Patologi Serangga Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat, Malang, yaitu NB 01 (Malang), NB 02 (Lamongan), dan NB 03 (Temanggung). Dua di antaranya (NB 01 dan NB 02) sudah diperbanyak pada media SMAY dengan menunjukkan pertumbuhan yang cukup baik, meskipun kadang-kadang masih terjadi kontaminasi. Strain NB 01 juga sudah diuji patogenitasnya terhadap ulat *H. armigera* meskipun hanya mampu menyebabkan mortalitas sekitar 60–70% (Hidayah dan Indrayani 2011). Hasil ini menunjukkan keefektifan NB 01 belum stabil sehingga masih perlu pengujian lanjutan, terutama evaluasi (skrining) strain yang lebih virulen dan patogenik, uji kepekaan instar ulat *H. armigera* terhadap *N. rileyi*, dan mengembangkan teknik perbanyakan yang efektif dan efisien.

## **FAKTOR-FAKTOR PENDUKUNG EPIZOOTIK ENTOMOPATOGEN**

Epizootik adalah keragaan populasi propagul/inokulum jamur pada kondisi alaminya. Epizootik jamur, misalnya, sangat dipengaruhi oleh banyaknya inang yang terinfeksi pada setiap musim tanam. Semakin banyak inang terinfeksi, semakin berkembang epizootiknya. Perkembangan epizootik entomopatogen dalam populasi serangga inang semakin menjadi momen yang menarik bagi peneliti karena infeksi oleh entomopatogen kadangkala terjadi secara tiba-tiba pada populasi inangnya dengan persentase infeksi yang cukup tinggi (2–5%) (Indrayani 2011). Sebagai contoh, semakin meningkatnya jumlah ulat *H. armigera* yang ditemukan mati karena serangan jamur *N. rileyi* pada setiap awal musim penghujan, terutama pada tanaman jagung di daerah Malang dan sekitarnya, menunjukkan bahwa epizootik jamur ini telah berkembang cukup pesat pada populasi inangnya. Selain menunjukkan jamur ini persisten di alam, ketersediaan tanaman inang jagung secara terus-menerus juga sangat mendukung berkembangnya epizootik *N. rileyi*. Fenomena ini juga menunjukkan bahwa epizootik jamur *N. rileyi* mampu menjaga keseimbangan antara populasinya dan populasi inangnya. Program pengelolaan serangga hama yang efektif seharusnya mempunyai kemampuan untuk mengetahui adanya kontribusi peran faktor-faktor mortalitas alami dalam dinamika populasi hama di lapangan dan bertindak cepat untuk memanfaatkan fenomena alam tersebut.

Banyak penelitian sudah membuktikan bahwa parasitoid dan predator semakin menurun populasinya akibat penggunaan insektisida kimia. Demikian pula pada penggunaan fungisida yang mengakibatkan jamur-jamur entomopatogen tidak efektif lagi menekan populasi inang. Pengaruh insektisida kimia mungkin tidak langsung terhadap entomopatogen, tetapi berkurangnya populasi hama menyebabkan terhambatnya perkembangan epizootik entomopatogen. Dengan tidak lagi mengandalkan insektisida kimia dalam pengendalian hama kapas berarti konservasi terhadap faktor-faktor mortalitas alami telah dilakukan. Aplikasi entomopatogen secara intensif untuk pengendalian hama sebagai substitusi insektisida kimia menunjukkan semakin berkurangnya konsentrasi entomopatogen yang dibutuhkan untuk mencapai hasil pengendalian yang efektif. Hal ini kemungkinan karena semakin berkembangnya epizootik entomopatogen yang menyebabkan jumlah koloni juga semakin bertambah dan efektif mengendalikan populasi inang.

Praktek-praktek agronomis yang mendukung perkembangan epizootik entomopatogen dalam populasi serangga hama akan sangat efektif mengurangi tindakan pengendalian terhadap hama. Tata tanam kapas yang berpotensi mengurangi pengaruh degradasi sinar ultraviolet terhadap aktivitas entomopatogen juga dapat meningkatkan efektivitas pengendalian terhadap hama sasaran. Kanopi tanaman yang saling berdekatan antarbaris efektif mengurangi pengaruh sinar ultraviolet terhadap entomopatogen. Kelembapan tinggi yang disebabkan oleh kanopi yang tertutup memberikan lingkungan yang lebih kondusif bagi perkembangan entomopatogen dibanding dengan kanopi terbuka, demikian pula pengaturan waktu pengairan yang tepat sangat mendukung peningkatan jumlah koloni efektif. Selain itu, entomopatogen yang diformulasi dalam bentuk tepung (*wettable powder*), minyak (minyak nabati), maupun cair (molasis) merupakan salah satu upaya mengurangi pengaruh lingkungan, khususnya sinar ultraviolet yang dapat menurunkan daya bunuh bahan aktif (Moslim *et al.* 2004; Pavone *et al.* 2009; Vega-Aquino *et al.* 2010).

Tanah merupakan habitat utama sebagian besar entomopatogen. Pengolahan tanah merupakan media yang baik bagi entomopatogen yang ada dalam tanah untuk mencapai tanaman dan melakukan kontak dengan serangga inang. Pengolahan tanah berat (*deep plowing*) berpengaruh kurang baik terhadap entomopatogen yang biasanya persisten pada permukaan tanah, karena akan terbawa ke dalam tanah pada saat tanah diolah. Sedangkan pengolahan tanah ringan (*minimum tillage*) lebih bermanfaat untuk konservasi entomopatogen. Oleh karena itu, praktek-praktek agronomis selain dibutuhkan untuk pemeliharaan tanaman, juga sangat bermanfaat sebagai upaya konservasi entomopatogen.

Upaya mengembangkan entomopatogen sebagai komponen pengendalian hama terpadu yang efektif masih terus-menerus dilakukan. Peran ilmu epizootiologi terapan, termasuk di dalamnya pengendalian hama menggunakan entomopatogen, sangat membutuhkan dukungan berbagai disiplin ilmu lain, seperti entomologi, mikrobiologi, patologi, ekologi, dan biologi, sehingga keberhasilan memanfaatkan entomopatogen dalam pengenda-

lian hama baru akan tercapai apabila benar-benar dapat memahami setiap ilmu terkait dan interaksinya serta mengaplikasikannya dalam pengendalian serangga hama.

## KESIMPULAN

Virus dan jamur adalah dua entomopatogen yang cukup potensial untuk mengendalikan hama penggerek buah kapas, *H. armigera*, khususnya *nuclear polyhedrosis virus* (NPV) dan jamur *B. bassiana* dan *N. rileyi*. Saat ini teknologi pengendalian hama kapas dengan NPV sudah tersedia dan telah diproduksi oleh PT Probio, Malang melalui lisensi. Selain NPV, jamur entomopatogen *B. bassiana* dan *N. rileyi* juga mulai dikembangkan untuk pengendalian hama kapas. Keefektifan *B. bassiana* maupun *N. rileyi* terhadap mortalitas ulat *H. armigera* dan terhadap penghambatan pertumbuhan ulat yang terinfeksi cukup tinggi, berturut-turut yaitu 80–87% dan 30–50%. Produksi konidia jamur *B. bassiana* pada media beras mampu menghasilkan sekitar 90–110 g konidia kering/1 kg beras dengan konsentrasi  $2,3 \times 10^{10}$  konidia/g formulasi WP. Pengujian patogenisitas *N. rileyi* terhadap *H. armigera* yang terinfeksi jamur. Upaya konservasi entomopatogen diperlukan untuk keberlanjutan epizootiknya di alam, terutama melalui penerapan praktek-praktek agromonis yang ramah lingkungan sehingga entomopatogen maupun musuh alami lainnya dapat berkembang dengan baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ansari, M.A., S. Vestergaard, L. Tirry & M. Moens. 2004. Selection of highly virulent fungal isolate, *Metarhizium anisopliae* CLO53 for controlling *Hoplia philantus*. J. Invertebrate Pathology 85:89–96.
- Binay, K. & P. Devendra. 2002. Evaluation of neem based insecticides and biopesticides against *Helicoverpa armigera* infesting chickpea. Indian Journal of Entomology 64(4):411–417.
- Biradar, V.K., P.R. Shivpuje, B.N. Rawale, R.S. Bansod, A.T. Munde & M.P. Badgujar. 2002. Efficacy of certain biopesticides against cotton bollworms. Journal of Soils and Crops 12(1):66–67.
- Boucias, D.G., M.S. Tigano, D.R. Sosa-Gomez, T.R. Glare & P.W. English. 2000. Genotypic properties of the entomopathogenic fungus *Nomuraea rileyi*. Biological Control 19:124–138.
- Cheung, P.Y.K. & E.A. Grula. 1982. In vitro events associated with entomopathology of *Beauveria bassiana* for the corn earworm (*Heliothis zea*). J. Invertebrate Pathology 39:303–313.
- Damir, M.E. 2006. Effect of growing media and water volume on conidial production of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*. J. Biol. Sci. 6:269–275.
- Filho, E.C., E.J. Marques & R. Barros. 2002. Selection of *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) and *Beauveria bassiana* (Bals.) isolates to control *Alabama argillacea* (Hubner) caterpillars. Scientia Agricola 59(3): 457–462.
- Gerhardson, B. 2002. Biological substitutes for pesticides. Trends in Biotechnology 20(8):338–343.

- Hardiyanti, D.W. 2006. Kajian penyebaran miselium jamur *Beauveria bassiana* dan kerusakan terhadap epitel saluran pencernaan makanan larva *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). Undergraduate Theses dari JBPTITBBI, Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati, Institut Teknologi Bandung (Abstrak).
- Hidayah, N. & IG.A.A. Indrayani. 2011. Pengaruh media terhadap pertumbuhan jamur entomopatogen *Nomuraea rileyi* (Farlow) Samson dan patogenitasnya terhadap *Helicoverpa armigera* dan *Spodoptera litura*. Jurnal Penelitian Tanaman Industri 17(3):102–108.
- Hosang, M.L.A. 1995. Patogenisitas cendawan *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. Terhadap *Brontispa longissima* Gestro (Coleoptera: Hispididae). MS Thesis (Unpublished). Bogor Agricultural University (IPB). 66 pp.
- Hughes, S.J. 1971. Phycomycetes, basidiomycetes, and ascomycetes as fungi Imperfecti. p. 7–36. In B. Kendrick (ed.). Taxonomy of Fungi Imperfecti, University of Toronto Press, Toronto, Canada.
- Indrayani, IG.A.A. 2011. Potensi jamur entomopatogen *Nomuraea rileyi* (Farlow) Samson untuk pengendalian *Helicoverpa armigera* Hubner pada kapas. Perspektif 10(1):11–21.
- Indrayani, IG.A.A. & H. Prabowo. 2010. Pengaruh komposisi media terhadap produksi konidia jamur entomopatogen *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin. Buletin Tanaman Tembakau, Serat & Minyak Industri 2(2):88–94.
- Indrayani, IG.A.A., A.A.A. Gothama & F. Moscardi. 1988. Report on survey for pathogens of cotton pests in Indonesia. Proc. Symposium on Biological Control of Pests in Tropical Agricultural Systems. Seameo Biotrop, Bogor. 17 p.
- Indrayani, IG.A.A., T. Adiastono & G. Mudjiono. 2003. Dosis sublethal *SINPV* dan pengaruhnya terhadap transmisi vertikal pada larva *Spodoptera litura* F. Jurnal Penelitian Tanaman Industri 9(2):55–62.
- Indrayani, IG.A.A., D. Winarno & Subiyakto. 2004. Kompatibilitas kombinasi *HaNPV* dan SBM serta pengaruhnya terhadap mortalitas dan aktivitas biologi penggerek buah kapas *Helicoverpa armigera* Hubner. Jurnal Penelitian Tanaman Industri 10(1):28–33.
- Knipling, E.F. 1971. The role of microbial agents in the development of alternative means of insect control. Proc. Fourth Int. Coll. Insect Pathol. 2–8. College Prak, Maryland. 25–28 August 1970.
- Kukan, B. & J.H. Myers. 1997. Prevalence and persistence on nuclear polyhedrosis virus in fluctuating populations of forest tent caterpillars (Lepidoptera: Lasiocampidae) in the area of Prince George, British Columbia. Environ. Entomol. 26:882–887.
- Lewis, F.B. & W.D. Rollinson. 1978. Effect of storage on the virulence of gypsy moth nucleopolyhedrosis inclusion bodies. J. Econ. Entomol. 71(5):719–722.
- Mandal, S.M.A., B.K. Mishra & P.R. Mishra. 2003. Efficacy and economics of some biopesticides in managing *Helicoverpa armigera* (Hubner) on chickpea. Annals of Plant Protection Sciences 11(2):201–203.
- Martins, T., L. Oliveira & P. Garcia. 2005. Larval mortality factors of *Spodoptera littoralis* in the Azores. Biocontrol 50:761–770.
- McCoy, C.W., R.A. Samson & D.G. Boucias. 1988. Entomogenous fungi. p. 151–236. In C.M. Ignoffo (ed.). CRC Handbook of Natural Pesticides. Microbial Protozoa and Fungi. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Mishra, D.N., K. Kamiesh & L.R. Singh. 2004. Economics and efficacy of some biological pesticides to manage *Helicoverpa armigera* (Hubner) on chickpea under mid-western plain zone of UP. Environment and Ecology 22(3):404–406.
- Molina-Ochoa, J., R. Lezama-Gutierrez, M. Gonzalez-Ramirez, M. Lopez-Edwards, M.A Rodriguez-Vega & F. Arceo-Palacios. 2003. Pathogens parasitic nematodes associated with populations of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) larvae in Mexico. Florida Entomologist 86:244–253.
- Moslim, R., M.B. Wahid, S.R.A. Ali & N. Kamarudin. 2004. The effects of oils on germination of *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin and its infection against the oil palm bagworm, *Metisa plana* (Walker). J. Oil Palm Res. 16:78–87.

- Pavone, D., M. Diaz, L. Trujillo & B. Dorta. 2009. A granular formulation of *Nomuraea rileyi* Farlow (Samson) for the control of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Kweriencia* 34(2):130–134.
- Plate, J. 1976. *Fungi. Biological Control: A guide to natural enemies in North America*. Cornell University. 4 p.
- Prayogo, Y. 2006. Upaya mempertahankan keefektifan cendawan entomopatogen untuk mengendalikan hama tanaman pangan. *Jurnal Litbang Pertanian* 25(2):47–54.
- Rothman, L.D. & J.H. Myers. 1994. Nuclear polyhedrosis virus treatment effect on reproductive potential of western ent caterpillar (Lepidoptera: Lasiocampida). *Environ. Entomol.* 23:864–869.
- Sanchez-Pena, S.R. 2000. Entomopathogens from two Chihuahuan desert localities in Mexico. *Biocontrol* 45: 63–78.
- Saranga, A.P. & I.D. Daud. 1993. Prospek pemanfaatan patogen serangga untuk pengendalian serangga hama di Sulawesi Selatan. *Prosiding Makalah Pendukung Seminar Nasional Pengendalian Hayati*. Yogyakarta 25–26 November 1996. 4 hlm.
- Shah, P.A. & J.K. Pell. 2003. Entomopathogenic fungi as biological control agents. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 61:413–423.
- Srisukchayakul, S., C. Wiwat & S. Pantuwatana. 2005. Studies on the pathogenesis of the local isolates of *Nomuraea rileyi* against *Spodoptera litura*. *Science Asia* 31:273–276.
- Steinhaus, E.A. 1975. *Disease in a Minor Chord*. Ohio State University Press, Columbus, Ohio. 17 p.
- Suwannakut, S., D.G. Boucias & C. Wiwat. 2005. Genotypic analysis of *Nomuraea rileyi* collected from various noctuid hosts. *J. Invertebrate Pathology* 90:169–176.
- Tanada, Y. & H.K. Kaya. 1993. *Insect Pathology*. Academic Press, San Diego, California. 563 p.
- Uma-Devi, K., M. Murali C.H., J. Padmavathi & K. Ramesh. 2003. Susceptibility to fungi of cotton bollworms before and after a natural epizootic of the entomopathogenic fungus *Nomuraea rileyi* (Hyphomycetes). *Biocontrol Science and Technology* 13:367–371.
- Vega-Aquino, P., S. Sanches-Pena & C.A. Blanco. 2010. Activity of oil-formulated conidia of the fungal entomopathogens *Nomuraea rileyi* and *Isaria tenuipes* against lepidopterous larvae. *J. Invertebrate Pathology* 103:145–149.
- Vimala-Devi, P.S., Y.G. Prasad, D. Anita-Chowdary, M.M. Rao & L. Balakhrisnan. 2003. Identification of virulent isolates of the entomopathogenic fungus *Nomuraea rileyi* (F.) Samson for the management of *Helicoverpa armigera* and *Spodoptera litura*. *Mycopathologia* 156:365–373.