

Studi Literature

Tantangan Implementasi IJEN (Infeksi Jamur Entomopatogen pada Nyamuk)

Liestiana Indriyati¹, Ika Setianingsih¹

¹Balai Penelitian dan Pengembangan Kesehatan Tanah Bumbu
Jl.Loka Litbang Kawasan Perkantoran Pemda Tanah Bumbu di Gunung Tinggi
email:lis_alla@yahoo.com

ABSTRACT

Background: Entomopathogenic fungi are bioinsecticides that have been widely used in agriculture which have the potential to be a insecticide resistance problem solution in efforts to control vectors mosquito of diseases such as malaria, dengue, filariasis, chikungunya, and others. Purpose was to obtain and provide information about the EFIM implementation (Entomopathogenic Fungal Infection in Mosquitoes): Methode: This writing was a literature study for the infection process, the factors that affect the implementation success, the formulation of preparations and carrier materials, the exploration location and method, the isolation process, multiplication and reproduction, production opportunities, implementation methods as well as EFIM constraints and challenges. Result: EFIM is influenced by environmental factors (temperature, humidity, rainfall, sunlight), density, viability, age, and nutrition of entomopathogenic fungi growth, the carrier type or adhesive material, implementation time and place and also the suitability of implementation method with the bionomic characteristics of target mosquito species. The ease of production, high production capacity, environmentally safe, selective use and low risk of resistance are the advantages of entomopathogenic fungi as bioinsecticides. Various preparations and EFIM implementation methods, both of environment spraying, ovitrap using and other methode can be applied adjusted by the target mosquito species characteristics. Conclusion: Research on the effectiveness of commercial entomopathogenic fungi, the more effective and efficient carrier materials and the effective and practical implementation methods according to the bionomic species of mosquitoes is a challenge for further research to apply the use of entomopathogenic fungi as bioinsecticides to control mosquito vectors in the field.

Keywords: *entomopathogenic fungi, mosquitos, application method,EFIM, carrier materials*

ABSTRAK

Latar belakang: Jamur entomopatogen merupakan bioinsektisida yang telah digunakan secara luas di bidang pertanian yang juga berpotensi untuk menjadi salah satu jalan keluar bagi permasalahan resistensi insektisida dalam upaya pengendalian nyamuk vektor penyakit seperti malaria, demam berdarah dengue, filariasis, chikungunya, dan lain-lain. Tujuan penulisan yaitu untuk mendapatkan dan memberikan informasi seputar implementasi IJEN (Infeksi Jamur Entomopatogen pada Nyamuk). Metode: tulisan ini merupakan studi literature tentang IJEN baik dari proses infeksi, faktor-faktor yang mempengaruhi keberhasilan implementasi, formulasi sediaan dan bahan carrier, lokasi dan cara eksplorasi, proses isolasi, perbanyakan dan perkembangbiakan, peluang produksi, metode implementasi serta hambatan dan tantangan dari implementasi IJEN. Hasil: Implementasi IJEN dipengaruhi oleh faktor lingkungan (suhu, kelembaban, curah hujan, sinar matahari), kerapatan, viabilitas, usia dan nutrisi pertumbuhan jamur entomopatogen, jenis bahan carrier, karakteristik bionomic dari spesies nyamuk target. Produksi yang mudah, kapasitas produksi yang tinggi, penggunaan aman bagi lingkungan dan

selektif serta risiko resistensi yang rendah merupakan kelebihan dari jamur entomopatogen sebagai bioinsektisida. Berbagai sediaan dan metode implementasi IJEN baik spray pada lingkungan, penggunaan ovitrap dan cara lainnya dapat diterapkan dengan memperhatikan karakteristik bionomik spesies nyamuk target. Kesimpulan: Penelitian tentang efektifitas jamur entomopatogen komersial, bahan carrier yang efektif dan lebih efisien serta produk dan metode implementasi yang efektif dan praktis sesuai dengan bionomik spesies nyamuk merupakan tantangan bagi penelitian lebih lanjut guna penerapan penggunaan jamur entomopatogen sebagai bioinsektisida pengendali nyamuk vektor penyakit di lapangan.

Kata kunci: jamur entomopatogen, nyamuk, metode implementasi, IJEN, bahan carrier

1. Pendahuluan

Jamur entomopatogen telah banyak digunakan sebagai agensia hayati dan insektisida biologi untuk mengatasi permasalahan hama serangga di dalam bidang pertanian. *Metarhizium anisopliae* merupakan salah satu jamur entomopatogen yang sering digunakan untuk mengendalikan hama serangga (Permadi, Mahmud, Mukhlis, Lubis, & Faisal, 2020). *Beauveria bassiana*, *M. anisopliae*, dan *Lecanicillium lecanii* diidentifikasi memiliki kemampuan untuk mengendalikan Ulat Grayak (*Spodoptera litura* F) pada tanaman tembakau secara in vivo (Masyitah, Sitepu, & Safni, 2017), *B. bassiana* terbukti mampu mengendalikan hama wereng pada padi (Aisyah & Astuti, 2019), kepik hijau (*Nezara viridula* L.) yang merupakan hama bagi tanaman kedelai, jagung, cabai dan tanaman perkebunan lainnya (Prayogo, 2013). Hasil penelitian bahkan mengindikasikan bahwa penggunaan jamur entomopatogen *B. bassiana* lebih efektif jika dibandingkan dengan insektisida kimia dalam upaya pengendalian serangga *C. formicarius* pada tanaman ubi jalar (Prayogo, 2017), dan banyak lagi hasil penelitian lainnya yang menunjukkan efektivitas jamur entomopatogen dalam upaya pengendalian serangga hama dalam bidang pertanian dan perkebunan.

Di bidang kesehatan, jamur entomopatogen sangat berpotensi untuk menjadi jalan keluar bagi permasalahan resistensi insektisida dalam rangka upaya penanggulangan penyakit berbasis vektor nyamuk seperti malaria, demam berdarah dengue, filariasis, chikungunya, zika dan lain-lain. *M. anisopliae* dinyatakan efektif mengendalikan larva *Aedes aegypti*, *Anopheles stephensi* dan *Culex quinquefasciatus* dengan tingkat kematian diatas 85% (Vivekanandhan *et al.*, 2020). Demikian pula dengan jamur entomopatogen *Aspergillus terreus* dinyatakan juga efektif sebagai larvasidal dan pupicidal yang efektif untuk melawan nyamuk *Ae. aegypti*, *An. stephensi* dan *Cx. quinquefasciatus* (Ragavendran & Natarajan, 2015). Hasil penelitian di Indonesia menyatakan bahwa *Aspergillus sp* merupakan jamur entomopatogen yang efektif untuk menyebabkan kematian pada nyamuk vektor DBD *Ae. aegypti* (Artikasari, Rosa, Irawan, & Yuliant, 2019). Penggunaan insektisida kimia secara luas dan telah berlangsung lama di masyarakat baik di tingkat rumah tangga maupun di bidang pertanian, dapat meninggalkan residu di alam yang berdampak pada pencemaran dan penurunan kualitas lingkungan serta memicu terjadinya resistensi insektisida pada nyamuk vektor penyakit (Perwitasari, Musaddad, Manalu, & Munif, 2015). Hasil penelitian pada nyamuk *Anopheles gambiae* yang telah resisten terhadap pyrethroid ditemukan rentan terhadap infeksi jamur entomopatogen *B. bassiana* dan *M. anisopliae* (Howard, Koenraadt, Farenhorst, Knols, & Takken, 2010). Hal ini menunjukkan bahwa jamur entomopatogen sangat potensial untuk digunakan dalam manajemen resistensi dan program pengendalian vektor nyamuk.

IJEN atau infeksi jamur entomopatogen pada nyamuk yaitu salah satu upaya pengendalian nyamuk vektor penyakit dengan cara mengaplikasikan jamur entomopatogen yang memiliki kemampuan untuk menginfeksi dan membunuh nyamuk sekaligus menularkan infeksi jamur entomopatogen tersebut kepada nyamuk lainnya melalui kontak fisik antar nyamuk. Implementasi IJEN memiliki beragam cara dan faktor yang mempengaruhi keberhasilan dan efektifitasnya dalam menginfeksi dan membunuh nyamuk serta menularkan kepada nyamuk

lainnya. Penerapan IJEN di beberapa wilayah antara lain, implementasi formulasi *B. bassiana* dan *M. anisopliae* komersial di sistem drainase badai bawah tanah (USDS) di Lembah Coachella, California Selatan yang diimplementasikan pada dinding vertikal 1 m² di delapan lokasi USDS pada musim semi dan musim gugur pada 2015 menyebabkan kematian *Cx. quinquefasciatus* lebih dari 80% (Popko, Henke, Mullens, & Walton, 2018). Penelitian lapangan yang dilakukan di pedesaan Tanzania menggunakan implementasi IJEN dengan cara mengimplementasikan jamur entomopatogen *M. anisopliae* pada *extra domiciliary odor bait station* mampu membunuh *Anopheles arabiensis* diatas 95% (Lwetoijera *et al.*, 2010). Tidak banyak ditemukan penelitian lapangan tentang implementasi IJEN sehingga potensi untuk pemanfaatan IJEN di lapangan baik oleh masyarakat maupun program masih memerlukan penguatan dan penelitian lapangan lebih lanjut.

2. Metode

Penelitian dan penulisan ini merupakan studi literature yang mengumpulkan berbagai informasi seputar jamur entomopatogen dari berbagai sumber referensi yang di kumpulkan melalui google scholar dan pubmed NCBI. Kata kunci penelusuran yang digunakan yaitu jamur entomopatogen (*entomopathogenic fungus*). Artikel yang ditemukan sebanyak 89 artikel sedangkan artikel yang dibahas yaitu 35 artikel mengingat keterkaitan dengan topik bahasan penulis serta pertimbangan tahun penelitian yang dilakukan. Penulisan dikelompokkan menjadi ragam jenis jamur entomopatogen, peluang produksi dan perkembangbiakan, bahan carrier, bentuk sediaan, dan metode Implementasi jamur entomopatogen khususnya untuk Implementasi IJEN (Infeksi Jamur Entomopatogen pada Nyamuk).

3. Hasil dan Pembahasan

Proses Infeksi Jamur Entomopatogen

Infeksi jamur entomopatogen pada serangga dimulai saat jamur entomopatogen melekat pada kutikula serangga kemudian konidia jamur berkecambah dan melakukan penetrasi terhadap kutikula dan masuk ke dalam tubuh serangga (Permadi, Lubis, & Siregar, 2019). Khusus pada IJEN, proses infeksi jamur entomopatogen pada nyamuk dimulai saat jamur entomopatogen melekat pada tubuh atau kutikula nyamuk melalui spora jamur yang beterbangan maupun saat nyamuk hinggap pada permukaan benda yang diolesi ataupun disemprot dengan formula jamur entomopatogen. Menurut Tanada dan Kaya (1993) dalam Permadi periode sejak proses awal infeksi sampai kematian serangga terjadi dalam kurun waktu minimal 3 hari dan maksimal 12 hari, umumnya terjadi dalam waktu 5-8 hari dimana perbedaan periode waktu tersebut tergantung pada ukuran serangga target (Permadi *et al.*, 2019).

Jamur entomopatogen *B. bassiana* mampu menginfeksi dan membunuh pada berbagai stadium baik stadium larva, nimfa maupun imago. Semakin muda umur nimfa maka semakin rentan terhadap infeksi jamur *B. bassiana* (Prayogo, 2013), hal ini mungkin terkait dengan proses pembentukan imun di dalam tubuh serangga dimana semakin muda umur nimfa maka mekanisme imun masih belum terbentuk dengan sempurna sehingga lebih rentan untuk terinfeksi khususnya oleh jamur entomopatogen. Penularan jamur entomopatogen dapat terjadi dari satu serangga kepada serangga yang lainnya melalui kontak langsung dengan serangga yang terinfeksi. Akan tetapi, serangga yang sakit tidak dapat menularkan pada telur yang dihasilkannya (Siahaan, Wongkar, Wowiling, & Mangais, 2021). Penularan infeksi jamur entomopatogen antar nyamuk dapat terjadi karena kontak fisik antar nyamuk khususnya terjadi pada saat proses kawin antara nyamuk jantan dan betina.

Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Keberhasilan IJEN

Masing-masing jamur entomopatogen memiliki kemampuan pertumbuhan dan perkembangan serta kerapatan yang berbeda tergantung dari spesies, isolat jamur itu sendiri dan nutrisi saat proses perbanyakan. Hasil penelitian menyatakan bahwa peningkatan konsentrasi jamur, kerapatan konidia dan lama paparan jamur *B. bassiana* berbanding lurus dengan kematian larva *Cx. quinquefasciatus* (Anggraini et al., 2015). Penambahan nutrisi seperti tepung cengkerik pada media penyimpanan dan media biakan dapat meningkatkan kerapatan dan viabilitas jamur entomopatogen (Nastiti, Rachmawati, & Ikawati, 2018). Penambahan tepung belalang atau tepung dedak juga dinyatakan mampu meningkatkan virulensi dari jamur entomopatogen (Siluh, Nuryanti, Wibowo, & Azis, 2012). Dapat dikatakan kualitas jamur entomopatogen terletak pada kerapatan konidia dan viabilitasnya yang sangat tergantung pada suplai nutrisi yang tersedia baik nutrisi saat pertumbuhan maupun saat perbanyakan atau perkembangbiakannya sehingga menjadi salah satu point pent bagi keberhasilan IJEN.

Selain itu, faktor lingkungan seperti suhu, kelembaban dan jumlah atau kerapatan spora juga mempengaruhi keberhasilan IJEN, pada umumnya implementasi jamur entomopatogen membutuhkan lingkungan yang lembab untuk dapat menginfeksi serangga target (Humairoh, Hidayat, & Prayogo, 2013). Suhu ideal untuk pertumbuhan dan perkembangan patogenisitas jamur entomopatogen yaitu 20°C – 30°C sementara di dalam air jamur entomopatogen akan tumbuh optimal pada suhu 25°C (Anggraini, Hestningsih, & Saraswati, 2015). Besarnya pengaruh lingkungan pada keberhasilan IJEN sehingga proses implementasi perlu diperhatikan untuk mendapatkan suhu dan kelembaban ideal sehingga waktu implementasi sebaiknya dilakukan pada sore hari untuk menghindari paparan sinar matahari. Demikian pula untuk lokasi implementasi sebaiknya dilakukan pada lokasi yang terlindungi dari paparan sinar matahari.

Faktor waktu penyimpanan jamur entomopatogen juga mempengaruhi efektivitas jamur entomopatogen dimana usia jamur entomopatogen 1 bulan merupakan waktu yang paling efektif untuk membunuh serangga target khususnya untuk jamur *M. anisopliae* (Hastuti, Rusbana, & Hidayatullah, 2017). Limbah cucian dan rebusan kedelai ditemukan mampu mempertahankan kerapatan konidia dan viabilitas jamur entomopatogen hingga masa penyimpanan selama satu tahun (Triasih, Agustina, D, & Wuryantini, 2019). Dengan memperhatikan usia efektif bagi jamur entomopatogen maka efektifitas dan efisiensi dari implementasi IJEN dapat dimaksimalkan.

Formulasi, Sediaan dan Bahan Carrier Jamur Entomopatogen

Jamur entomopatogen dapat terdiri atas beberapa sediaan/formulasi berupa formulasi kering, cair, dan pasta. Hasil penelitian menemukan bahwa jamur entomopatogen *B. bassiana* formulasi kering memiliki kerapatan konidia, viabilitas dan mortalitas lebih tinggi pada kutu daun daripada formulasi cair dan pasta (Pertiwi, Hasibuan, & Wibowo, 2016). Sementara penelitian lainnya menyatakan bahwa formulasi cair jamur entomopatogen lebih efektif daripada formulasi padat dalam proses mortalitas serangga target (Sijid, 2018). Dalam implementasi IJEN, efektifitas berbagai sediaan jamur entomopatogen baik padat, cair dan pasta, akan lebih baik jika disesuaikan dengan cara implementasinya. Implementasi IJEN dengan cara spray atau semprot akan lebih cocok menggunakan formulasi cair akan tetapi implementasi IJEN dengan cara oles akan lebih cocok menggunakan formulasi padat dan pasta.

Bahan carrier yang tepat dapat meningkatkan efektivitas dan mempertahankan keefektifan dari jamur entomopatogen. Efektifitas jamur entomopatogen dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, seperti suhu, kelembaban, curah hujan dan sinar matahari sehingga jamur entomopatogen perlu dilindungi oleh bahan pembawa atau perekat (carrier) baik saat penyimpanan maupun saat diimplementasikan (Situmorang, 2015). Tepung, abu atau tanah liat juga dapat digunakan sebagai bahan carrier untuk meningkatkan efektifitas jamur entomopatogen. Jamur *M. anisopliae* dengan bahan carrier tepung dedak dengan glukosa dan tepung jagung dengan glukosa ditemukan dapat mempertahankan viabilitas jamur entomopatogen hingga 65,1% (Situmorang, 2015).

Pada implementasi IJEN, beberapa bahan perekat/pembawa telah diteliti keefektifannya. Implementasi suspensi minyak mineral jamur entomopatogen *B. bassiana* dan *M. anisopliae* dilakukan untuk mengetahui efektivitas kedua jamur entomopatogen tersebut dalam membunuh nyamuk *Anopheles.gambiae*. Meskipun viabilitas jamur menurun secara signifikan saat diimplementasikan pada kelambu polyester akan tetapi efektivitas jamur entomopatogen dalam membunuh nyamuk tidak menurun secara signifikan (Howard *et al.*, 2010). Formulasi jamur entomopatogen dalam tween 80 dapat memberikan efek penyebaran cukup tinggi pada media tetapi efektifitasnya rendah karena konidia kurang dapat melekat pada kutikula nyamuk sehingga hanya sedikit nyamuk yang positif terinfeksi. Formulasi jamur entomopatogen dalam minyak sintetik (Shell sol-T) dinyatakan sebagai formulasi yang paling efektif untuk implementasi IJEN karena lebih mudah dicampur dan diimplementasikan ke permukaan air dan lebih efektif menginfeksi larva nyamuk (Bukhari, Takken, & Koenraadt, 2011). Neem oil juga dinyatakan sebagai bahan carrier yang mendukung untuk implementasi IJEN (Seye, Ndiaye, Faye, & Afoutou, 2012). Demikian juga dengan penggunaan minyak zaitun sebagai bahan carrier dapat menghasilkan suspensi jamur entomopatogen yang cukup merata, selain itu minyak zaitun merupakan minyak nabati dengan kandungan asam lemak tak jenuh yang cukup tinggi (77%) sehingga mampu mempertahankan efikasi jamur entomopatogen (Prayogo, Santoso, Kartosuwondo, & Sudirman, 2011). Shell sol-T dan Neem oil yang dinyatakan sebagai bahan campuran atau bahan carrier yang efektif dalam formulasi IJEN pada umumnya masih sulit untuk didapatkan khususnya di Indonesia. Untuk itu penggunaan minyak zaitun yang cukup mudah ditemukan di pasaran lebih direkomendasikan dalam implementasi IJEN khususnya di Indonesia. Akan tetapi mengingat harga minyak zaitun yang cukup tinggi, mungkin perlu dicari kembali jenis minyak lainnya yang lebih ekonomis daya support yang cukup baik bagi implementasi IJEN, misalnya minyak goreng ataupun jenis minyak atau bahan lainnya.

Lokasi dan Cara Eksplorasi

Jamur entomopatogen banyak ditemukan di daerah tropis khususnya pada tanah yang lembab dan akan lebih mudah ditemukan pada daerah rizosfer (Permadi *et al.*, 2019). Jamur entomopatogen juga sering ditemukan di bagian tanah rizosfer tanaman (Apriliyanto & Suhastyo, 2019) dan lebih banyak ditemukan pada tanah yang tidak diolah secara kimiawi dibandingkan dengan tanah yang diolah secara kimiawi (Permadi *et al.*, 2020). Jamur entomopatogen dapat ditemukan di berbagai lokasi baik hutan (Halimah, Imaningsih, & Mariana, 2018), perkebunan (Apriliyanto & Suhastyo, 2019) maupun pertanian yang merupakan tanah rawa lebak dan pasang surut (Thalib, Fernando, Meidalima, & Herlinda, 2013). Perbedaan lokasi eksplorasi jamur entomopatogen tentunya akan berpengaruh juga pada perbedaan kepadatan dan viabilitas dari jamur entomopatogen tersebut. Hal ini disebabkan oleh adanya perbedaan kandungan zat hara dari masing-masing tanah lokasi eksplorasi yang menyebabkan adanya perbedaan kadar nutrisi bagi pertumbuhan jamur entomopatogen.

Cara eksplorasi jamur entomopatogen dari alam yaitu dengan cara menggali tanah disekitar rizosfer tanaman hingga kedalaman 10-15 cm menggunakan sekop kecil dan diambil sebanyak 1000 gr dan dimasukkan ke dalam kantong plastik dan diberi label yang memuat tentang lokasi, jenis komoditi, dan tanggal pengambilan sampel dan dibawa ke laboratorium untuk dilakukan proses isolasi (Permadi *et al.*, 2019). Selain dari tanah, jamur entomopatogen dapat diambil langsung dari serangga yang mati apabila jamur telah bersporulasi (Priyatno, Samudra, Manzila, Susilowati, & Suryadi, 2016). Cara eksplorasi jamur entomopatogen yang cukup mudah untuk dilakukan merupakan faktor pendukung bagi intensifikasi pemanfaatan jamur entomopatogen sebagai bioinsektisida dan agensia hayati.

Isolasi Jamur Entomopatogen

Isolasi jamur entomopatogen dari tanah dilakukan dengan metode perangkap serangga (*insect bait method*). Sampel tanah diayak, sebanyak 500g dimasukkan ke dalam kotak plastik yang diberi label sesuai daerah lokasi pengambilan sampel lalu dilembabkan dengan aquadest hingga terlihat agak basah lalu masukkan serangga ke dalam kotak sampel dan selimuti tubuh serangga dengan lapisan tanah sampel. Tutup kotak dengan kain kasa lalu amati pertumbuhan jamur entomopatogen setiap hari. Serangga yang diduga terserang oleh jamur entomopatogen diambil dan disterilisasi dengan cara dibilas dengan aquadest selama 3 menit, dibilas dengan alkohol 70% selama 3 menit dan dibilas kembali dengan aquadest selama 3 menit kemudian dimasukkan ke dalam cawan petri yang berisi tisu lembab steril dan diinkubasi untuk merangsang pertumbuhan jamur entomopatogen (Permadi *et al.*, 2019).

Perbanyak/Perkembangbiakan dan Peluang Produksi

Jamur entomopatogen mempunyai dan kapasitas reproduksi yang tinggi, siklus hidup yang pendek (± 10 hari), proses reproduksi yang mudah karena dapat dilakukan pada berbagai media baik media kimia, media alami padat (jagung, kentang, ketela rambat) dan media cair (Heriyanto dan Suharno, 2008), dapat membentuk spora yang dapat bertahan lama di alam. Penggunaan jamur entomopatogen juga relatif aman, bersifat selektif, relatif mudah diproduksi, dan kemungkinan menimbulkan resistensi sangat kecil (Siluh *et al.*, 2012). Kemudahan dalam proses produksi serta kapasitas reproduksi yang tinggi juga merupakan faktor pendukung bagi pemanfaatan jamur entomopatogen sebagai bioinsektisida dalam implementasi IJEN.

Salah satu media perkembangbiakan atau perbanyak dari jamur entomopatogen yang sering digunakan khususnya dalam kegiatan penelitian yaitu media potato dextrose agar (PDA) yang terdiri atas kentang 400 gr, aquades 1 liter, agar dan dextrose masing-masing 15 gr dan kloramfenikol 1 gr. PDA cair tersebut dimasukkan ke dalam botol schott untuk sterilisasi menggunakan autoclave untuk kemudian di inokulasi oleh jamur entomopatogen (Permadi *et al.*, 2020). Selain PDA, terdapat beraneka ragam bahan yang dapat digunakan sebagai media perbanyak jamur entomopatogen, antara lain media padat jagung (Humairoh *et al.*, 2013), beras (Siluh *et al.*, 2012; Siahaan *et al.*, 2021), Glucose Yeast Agar (Thalib *et al.*, 2013) dan media lainnya.

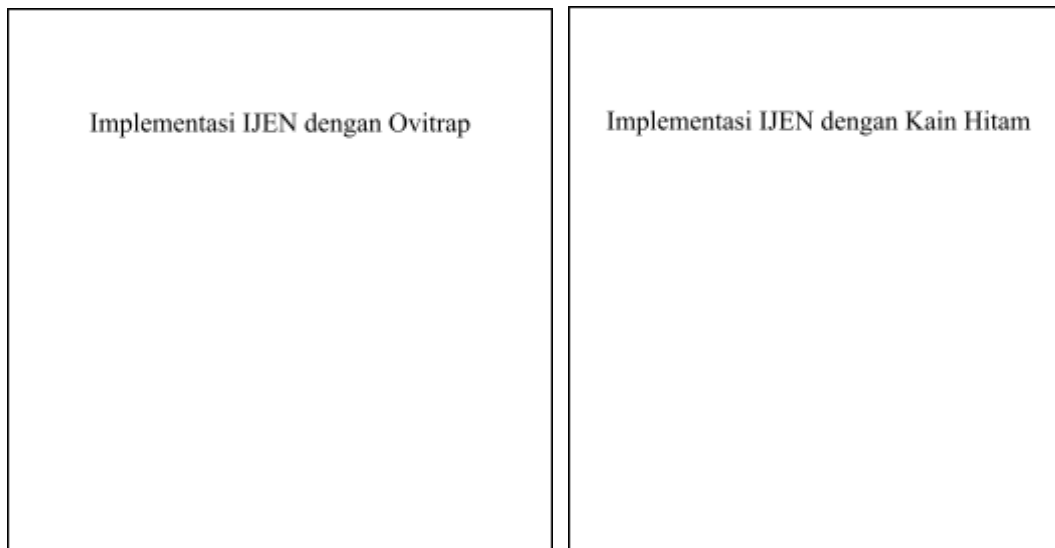
Dalam proses perkembangbiakan jamur entomopatogen juga dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti pH, suhu dan temperatur serta mineral yang dapat mempengaruhi penyerapan nutrisi oleh jamur. Manipulasi pH dapat dilakukan misalnya dengan penambahan asam cuka yang bertujuan untuk meningkatkan produksi dan daya kecambah konidia jamur entomopatogen (Saputra, Mudjiono, & Afandhi, 2013). Berbagai upaya dilakukan untuk mengembangkan produksi dan pemanfaatan jamur entomopatogen sebagai agensia hayati, antara lain pembentukan kelompok petani pengembang agensia hayati (PPAH) untuk memfasilitasi

produksi jamur entomopatogen *B. bassiana* dalam jumlah besar secara mandiri (Aisyah & Astuti, 2019). Pembentukan PPAH bagus untuk mendukung perkembangan dan peningkatan pemanfaatan jamur entomopatogen sebagai bioinsektisida agar dapat menjamin kontinuitas dan ketersediaan dari jamur entomopatogen bagi masyarakat pengguna.

Metode Implementasi

Metode Implementasi jamur entomopatogen pada bidang pertanian lebih sering menggunakan metode semprot yaitu menyemprotkan suspensi jamur entomopatogen pada tanaman, kompos atau serangga target (Wicaksono, Abadi, & Afandhi, 2015). Demikian pula untuk implementasi IJEN juga dapat dilakukan dengan metode spray atau semprot (Seye *et al.*, 2012). Metode implementasi IJEN lain yang pernah dilakukan antara lain dengan cara menginvestasikan jamur entomopatogen yang telah diencerkan pada media larva *Ae. aegypti* untuk kemudian mengamati proses kematian larva *Ae. aegypti* (Artikasari *et al.*, 2019). Penelitian Mnyone menyatakan jamur entomopatogen lebih efektif diimplementasikan pada kain hitam dan panel lumpur dibandingkan dengan polyester net dimana jamur *B. bassiana* dan *M. anisopliae* masih menginfeksi dan membunuh 73-82% nyamuk pada hari ke-14 (Mnyone *et al.*, 2010). Implementasi IJEN dengan metode spray atau semprot dapat dilakukan pada kelambu atau permukaan lainnya seperti dinding, kawat kasa nyamuk, tanaman dan lain-lain. Pada metode ini, proses infeksi jamur entomopatogen mengandalkan pendaratan nyamuk pada lokasi permukaan lokasi implementasi atau peluang spora jamur entomopatogen yang berterbangan dapat bersentuhan dengan nyamuk. Implementasi IJEN dengan metode spray ini lebih cocok diimplementasikan diluar rumah atau di ruang terbuka. Akan tetapi metode ini tidak cocok untuk diterapkan di dalam rumah karena dapat menyebabkan perkembangan jamur di dalam rumah dan mungkin dapat mengganggu estetika di dalam rumah sehingga untuk implementasi di dalam rumah diperlukan bahan carrier yang mampu melekatkan dan mencegah spora berterbangan akibat tertiup angin. Dalam hal ini formulasi jamur entomopatogen dengan minyak lebih cocok diterapkan untuk mengendalikan populasi nyamuk di dalam rumah.

Implementasi IJEN dengan metode ovitrap dinyatakan mampu menginfeksi seluruh fase hidup nyamuk baik fase telur, larva, pupa maupun dewasa karena seluruh fase hidup nyamuk bersentuhan dengan ovitrap baik fase telur, larva, pupa maupun nyamuk betina dewasa saat bertelur. Selain itu, ovitrap yang terdiri atas kertas saring yang bagian bawahnya selalu bersentuhan dengan air membuat kertas saring selalu dalam kondisi basah dan lembab merupakan kondisi yang suportif baik bagi perkembangan telur nyamuk maupun untuk perkembangan jamur entomopatogen (Indriyati *et al.*, 2019). Sebuah penelitian dilakukan untuk mengidentifikasi jamur yang terdapat pada wadah perkembangbiakan nyamuk yang berpotensi mengendalikan kepadatan populasi nyamuk. Jamur yang paling banyak ditemukan adalah *Aspergillus spp.* Ditemukan pula jamur *M. anisopliae* dan *Penicilium citrinum* yang juga berpotensi untuk bertindak sebagai jamur entomopatogen pada nyamuk (Wasinpiyamongkol & Kanchanaphum, 2019). Implementasi IJEN pada ovitrap dengan berbagai kelebihanannya masih memerlukan beberapa penyempurnaan dan modifikasi untuk dapat dijadikan sebuah produk yang dapat langsung digunakan oleh masyarakat atau program dalam upaya pengendalian nyamuk vektor penyakit.



Sumber : (Indriyati *et al.*, 2019)

Implementasi IJEN juga dapat dikombinasikan dengan insektisida kimia untuk meningkatkan efikasi dari kedua insektisida tersebut. Hasil penelitian menyatakan hasil kombinasi dari permethrin dan jamur *B. bassiana* atau *M. anisopliae* mampu meningkatkan efikasi insektisida, mengatasi resistensi insektisida kimia serta menunda atau menghambat terjadinya resistensi insektisida (Farenhorst *et al.*, 2010). Hal ini menjadi peluang bagi program di daerah-daerah yang mengalami resistensi insektisida untuk kembali meningkatkan efikasi dari insektisida kimia yang dimiliki dan dinyatakan telah resisten untuk dapat kembali menggunakan insektisida kimia tersebut dengan cara melakukan sinergisme antara insektisida kimia dengan jamur entomopatogen.

Hambatan dan Tantangan

Hasil penelitian menyatakan bahwa nyamuk yang diberi makan darah kurang rentan terhadap infeksi jamur entomopatogen dibandingkan dengan nyamuk yang tidak diberi pakan darah atau diberi pakan sukrosa (Cabral *et al.*, 2020). Hal ini tentunya menjadi penghambat efektivitas implementasi IJEN di lapangan karena sebagian besar nyamuk di lapangan khususnya nyamuk betina mengkonsumsi darah berbeda halnya dengan nyamuk jantan yang mengkonsumsi sukrosa dari berbagai buah dan tanaman. Dalam hal ini dapat dikatakan bahwa nyamuk jantan lebih rentan untuk terinfeksi oleh jamur entomopatogen daripada nyamuk betina. Akan tetapi, penelitian lain menyatakan bahwa nyamuk betina memiliki kemampuan lebih tinggi untuk menularkan infeksi jamur entomopatogen dibandingkan nyamuk jantan, hal ini disebabkan nyamuk betina dewasa memiliki perilaku poliandri sehingga peluang kontak dengan saat proses perkawinan lebih besar (Kasmara, Aliana, Herawan, & Putri, 2016).

Selain itu, fenomena nyamuk yang tidak diberi darah lebih rentan terhadap infeksi jamur dibandingkan dengan makan darah dapat mempengaruhi nyamuk dari kelas usia yang berbeda, dimana hanya fase dewasa yang mengkonsumsi darah diantara keseluruhan fase daur hidup nyamuk. Metode ovitrap meskipun mampu menginfeksi seluruh fase hidup nyamuk akan tetapi hanya dapat diterapkan pada nyamuk *Aedes spp* yang memiliki karakteristik habitat perkembangbiakan di dalam wadah/kontainer sedangkan nyamuk vektor penyakit lainnya seperti *Anopheles spp* memiliki karakteristik habitat perkembangbiakan yang berbeda yaitu pada

genangan air yang langsung kontak dengan tanah sehingga diperlukan metode implementasi lainnya seperti polyester net atau kelambu yang dimodifikasi dengan kain hitam ataupun ovitrap yang dimodifikasi dengan panel lumpur yang disesuaikan dengan karakteristik habitat perkembangbiakan *Anopheles spp.*

Tantangan lain yang dihadapi yaitu efektivitas pemanfaatan produk jamur entomopatogen komersial yang dijual bebas dan luas dipasaran baik offline maupun online untuk pengendalian nyamuk vektor penyakit di masyarakat juga masih perlu diteliti lebih lanjut. Selain itu, merupakan peluang sekaligus tantangan untuk menciptakan sebuah produk IJEN yang dapat digunakan secara langsung baik oleh masyarakat maupun program dalam upaya pengendalian vektor nyamuk.

4. Simpulan

Implementasi IJEN dipengaruhi oleh faktor lingkungan (suhu, kelembaban, curah hujan, sinar matahari), kerapatan, viabilitas dan nutrisi pertumbuhan jamur entomopatogen, jenis bahan pembawa atau perekat, serta kesesuaian metode Implementasi dengan karakteristik bionomic dari spesies nyamuk target. Penelitian tentang efektifitas jamur entomopatogen komersial, bahan carrier yang efektif dan lebih efisien serta produk dan metode implementasi yang efektif dan praktis sesuai dengan bionomik spesies nyamuk merupakan tantangan bagi penelitian lebih lanjut ke depan guna penerapan penggunaan jamur entomopatogen sebagai insektisida pengendali nyamuk vektor penyakit di lapangan].

5. Persantunan

Ucapan terima kasih dan apresiasi diberikan kepada Kepala Balai Litbangkes Tanah Bumbu dan rekan peneliti yang telah memberikan support dan membantu dalam kegiatan studi literature ini.

6. Referensi

- Aisyah, S. N., & Astuti, A. (2019). Peningkatan Kemandirian Kelompok Petani Pengembang Agensia Hayati Dadi Makmur Untuk Memproduksi Aktivator Jamur Entomopatogen *Beauveria bassiana* Skala Rumah Tangga. *Jurnal Bakti Saintek*, 3(2), 67–72. <https://doi.org/10.14421/jbs.1410>
- Anggraini, F. D. P., Hestningsih, R., & Saraswati, L. D. (2015). Uji Efikasi Jamur Entomopatogen *Beauveria bassiana* Terhadap Tingkat Mortalitas Larva Nyamuk *Culex quinquefasciatus*. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 3(1), 135–142.
- Apriliyanto, E., & Suhastyo, A. A. (2019). Eksplorasi dan Identifikasi Jamur Entomopatogen pada Sentra Tanaman Ubi Kayu Banjarnegara. *Jurnal Ilmiah Media Agrosains*, 5(1), 62–68.
- Artikasari, W., Rosa, E., Irawan, B., & Yuliant. (2019). Isolasi dan Aplikasi Fungi Entomopatogen dari Larva Nyamuk *Aedes aegypti* L. *Jurnal Biologi Papua*, 11(2), 87–93. <https://doi.org/10.31957/jbp.833>
- Bukhari, T., Takken, W., & Koenraadt, C. J. M. (2011). Development of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* formulations for control of malaria mosquito larvae. *Parasites & Vectors*, 4(1), 23. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-4-23>
- Cabral, S., Paula, A. De, Samuels, R., Fonseca, R., Gomes, S., & Silva, R. (2020). Responses with Different Feeding Regimes Following Infection by the Entomopathogenic Fungus *Metarhizium anisopliae*. *Insect*, 11(95), 1–15. <https://doi.org/doi:10.3390/insects11020095>
- Farenhorst, M., Knols, B. G. J., Thomas, M. B., Howard, A. F. V, Takken, W., & Guesson, R. N.

- (2010). Synergy in efficacy of fungal entomopathogens and permethrin against West African insecticide-resistant *Anopheles gambiae* mosquitoes. *PLoS ONE*, 5(8), 1–10. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0012081>
- Halimah, N., Imaningsih, W., & Mariana. (2018). Karakterisasi Morfologi Jamur Entomopatogen di hutan mandiangan Banjarbaru, Kalimantan Selatan. *Jurnal Mikologi Indonesia*, 2(1), 39–48.
- Hastuti, D., Rusbana, T. B., & Hidayatullah, D. N. (2017). Pengaruh Lama Penyimpanan Jamur *Metarhizium anisopliae* Terhadap Mortalitas Ulat Grayak (*Spodoptera litura* F.) di Laboratorium. *Jurnal Agroekotek*, 9(1), 17–27.
- Howard, A. F. V., Koenraadt, C. J. M., Fahrenhorst, M., Knols, B. G. J., & Takken, W. (2010). Pyrethroid resistance in *Anopheles gambiae* leads to increased susceptibility to the entomopathogenic fungi *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana*, 1–9.
- Humairoh, D., Hidayat, M. T., & Prayogo, Y. (2013). Pengaruh Kombinasi Jenis Cendawan Entomopatogen dengan Kerapatan Konidia terhadap Intensitas Serangan Larva Ulat Grayak. *LenteraBio*, 2(1), 19–23.
- Indriyati, L., Salamiah, S., Fatah, L., Suhartono, E., Ridha, M. R., Fadily, A., ... Andiarsa, D. (2019). Aplikasi IJEN (Infeksi Jamur Entomopatogen pada Nyamuk) : Jamur *Metarhizium anisopliae* pada Nyamuk *Aedes aegypti*. *Jurnal Vektor Penyakit*, 13(1), 33–48. <https://doi.org/10.22435/vektor.v13i1.893>
- Lwetoijera, D. W., Sumaye, R. D., Madumla, E. P., Kavishe, D. R., Mnyone, L. L., Russell, T. L., & Okumu, F. O. (2010). An extra-domiciliary method of delivering entomopathogenic fungus, *Metarhizium anisopliae* IP 46 for controlling adult populations of the malaria vector, *Anopheles arabiensis*. *Parasites & Vectors*, 3(18), 5–10. <https://doi.org/doi:10.1186/1756-3305-3-18>
- Masyitah, I., Sitepu, S. F., & Safni, I. (2017). Potensi Jamur Entomopatogen untuk Mengendalikan Ulat Grayak *Spodoptera litura* F. pada Tanaman Tembakau In Vivo. *Jurnal Agroteknologi FP USU*, 5(3), 484–493.
- Nastiti, D. I., Rachmawati, R., & Ikawati, S. (2018). Pengaruh Penambahan Tepung Cengkerik terhadap kerapatan dan Viabilitas Spora Jamur Entomopatogen *Lecanicillium lecanii* Zimm (*Hypocreales: Clavicipitaceae*). *Jurnal Hama Penyakit Tanaman*, 6(1), 20–25.
- Permadi, M. A., Lubis, R. A., & Siregar, I. K. (2019). Studi Keragaman Cendawan Entomopatogen dari berbagai Rizosfer Tanaman Hortikultura di kota Padangsidempuan. *EKSAKTA: Jurnal Penelitian Dan Pembelajaran MIPA*, 4(1), 1–9.
- Permadi, M. A., Mahmud, A., Mukhlis, Lubis, R. A., & Faisal, M. T. (2020). Studi Karakterisasi Fisiologi Cendawan Entomopatogen *Metarhizium* spp dari berbagai Rizosfer Tanaman Hortikultura Kota Padangsidempuan. *EKSAKTA: Jurnal Penelitian Dan Pembelajaran MIPA*, 5(2), 166–171. <https://doi.org/DOI:10.31604/eksakta.v5i2.166-171>
- Pertiwi, S. P., Hasibuan, R., & Wibowo, L. (2016). Pengaruh Jenis Formulasi Jamur Entomopatogen *Beauveria bassiana* terhadap Pertumbuhan Spora dan Kematian Kutudaun Kedelai (*Aphis glycines* Matsumura). *Jurnal Agrotek Tropika*, 4(1), 55–61.
- Perwitasari, D., Musaddad, D. A., Manalu, H. S. P., & Munif, A. (2015). Pengaruh beberapa dosis *Bacillus Thuringiensis* Var *Israelensis* serotype H14 terhadap larva *Aedes aegypti* di Kalimantan Barat. *Jurnal Ekologi Kesehatan*, 14(3), 229–237.
- Popko, D. A., Henke, J. A., Mullens, B. A., & Walton, W. E. (2018). Evaluation of two

- entomopathogenic fungi for control of *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) in underground storm drains in the Coachella Valley, California, United States. *Journal of Medical Entomology*, 55(3), 654–665. <https://doi.org/10.1093/jme/tjx233>
- Prayogo, Y. (2013). Patogenisitas Jamur Entomopatogen *Beauveria bassiana* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) pada Berbagai Stadia Kepik Hijau (*Nezara viridula* L.). *Jurnal HPT Tropika*, 13(1), 75–86.
- Prayogo, Y. (2017). Perbandingan Metode Aplikasi Jamur Entomopatogen *Beauveria bassiana* untuk Pengendalian *Cylas formicarius* (Coleoptera : Curculionidae). *Jurnal HPT*, 17(1), 84–95.
- Prayogo, Y., Santoso, T., Kartosuwondo, U., & Sudirman, L. I. (2011). Peningkatan efikasi cendawan *Lecanicillium lecanii* untuk mengendalikan telur hama kepik coklat pada kedelai. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 30(1), 58–70.
- Priyatno, T. P., Samudra, I. M., Manzila, I., Susilowati, D. ningsih, & Suryadi, Y. (2016). Eksplorasi dan Karakterisasi Entomopatogen Asal Berbagai Inang dan Lokasi. *Berita Biologi*, 15(1), 69–79.
- Ragavendran, C., & Natarajan, D. (2015). Insecticidal potency of *Aspergillus terreus* against larvae and pupae of three mosquito species *Anopheles stephensi*, *Culex quinquefasciatus*, and *Aedes aegypti*. *Environment Science Pollution Research*, 22, 17224–17237. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-4961-1>
- Saputra, D. D., Mudjiono, G., & Afandhi, A. (2013). Penambahan Asam Cuka Untuk Meningkatkan Produksi Konidia, Daya Kecambah dan Patogenisitas Jamur *Beauveria bassiana* Balsamo (Deuteromycetes: Moniliales). *Jurnal Hama Penyakit Tanaman*, 1(3), 60–68.
- Seye, F., Ndiaye, M., Faye, O., & Afoutou, M. (2012). Evaluation of Entomopathogenic Fungus *Metarhizium anisopliae* Formulated with Suneem (Neem Oil) against *Anopheles gambiae* s. l. and *Culex quinquefasciatus* Adults. *Malaria Chemotherapy, Control & Elimination*, 1, 44–49. <https://doi.org/10.4303/mcce/235494>
- Siahaan, P., Wongkar, J., Wowiling, S., & Mangais, R. (2021). Patogenisitas *Beauveria bassiana* (Bals .) Viull . yang Diisolasi dari Beberapa Jenis Inang Terhadap Kepik Hijau , *Nezara viridula* L. (Hemiptera : Pentatomidae). *Jurnal Ilmiah Sains*, 21(1), 26–33.
- Sijid, S. T. A. (2018). Cendawan Entomopatogen Sebagai Bioinsektisida Terhadap Serangga Perusak Tanaman. In *Prosiding Seminar Nasional Megabiodiversitas Indonesia* (pp. 22–25).
- Siluh, N., Nuryanti, P., Wibowo, L., & Azis, A. (2012). Penambahan Beberapa Jenis Bahan Nutrisi pada Media Perbanyakan untuk Meningkatkan Virulensi *Beauveria bassiana* Terhadap Hama Walangsangit. *Jurnal HPT Tropika*, 12(1), 64–70.
- Situmorang, Y. A. (2015). Dampak beberapa fungisida terhadap pertumbuhan koloni jamur *Metarhizium anisopliae* (Metch) Sorokin di laboratorium (Thesis). Universitas Sumatera Utara.
- Thalib, R., Fernando, R., Meidalima, D., & Herlinda, S. (2013). Patogenisitas Isolat *Beauveria bassiana* dan *metarhizium anisopliae* Asal Tanah Lebak dan Pasang Surut Sumater Selatan untuk Agens Hayati Scirpophaga Incertulas. *Jurnal HPT TropikaTropika*, 13(1), 10–18.
- Triasih, U., Agustina, D., D, M. E., & Wuryantini, S. (2019). Uji Berbagai Bahan Pembawa Terhadap Viabilitas dan Jamur Entomopatogen. *Jurnal Agronida*, 5(1), 12–20.

- Vivekanandhan, P., Swathy, K., Kalaimurugan, D., Ramachandran, M., Yuvaraj, A., Kumar, A. N., ... Id, E. J. K. (2020). Larvicidal toxicity of *Metarhizium anisopliae* metabolites against three mosquito species and non-targeting organisms. *PLoS ONE*, 4 May, 1–18. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232172>
- Wasinpiyamongkol, L., & Kanchanaphum, P. (2019). Heliyon Isolating and identifying fungi to determine whether their biological properties have the potential to control the population density of mosquitoes. *Heliyon*, 5(May), e02331. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02331>